

# **UNIVERSIDAD NACIONAL “DANIEL ALCIDES CARRION”**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**



---

**“CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE CONSUMO  
HUMANO DE LOS DISTRITOS DE CHANCHAMAYO,  
APLICANDO LA TECNOLOGÍA DE SUSTRATO DEFINIDO  
COLILERT”**

---

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Autores:**

- Bach. ALVAREZ JARA, Ivan Carlos
- Bach. ARTICA SOTA, Jacqueline

**Asesor:**

- Ing. RODRIGUEZ HERRERA, Carlos

La Merced – Chanchamayo  
2018

# UNIVERSIDAD NACIONAL “DANIEL ALCIDES CARRION”

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**



---

**“CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE CONSUMO  
HUMANO DE LOS DISTRITOS DE CHANCHAMAYO,  
APLICANDO LA TECNOLOGÍA DE SUSTRATO DEFINIDO  
COLILERT”**

---

## **JURADO CALIFICADOR**

---

Mg, Luis Antonio HUANES TOVAR

**Presidente**

---

Blgo. Julio IBAÑEZ OJEDA

**Miembro**

---

Ing. Iván SOTOMAYOR CORDOVA

**Miembro**

## DEDICATORIA

---

Este trabajo lo dedicamos a nuestros padres:  
Samuel y Julia; Victor y Margarita por los  
ejemplos de perseverancia, por la voluntad de  
salir adelante y por su amor hacia nosotros.

---

---

A nuestros hijos: Melany Nicole, Victor  
Samuel y Dayra Maju, que son la motivación  
de nuestra vida para poder superarnos y por  
ser el pilar fundamental en todo lo que somos.

---

---

A todos aquellos que participaron  
directa o indirectamente en el apoyo  
para la elaboración de esta tesis.  
¡Gracias a ustedes!

## AGRADECIMIENTO

---

En primer lugar a Dios por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A la Universidad Daniel Alcides Carrión por habernos aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar nuestra carrera profesional, a los docentes que nos brindaron sus conocimientos y apoyo incondicionalmente.

Y de manera muy especial a todos nuestros familiares y amistades que en los momentos de flaqueza, ellos estuvieron ahí para alentarnos y seguir adelante con nuestros propósitos.

# INDICE

---

<b>DEDICATORIA</b>	03
<b>AGRADECIMIENTO</b>	04
<b>INDICE</b>	05
<b>INDICE DE CUADROS</b>	08
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	11
<b>INTRODUCCION</b>	14
<b>RESUMEN</b>	16
<b>CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION</b>	17
1.1 PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA	19
1.3 FORMULACION DE OBJETIVOS	20
1.3.1 Objetivo General	20
1.3.2 Objetivos Específicos	20
1.4 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION	20
<b>CAPITULO II: MARCO TEORICO</b>	23
2.1 ANTECEDENTES DE ESTUDIO	23
2.2 BASES TEÓRICAS - CIENTÍFICAS	25
2.2.1 Tecnología de Sustrato Definido Colilert	25
2.2.2 Los Coliformes	30
2.2.3 Aguas Naturales	33
2.2.4 Estándares de Calidad Ambiental para Aguas	36
2.2.5 Límites Máximos Permisibles para Agua de Consumo Humano	37
2.2.6 El Cloro	39
2.2.7 Determinación del Cloro Libre Residual	42

2.3	DEFINICION DE TERMINOS	44
2.4	FORMULACION DE LA HIPOTESIS	45
2.4.1	Hipótesis Nula (Ho)	45
2.4.2	Hipótesis Alterna (Ha)	45
2.5	IDENTIFICACION DE VARIABLES E INDICADORES	46
2.5.1	Variable Independiente	46
2.5.2	Variable Dependiente	46
2.5.3	Indicadores	46
<b>CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS</b>		<b>47</b>
3.1	LUGAR DE EJECUCIÓN	47
3.2	MATERIA PRIMA E INSUMOS	47
3.3	EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS	48
3.3.1	Equipos	48
3.3.2	Materiales	48
3.3.3	Reactivos	49
3.4	METODOLOGIA	49
3.4.1	Tipo de Investigación	49
3.4.2	Población y Muestra	49
3.4.3	Métodos y Técnicas de Trabajo	50
3.4.4	Tratamientos en Estudio	53
3.5	ANALISIS ESTADISTICO	54
3.5.1	Modelo Aditivo Lineal	55
3.5.2	Análisis de Varianza	55
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION</b>		<b>56</b>
4.1	CALIDAD MICROBIOLOGICA DEL AGUA EN LOS SEIS DISTRITOS DE CHANCHAMAYO	56
4.1.1	Calidad Microbiológica del agua en el Distrito de Vitoc	56

4.1.2	Calidad Microbiológica del agua en el Distrito de San Ramón	57
4.1.3	Calidad Microbiológica del agua en el Distrito de Chanchamayo	59
4.1.4	Calidad Microbiológica del agua en el Distrito de Pichanaki	61
4.1.5	Calidad Microbiológica del agua en el Distrito de Perené	62
4.1.6	Calidad Microbiológica del agua en el Distrito de San Luis d Shuaro	63
4.2	COMPARACION DE LOS NIVELES DE COLIFORMES TOTALES SEGÚN DISTRITOS Y MESES	67
4.2.1	Coliformes Totales en muestras M1 según distritos y meses	69
4.2.2	Coliformes Totales en muestras M2 según distritos y meses	70
4.3	COMPARACION DE LOS NIVELES DE <i>Escherichia coli</i> SEGÚN DISTRITOS Y MESES	72
4.3.1	<i>Escherichia coli</i> en muestras M1 según distritos y meses	74
4.3.2	<i>Escherichia coli</i> en muestras M2 según distritos y meses	76
4.4	COMPARACION DE LOS NIVELES DE CLORO LIBRE RESIDUAL SEGÚN DISTRITOS Y MESES	77
4.4.1	Cloro Libre Residual en muestras M1 según distritos y meses	79
4.4.2	Cloro Libre Residual en muestras M2 según distritos y meses	80
	<b>CONCLUSIONES</b>	86
	<b>RECOMENDACIONES</b>	88
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	89
	<b>ANEXOS</b>	94

## INDICE DE CUADROS

---

Cuadro 01	Tablas del Número Más Probable (NMP) para lectura con tubos no diluidos con 10 tubos de 10 ml c/u (confianza de 95%). Fuente: <b>(IDEXX, 2002)</b> .	28
Cuadro 02	Estándar de Calidad Ambiental para Agua según D.S. 015-2015-MINAM. Categoría 1-A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable (Parámetro Microbiológico y parasitológico). Fuente: <b>ANA (2015)</b> .	38
Cuadro 03	Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos, según Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano (DS No. 031-2010-SA). Fuente: <b>MINSA, 2011</b> .	39
Cuadro 04	Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano. <b>Nota 2:</b> Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración cloro libre residual de no debe ser menor de 0,5 mgL-1. Fuente: <b>MINSA (2017)</b> .	42
Cuadro 05	Relación entre los tratamientos y repeticiones o bloques efectuados en la investigación.	54
Cuadro 06	Indicadores evaluados según técnicas o métodos empleados en la investigación.	54
Cuadro 07	Resultados de colimetría y cloro libre residual efectuados durante tres meses en los distritos de Vitoc y San Ramón.	57
Cuadro 08	Resultados de colimetría y cloro libre residual efectuados durante tres meses en los distritos de Chanchamayo y Pichanaki.	59
Cuadro 09	Resultados de colimetría y cloro libre residual efectuados durante tres meses en los distritos de Perené y San Luis de	62



Shuaro.

Cuadro 10	Límites Máximos Permisibles (LMP) para colimetría y Cloro Libre Residual según técnicas o métodos evaluados.	67
Cuadro 11	Coliformes Totales (NMP/100 mL) de muestras M1 y M2, obtenidos de los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses.	67
Cuadro 12	Análisis de Varianza para coliformes totales de las muestras M1 en seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses.	69
Cuadro 13	Prueba de Significancia de Tukey al 0,05 y promedios ordenados para coliformes totales en muestras M1, según distritos.	70
Cuadro 14	Análisis de Varianza para coliformes totales de las muestras M2 en seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses.	71
Cuadro 15	Prueba de Significancia de Tukey al 0,05 y promedios ordenados para coliformes totales en muestras M2, según distritos.	72
Cuadro 16	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL) de muestras M1 y M2, obtenidos de los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses.	73
Cuadro 17	Análisis de Varianza <i>Escherichia coli</i> de las muestras M1 en seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses.	74
Cuadro 18	Prueba de Significancia de Tukey al 0,05 y promedios ordenados para <i>Escherichia coli</i> en muestras M1, según distritos.	75
Cuadro 19	Análisis de Varianza <i>Escherichia coli</i> de las muestras M2 en seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres	76

		meses.	
Cuadro 20	Prueba de Significancia de Tukey al 0,05 y promedios ordenados para <i>Escherichia coli</i> en muestras M2, según distritos.		77
Cuadro 21	Cloro Libre Residual (ppm) de muestras M1 y M2, obtenidos de los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses.		78
Cuadro 22	Análisis de Varianza cloro libre residual de las muestras M1 en seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses.		79
Cuadro 23	Prueba de Significancia de Tukey al 0,05 y promedios ordenados para cloro libre residual $\geq$ en muestras M1, según distritos.		80
Cuadro 24	Análisis de Varianza cloro libre residual de las muestras M2 en seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses.		81
Cuadro 25	Prueba de Significancia de Tukey al 0,05 y promedios ordenados para cloro libre residual en muestras M2, según distritos.		82
Cuadro 26	Medias de Tukey al 0,05 con calidad microbiológica aceptable en los distritos de Chanchamayo y Pichanaki.		84
Cuadro 27	Resultados de colimetría, cloro libre residual y otros, efectuados en los distritos de Vitoc y San Ramón.		102
Cuadro 28	Resultados de colimetría, cloro libre residual y otros, efectuados en los distritos de Chanchamayo y Pichanaki.		103
Cuadro 29	Resultados de colimetría, cloro libre residual y otros, efectuados en los distritos de Perené y San Luis de Shuaro.		104

## INDICE DE FIGURAS

---

Figura 01	Fundamento bioquímico del reactivo colilert, tanto para coliformes totales como <i>E. coli.</i> Fuente: <b>(IDEXX, 2002)</b> .	29
Figura 02	Diversas formas activas de resultados que presenta en colilert, tanto para coliformes totales como <i>E. coli.</i> Fuente: <b>(IDEXX, 2002)</b> .	30
Figura 03	Diversas formas activas de cloro en agua. Fuente: <b>MARCO (2017)</b> .	41
Figura 04	Test de Cloro Libre (HI 701), con cubeta de medición y reactivo para cloro libre. Fuente: <b>HANNA INSTRUMENTS (2016)</b> .	43
Figura 05	Pasos del Test de Cloro Libre (HI 701) marca Hanna. Fuente: <b>HANNA INSTRUMENTS (2016)</b> .	44
Figura 06	Resultados de colimetría y cloro libre residual efectuados durante tres meses en el distrito de Vitoc.	58
Figura 07	Resultados de colimetría y cloro libre residual efectuados durante tres meses en el distrito de San Ramón.	58
Figura 08	Resultados de colimetría y cloro libre residual efectuados durante tres meses en el distrito de Chanchamayo.	60
Figura 09	Resultados de colimetría y cloro libre residual efectuados durante tres meses en el distrito de Pichanaki.	61
Figura 10	Resultados de colimetría y cloro libre residual efectuados durante tres meses en el distrito de Perené.	63
Figura 11	Resultados de colimetría y cloro libre residual efectuados durante tres meses en el distrito de San Luis de Shuaro.	64
Figura 12	Coliformes Totales (NMP/100 mL) de muestras M1 y M2, obtenidos de los seis distritos de la provincia de	68

	Chanchamayo, durante tres meses.	
Figura 13	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL) de muestras M1 y M2, obtenidos de los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses.	73
Figura 14	Cloro Libre Residual (ppm) de muestras M1 y M2, obtenidos de los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses.	78
Figura 15	Medias de Tukey al 0,05 con calidad microbiológica aceptable en los distritos de Chanchamayo y Pichanaki.	84
Figura 16	Protocolo para colección de muestras de agua de los distritos de Chanchamayo.	94
Figura 17	Test de Cloro Libre, Hanna, modelo: HI 701 para determinación de niveles de cloro libre residual en aguas.	94
Figura 18	Protocolo de trabajo en el laboratorio de Biología después de traer las muestras de campo de los distritos de Chanchamayo.	95
Figura 19	Muestras de agua de los distritos de Chanchamayo, llevadas a incubación por 24 horas, después de agregar el reactivo colilert.	95
Figura 20	Resultados de muestras M1 después de 24 h de incubación, procedentes de los distritos de Pichanaki, Perené y San Luis de Shuaro el día 12 de enero del 2018.	96
Figura 21	Resultados de muestras M1 después de 24 h de incubación, procedentes de los distritos de Vitoc, San Ramón y Chanchamayo, el día 12 de enero del 2018.	96
Figura 22	Resultados de muestras M1 del distrito de San Luis de Shuaro, tomado el 12 enero 2018. Se observa a la luz ultravioleta que todos los tubos son positivos para <i>Escherichia coli</i> .	97
Figura 23	Muestra M1 del distrito de San Luis de Shuaro, tomado el 12	97

		enero 2018. Se observa cualitativamente presencia de <i>Escherichia coli</i> , debido al color azul fluorescente ante luz UV.	
Figura	24	Muestras M1 del distrito de Pichanaki, tomado el 12 enero 2018. Se observa dos tubos positivos para coliformes totales (color amarillo).	98
Figura	25	Muestras M2 del distrito de Pichanaki, tomado el 12 enero 2018. Se observa los resultados que hay ausencia de coliformes y <i>E. coli</i> , debido al color transparente que presentan los tubos.	98
Figura	26	Muestras M1 del distrito de Vitoc, tomado el 08 febrero 2018. Se observa 10 tubos positivos para coliformes totales (amarillo) y 06 tubos positivos para <i>Escherichia coli</i> (color azul fluorescente).	99
Figura	27	Muestras M2 del distrito de Chanchamayo tomado el 08 febrero 2018. Se observa 10 tubos negativos (ausencia) para coliformes totales y <i>Escherichia coli</i> .	99
Figura	28	Muestras M2 del distrito de Perené tomado el 15 de marzo 2018. Se observa 10 tubos positivos (presencia) para coliformes totales (color amarillo).	100
Figura	29	Muestras M2 del distrito de San Luis de Shuaro tomado el 15 de marzo 2018. Se observa 10 tubos positivos (presencia) para coliformes totales y 10 tubos positivos para <i>E. coli</i> (color azul fluorescente).	100
Figura	30	Muestras M1 del distrito de Vitoc tomado el 13 de marzo 2018. Se observa 10 tubos positivos (presencia) para coliformes totales (color amarillo).	101
Figura	31	Muestras M2 del distrito de San Ramón tomado el 13 de marzo 2018. Se observa 03 tubos positivos (presencia) para coliformes totales (color amarillo).	101

## **INTRODUCCION**

---

Es conocido que, en la actualidad de los seis distritos que tiene Chanchamayo, el sistema de distribución de agua de consumo humano por la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento, EPS Selva Central S.A. solo viene prestando el servicio de agua y alcantarillado a los distritos de Chanchamayo San Ramón y Pichanaki, esto por razones de índole político debido a que las autoridades de los demás distritos optaron por separarse del ámbito del servicio de la EPS Selva Central S.A.

Así mismo, es conocido que para el caso del distrito de Chanchamayo (Ciudad de La Merced), se dispone a los sistemas de distribución, además de fuentes de aguas superficiales (napa freática) y agua subterránea próximas a las zonas rivereñas del río Chanchamayo (sector de Pampa Huasahuasi); ello nos permite inferir que dichas aguas de consumo humano podrían presentar altos niveles de contaminantes de origen inorgánico y orgánico como metales pesados, pesticidas, así como microorganismos patógenos como virus entéricos, coliformes y otros.

Por otro lado, aun es más preocupante el sistema de abastecimiento de agua de consumo humano en los distritos restantes (San Luis de Shuaro, Vitoc y Perené) por cuanto, si bien es cierto que su administración tienen injerencia directa de sus municipalidades correspondientes o junta de vecinos, no estaría garantizando una adecuada distribución de agua de consumo humano según las normas establecidas por las entidades correspondientes en el Perú. Al

respecto, cabe añadir que, algunas entidades particulares han efectuado análisis microbiológicos del suministro de agua en estos distritos, encontrando valores de colifecales muy por encima de los estándares establecidos.

Por estos motivos, existe la necesidad de conocer la calidad microbiológica del agua de consumo que se distribuye en los distritos de Chanchamayo, San Ramón, San Luis de Shuaro, Vitoc y Perené, comprensión de la provincia de Chanchamayo, a efecto de plantear alternativas y medidas correctivas a fin de cumplir con las exigencias de calidad según las normas vigentes.

## RESUMEN

---

El agua es imprescindible su consumo por los seres vivos, por ello debe reunir las condiciones higiénico-sanitarias básicas. El agua no apta para su consumo causa problemas en la salud afectando la calidad de vida de la población; por ello la investigación tuvo como propósito conocer la calidad microbiológica del agua de consumo que se distribuye en los distritos de Chanchamayo, San Ramón, San Luis de Shuaro, Vitoc y Perené.

La muestra de estudio consistió en dos unidades muestrales por cada distritos en tres meses consecutivos: Las metodologías usadas para colimetría fue la técnica de sustrato definido colilert y tubos múltiples según el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012), mientras que para el cloro libre residual se siguió el método cuantitativo de test de cloro libre propuesto por HANNA INSTRUMENTS (2016).

De los resultados obtenidos, se encontró que solo el distrito de Chanchamayo tuvo valores para coliformes totales y *E. coli*, de  $\leq 1,10$  NMP/100mL; cloro libre residual de 0,62 a 0,96 ppm, siendo apto para el consumo humano. El agua de consumo en los demás distritos no fué apta para su consumo. Así mismo, no hubo diferencias significativas según meses evaluados, pero a nivel de distritos se encontró diferencias significativas, con diferencias en los procesos de tratamiento y desinfección, siendo el mejor el distrito de Chanchamayo.



## CAPITULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACION

---

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Siendo el agua importante en todos los seres vivos, por cuanto juega un rol indispensable en la biosfera y, por ende en la vida; atribuyéndosele así como el disolvente universal y el soporte sobre el cual se efectúan una diversidad de reacciones químicas, representando aproximadamente desde el 65 % del peso del cuerpo humano y el 90 % del volumen corporal. Por ello, nuestros recursos hídricos son muy imprescindibles para el correcto funcionamiento de todo el sistema y la supervivencia del planeta.

Así, nuestro planeta tierra dispone de un volumen de agua de 1,4 millones de km<sup>3</sup>, pero sólo un 2,5% de ella es agua dulce, y el 97.5% está en estado sólido, congelada en los glaciales. Del 2,5% agua dulce, solamente un 0,4% se encuentra como agua superficial. Es decir, del total del agua existente en el planeta Tierra, sólo un 0,007% puede considerarse agua potable.

Empero, el agua dulce que necesita la población humana es cada vez más escaso, especialmente en las poblaciones urbanas, ya que éstas crecen cada día y las necesidades de contar con este elemento es mayor debido al aumento del índice de natalidad. Aun mas, la escasez de este

vital elemento se agudiza debido a la deficiente calidad del agua con la que cuenta algunas poblaciones especialmente las mas desposeídas, debido a la contaminación originada por la industrialización y demás actividades de origen antrópico, en especial la actividad minera, deforestación, mal manejo de los residuos sólidos domésticos, uso de pesticidas en agricultura, crecimiento desordenado de la población urbana, migraciones, pobreza y hacinamiento, entre otros factores.

Se estima que una persona necesita mínimo 50 litros de agua al día para beber y asearse, según la Organización Mundial de la Salud (OMS). A inicios del presente año, en el Perú, antes del Fenómeno de El Niño Costero, ocho millones de peruanos carecían de los servicios de agua potable y alcantarillado.

Las personas con escasos recursos tienen que gastar mucho más de su exiguo ingreso familiar en agua que todos aquellos que tienen conexiones domiciliarias. En ese sentido, el nivel de calidad de vida de las poblaciones se mide por la calidad de servicios básicos con los que cuentan y, para monitorear la calidad de éstos, existen organismos e instituciones que se encargan de vigilar periódicamente. Sin embargo, a pesar de ello, existen diversos factores que influyen en la calidad del agua de consumo, los cuales muchas veces no son controlados adecuadamente y, por tanto la calidad del servicio no cumplen las exigencias de las normas técnicas de calidad para este servicio.

Actualmente en la Provincia del Chanchamayo, con sus distritos de Chanchamayo, San Luis de Shuaro, Pichanaki, Perené, Vitoc y San Ramón; el servicio de agua de consumo humano es administrado, en parte, por la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento, EPS Selva Central S.A., comprendiendo bajo su jurisdicción solamente a los distritos de Chanchamayo, San Ramón y Pichanaki, comprendiendo un total de 62 mil usuarios. Los distritos de San Luis de Shuaro, Vitoc y Perené los administran directamente sus correspondientes municipios.

En la mayoría de los distritos se tiene como fuente el consumo de aguas superficiales, las mismas vienen de quebradas que son canalizadas a través de ductos y colectadas en reservorios, cuyos tratamientos químicos se considera deficientes, el cual pone en evidente riesgo la salud de su población.

En ese contexto, se justifica evaluar la calidad microbiológica del agua de consumo humano de la provincia de Chanchamayo, aplicando la Tecnología de Sustrato Definido Colilert, cuyos resultados serán comparados con los estándares nacionales, a fin de valorar la calidad del agua de consumo humano que se distribuyen en esta provincia.

## **1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA**

¿Cuál será la calidad microbiológica del agua de consumo humano que se distribuye en los distritos de la provincia de Chanchamayo, aplicando la Tecnología de Sustrato Definido Colilert?.

### **1.3. FORMULACION DEL OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo General**

- Evaluar la calidad microbiológica del agua de consumo humano que se distribuye en los distritos de la provincia de Chanchamayo, aplicando la Tecnología de Sustrato Definido Colilert.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la calidad microbiológica del agua de consumo humano que se distribuyen en seis distritos de la provincia de Chanchamayo, aplicando la Tecnología de Sustrato Definido Colilert.
- Comparar la calidad microbiológica del agua de consumo humano que se distribuyen en los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, aplicando la Tecnología de Sustrato Definido Colilert.
- Correlacionar la calidad microbiológica del agua de consumo humano de los seis distritos de la provincia de Chanchamayo con los niveles de Cloro Libre Residual.

### **1.4. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION**

Es conocido que, en la actualidad de los seis distritos que tiene Chanchamayo, el sistema de distribución de agua de consumo humano por la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento, EPS Selva Central S.A. solo viene prestando el servicio de agua y alcantarillado a los

distritos de Chanchamayo San Ramón y Pichanaki, esto por razones de índole político debido a que las autoridades de los demás distritos optaron por separarse del ámbito del servicio de la EPS Selva Central S.A.

Así mismo, es conocido que para el caso del distrito de Chanchamayo (Ciudad de La Merced), se dispone a los sistemas de distribución, además de fuentes de aguas superficiales (napa freática), agua subterránea próximas a las zonas rivereñas del río Chanchamayo (sector de Pampa Huasahuasi); ello nos permite inferir que dichas aguas de consumo humano podrían presentar altos niveles de contaminantes de origen inorgánico y orgánico como metales pesados, pesticidas, así como microorganismos patógenos como virus entéricos, coliformes y otros.

Por otro lado, aun es más preocupante el sistema de abastecimiento de agua de consumo humano en los distritos restantes (San Luis de Shuaro, Vitoc y Perené) por cuanto, si bien es cierto que su administración tienen injerencia directa de sus municipalidades correspondientes, no estaría garantizando una adecuada distribución de agua de consumo humano según las normas establecidas por las entidades correspondientes en el Perú. Al respecto, cabe añadir que, algunas entidades particulares han efectuado análisis microbiológicos del suministro de agua en estos distritos, encontrando valores de colifecales muy por encima de los estándares establecidos.

Por estos motivos, existe la necesidad de conocer la calidad microbiológica del agua de consumo que se distribuye en los distritos de Chanchamayo, San Ramón, San Luis de Shuaro, Vitoc y Perené, comprensión de la provincia de Chanchamayo, a efecto de plantear alternativas y medidas correctivas a fin de cumplir con las exigencias de calidad según las normas vigentes.

## CAPITULO II

### M A R C O   T E O R I C O

---

#### 2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO

**BUENO (2006)**, en los estudios efectuados de “Análisis microbiológico de agua de la Parroquia Borbón, Cantón Eloy Alfaro y su asociación con la enfermedad diarreica”, en parte de sus conclusiones relacionados al uso del Sustrato Definido Colilert, concluyó que utilizada para la verificación de *E.coli* y coliformes totales, se obtuvo que el 98% de bacterias analizadas fueron coliformes totales y el 92,6% *E. coli*; por lo tanto, el procedimiento que se utilizó para el crecimiento de estos microorganismos se puede considerar confiables ya que sus índices de crecimiento fueron muy altos.

**VINUEZA (2015)**, en su trabajo de investigación hecho sobre “Comparación entre las pruebas Enzima-Sustrato Definido Colilert y Tubos Múltiples Fluorocult para el diagnóstico de *Escherichia coli* y Coliformnes Totales en aguas tratadas”, concluye que la prueba de sustrato definido Colilert posee mayor aplicabilidad ya que es una prueba rápida y sencilla; la manipulación de la muestra por el analista es mínima y mejora la eficiencia en el trabajo cuando se analiza un número alto de muestras, ya que permite obtener resultados en un corto periodo de tiempo, en comparación con la prueba Fluorocult. El mismo autor concluye que Colilert es una prueba que presentó un alto nivel de

precisión, son específicas y selectivas para la detección de *Escherichia coli* y coliformes totales.

**MARCHAND (2002)**, en su investigación sobre “Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana”, refiere que el peligro más común con relación al agua de consumo humano es el de su contaminación, directa o indirectamente, debido a la acción de aguas residuales, excretas de hombres y animales, además de factores fisicoquímicos y ambientales. Al analizar 224 muestras de agua del sistema de almacenamiento y distribución de agua en inmuebles y 56 muestras de agua provenientes de pozo, encontró que el 17,86 % de muestras de agua de inmuebles y 41 73,68 % muestras provenientes de pozos no cumplieron las normas microbiológicas. Así mismo, dentro de los indicadores microbiológicos encontró a *Pseudomonas aeruginosa* y *Streptococcus fecales*.

**PAREDES (2011)**, en la tesis titulada “Estudio fisicoquímico y microbiológico del agua de consumo humano en la ciudad de Cerro de Pasco”, obtuvo resultados en sus análisis microbiológicos de presencia de coliformes fecales y totales en todas las muestras, no cumpliendo con lo establecido en la norma técnica peruana, Así mismo, hubo presencia de microorganismos heterótrofos superior al límite establecido por la norma técnica peruana; no encontrándose presencia de huevos de helmintos en ninguna muestra. Concluye que el agua de consumo que se distribuye en la ciudad de Cerro de Pasco no cumple con los límites establecidos por la



norma técnica peruana, en los aspectos microbiológicos y fisicoquímicos, siendo la calidad del servicio que presta la empresa es deficiente.

**TARQUI, et. al. (2013)**, en estudios sobre Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú; concluyen que la mayoría de las muestras de agua estudiados tuvieron una mala calidad bacteriológica evidenciándose coliformes totales. Las tres cuartas partes de los hogares de Cajamarca, la tercera parte de Huancavelica y casi la quinta parte de Huánuco tuvieron *Escherichia coli* en el agua de consumo humano, siendo además deficiente los niveles de cloro libre residual.

**CHAMBI, G. (2015)**, en su estudios sobre determinación de Bacterias Coliformes y *E. coli*, en Agua de Consumo Humano del Centro Poblado de Trapiche- Ananea – Puno, determinando que las aguas de pozos, acequias y pileta que son fuentes de abastecimiento de agua de consumo de los pobladores de Trapiche, no son aptas para consumo.

## **2.2. BASES TEORICAS - CIENTIFICAS**

### **2.2.1. Tecnología de Sustrato Definido Colilert**

La prueba de sustrato definido Colilert de IDEXX Laboratories, se usa en todo el mundo para la detección de coliformes y *E. coli*.

En general, Colilert requiere menos de un minuto de trabajo por muestra; está aprobado internacionalmente para pruebas de cumplimiento. Asimismo, Colilert demostró ser de un 20 a un 50% más barato que los métodos tradicionales. Así, esta tecnología de

sustrato definido Colilert cuenta con las siguientes características  
(IDEXX, 2002):

**a. Fácil uso**

- Su facilidad de uso simplifica la capacitación
- Su empaque uni-dosis elimina la preparación de medios de cultivo
- No necesita repetir la prueba debido a filtros ocluidos o a interferencia heterotrófica.
- El procedimiento de CC puede completarse en 15 minutos.

**b. Aprobado por entidades internacionales**

- Aprobado por la USEPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos), AOAC (Association of official analytical chemists), IBWA (The International Bottled Water Association), EBWA (European Bottled Watercooler Association), otras organizaciones internacionales y aceptado por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Métodos Normales para el Examen del Agua y Aguas Residuales).
- Aprobado en Estados Unidos, Canadá, Gran Bretaña, Japón, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Malasia, Nueva Zelanda, Taiwán, Irlanda, Islandia, Sudáfrica y aceptado para pruebas de cumplimiento en muchos otros países.
- Millones de pruebas efectuadas anualmente en todo el mundo.

- Más del 90% de los laboratorios de EE.UU. utilizan Colilert.

### **c. Rápido uso**

- Menos de un minuto de trabajo.
- Detecta coliformes totales y *E. coli* simultáneamente, en 24 horas o menos. Nota: Colilert-18 requiere sólo 18 horas.
- No requiere pruebas de confirmaciones.
- No necesita limpieza de material de vidrio ni conteo de colonias.

### **d. Precisión en su uso**

- Identifica *E. coli* específicamente, lo que elimina las notificaciones públicas innecesarias debidas a resultados positivos falsos inducidos por *Klebsiella pneumoniae*.
- Suprime hasta 2 millones de heterotrofos por cada 100 ml
- Elimina la interpretación subjetiva de métodos tradicionales.
- Detecta un coliforme o *E. coli* viable individual por muestra.

### **e. Costo razonable**

- 20 a 50% más barato que los métodos tradicionales
- Costos de equipos un 95% menores en comparación con la filtración por membrana
- Reduce al mínimo el trabajo nocturno y en fines de semana
- Hasta 12 meses de vida útil a temperatura ambiente desde la fecha de fabricación.

#### f. Flexible cualitativa y cuantitativamente

- Puede usarse un Colilert Snap Pack para pruebas de P/A o de determinación cuantitativa.
- Quanti-Tray® proporciona cuentas de hasta 200 por cada 100 ml sin diluciones.
- Quanti-Tray®/2000 proporciona cuentas de hasta 2.419 por cada 100 ml sin diluciones.
- Colilert también está disponible en forma predispensada, en tubos de NMP de 10 ml (**Cuadro 01**).

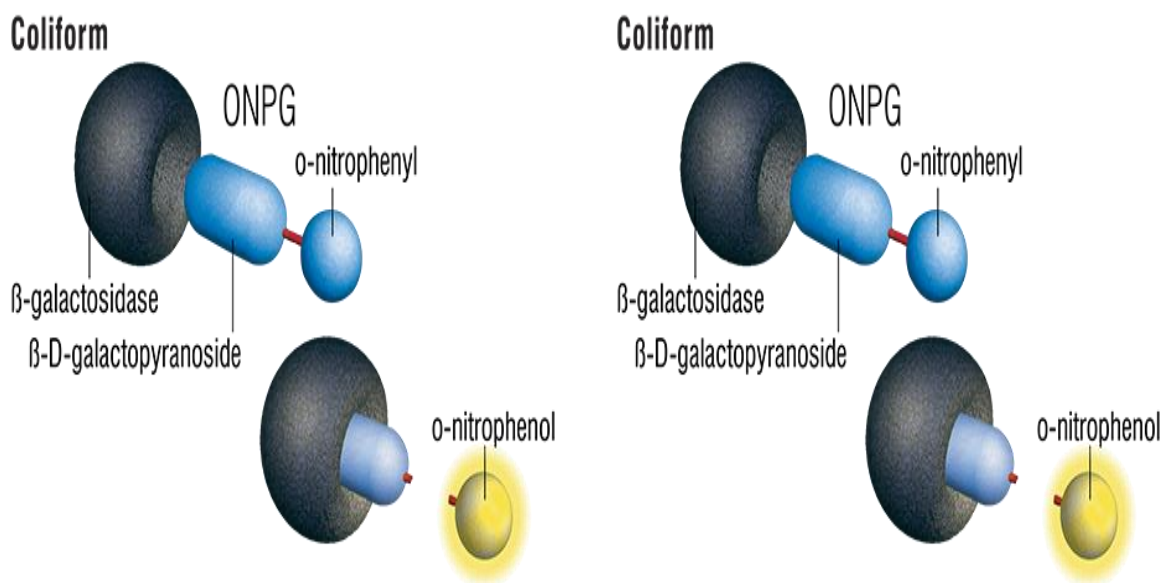
**Cuadro 01:** Tablas del Número Más Probable (NMP) para lectura con tubos no diluidos con 10 tubos de 10 ml c/u (confianza de 95%). Fuente: (**IDEXX, 2002**).

No. tubos que producen reacciones (+) de 10 tubos (10 ml. c/u).	índice de NMP	Límite de Confianza del 95% (aproximado) INFERIOR	Límite de Confianza del 95% (aproximado) SUPERIOR
0	< 1,1	0,00	3,00
1	1,10	0,03	5,90
2	2,20	0,26	8,10
3	3,60	0,69	10,60
4	5,10	1,30	13,40
5	6,90	2,10	16,80
6	9,20	3,10	21,10
7	12,00	4,30	27,10
8	16,10	5,90	36,80
9	23,00	8,10	59,50
10	> 23,00	13,50	infinito

Este método es útil para detectar simultáneamente coliformes totales y *E. coli*. Para ello, existen dos nutrientes indicadores, ONPG (o-nitrophenyl-b-D-galactopyranoside) y MUG (o-methyl umbelliferone-b-D-glucuronide), los cuales son los nutrientes

principales en colilert y pueden ser metabolizados por la enzima coliforme  $\beta$ -galactosidasa y  $\beta$ -glucoronidasa de *E.coli*, respectivamente (**Figura 01**).

A medida que las coliformes utilizan la  $\beta$ -galactosidasa para metabolizar ONPG de Colilert, éste se torna *amarillo*. La  $\beta$ -glucoronidasa es utilizada por *E.coli* para metabolizar MUG, creando así *fluorescencia* (**Figura 02**). Al no contener estas enzimas, los microorganismos no objetivos, no pueden crecer e interferir en este proceso. La matriz formulada específicamente suprime otros microorganismos no coliformes que pudieran producir la enzima (**IDEXX, 2002**).



**Figura 01:** Fundamento bioquímico del reactivo colilert, tanto para coliformes totales como *E. coli*. Fuente: (**IDEXX, 2002**).



**Figura 02:** Diversas formas activas de resultados que presenta en colilert, tanto para coliformes totales como *E. coli*.. Fuente: (IDEXX, 2002).

### 2.2.2. Los Coliformes

Este grupo de bacterias coliformes está conformado por dos subgrupos: los coliformes totales y los coliformes termotolerantes, antes denominados erróneamente como coliformes fecales (AURAZO, 2004 y De La CRUZ, 2013). Los coliformes se consideran un grupo de microorganismos indicadores de higiene (MINSA, 2008).

#### a. Coliformes Totales

Son organismos capaces de formar aeróbicamente colonias ya sea a  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  en un medio de cultivo lactosado selectivo y diferencial, con producción de ácido y aldehído dentro de un período de 24 h. (*Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia*,

*Citrobacter, Salmonella, Shigella*) (De La CRUZ, 2013). Por su parte, **AURAZO (2004)**, refiere que, comprende todos los bacilos Gram negativos, aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados, que:

- En la técnica de filtración por membrana, produzcan colonias con un brillo verde dorado metálico dentro de las  $24 \pm 2$  h de incubación, a  $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , en medio m-Endo; y/o
- En la técnica de tubos múltiples, fermenten la lactosa con producción de gas a  $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  dentro de 48 h.

#### **b. Coliformes Termotolerantes (Coliformes fecales)**

Los coliformes termotolerantes antes se los denominaba coliformes fecales. El cambio de nombre se debe a que se demostró que en el grupo de coliformes que se detectaban en siembras incubadas a temperaturas de  $44,5^{\circ}\text{C}$  y en medios de cultivo específicos, sólo una parte del grupo eran bacterias de origen fecal; el resto eran bacterias ambientales. Se les puso entonces el nombre de bacterias coliformes termotolerantes debido a la alta temperatura de incubación ( $44,5^{\circ}\text{C}$ ) en la cual se obtenía un óptimo desarrollo.

En el grupo de bacterias termotolerantes está incluida la *Escherichia coli*, considerada como un organismo indicador de contaminación fecal. Se ha demostrado que esta bacteria siempre está presente en un número elevado en las heces de

humanos y animales de sangre caliente y comprende casi 95% de los coliformes en las heces.

Por esta razón, la contaminación de origen fecal puede ser evaluada mediante la determinación de coliformes termotolerantes o mediante la presencia de *E. coli*. (**AURAZO, 2004**). Es así que, los coliformes termotolerantes, son microorganismos coliformes que tienen las mismas propiedades fermentativas a  $44 \pm 0.5$  °C. (*Escherichia, Klebsiella, Enterobacter*) (**De La CRUZ, 2013**).

**AURAZO (2004)**, menciona que los coliformes termotolerantes comprenden todos los bacilos Gram negativos, aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados, que:

- En la técnica de filtración por membrana, produzcan colonias de color azul dentro de  $24 \pm 2$  h, cuando se incuban en un medio m-FC a  $44, 5 \pm 0,2^{\circ}$  C; y/o
- En la técnica de tubos múltiples, fermenten la lactosa con producción de gas a  $44,5 \pm 0,2^{\circ}$  C dentro de  $24 \pm 2$  h.

### **c. *Escherichia coli* (presuntiva)**

Organismos coliformes termotolerantes que también producen gas a partir de lactosa e indol a partir de triptofano a  $317 \pm 0.5$  K ( $44 \pm 0.5^{\circ}$ C) (**De La CRUZ, 2013**).



### 2.2.3. Aguas Naturales

**SEOÁNEZ (1998)**, refiere que, el agua es un componente básico del medio, y como tal condiciona la vida. Los seres vivos están constituidos en gran parte por agua (65 % del peso del ser humano). El agua aparece en la naturaleza en sus tres estados, sólida, líquida y gaseosa, cumpliendo en cada uno de ellos su función dentro del equilibrio y de sus bioquímicos. El agua utilizable por el hombre constituye un porcentaje muy pequeño sobre el total existente en la tierra, pues el 97,4 % pertenece a los océanos (agua salada) y el 2 % corresponde al estado sólido (hielo) de los casquetes polares (que a su vez contienen el 77,2 % del total de agua dulce existente en el mundo). El agua sufre una serie de ciclos. Si lo tomamos a partir de la humedad atmosférica formada por evaporación de las masas de agua superficiales (océanos, lagos, ríos), aquella se condensa en nubes que al enfriarse se convierten en precipitaciones.

De estas, la mayor parte cae sobre los océanos (el 78 %), y el resto (22 %) cae sobre los continentes. Al alcanzar el suelo, el agua puede infiltrarse, puede discurrir sobre la superficie como escorrentía superficial, puede evaporarse o puede sufrir una evapotranspiración. Cuando el agua se infiltra, se incorpora parcialmente al suelo o este lo almacena. Asimismo parte del agua infiltrada se incorpora a las aguas subterráneas y sirve de sustento a los acuíferos y a las fuentes.

La escorrentía surge cuando el suelo es poco permeable o cuando la precipitación es muy intensa y supera la capacidad de infiltración del suelo. En ese momento el agua comienza a acumularse en la superficie y a discurrir por gravedad por los puntos más bajos o por donde ceda más el suelo superficial, formando arroyuelos y arroyos y provocando en muchos casos fenómenos de erosión hídrica.

Parte del agua que alcanza el suelo se evapora pero si el suelo no está desnudo, la vegetación presente aumenta mucho el fenómeno al transpirar mediante su sistema foliar y al extraer las raíces el agua del suelo. La evapotranspiración (agua evaporada por el suelo sumado al agua transpirada por los vegetales) se convierte en muchos casos en un elemento clave en el ciclo del agua en el medio terrestre.

El agua que discurre por escorrentía o las aguas subterráneas que afloran, nutren a los ríos y a los océanos, completando el ciclo de evaporación la procedente de estas masas de agua junto con la antes citada de la evaporación del suelo y de la evapotranspiración **(OMS, 2008)**.

#### **a. Aguas superficiales**

Para **SEOÁNEZ (1998)**, el agua existente en la superficie de los continentes, tanto en arroyos y ríos como en los lagos y embalses, es la que es considerada como agua superficial. Las

aguas superficiales constituyen fronteras en muchas partes del mundo, y son también vías de comunicación de primer orden.

Como ya se ha indicado, constituyen un recurso básico para la vida, y no cesamos de proclamar la urgencia de su protección en todos los sentidos. El tiempo nos dá la razón, ya que el recurso es limitado y la capacidad de “mal hacer” del hombre es muy elevada. No solo se trata de resolver los problemas de sequía, pues los dramas permanentes provocados por la calidad sanitaria de las aguas “potables” o por las de uso agrario a la vista están en medio mundo.

#### **b. Aguas Subterráneas**

Según **SEOÁNEZ (1998)**, la fase del ciclo del agua corresponde al subsuelo, en la que el agua se ha aportado a través del suelo, constituye las aguas subterráneas. El suelo retiene una parte de ese aporte en diferentes formas, como agua capilar, agua adsorbida, etc. El resto pasa a mantener o a engrosar el ciclo del agua en la naturaleza en su fase de acuíferos, cursos subterráneos de agua, aguas freáticas, etc.

#### **c. Agua para Consumo Humano**

Según **OPAZO (1991)**, el agua pocas veces se puede encontrarse en la naturaleza pura. Siempre lleva consigo gran cantidad de sustancias disueltas que van desde gases hasta

compuestos químicos, de alto peso molecular, además de numerosas partículas en suspensión.

La identificación y medición de las diferentes sustancias disueltas en el agua es conocida como parámetros físico-químicos y estos están contemplados tanto a nivel internacional como por la legislación nacional. La mayoría de los parámetros se expresan con la concentración del elemento o de un compuesto de él; sin embargo, hay otros como el color, turbiedad, alcalinidad, acidez, demanda biológica de oxígeno (DBO) y conductividad específica que no expresan la concentración de un elemento en particular, sino que miden el efecto de una combinación de sustancias.

#### **2.2.4. Estándares de Calidad Ambiental para Aguas**

En general los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por el MINAM, fijan los valores máximos permitidos de contaminantes en el ambiente (son indicadores de calidad ambiental). Miden la concentración de elementos, sustancias u otros en el aire, agua o suelo. Su finalidad es fijar metas que representan el nivel a partir del cual se puede afectar significativamente el ambiente y la salud humana.

Así, los Estándares de Calidad Ambiental para agua, permite establecer el nivel de concentración o el grado de elementos,

sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.

El **ANA (2015)**, cita a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y sus disposiciones complementarias para su aplicación en atención al Decreto Supremo No. 015-2015-MINAM; establece la Categoría 1: Poblacional y Recreacional, con su Sub Categoría A. Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable; A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección. Entiéndase como aquellas aguas, que por sus características de calidad reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente **(Cuadro 02)**.

#### **2.2.5. Límites Máximos Permisibles para Agua de Consumo Humano**

Los LMPs son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua. Mide la concentración de ciertos elementos, sustancias y/o aspectos físicos, químicos y/o biológicos que se encuentran en las emisiones, efluentes o descargas generadas por una actividad productiva en particular, pues son a través de ellos que se puede afectar el aire, el agua o el suelo **(Cuadro 03)**.

**Cuadro 02:** Estándar de Calidad Ambiental para Agua según D.S. 015-2015-MINAM. Categoría 1-A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable (Parámetro Microbiológico y parasitológico). **FUENTE: ANA (2015).**

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b>				
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	50	5 000	50 000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Microcistina-LR</i>	mg/L	0,001	0,001	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos, en todos sus estadios evolutivos) (d)	N° Organismo/L	0	<5x10 <sup>6</sup>	<5x10 <sup>6</sup>

Por otro lado, según el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano (MINSa, 2011), refiere que el cloro libre debe tener un límite máximo permisible de 5 ppm: así mismo, que para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor a 0,5 ppm (Cuadro 04).

**Cuadro 03:** Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos, según Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano (DS No. 031-2010-SA). Fuente: **MINSA, 2011.**

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
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, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

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

### 2.2.6. El Cloro

El cloro es el desinfectante de agua más comúnmente usado en aplicaciones que varían desde la higienización del agua potable y residual, piscinas y balnearios, hasta el procesado y esterilización de los alimentos. El cloro presente en el agua se aglutina con las bacterias, dejando solo una parte de la cantidad original (cloro libre) para continuar su acción desinfectante. Si el nivel de cloro libre no es el que corresponde al pH, el agua tendrá un olor y sabor

desagradables y el potencial desinfectante del cloro se verá disminuido (**MARCO, 2017**).

El cloro libre reacciona con los iones de amoníaco y compuestos orgánicos hasta formar compuestos de cloro que dan como resultado una disminución de su capacidad desinfectante si la comparamos con el cloro libre. Los compuestos de cloro junto con las cloraminas forman el cloro combinado. El conjunto de cloro combinado y cloro libre da como resultado el cloro total. Mientras que el cloro libre tiene un potencial desinfectante superior, el cloro combinado tiene una mayor estabilidad y una menor volatilidad.

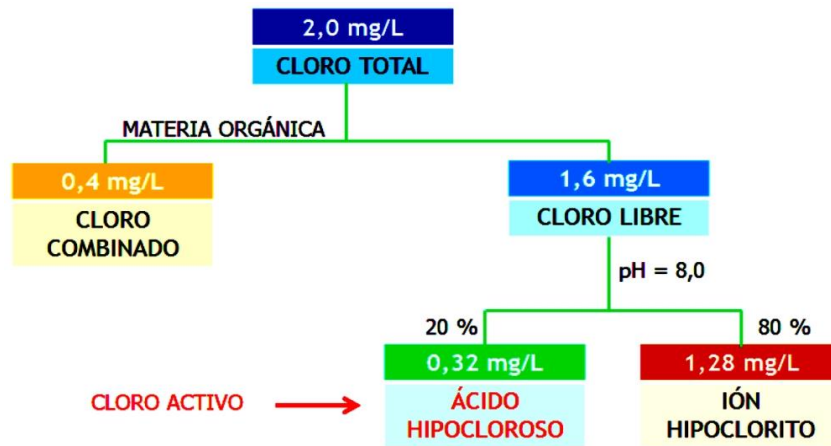
El cloro con la materia orgánica existente forma derivados clorados, algunos de los cuales como las cloraminas (combinación de cloro y amoníaco) tienen también un cierto poder desinfectante. Según **MARCO (2017)**, menciona que se distinguen entre las siguientes formas activas del cloro, las mismas son (**Figura 03**):

**a. Cloro libre:**

Es el cloro que se halla disuelto en agua y que no está asociado con la materia orgánica. Cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito que debe quedar en el agua de consumo humano para proteger de posible contaminación microbiológica, posterior a la cloración como parte del tratamiento. Para una desinfección eficaz en las redes



de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mg/L.



**Figura 03:** Diversas formas activas de cloro en agua. Fuente: **MARCO (2017)**.

#### **b. Cloro combinado**

Es el cloro que está asociado con materia orgánica (formado principalmente cloraminas) y que aún tiene un determinado poder desinfectante.

#### **c. Cloro activo**

Es la parte del cloro libre que está en forma de ácido hipocloroso. Es la forma del cloro más activa para la desinfección y su concentración depende del valor del pH del agua.

#### **d. Cloro total:**

Es la suma del cloro libre y el cloro combinado.

**Cuadro 04:** Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano. **Nota 2:**

Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración cloro libre residual de no debe ser menor de 0,5 mgL<sup>-1</sup>. Fuente: **MINSA (2011)**.

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE  
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS**

<b>Parámetros Inorgánicos</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
1. Antimonio	mg Sb L <sup>-1</sup>	0,020
2. Arsénico ( <b>nota 1</b> )	mg As L <sup>-1</sup>	0,010
3. Bario	mg Ba L <sup>-1</sup>	0,700
4. Boro	mg B L <sup>-1</sup>	1,500
5. Cadmio	mg Cd L <sup>-1</sup>	0,003
6. Cianuro	mg CN <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	0,070
7. Cloro ( <b>nota 2</b> )	mg L <sup>-1</sup>	5
8. Clorito	mg L <sup>-1</sup>	0,7
9. Clorato	mg L <sup>-1</sup>	0,7
10. Cromo total	mg Cr L <sup>-1</sup>	0,050
11. Flúor	mg F L <sup>-1</sup>	1,000
12. Mercurio	mg Hg L <sup>-1</sup>	0,001
13. Níquel	mg Ni L <sup>-1</sup>	0,020
14. Nitratos	mg NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	50,00
15. Nitritos	mg NO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L <sup>-1</sup>	0,010
17. Selenio	mg Se L <sup>-1</sup>	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L <sup>-1</sup>	0,07
19. Uranio	mg U L <sup>-1</sup>	0,015

**Nota 2:** Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL<sup>-1</sup>.

### 2.2.7. Determinación del Cloro Libre Residual

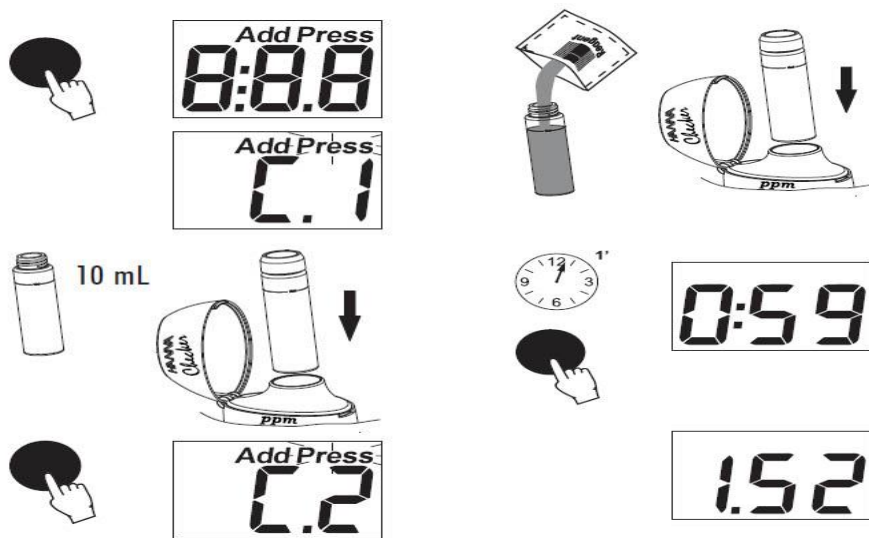
Para la determinación del cloro libre usando el Test de Cloro Libre (HI 701) (**Figuras: 04 y 05**), se siguió el protocolo:

- Conecte el medidor pulsando el botón. Después de mostrar todos los segmentos, “C.1”, “Add” aparece “Press” parpadeante, lo que indica que el equipo está listo.

- Llene la cubeta con 10 ml de muestra sin tratar y coloque la tapa. Introduzca la cubeta en el porta-cubeta y cierre la tapa del medidor.
- Pulse el botón. Cuando la pantalla muestre “Add”, “C.2” con “Press” parpadeante el medidor está a cero.
- Saque la cubeta, ábrela y añada el contenido de un paquete de reactivo HI93701-0. Coloque la tapa y agítelo suavemente durante 20 segundos. Introduzca la cubeta en el medidor.
- A continuación en caso de utilizar reactivos en polvo pulse el botón y manténgalo presionado hasta que se muestre un temporizador.
- El medidor muestra directamente la concentración de cloro libre. El medidor se autodesconecta después de 10 segundos.
- En el caso del uso de reactivos líquidos añada primeramente las gotas de reactivo a la cubeta y rellénela después hasta la raya de 10 ml con la muestra.



**Figura 04:** Test de Cloro Libre (HI 701), con cubeta de medición y reactivo para cloro libre. Fuente: **HANNA INSTRUMENTS (2016)**.



**Figura 05:** Pasos del Test de Cloro Libre (HI 701) marca Hanna. Fuente:

**HANNA INSTRUMENTS (2016).**

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Agua cruda:** Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento.
- **Agua superficial:** es el agua que existe en la superficie de los continentes, tanto como arroyos, ríos, lagos y embalses.
- **Agua potable:** Es aquella apta para consumo humano y que cumple con los requisitos físicos, químicos, organolépticos y microbiológicos descritos en la norma.
- **Agua de consumo:** Es el agua que se distribuye a los hogares, tratadas o no, los que en muchos casos no cumplen con los requisitos establecidos por las normas nacionales e internacionales.

- **Agua tratada:** Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano.
- **Calidad Microbiológica:** del agua y de los alimentos, es medida habitualmente por los microorganismos que están presentes en ellos. Muchos organismos se pueden usar para medir la calidad de un alimento o del agua. La calidad microbiológica hace referencia a dos aspectos fundamentales: la calidad higiénico-sanitaria y la calidad comercial.
- **Monitoreo:** Seguimiento y verificación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos u otros señalados en el presente Reglamento, y de factores de riesgo en los sistemas de abastecimiento del agua.

## **2.4. FORMULACION DE LA HIPOTESIS**

### **2.4.1. Hipótesis Nula (Ho)**

El agua de consumo humano que se distribuye en los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, si presentan buena calidad microbiológica, aplicando la Tecnología de Sustrato Definido Colilert.

### **2.4.2. Hipótesis Alterna (Ha)**

El agua de consumo humano que se distribuye en los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, no presentan buena calidad microbiológica, aplicando la Tecnología de Sustrato Definido Colilert.

## **2.5. IDENTIFICACION DE VARIABLES E INDICADORES**

### **2.5.1. Variable Independiente**

Agua de consumo humano obtenido en los distritos de Chanchamayo, San Ramón, Vitoc, San Luis de Shuaro, Perené y Pichanaki.

### **2.5.2. Variable Dependiente**

Calidad microbiológica del agua de consumo humano de los distritos de Chanchamayo, San Ramón, Vitoc, San Luis de Shuaro, Perené y Pichanaki.

### **2.5.3. Indicadores**

- Coliformes totales (NMP/100 mL.)
- *Escherichia coli* (NMP/100 mL.)
- Cloro Libre Residual (ppm).

## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y METODOS**

---

#### **3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN**

La investigación de campo, se desarrolló en los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, los mismos que según coordenadas geográficas UTM, comprenden (**GOOGLE MAPS, 2017; INEI, 2017**):

- Chanchamayo (La Merced): X: 464047; Y: 8777980.8; Sur, Zona 18.
- San Ramón: X: 455103.93; Y: 8768437.30; Sur, Zona 18.
- San Luis de Shuaro: X: 474176.26; Y: 8804685.03; Sur, Zona 18.
- Perené: X: 493320.90; Y: 8797145.11; Sur, Zona 18.
- Vitoc: X: 475489.22; Y: 8754855.71; Sur, Zona 18.
- Pichanaki: X: 513707.59; Y: 8792135.68; Sur, Zona 18.

Los trabajos de laboratorio fueron hechos en el Laboratorio de Biología y Microbiología de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Filial La Merced, cuya coordenadas UTM comprende: X: 572778.28; Y: 8886246.63; Sur, Zona 18.

#### **3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS**

Se utilizó y colectó el agua de consumo humano, procedente de los distritos de Chanchamayo, San Ramón, Perené, Vitoc, San Luis de Shuaro y Pichanaki.

### **3.3. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS**

#### **3.3.1. Equipos**

- Lámpara de Luz UV, modelo UV240
- Incubadora microbiológica.
- Autoclave.
- Cámara Fotográfica
- Test de Cloro Libre. Hanna, modelo: HI 701.

#### **3.3.2. Materiales**

- Cooler de tecnopor de 20 y 30 L de capacidad
- Refrigerante (hielo)
- Recipientes para toma de muestras.
- Materiales de acero inoxidable diversos.
- Tubos de ensayo 20 mL. con tapa
- Gradillas
- Pipetas de 10 ml.
- Vasos de precipitación 50 mL.
- Bombilla pro pipeta universal
- Bolsas de polietileno para muestreo de 1 litro.
- Mechero de alcohol
- Encendedor o fosforo
- Guantes descartables
- Protector naso-bucal descartable
- Protector de cabello descartable
- Lapiceros tinta indeleble No. 0.5.



- Algodón estéril
- Papel craft
- Papel aluminio
- Cuchillo de acero inoxidable.
- Cubeta de poliestireno.

### **3.3.3. Reactivos**

- Reactivo Sustrato Definido Colilert
- Frascos estériles de 100 ml. con tiosulfato de sodio.
- Reactivo para Test de cloro libre modelo: HI 701.
- Desinfectante: Hipoclorito de sodio

## **3.4. METODOLOGIA**

### **3.4.1. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación que se aplicó en la investigación correspondió a una investigación *Básico - Descriptivo*.

### **3.4.2. Población y Muestra**

La población de estudio comprendió el total de usuarios-familia activos que reciben el servicio de agua de consumo humano en los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, agrupados así:

- Chanchamayo (La Merced): 6,369 usuarios familia.
- San Ramón: 3,860 usuarios familia.
- Pichanaki: 5,710 usuarios familia.
- San Luis de Shuaro: 200 usuarios familia aprox.

- Vitoc: 70 usuarios familia.
- Perené (Pampa Silva y Santa Ana): 2,381 usuarios familia.

Las muestras obtenidas en cada distrito fueron tres (03) con dos (02) unidades muestrales cada una, durante los tres meses (bloques), haciendo un totales de *18 muestras*. Se usó la metodología propuesta por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012).

### **3.4.3. Métodos y Técnicas de Trabajo**

El método que se utilizó en la investigación fue *experimental y de analisis*, para lo cual se tuvo en cuenta el registro, análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la evaluación de la calidad microbiológica de aguas de consumo humano en los seis distritos de la Provincia de Chanchamayo. En ese sentido, en el presente estudio, se siguió sistemáticamente las siguientes etapas:

#### **a. Elección del Lugar**

El lugar de estudio comprendió la población de los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, (INEI, 2017):

- **Chanchamayo (La Merced):** 24,675 habitantes, con **6,369** usuarios familia.
- **San Ramón:** 27,011 habitantes, con **3,860** usuarios familia.
- **San Luis de Shuaro:** 7,233 habitantes, con **200** usuarios familia aproximadamente.
- **Perené:** 74,699 habitantes, con **2,381** usuarios familia.

- **Vitoc:** 1,866 habitantes, con **70** usuarios familia
- **Pichanaki:** 68,551 habitantes, con **5,710** usuarios familia.

#### **b. Delimitación de las Zonas de Muestreo**

En la presente investigación, los lugares de muestreos estuvieron comprendidos a nivel de la red de distribución intra domiciliaria en los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, los que se efectuaron durante tres meses.

#### **c. Obtención y preparación de las muestras en campo**

Las muestras de agua fueron obtenidos en cada distrito de estudio, directamente de los caños o tomas de agua de consumo intra domiciliarios elegidos previamente. Para la toma de muestra se dejó previamente abierto el caño para que discurra el agua durante 2 a 3 minutos y, luego se desinfectó a la llama de fuego del merchero de alcohol (**Anexos: Figura 16**).

Luego de ello, se colectó volúmenes de 100 ml de agua en cada uno de los dos frascos colilert con tiosulfato, en seguida y de manera inmediata, se vertió el reactivo colilert a cada frasco colilert y, seguidamente se procedió a cerrar y homogenizarlo. En el mismo lugar, se colectó además un litro de agua en las bolsas de muestreo para determinación de cloro libre residual. Seguidamente, las muestras colectadas fueron trasladadas al Laboratorio de Biología y Microbiología de la Universidad

Nacional Daniel Alcides Carrión, Filial La Merced debidamente aisladas en un recipiente cooler y bajo refrigeración a 4°C.

#### **d. Dispensado de los frascos Colilert con muestras**

Para el desarrollo de la *prueba cuantitativa* en el método del sustrato definido colilert (**IDEXX, 2002**); se procedió a verter (dispensar) en 10 tubos de ensayo, el contenido de cada frasco colilert con tiosulfato mas muestra de agua obtenidas en campo, en volúmenes de 10 ml cada uno.

#### **e. Determinación del Cloro Libre Residual**

De las bolsas con muestras de agua (un litro) obtenidos en campo, se procedió a efectuar la *prueba de cloro libre residual* mediante con el equipo Test de Cloro Libre Hanna, modelo: HI 701 (**Figuras: 03 al 05 y Cuadro 04**), cuyos resultados permitió determinar los niveles de Cloro Libre Residual en cada distrito en estudio. Esta etapa se realizó en el laboratorio de Biología y Microbiología de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, de la Filial La Merced (**Anexos: Figura 17**).

#### **f. Incubación de las Muestras**

Una vez llegadas las muestras de campo al laboratorio y, procesadas para la *prueba cuantitativa*, se procedió a incubar, para ello fueron colocadas en la incubadora microbiológica a 37°C por 24 horas (**Anexos: Figura 19**).

#### **g. Lectura e Interpretación de los resultados**

Después del periodo de incubación de 24 horas, y para la lectura de la *prueba cuantitativa* de las muestras presentes en los tubos de ensayo, se tuvo en cuenta los siguientes indicadores cualitativos propuestos por **IDEXX (2002)**, los cuales son:

- Tubos de ensayos incoloros o transparentes indicaron ausencia de coliformes.
- Tubos de ensayo de color amarillo indicaron presencia de coliformes totales.
- Tubos de ensayo de color azul fluorescentes (con lámpara UV) indicaron presencia de *Escherichia coli*.

Con los tubos de ensayo cuantificados “positivos” según color indicados líneas arriba, se aplicó la Tabla del Numero Más Probable (según la técnica de Tubos Múltiples) propuesto por **IDEXX (2002)**. Los resultados se interpretaron según las técnicas y métodos citados en el **Cuadro 06**.

#### **3.4.4. Tratamientos en Estudio**

El estudio se desarrolló en los seis distritos (tratamientos) de la provincia de Chanchamayo durante tres meses (bloques); así mismo, los indicadores evaluados en la investigación comprendieron a coliformes totales (NMP/100mL.), *Escherichia coli* (NMP/100mL) y Cloro Libre Residual (ppm) (**Cuadros: 05 y 06**).

**Cuadro 05:** Relación entre los tratamientos (distritos) y bloques (meses),  
efectuados en la investigación.

		TRATAMIENTOS					
MESES	DISTritos	LA MERCED	SAN RAMÓN	SAN LUIS DE SHUARO	VITOC	PERENE	PICHANAKI
		M1 - M2	M1 - M2	M1 - M2	M1 - M2	M1 - M2	M1 - M2
BLOQUES	<b>1er. MES ENERO 2018</b>	- C. Totales - <i>E. coli.</i> - Cloro Libre	- C. Totales - <i>E. coli.</i> - Cloro Libre	- C. Totales - <i>E. coli.</i> - Cloro Libre	- C. Totales - <i>E. coli.</i> - Cloro Libre	- C. Totales - <i>E. coli.</i> - Cloro Libre	- C. Totales - <i>E. coli.</i> - Cloro Libre
	<b>2do. MES FEBRERO 2018</b>	- C. Totales - <i>E. coli.</i> - Cloro Libre	- C. Totales - <i>E. coli.</i> - Cloro Libre	- C. Totales - <i>E. coli.</i> - Cloro Libre	- C. Totales - <i>E. coli.</i> - Cloro Libre	- C. Totales - <i>E. coli.</i> - Cloro Libre	- C. Totales - <i>E. coli.</i> - Cloro Libre
	<b>3er. MES MARZO 2018</b>	- C. Totales - <i>E. coli.</i> - Cloro Libre	- C. Totales - <i>E. coli.</i> - Cloro Libre	- C. Totales - <i>E. coli.</i> - Cloro Libre	- C. Totales - <i>E. coli.</i> - Cloro Libre	- C. Totales - <i>E. coli.</i> - Cloro Libre	- C. Totales - <i>E. coli.</i> - Cloro Libre

**M1 - M2:** Son las unidades muestras tomadas en cada distrito evaluado.

**Cuadro 06:** Indicadores evaluados según técnicas o métodos empleados en la investigación.

DETERMINACIÓN	MÉTODO
<b>Coliformes totales</b>	Tecnología de Sustrato Definido Colilert, prueba cuantitativa (NMP) ( <b>IDEXX, 2002</b> ), según Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ( <b>APHA, 2012</b> ).
<b><i>Escherichia coli</i></b>	Tecnología de Sustrato Definido Colilert, prueba cuantitativa (NMP) ( <b>IDEXX, 2002</b> ), según Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ( <b>APHA, 2012</b> ).
<b>Cloro Libre Residual</b>	Método Cuantitativo del Cloro Libre Residual con el Test de Cloro Libre. Hanna, modelo: HI 701 ( <b>Hanna Instruments, 2016</b> ).

### 3.5. ANALISIS ESTADISTICO

El diseño de variancia se realizó utilizando el Diseño en Bloque Completamente Aleatorizados (DBCA) con seis (06) tratamientos

(distritos) y tres (03) bloques (meses) por tratamiento, según modelo propuesto por **MONROE y MONROE (2012)**.

### 3.5.1. Modelo Aditivo Lineal

El Modelo aditivo lineal del diseño experimental es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, t$  = número de tratamientos (distritos)

$j = 1, 2, 3, \dots, r$  = número de bloques (meses)

Dónde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta observada en la unidad experimental.

$\mu$  = Media general.

$T_i$  = Efecto aleatorio del  $i$ -ésimo tratamiento.

$B_j$  = Efecto aleatorio de la  $j$ -ésima bloque.

$E_{ij}$  = Error experimental en la unidad  $j$  del tratamiento  $i$ .

### 3.5.2. Análisis de Varianza

<b>F. de V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc.</b>	<b>Ft.</b>	<b>Sig</b>
Tratamientos	5					
Bloques	2					
Error	10					
Total	17					
$s =$	$x =$		$C.V.=$			

Además se realizó la Prueba de Significancia de Tuckey al 0,05 usando el software estadístico Minitab 17 (**MINITAB, 2016**).

## CAPITULO IV

### R E S U L T A D O S Y D I S C U S I O N

---

#### 4.1. CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA EN LOS SEIS DISTRITOS DE CHANCHAMAYO

En los **Cuadros 07 al 09** y **Anexos: Cuadros 27 al 29 y Figuras 16 al 31**), se presentan los resultados y/o análisis microbiológicos para coliformes totales y *Escherichia coli*, aplicando la tecnología de sustrato definido colilert; así mismo, los valores de cloro libre residual encontrados, siguiendo el método cuantitativo del Test de Cloro Libre Hanna, modelo: HI 701, en las muestras M1 y M2, colectadas en los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante los meses de enero, febrero y marzo del 2018. En ese sentido, de los resultados evaluados según muestras M1 y M2 durante los tres meses, en los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, se encontró los siguientes valores:

##### 4.1.1. Calidad Microbiológica del agua en el Distrito de Vitoc

En el distrito de Vitoc (**Cuadro 07**), los valores para coliformes totales alcanzaron desde 6,90 NMP/100 mL hasta superiores a 23,00 NMP/100 mL. Por su parte, los niveles para *Escherichia coli*, estuvieron desde inferior a 1,10 NMP/100 mL hasta superiores a 23,00 NMP/100 mL. Así mismo, los niveles de cloro libre residual en todas las muestras evaluadas, según meses, fueron de 0,00 ppm.



Los resultados indicaron que, el agua en el distrito de Vitoc, no es apta para el consumo humano (**Cuadro 07, Figura 06; Anexos: Figuras 21, 26 y 30**); ello confirma que es deficiente o nulo el proceso de tratamiento y desinfección del agua que presta la Junta Administrativa de Agua y Saneamiento (JASS) en el distrito de Vitoc.

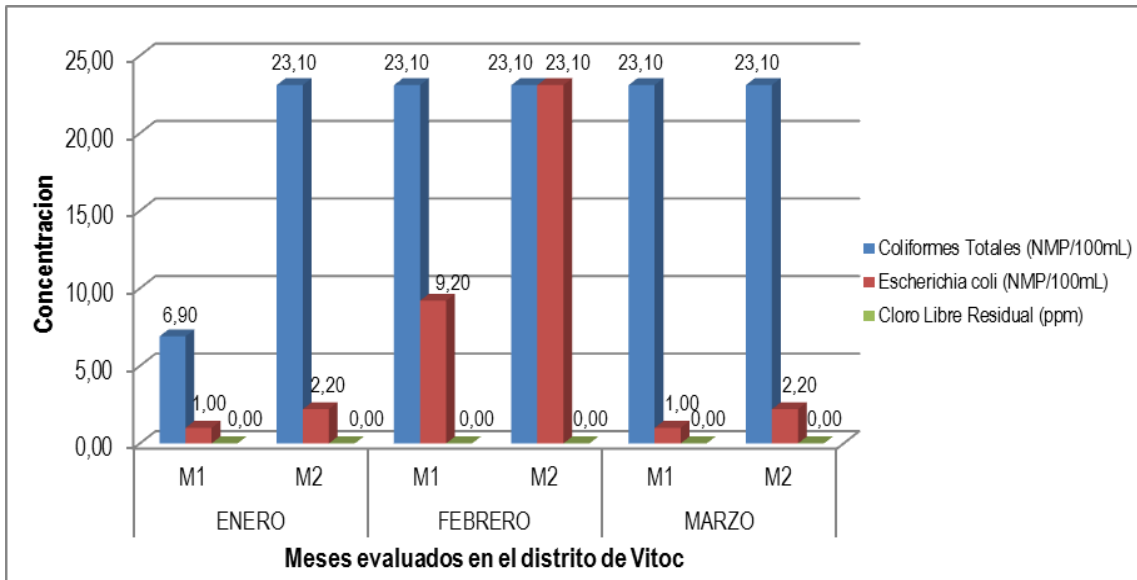
**Cuadro 07:** Resultados de colimetría y cloro libre residual efectuados durante tres meses en los distritos de Vitoc y San Ramón.

DISTRITO DE VITOC						
PARAMETROS	NUMEROS DE MUESTRAS EVALUADAS (6)					
	ENERO		FEBRERO		MARZO	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Coliformes Totales	6,90 NMP/100 mL	> 23,00 NMP/100 mL	> 23,00 NMP/100 mL	> 23,00 NMP/100 mL	> 23,00 NMP/100 mL	> 23,00 NMP/100 mL
<i>Escherichia coli</i>	< 1,10 NMP/100 mL	2,20 NMP/100 mL	9,20 NMP/100 mL	> 23,00 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	2,20 NMP/100 mL
Cloro Libre Residual	0,00 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm
DISTRITO DE SAN RAMON						
PARAMETROS	NUMEROS DE MUESTRAS EVALUADAS (6)					
	ENERO		FEBRERO		MARZO	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Coliformes Totales	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	> 23,00 NMP/100 mL	3,60 NMP/100 mL	1,10 NMP/100 mL	3,60 NMP/100 mL
<i>Escherichia coli</i>	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	9,20 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL
Cloro Libre Residual	0,78 ppm	0,71 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm	0,87 ppm	0,84 ppm

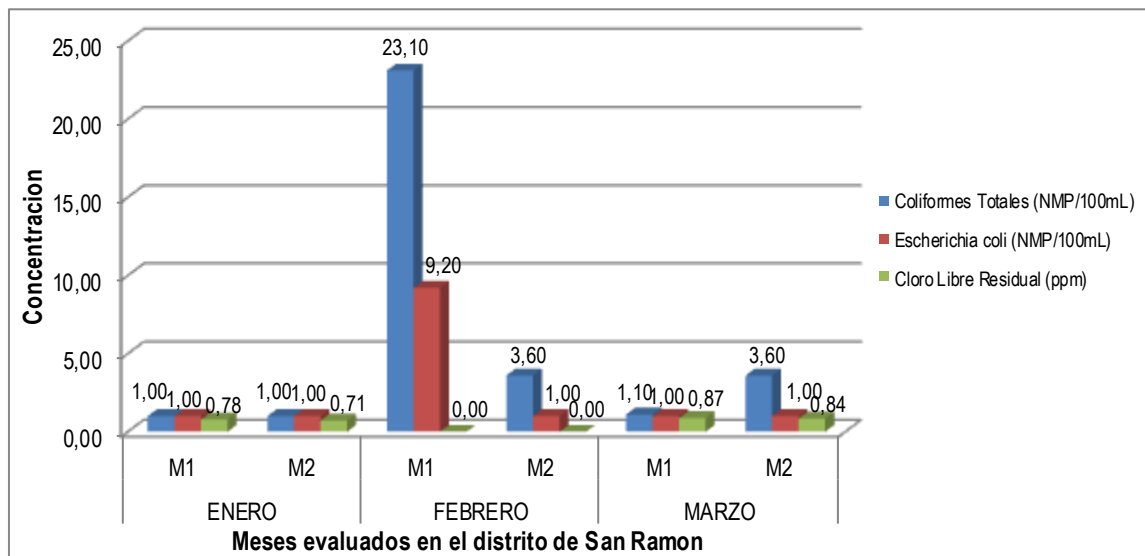
#### 4.1.2. Calidad Microbiológica del agua en el Distrito de San Ramón

En el Distrito de San Ramón (**Cuadro 07**), los datos para coliformes totales alcanzaron valores desde inferiores a 1,10 NMP/100 mL hasta superior a 23,00 NMP/100 mL. Por otro lado,

los niveles para *Escherichia coli*, fueron desde inferiores a 1,10 NMP/100 mL hasta 9,20 NMP/100 mL. Por su parte, los niveles de cloro libre residual fueron desde 0,00 ppm hasta 0,87 ppm.



**Figura 06:** Resultados de colimetría y cloro libre residual efectuados durante tres meses en el distrito de Vitoc.



**Figura 07:** Resultados de colimetría y cloro libre residual efectuados durante tres meses en el distrito de San Ramón.

Estos resultados nos indican que el agua en el distrito de San Ramón, no es apta para el consumo humano (**Cuadro 07, Figura 07; Anexos: Figuras 21 y 31**); confirmando con ello que, el proceso de tratamiento y desinfección del agua es deficiente que presta la Empresa Prestadora de Servicios y Saneamiento Selva Central S.A. (EPS) para este distrito.

**Cuadro 08:** Resultados de colimetría y cloro libre residual efectuados durante tres meses en los distritos de Chanchamayo y Pichanaki.

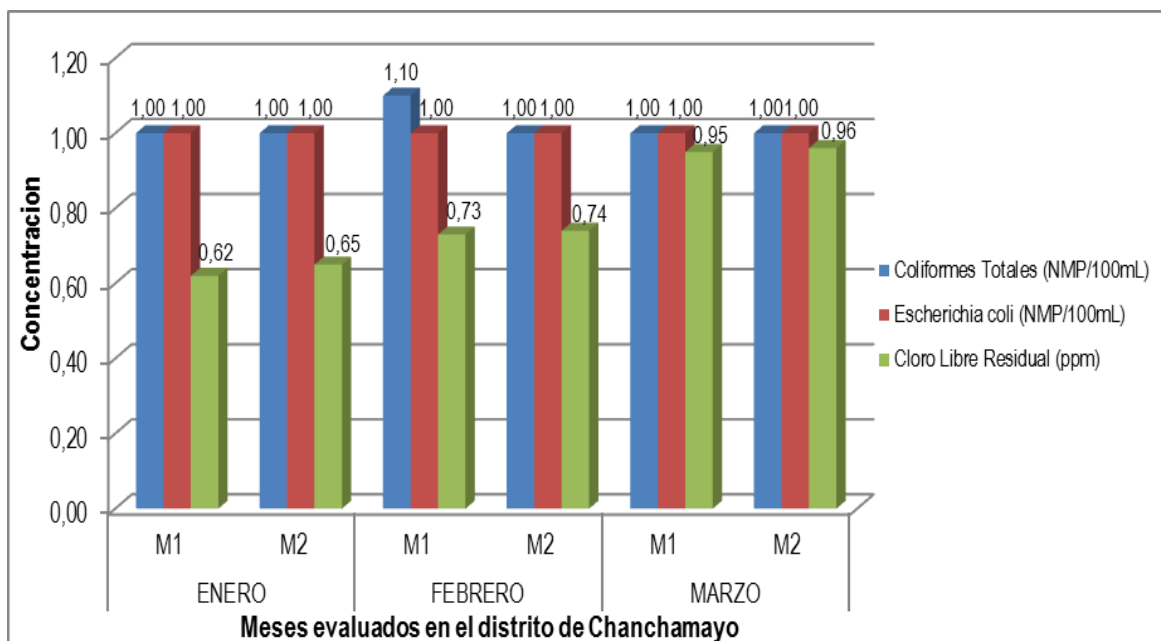
DISTRITO DE CHANCHAMAYO (LA MERCED)						
PARAMETROS	NUMEROS DE MUESTRAS EVALUADAS (6)					
	ENERO		FEBRERO		MARZO	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Coliformes Totales	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL
<i>Escherichia coli</i>	< 1,1 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL
Cloro Libre Residual	0,62 ppm	0,65 ppm	0,73 ppm	0,74 ppm	0,95 ppm	0,96 ppm
DISTRITO DE PICHANAKI						
PARAMETROS	NUMEROS DE MUESTRAS EVALUADAS (6)					
	ENERO		FEBRERO		MARZO	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Coliformes Totales	2,20 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	1,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.
<i>Escherichia coli</i>	2,20 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.
Cloro Libre Residual	0,69 ppm	0,52 ppm	0,74 ppm	0,54 ppm	0,60 ppm	0,45 ppm

#### 4.1.3. Calidad Microbiológica del agua en el Distrito de Chanchamayo

En el distrito de Chanchamayo (**Cuadro 08**), los niveles para coliformes totales alcanzaron valores desde inferiores a 1,10 NMP/100 mL hasta 1,10 NMP/100 mL. Por su parte, los niveles

para *Escherichia coli*, fueron en todas las muestras evaluadas, inferiores a 1,10 NMP/100 mL. Así mismo, los niveles de cloro libre residual alcanzaron un ratio desde 0,62 ppm hasta 0,96 ppm.

En ese sentido, según los resultados hallados, el agua en el distrito de Chanchamayo, es apta para el consumo humano (**Cuadro 08, Figura 08; Anexos: Figuras: 21 y 27**). En base a la presente investigación, se confirma que el servicio de tratamiento y desinfección del agua que presta la Empresa Prestadora de Servicios y Saneamiento Selva Central S.A. (EPS) para este distrito capital es bueno.

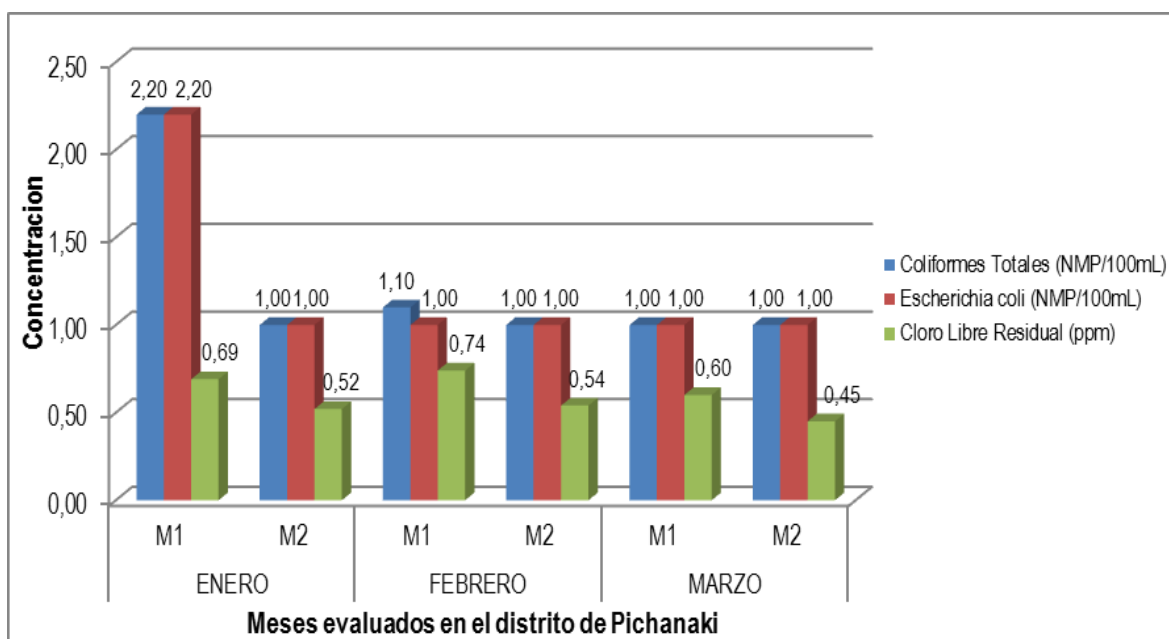


**Figura 08:** Resultados de colimetría y cloro libre residual efectuados durante tres meses en el distrito de Chanchamayo.

#### 4.1.4. Calidad Microbiológica del agua en el Distrito de Pichanaki

En el distrito de Pichanaki (**Cuadro 08**), los niveles para coliformes totales y *Escherichia coli*, alcanzaron valores desde inferiores a 1,10 NMP/100 mL hasta 2,20 NMP/100 mL. Por su parte, el cloro libre residual alcanzó un ratio desde 0,45 ppm hasta 0,74 ppm.

Estos resultados nos indican que el agua en el distrito de Pichanaki, no es apta para el consumo humano (**Cuadro 08, Figura 09; Anexos: Figuras: 20, 24, 25**). Ello, confirma que es deficiente el proceso de tratamiento y desinfección del agua para Pichanaki hecho por la Empresa Prestadora de Servicios y Saneamiento Selva Central S.A. (EPS).



**Figura 09:** Resultados de colimetría y cloro libre residual efectuados durante tres meses en el distrito de Pichanaki.

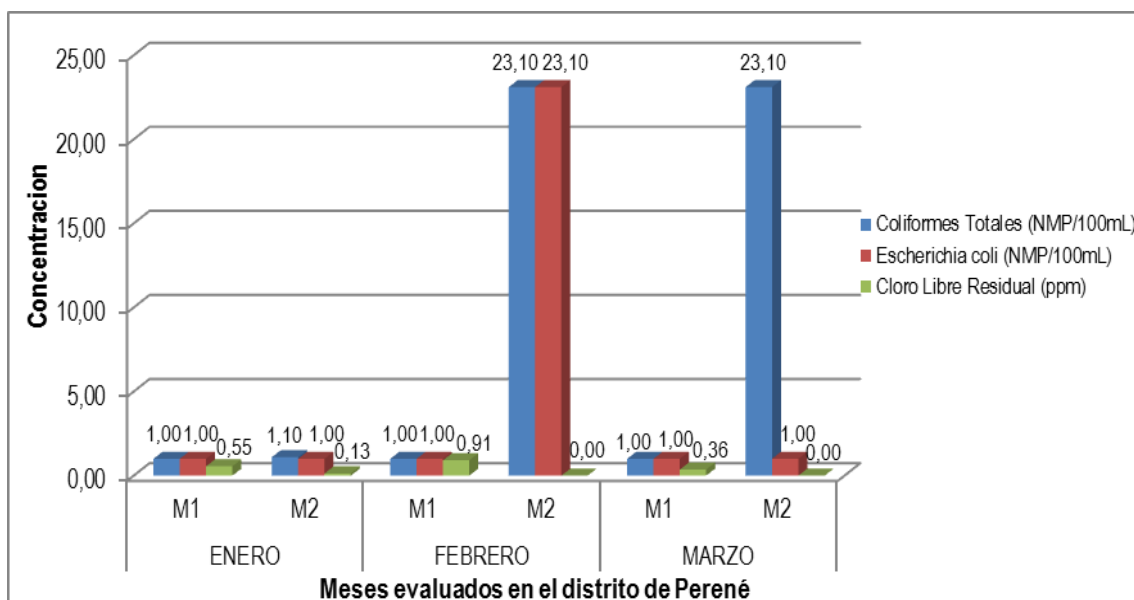
#### 4.1.5. Calidad Microbiológica del agua en el Distrito de Perené

En el distrito de Perené (**Cuadro 09**), se encontró que, los reportes para coliformes totales y *Escherichia coli* alcanzaron un ratio desde inferiores a 1,10 NMP/100 mL hasta superiores a 23,00 NMP/100 mL. Así mismo, los niveles de cloro libre residual fueron desde 0,00 ppm hasta un 0,91 ppm.

Los resultados indican que el agua en el distrito de Perené, no es apta para el consumo humano (**Cuadro 09, Figura 10; Anexos: Figuras: 20 y 28**). Con ello, se confirma que el proceso de tratamiento y desinfección del agua de consumo humano que presta la Municipalidad Distrital de Perené es deficiente.

**Cuadro 09:** Resultados de colimetría y cloro libre residual efectuados durante tres meses en los distritos de Perené y San Luis de Shuaro.

DISTRITO DE PERENE						
PARAMETROS	NUMEROS DE MUESTRAS EVALUADAS (6)					
	ENERO		FEBRERO		MARZO	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Coliformes Totales	< 1,10 NMP/100 mL.	1,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	> 23,00 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	> 23,00 NMP/100 mL.
<i>Escherichia coli</i>	< 1,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	> 23,00 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.
Cloro Libre Residual	0,55 ppm	0,13 ppm	0,91 ppm	0,00 ppm	0,36 ppm	0,00 ppm
DISTRITO DE SAN LUIS DE SHUARO						
PARAMETROS	NUMEROS DE MUESTRAS EVALUADAS (6)					
	ENERO		FEBRERO		MARZO	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Coliformes Totales	> 23,00 NMP/100 mL.	> 23,00 NMP/100 mL.	> 23,00 NMP/100 mL.	> 23,00 NMP/100 mL.	> 23,00 NMP/100 mL.	> 23,00 NMP/100 mL.
<i>Escherichia coli</i>	> 23,00 NMP/100 mL.	> 23,00 NMP/100 mL.	5,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	23 NMP/100 mL.	> 23,00 NMP/100 mL.
Cloro Libre Residual	0,00 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm



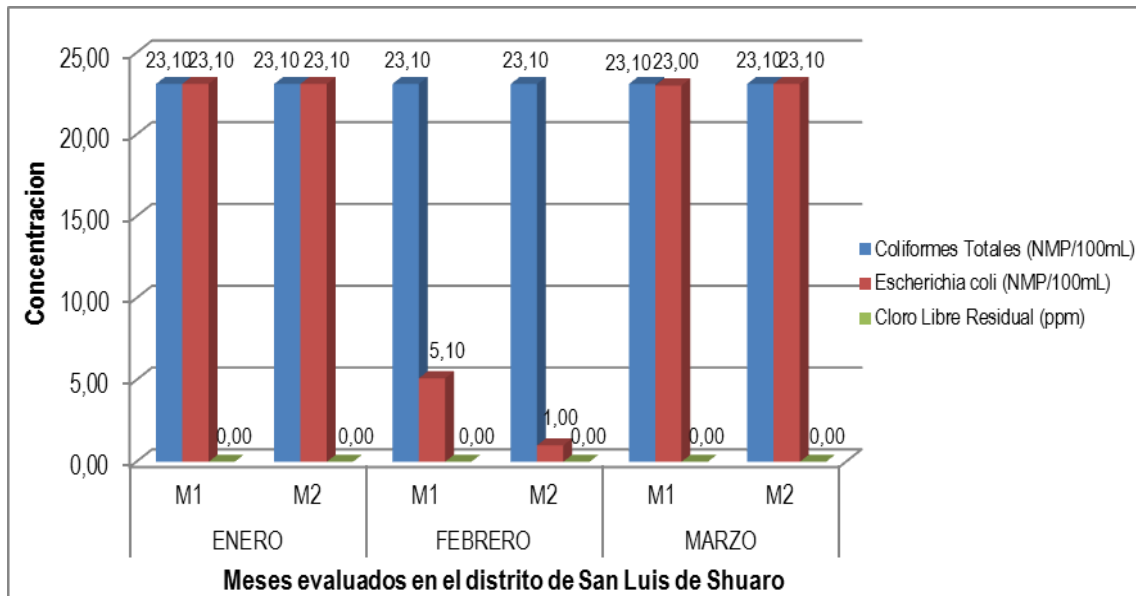
**Figura 10:** Resultados de colimetría y cloro libre residual efectuados durante tres meses en el distrito de Perené.

#### 4.1.6. Calidad Microbiológica del agua en el Distrito de San Luis de Shuaro

En el distrito de San Luis de Shuaro (**Cuadro 09**), los niveles para coliformes totales alcanzaron todos, valores superior a 23,00 NMP/100 mL. Por su parte, los niveles para *Escherichia coli*, fueron desde inferior a 1,10 NMP/100 mL hasta superiores a 23,00 NMP/100 mL. Finalmente, los niveles de cloro libre residual todos fueron de 0,00 ppm.

Estos resultados nos indican que el agua en el distrito de San Luis de Shuaro, no es apta para el consumo humano (**Cuadro 09**, **Figura 11**; **Anexos: Figuras: 20, 22, 23 y 29**). Ello confirma que

los procedimientos de tratamiento y desinfección del agua hecho por la Municipalidad Distrital de San Luis de Shuaro, es deficiente.



**Figura 11:** Resultados de colimetría y cloro libre residual efectuados durante tres meses en el distrito de San Luis de Shuaro.

En general, de los resultados se desprenden que sólo el agua en el distrito de Chanchamayo es apta para su consumo humano; mientras que el agua de consumo humano en los cinco distritos restantes no brindan las garantías de calidad según el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano – D.S. N° 031-2010-SA.

Al respecto, **BUENO (2006)** y **VINUEZA (2015)**, en estudios efectuados sobre “Análisis microbiológico de agua de la Parroquia Borbón, Cantón Eloy Alfaro y su asociación con la enfermedad diarreica” y, “Comparación entre las pruebas Enzima-Sustrato Definido Colilert y Tubos Múltiples



Fluorocult para el diagnóstico de *Escherichia coli* y Coliformes Totales en aguas tratadas”, respectivamente, acerca de coliformes totales y *E. coli* en aguas de consumo humano, hallaron la presencia de mayores niveles porcentuales estas bacterias; así como, ambos autores coinciden que la tecnología de sustrato definido colilert posee mayor aplicabilidad, además que es selectiva, preciosa y confiable; lo cual guarda relación y se corrobora con el uso de dicha tecnología en la presente investigación.

En relación al cloro libre residual, **TARQUI, et. al. (2013)**, refieren que en estudios de “Calidad bacteriológica de agua hechos en Cajamarca, Huancavelica y Huánuco durante el 2012-2013”, encontraron que la mayoría de las muestras de agua evaluadas tuvieron concentraciones de cloro por debajo de 0,5 mg/L o nulas, situación que coinciden con los encontrados en el presente estudio, guardando a su vez relación con la presencia de coliformes y *Escherichia coli*.

El estudio confirmó además que, en los distritos de Chanchamayo, San Ramón y Pichanaki, es la Empresa Prestadora de Servicios y Saneamiento Selva Central S.A. (EPS) la encargada de efectuar la prestación del servicio de agua de consumo y saneamiento, teniendo además, la obligación de efectuar el control de calidad del agua en las etapas de tratamiento, desinfección y distribución del agua según Resolución de Consejo Directivo. No. 011-2007-SUNASS-CD (**SUNASS, 2007**). Por su parte, en los distritos de San Luis de Shuaro y Perené, la prestación del servicio de agua lo hacen sus correspondientes municipios.

Finalmente, el distrito de Vitoc es administrado por los pobladores a través de la Junta Administrativa de Agua y Saneamiento (JASS), organización comunal conformada con el propósito de administrar, operar y mantener los sistemas de agua y saneamiento.

Al respecto, los resultados de calidad microbiológica para colimetría (coliformes totales y *Escherichia coli*), así como la determinación del Cloro Libre Residual, efectuados en la presente investigación, se encontró que para el distrito de Chanchamayo, la prestación del servicio de agua de consumo que brinda la Empresa Prestadora de Servicios y Saneamiento Selva Central S.A. (EPS), está en mejores condiciones de calidad (agua apta para el consumo), con excepción de San Ramón y Pichanaki (no aptos); mientras que, en los distritos de Perené, San Luis de Shuaro y Vitoc, son deficientes (no aptos para el consumo).

Cabe indicar que los parámetros de Límites Máximos Permisibles para colimetría comprenden de  $0 \text{ UFC}/100 \text{ mL}$  para la técnica de Recuento en Placa (plate Count) o menor a  $1,8 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$  para la técnica de Tubos Múltiples (también llamado Numero Más Probable); por su parte, el Cloro Libre Residual debe estar dentro del ratio de  $\geq 0.5 \text{ ppm}$  a  $5 \text{ ppm}$ , en referencia al Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano - DS. N° 031-2010-SA (**Cuadros 03, 04 y 10**) (MINSA, 2011).

**Cuadro 10:** Límites Máximos Permisibles (LMP) para colimetría y Cloro Libre Residual según técnicas o métodos evaluados.

PARAMETROS	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE (*)	TECNICA / METODO
Coliformes Totales	0 UFC/100 mL. ò < 1,8 NMP/100 mL.	Sustrato Definido Colilert y Tubos Múltiples.
<i>Escherichia coli</i>	0 UFC/100 mL. ò < 1,8 NMP/100 mL.	Sustrato Definido Colilert y Tubos Múltiples.
Cloro Libre Residual	≥ 0.5 ppm a 5 ppm.	Medidor Digital Hanna Checker Hi 701

(\*): Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano - DS. N° 031-2010-SA.

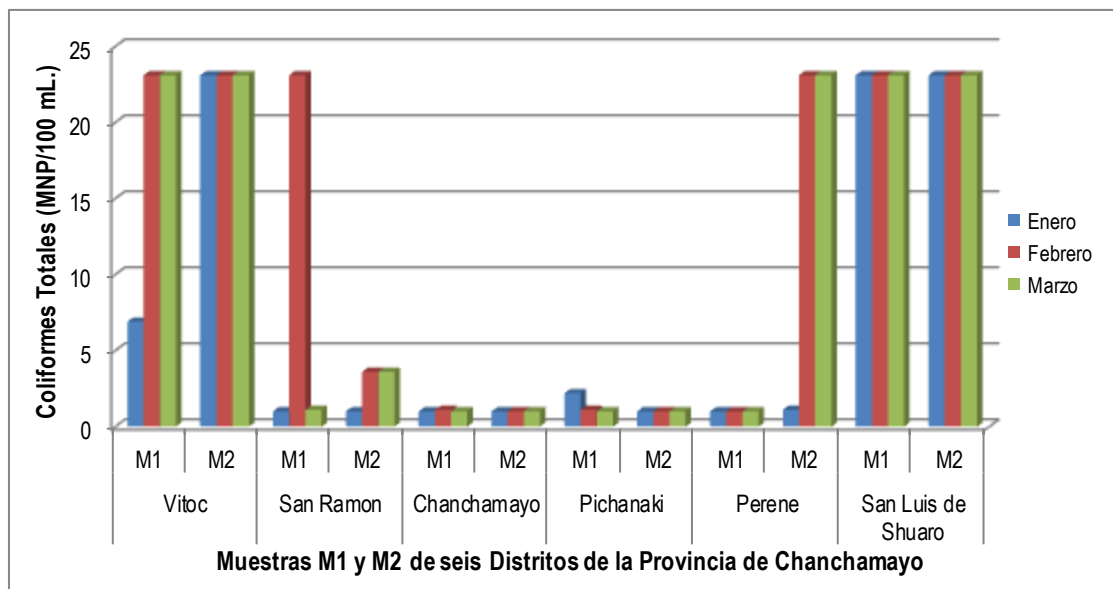
#### 4.2. COMPARACION DE LOS NIVELES DE COLIFORMES TOTALES SEGÚN DISTRITOS Y MESES

En el **Cuadro 11** y **Figura 12**, se reportan los niveles de coliformes totales (NMP/100mL) para los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, aplicando la técnica de Tubos Múltiples o Numero Más Probable; ello fue hecho durante tres meses y, con dos muestras por cada distrito.

**Cuadro 11:** Coliformes Totales (NMP/100 mL) de muestras M1 y M2, obtenidos de los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses.

Distritos Meses	SEIS DISTRITOS DE LA PROVINCIA DE CHANCHAMAYO: VALORES DE COLIFORMES TOTALES (NMP/100 mL)											
	Vitoc (VIT)		San Ramón (SNR)		Chanchamayo (CHYO)		Pichanaki (PKI)		Perene (PER)		San Luis de Shuaro (SLS)	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
ENERO	6,90	> 23,00	< 1,10	< 1,10	< 1,10	< 1,10	2,20	< 1,10	< 1,10	1,10	> 23,00	> 23,00
FEBRERO	> 23,00	> 23,00	> 23,00	3,60	1,10	< 1,10	1,10	< 1,10	< 1,10	> 23,00	> 23,00	> 23,00
MARZO	> 23,00	> 23,00	1,10	3,60	< 1,10	< 1,10	< 1,10	< 1,10	< 1,10	> 23,00	> 23,00	> 23,00

**Nota:** Para efectuar ANOVA, se recomienda que los valores de: > 23,00 ~ 23,10 y < 1,10 ~ 1,00.



**Figura 12:** Coliformes Totales (NMP/100 mL) de muestras M1 y M2, obtenidos de los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses.

Al respecto, al comparar los resultados se evidencia que sólo en el distrito de Chanchamayo hubo ausencia de coliformes totales, cuyos niveles de están comprendidos dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP) para ambas muestras (M1 y M2), según Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano, DS No. 031-2010-SA (**Cuadro 03**).

Por su parte, en los demás distritos, se comprobó la presencia de coliformes totales, siendo en San Luis de Shuaro y Vitoc los niveles muy altos. Ello es debido a que las condiciones higiénicas sanitarias, tratamiento y desinfección de agua no son los adecuados. Al respecto, **CHAMBI (2015)**, en estudios de coliformes totales y *E. coli* en aguas de piletas, acequias y pozos artesanales, para consumo humano, comprobó que no son aptos por carecer de tratamientos adecuado, resultados que son similares al presente estudio.

#### 4.2.1. Coliformes Totales en muestras M1 según distritos y meses.

Al realizar el ANOVA (**Cuadro 12**) para coliformes totales de las muestras **M1**, obtenidos de los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, según meses (**Cuadro 11**), se observó que a nivel de los tratamientos (distritos) se encontró diferencias altamente significativas ( $F_c > F_{t_{0,05}; 0,01}$ ); sin embargo, a nivel de los bloques (meses) no se encontró diferencias significativas (ns), ( $F_c < F_{t_{0,05}; 0,01}$ ). Al encontrar estas diferencias altamente significativas en los tratamientos (distritos), se procedió a efectuar la Prueba de Significancia de Tukey al 0,05, cuyos resultados se detallan en el **Cuadro 13**.

**Cuadro 12:** Análisis de Varianza para coliformes totales de las muestras M1 en seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft (0,05) (0,01)</b>		<b>Sig.</b>
Tratamientos	5	1377,9	275,57	<b>7,20</b>	<b>3,33</b>	<b>5,64</b>	<b>**</b>
Bloques	2	117,3	58,67	<b>1,53</b>	<b>4,10</b>	<b>7,56</b>	<b>ns</b>
Error	10	382,7	38,27				
Total	17	1877,9					

**C.V.= 79,62 %**

Al respecto, según la Prueba de Significancia de Tukey al 0.05, los valores de las medias para coliformes totales de las muestras M1 en los seis tratamientos (distritos), presentaron tres categorías diferentes: La categoría A conformada por San Luis de Shuaro cuya media fue de 23,10 NMP/100mL; la categoría AB integrada

por los distritos de Vitoc y San Ramón, con medias de 17,70 NMP/100mL y 8,40 NMP/100mL, respectivamente. Ambas categorías tienen diferencias significativas, cuyos valores son superiores a los límites máximos permisibles para coliformes totales.

Por su parte, la categoría B, conformado por los distritos de Pichanaki, Chanchamayo y Perené, cuyas medias fueron de 1,433 NMP/100 mL, 1,033 NMP/100 mL y 1,000 NMP/100 mL, respectivamente, no tienen diferencias significativas y, son las mejores en relación a las categorías A y AB, por cuanto se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para coliformes totales.

**Cuadro 13:** Prueba de Significancia de Tukey al 0,05 y promedios ordenados para coliformes totales en muestras M1, según distritos.

<b>Factor</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
SLS	3	23,10	A
VIT	3	17,70	A B
SRN	3	8,40	A B
PKI	3	1,433	B
CHYO	3	1,033	B
PER	3	1,000	B

#### 4.2.2. Coliformes Totales en muestras M2 según distritos y meses.

Al realizar el ANOVA (**Cuadro 14**) para coliformes totales de las muestras **M2**, obtenidos de los seis distritos, según meses de la

provincia de Chanchamayo (**Cuadro 11**), se observó que a nivel de los tratamientos (distritos) existen diferencias altamente significativas ( $F_c > F_{t,0,05; 0,01}$ ); sin embargo, a nivel de los bloques (meses) no se encontró diferencias significativas (ns), ( $F_c < F_{t,0,05; 0,01}$ ). En ese sentido, al encontrar diferencias altamente significativas a nivel de tratamientos (distritos), se procedió a efectuar la Prueba de Significancia de Tukey al 0,05, cuyos resultados se detallan en el **Cuadro 15**.

**Cuadro 14:** Análisis de Varianza para coliformes totales de las muestras M2 en seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft (0,05) (0,01)</b>		<b>Sig.</b>
Tratamientos	5	1751,39	350,28	<b>13,48</b>	<b>3,33</b>	<b>5,64</b>	<b>**</b>
Bloques	2	67,24	33,62	<b>1,29</b>	<b>4,10</b>	<b>7,56</b>	<b>ns</b>
Error	10	259,93	25,99				
Total	17	2078,57					

**C.V.= 87,49 %**

Al respecto, según la Prueba de Significancia de Tukey al 0,05, los valores de las medias para coliformes totales de las muestras M2 en los seis tratamientos (distritos), presentaron cuatro categorías diferentes: La categoría A conformada por San Luis de Shuaro y Vitoc, con medias de 23,10 NMP/100mL para ambos distritos; la categoría AB, conformada por Perenè cuya media fue 15,77 NMP/100 mL y, la categoría BC conformada por San Luis de Shuaro con una media de 2,733 NMP/100 mL. Las tres categorías

citadas presentan diferencias significativas, cuyos valores son superiores a los límites máximos permisibles para coliformes totales.

Sin embargo, la categoría C, conformada por los distritos de Pichanaki y Chanchamayo, con medias de 1,000 NMP/100 mL, son iguales y las mejores, por cuanto se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para coliformes totales.

**Cuadro 15:** Prueba de Significancia de Tukey al 0,05 y promedios ordenados para coliformes totales en muestras M2, según distritos.

Factor	N	Media	Agrupación
SLS	3	23,10	A
VIT	3	23,10	A
PER	3	15,77	A B
SRN	3	2,733	B C
PKI	3	1,000	C
CHYO	3	1,000	C

#### 4.3. COMPARACION DE LOS NIVELES DE *Escherichia coli* SEGÚN DISTRITOS Y MESES

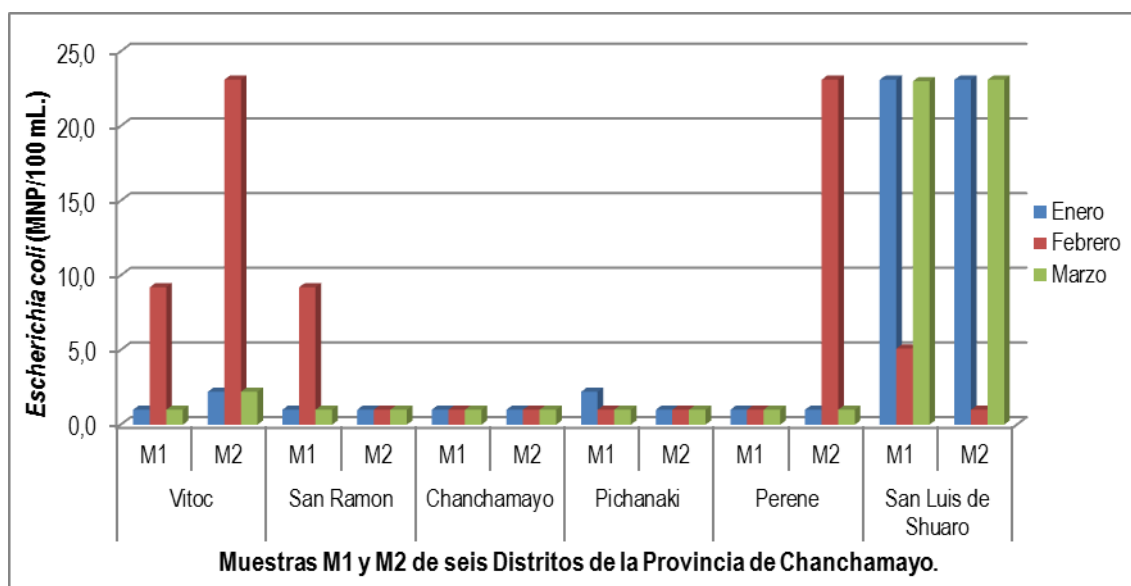
En el **Cuadro 16** y **Figura 13**, se reportan los niveles de *Escherichia coli* (NMP/100mL) aplicando la técnica de Tubos Múltiples o Numero Más Probable para los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses y, con dos muestras por cada distrito.



**Cuadro 16:** *Escherichia coli* (NMP/100 mL) de muestras M1 y M2, obtenidos de los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses.

Distritos	SEIS DISTRITOS DE PROVINCIA DE CHANCHAMAYO: VALORES DE <i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)											
	Vitoc (VIT)		San Ramón (SNR)		Chanchamayo (CHYO)		Pichanaki (PKI)		Perene (PER)		San Luis de Shuaro (SLS)	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
ENERO	< 1,10	2,20	< 1,10	< 1,10	< 1,10	< 1,10	2,20	< 1,10	< 1,10	< 1,10	> 23,00	> 23,00
FEBRERO	9,20	> 23,00	9,20	< 1,10	< 1,10	< 1,10	< 1,10	< 1,10	< 1,10	> 23,00	5,10	< 1,10
MARZO	< 1,10	2,20	< 1,10	< 1,10	< 1,10	< 1,10	< 1,10	< 1,10	< 1,10	< 1,10	23,00	> 23,00

**Nota:** Para efectuar **ANOVA**, se recomienda que los valores de: > 23,00 ~ 23,10 y < 1,10 ~ 1,00.



**Figura 13:** *Escherichia coli* (NMP/100 mL) de muestras M1 y M2, obtenidos de los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses.

Al respecto, se evidencia que sólo en el distrito de Chanchamayo los niveles de *Escherichia coli* están comprendidos dentro de los Límites

Máximos Permisibles (LMP) para ambas muestras (M1 y M2), no siendo así en los demás distritos (Vitoc, San Ramón, Pichanaki, Perené y San Luis de Shuaro), según Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano, DS No. 031-2010-SA (**Cuadro 03**).

#### 4.3.1. *Escherichia coli* en muestras M1 según distritos y meses.

Al realizar el ANOVA (**Cuadro 17**) para *Escherichia coli* de las muestras **M1**, obtenidos de los seis distritos la provincia de Chanchamayo, según meses (**Cuadro 16**), se observó que a nivel de los tratamientos (distritos) se encontró diferencias significativas ( $F_c > F_{t(0,05)}$ ); sin embargo, a nivel de los bloques (meses), no existieron diferencias significativas (ns), ( $F_c < F_{t(0,05); 0,01}$ ). En ese sentido, al encontrar diferencias significativas a nivel de tratamientos (distritos), se procedió a efectuar la Prueba de Significancia de Tukey al 0,05, cuyos resultados se detallan en el **Cuadro 18**.

**Cuadro 17:** Análisis de Varianza *Escherichia coli* de las muestras M1 en seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses.

Fuente	GL	S.C.	C.M.	Fc	Ft (0,05) (0,01)	Sig.
Tratamientos	5	579,184	115,837	<b>3,80</b>	<b>3.33</b> <b>5.64</b>	*
Bloques	2	0,654	0,327	<b>0,01</b>	<b>4.10</b> <b>7.56</b>	ns
Error	10	304,766	30,477			
Total	17	884,604				

**C.V.= 65,55 %**

Al respecto, según la Prueba de Significancia de Tukey al 0.05, los valores de las medias para *Escherichia coli* de las muestras M1 en los seis tratamientos (distritos), presentaron tres categorías diferentes. La categoría A conformada por San Luis de Shuaro con una media de 17,10 NMP/100 mL; la categoría AB conformada por San Ramón y Vitoc, ambas con medias de 3,73 NMP/100 mL. Las dos categorías citadas presentan diferencias significativas y, con valores superiores a los límites máximos permisibles para *Escherichia coli*.

Sin embargo, la categoría B, conformada por Pichanaki, Perené y Chanchamayo, cuyas medias son 1,400 NMP/100 mL; 1,000 NMP/100 mL y 1,000 NMP/100 mL, respectivamente, no tienen diferencias significativas y son las mejores, por cuanto se encuentran dentro de los límites máximos permisibles.

**Cuadro 18:** Prueba de Significancia de Tukey al 0,05 y promedios ordenados para *Escherichia coli* en muestras M1, según distritos.

<b>Factor</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
SLS	3	17,10	A
SRN	3	3,73	A B
VIT	3	3,73	A B
PKI	3	1,400	B
PER	3	1,000	B
CHYO	3	1,000	B

#### 4.3.2. *Escherichia coli* en muestras M2 según distritos y meses.

Al realizar el ANOVA (**Cuadro 19**) para *Escherichia coli* de las muestras **M2**, obtenidos de los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, según meses (**Cuadro 16**), se observó que no existen diferencias significativas (ns) tanto a nivel de tratamientos (distritos) ( $F_c < F_{t_{0,05}; 0,01}$ ), como a nivel de los bloques (meses), ( $F_c < F_{t_{0,05}; 0,01}$ ); sin embargo, se procedió a efectuar la Prueba de Significancia de Tukey al 0.05, cuyos resultados se detallan en el **Cuadro 20**.

**Cuadro 19:** Análisis de Varianza *Escherichia coli* de las muestras M2 en seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses.

Fuente	GL	S.C.	C.M.	Fc	Ft (0,05) (0,01)	Sig.
Tratamientos	5	556,06	111,21	<b>1,24</b>	<b>3.33</b> <b>5.64</b>	ns
Bloques	2	48,53	24,27	<b>0,27</b>	<b>4.10</b> <b>7.56</b>	ns
Error	10	893,89	89,39			
Total	17	1498,48				

**C.V.= 40,35 %**

En ese sentido, según la Prueba de Significancia de Tukey al 0,05, los valores de las medias para *Escherichia coli* de las muestras M2 en los seis tratamientos (distritos), presentaron solo la categoría A, en donde los distritos de San Luis de Shuaro, Vitoc y Perené, cuyas medias fueron de 15,73 NMP/100 mL, 9,17 NMP/100 mL y 8,37 NMP/100 mL, respectivamente, corresponde a valores superiores a los límites máximos permisibles para *Escherichia coli*;

sin embargo, las medias de Pichanaki, Chanchamayo y San Ramón, con 1,000 NPM/100 mL cada uno, fueron los mejores por encontrarse dentro de los límites máximos permisibles.

**Cuadro 20:** Prueba de Significancia de Tukey al 0,05 y promedios ordenados para *Escherichia coli* en muestras M2, según distritos.

Factor	N	Media	Agrupación
SLS	3	15,73	A
VIT	3	9,17	A
PER	3	8,37	A
PKI	3	1,000	A
CHYO	3	1,000	A
SRN	3	1,000	A

#### 4.4. COMPARACION DE LOS NIVELES DE CLORO LIBRE RESIDUAL SEGÚN DISTRITOS Y MESES

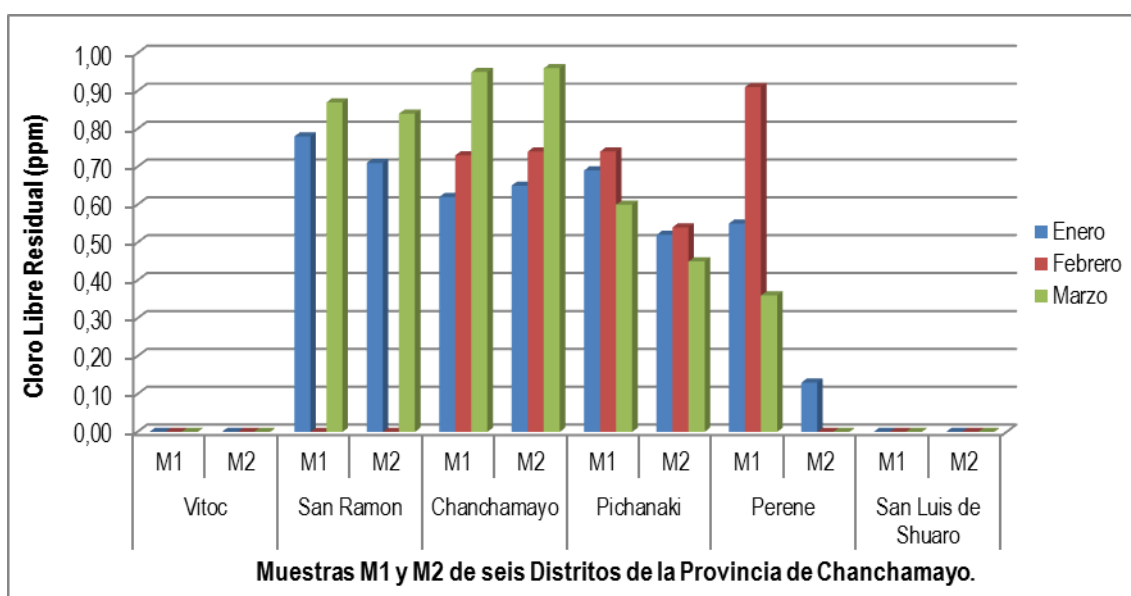
En el **Cuadro 21 y Figura 14**, se reportan los niveles de Cloro Libre Residual (ppm) para los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses (enero, febrero y marzo del 2018) y, con dos muestras por cada distrito, aplicando el Método Cuantitativo del Cloro Libre Residual con el Test de Cloro Libre, Hanna, modelo HI 701.

Al respecto, al comparar los resultados encontrados en el presente estudio, se evidencia que sólo en el distrito de Chanchamayo los niveles de Cloro Libre Residual están comprendidos dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP) para ambas muestras (M1 y M2), no siendo

así en los demás distritos, según Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano, DS No. 031-2010-SA, (**Cuadro 04**).

**Cuadro 21:** Cloro Libre Residual (ppm) de muestras M1 y M2, obtenidos de los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses.

Distritos Meses	SEIS DISTRITOS DE PROVINCIA DE CHANCHAMAYO: VALORES DE CLORO LIBRE RESIDUAL (ppm)											
	Vitoc (VIT)		San Ramón (SNR)		Chanchamayo (CHYO)		Pichanaki (PKI)		Perene (PER)		San Luis de Shuaro (SLS)	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
<b>ENERO</b>	0,00	0,00	0,78	0,71	0,62	0,65	0,69	0,52	0,55	0,13	0,00	0,00
<b>FEBRERO</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	0,74	0,74	0,54	0,91	0,00	0,00	0,00
<b>MARZO</b>	0,00	0,00	0,87	0,84	0,95	0,96	0,60	0,45	0,36	0,00	0,00	0,00



**Figura 14:** Cloro Libre Residual (ppm) de muestras M1 y M2, obtenidos de los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses.

#### 4.4.1. Cloro Libre Residual en muestras M1 según distritos y meses.

Al realizar el ANOVA (**Cuadro 22**) para cloro libre residual de las muestras **M1**, obtenidos de los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, según meses (**Cuadro 21**), se observó diferencias significativas ( $F_c > F_{t(0,05)}$ ) a nivel de los tratamientos (distritos); sin embargo a nivel de los bloques (meses) no se encontró diferencias significativas (ns), ( $F_c < F_{t(0,05); 0,01}$ ). En ese sentido, al encontrar estas diferencias significativas a nivel de tratamientos (distritos), se procedió a efectuar la Prueba de Significancia de Tukey al 0,05, cuyos resultados se detallan en el **Cuadro 23**.

**Cuadro 22:** Análisis de Varianza cloro libre residual de las muestras M1 en seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses.

Fuente	GL	S.C.	C.M.	Fc	Ft (0,05) (0,01)	Sig.
Tratamientos	5	1,76860	0,353720	<b>5,31</b>	<b>3.33</b>	<b>5.64</b> *
Bloques	2	0,01373	0,006867	<b>0,10</b>	<b>4.10</b>	<b>7.56</b> ns
Error	10	0,66667	0,066667			
Total	17	2,44900				

**C.V.= 72,78 %**

Al respecto, según la Prueba de Significancia de Tukey al 0.05, los valores de las medias para cloro libre residual de las muestras M1 en los seis tratamientos (distritos), presentaron tres categorías diferentes: La categoría A conformada por Chanchamayo y Pichanaki, cuyas medias fueron de 0,7667 ppm y 0,6767 ppm,

respectivamente; la categoría AB conformada por Perené y San Ramón, cuyas medias fueron 0,607 ppm y 0,550 ppm, respectivamente. Las dos categorías citadas presentan diferencias significativas, pero los valores de las medias son las mejores, por encontrarse dentro del rango permitido de los límites máximos permisibles para cloro libre residual ( $\geq 0,5$  ppm a  $\leq 5$  ppm).

Por su parte, la categoría B conformada por San Luis de Shuaro y Vitoc, cuyas medias son de 0,0000 ppm para ambos distritos, no tienen diferencias significativas, encontrándose debajo de los límites máximos permisibles para cloro libre residual ( $\geq 0,5$  ppm a  $\leq 5$  ppm).

**Cuadro 23:** Prueba de Significancia de Tukey al 0,05 y promedios ordenados para cloro libre residual en muestras M1, según distritos.

<b>Factor</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
CHYO	3	0,7667	A
PKI	3	0,6767	A
PER	3	0,607	A B
SRN	3	0,550	A B
SLS	3	0,0000	B
VIT	3	0,0000	B

#### 4.4.2. Cloro Libre Residual en muestras M2 según distritos y meses.

Al realizar el ANOVA (**Cuadro 24**) para cloro libre residual de las muestras **M2**, obtenidos de los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, según meses (**Cuadro 21**), se observó diferencias



altamente significativas ( $F_c > F_{t0,05; 0,01}$ ) a nivel de los tratamientos (distritos); sin embargo, a nivel de bloques (meses) no se encontraron diferencias significativas (ns), ( $F_c < F_{t0,05; 0,01}$ ). Por lo tanto, al encontrar diferencias altamente significativas a nivel de tratamientos (distritos), se procedió a efectuar la Prueba de Significancia de Tukey al 0.05, cuyos resultados se detallan en el **Cuadro 25**.

**Cuadro 24:** Análisis de Varianza cloro libre residual de las muestras M2 en seis distritos de la provincia de Chanchamayo, durante tres meses.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft (0,05) (0,01)</b>		<b>Sig.</b>
Tratamientos	5	1,70224	0,34045	<b>8,72</b>	<b>3.33</b>	<b>5.64</b>	<b>**</b>
Bloques	2	0,08508	0,04254	<b>1,09</b>	<b>4.10</b>	<b>7.56</b>	<b>ns</b>
Error	10	0,39039	0,03904				
Total	17	2,17771					

**C.V.= 82,07 %**

Al respecto, según la Prueba de Significancia de Tukey al 0.05, los valores de las medias para cloro libre residual de las muestras M2 en los seis tratamientos (distritos), presentaron tres categorías. La categoría A conformada por Chanchamayo cuya media fue 0,7833 ppm; la categoría AB conformada por San Ramón y Pichanaki con medias de 0,517 ppm y 0,5033 ppm, respectivamente. Las dos categorías citadas presentaron diferencias significativas, pero los valores de las medias son las mejores, por encontrarse dentro del

rango permitido de los límites máximos permisibles para cloro libre residual ( $\geq 0,5$  ppm a  $\leq 5$  ppm).

Por su parte, la categoría B conformada por Perené, San Luis de Shuaro y Vitoc, cuyos valores de las medias son 0,0433 ppm, 0,0000 ppm y 0,0000 ppm, respectivamente, no tienen diferencias significativas, encontrándose debajo de los límites máximos permisibles para cloro libre residual ( $\geq 0,5$  ppm a  $\leq 5$  ppm).

**Cuadro 25:** Prueba de Significancia de Tukey al 0,05 y promedios ordenados para cloro libre residual en muestras M2, según distritos.

Factor	N	Media	Agrupación
CHYO	3	0,7833	A
SRN	3	0,517	A B
PKI	3	0,5033	A B
PER	3	0,0433	B
SLS	3	0,0000	B
VIT	3	0,0000	B

Hechas las comparaciones estadísticamente (ANOVA y Tukey), tanto para colimetría (coliformes totales y *Escherichia coli*) como para el cloro libre residual, en las muestras M1 y M2 obtenidas, se encontró que a nivel de los bloques (meses) no existió diferencias significativas; sin embargo, a nivel de los tratamientos (distritos) si hubo diferencias significativas y diferencias altamente significativas en la mayoría de las muestras; ello corroboró que el servicio de agua de consumo en cada uno de los distritos

es administrado de manera independiente, siendo en muchos de los casos deficientes en calidad microbiológica.

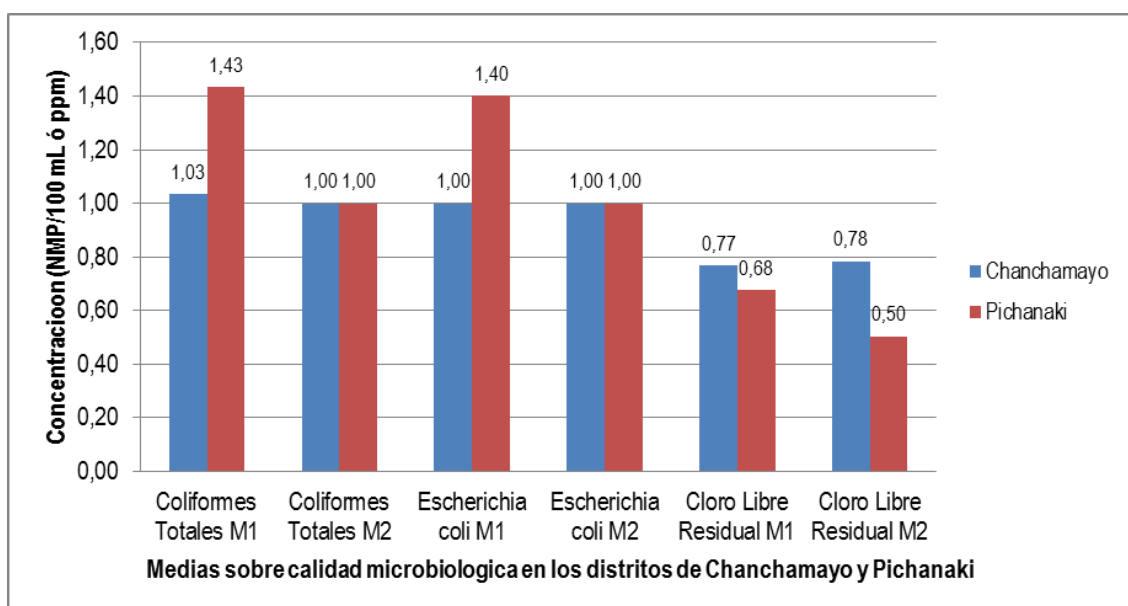
Al respecto, las pruebas de significancia de Tukey al 0.05 para los seis distritos (**Cuadros: 13, 15, 18, 20, 23 y 25**), arrojan los resultados que, según las medias correspondientes, los distritos de Chanchamayo y Pichanaki están comprendidos como los que, estadísticamente, tienen calidad microbiológica aceptable para coliformes totales, *Escherichia coli* y cloro libre residual, cumpliendo en *promedio* los límites máximos permisibles (**Cuadro 26 y Figura 15**).

Sin embargo, según el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano (**MINSA, 2011**), en su artículo 67 sobre el control por contaminación microbiológica, menciona que "...Si en una muestra tomada en la red de distribución se detecta la presencia de bacterias totales y/o coliformes termotolerantes, el proveedor investigará inmediatamente las causas para adoptar las medidas correctivas, a fin de eliminar todo riesgo sanitario, y garantizar que el agua en ese punto tenga no menos de  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  de cloro residual libre. Complementariamente se debe recolectar muestras diarias en el punto donde se detectó el problema, hasta que por lo menos en dos muestras consecutivas no se presenten bacterias coliformes totales ni termotolerantes..."; en ese sentido, en el presente estudio se acepta que, de los seis distritos, solo el distrito de Chanchamayo cumple con los límites máximos permisibles (LMP) para colimetría y cloro libre residual del agua de consumo humano

tomadas en la red de distribución intra domiciliaria; lo cual representa el 17% del total de distritos evaluados.

**Cuadro 26:** Medias de Tukey al 0,05 con calidad microbiológica aceptable en los distritos de Chanchamayo y Pichanaki.

	Coliformes Totales M1	Coliformes Totales M2	<i>Escherichia coli</i> M1	<i>Escherichia coli</i> M2	Cloro Libre Residual M1	Cloro Libre Residual M2
Chanchamayo	1,03	1,00	1,00	1,00	0,77	0,78
Pichanaki	1,43	1,00	1,40	1,00	0,68	0,50



**Figura 15:** Medias de Tukey al 0,05 con calidad microbiológica aceptable en los distritos de Chanchamayo y Pichanaki.

Al respecto, los resultados difieren a los reportados por **MARCHAND (2002)**, quien encontró solo el 17,86% de muestras de agua de inmuebles no cumplieron las normas microbiológicas; lo cual es debido a que todas las muestras evaluadas por dicho autor fueron de agua potable que provee el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL)

y, siendo otros los factores que influyeron en dicho porcentaje. Sin embargo, los estudios de **PAREDES (2011)**, encontró que en todas las muestras de agua de consumo evaluadas en Cerro de Pasco, no cumplieron la norma técnica peruana por el deficiente servicio que presta la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Pasco (EMAPA Pasco); siendo similar a los hallados en la presente investigación.

## CONCLUSIONES

---

Se evaluó la calidad microbiológica del agua de consumo humano en los seis distritos de la provincia de Chanchamayo, encontrándose que sólo el distrito de Chanchamayo (La Merced), presentó niveles aceptables para coliformes totales y *Escherichia coli*; así como, cloro libre residual dentro del radio permisible; por lo que el agua es considerada apta para el consumo humano. El agua de consumo en los demás distritos no es apta para su consumo.

Los resultados cuantitativos fueron: En **vitoc**: Coliformes totales con 6,90 a >23,00 NMP/100 mL; *E. coli*, desde < 1,10 a > 23,00 NMP/100 mL y, cloro libre residual, todos con 0,00 ppm. **San Ramón**: Coliformes totales de < 1,10 a > 23,00 NMP/100 mL; *E. coli*, de < 1,10 a 9,20 NMP/100 mL y, cloro libre residual de 0,00 a 0,87 ppm. **Chanchamayo**: Coliformes totales y *E. coli*, todos con valores de  $\leq$  1,10 NMP/100 mL; cloro libre residual fue de 0,62 a 0,96 ppm. **Pichanaki**: Coliformes totales y *E. coli*, todos desde < 1,10 a 2,20 NMP/100 mL y, cloro libre residual desde 0,45 a 0,74 ppm. **Perené**: Coliformes totales y *E. coli* con valores desde < 1,10 a > 23,00 NMP/100 mL; cloro libre residual con 0,00 a 0,91 ppm. Y, **San Luis de Shuaro**: Coliformes totales todos > 23,00 NMP/100 mL; *E. coli*, con < 1,10 a > 23,00 NMP/100 mL y, cloro libre residual todos fueron de 0,00 ppm.

Al correlacionar la calidad microbiológica para coliformes totales, *Escherichia coli* y cloro libre residual, del agua de consumo humano en los seis distritos de

la provincia de Chanchamayo, se encontró que a nivel de los distritos (tratamientos) si hubo diferencias significativas y altamente significativas, siendo diferentes y deficientes los procesos de tratamiento y desinfección, exceptuando en el distrito de Chanchamayo, que fue el mejor. Por otro lado, en relación a los tres meses (bloques) evaluados no presentaron diferencias significativas.

## RECOMENDACIONES

---

- Es conveniente que la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), siendo la institución encargada de la regulación y supervisión del suministro y distribución de agua potable en el Perú, establezca normativas para que en las provincias, distritos y otros, sean las Empresa Prestadora de Servicios (**EPS**) las encargadas de efectuar el tratamiento, desinfección y distribución de agua potable.
- Ejecutar estudios de virus, bacterias heterotróficas; huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos y organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y nematodos en todos sus estadios evolutivos, de las aguas de consumo humano de los distritos de Chanchamayo.
- Profundizar estudios del agua de consumo humano en calidad organoléptica y parámetros químicos inorgánicos y orgánicos en atención al Reglamento de Calidad Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA).



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA

---

**AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA).** (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington DC. EE.UU: 22ed. American Public Health Association (APHA), the American Water Works Association (AWWA) and the Water Environment Federation (WEF).

**AURAZO, M.** (2004). Manual Para Análisis Básicos De Calidad Del Agua De Bebida. Lima, Perú: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Organización Panamericana de la Salud (OPS). Recuperado de: <http://www.elaguapotable.com/manual%20 analisis%20basicos%20CA.pdf>

**AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (ANA).** (2015). Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación. Decreto Supremo No. 015-2015-MINAM. Lima, Perú: ANA. Recuperado de: <http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/ds-ndeg-015-2015-minam.pdf>

**BUENO, P.** (2006). Análisis microbiológico de agua de la Parroquia Borbón, Cantón Eloy Alfaro y su asociación con la enfermedad diarreica. Quito, Ecuador: Universidad de Quito. Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales. Tesis para optar el título de Baccalaureus Scientiae en Biotecnología. Recuperado de: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/567/1/82909.pdf>

- CHAMBI, G.** (2015). Determinación de Bacterias Coliformes y *E. Coli* en Agua de Consumo Humano del Centro Poblado de Trapiche- Ananea – Puno. Puno, Perú: Universidad Nacional Del Altiplano. Escuela Profesional De Medicina Veterinaria Y Zootecnia. Tesis. Recuperado de: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/1922>
- DE LA CRUZ, R.** (2013). Control Microbiológico De Alimentos Y Del Agua De Uso Hospitalario. México: VIII Curso De Actualización En Infecciones Nosocomiales. Recuperado de: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://himfg.com.mx/descargas/documentos/epidemiologia/IN2013/Mier24abril13/Controlmicrobiologicoaguaalimentos.pdf>
- GOOGLE MAPS.** (2017). Coordenadas Geográficas en Google Maps. EE.UU: Coordenadas Geográficas en Google Maps- Recuperado de: <http://www.coordenadas-gps.com/>
- HANNA INSTRUMENTS.** (2016). Test Kit De Oxígeno Disuelto (110 test), HI 3810. España: Hanna Instruments. Obtenido el 26 setiembre del 2016, de: <http://www.hannainst.es/catalogo-productos/test-kits/otros-parametros/test-kit-de-oxigeno-disuelto-110-test-hi-3810>
- IDEXX.** (2002). Colilert. Una prueba fácil, de 24 horas, para coliformes y *E. coli*. EE.UU: IDEXX Laboratories, Inc. Recuperado de: [http://www.idexx.de/pdf/de\\_de/water/6406200l.pdf](http://www.idexx.de/pdf/de_de/water/6406200l.pdf)
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA (INEI).** (2017). Población 2000 al 2015. Lima, Perú: Instituto Nacional De Estadística E Informática. Recuperado de: <http://proyectos.inei.gob.pe/web/poblacion/>

**MARCHAND, E. O.** (2002). Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana. Lima, Peru: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Biológicas. Tesis para optar el título de Biólogo. Recuperado de: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Tesis/Basic/Marchand\\_P\\_E/tesis\\_completo.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Tesis/Basic/Marchand_P_E/tesis_completo.pdf)

**MARCO, J.** (2017). Química del Agua: Formas cativas del Cloro.España: Química del Agua. Recuperado de: <http://www.quimicadelagua.com/Conceptos.Analiticos.Cloro.4.html>

**MINISTERIO DE ECONOMIA Y FINANZAS (MEF).** (2017). Clasificador de gastos presupuestarios 2017. Lima, Perú: Ministerio De Economía Y Finanzas. Recuperado de: <http://dnpp.mef.gob.pe/cnsClasif/faces/clasifGasto.jsp>

**MINISTERIO DE SALUD (MINSA).** (2008). Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano. Resolución Ministerial No. 951-2008/MINSA. Lima, Peru: Ministerio de Salud. Recuperado de: [http://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas\\_Legales/alimentos/RM591MINSANORMA.pdf](http://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/alimentos/RM591MINSANORMA.pdf)

**MINISTERIO DE SALUD (MINSA)** (2011). Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano. DS No. 031-2010-SA. Lima Perú: Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental. Recuperado de: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento\\_calidad\\_agua.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento_calidad_agua.pdf)

- MINITAB** (2016). Software Estadístico Minitab 17. Pensilvania, EE.UU: Minitab Inc. International Sales and Support. Recuperado de <https://www.minitab.com/es-mx/products/minitab/>
- MONROE, R.J. Y MONROE, P.K.** (2012). Estadística Elemental. México: 11va. Edición. Editorial Cengage Learning Editores.
- OPAZO, G. M.** (1991). Tecnología apropiada para agua potable. Bogotá. Colombia: Asociación medio ambiente y desarrollo en América Latina.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS).** (2008). Guías para la Calidad del Agua Potable. Suiza: Tercera edición. Volumen 1. Organización Mundial de la Salud. Recuperado de: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwg/gdwq3rev/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/gdwq3rev/es/)
- PAREDES, E. M.** (2011). Estudio fisicoquímico y microbiológico del agua de consumo humano en la ciudad de Cerro de Pasco. Pasco, Perú: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias.
- SEOÁNEZ, C. M.** (1998). Medio ambiente y desarrollo: Manual para responsables, gestores y enseñantes. Soluciones a problemas medioambientales. España: Editorial Mundi-Prensa.
- SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO (SUNASS).** (2007). Reglamento de Calidad de Prestación de Servicios de Saneamiento: Resolución de Consejo Directivo No. 011-2007-SUNASS-CD. Lima: Normas Legales. Diario El Peruano
- TARQUI, C.; ALVAREZ, D.; GÓMEZ, G.; VALENZUELA, R.; FERNANDEZ, I. y P. ESPINOZA.** (2013). Calidad bacteriológica del agua para consumo en

tres regiones del Perú. Lima, Perú: Revista de Salud Pública Cielo. 18 (6):904. Bogotá nov./dic. 2016. Recuperado de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-00642016000600904&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642016000600904&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

**VINUEZA, S. K.** (2015). Comparación entre las pruebas Enzima-Sustrato Definido Colilert y Tubos Múltiples Fluorocult para el diagnóstico de *Escherichia coli* y Coliformes Totales en aguas tratadas. Quito, Ecuador: Universidad Politécnica de Salesiana. Tesis para obtener título de Ingeniero en Biotecnología de los Recursos Naturales. Recuperado de: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9366/1/UPS-QT07117.pdf>

## ANEXOS

---



**Figura 16:** Protocolo para colección de muestras de agua de los distritos de Chanchamayo.

**Figura 17:** Test de Cloro Libre, Hanna, modelo: HI 701 para determinación de niveles de cloro libre residual en aguas.





**Figura 18:** Protocolo de trabajo en el laboratorio de Biología después de traer las muestras de campo de los distritos de Chanchamayo.



**Figura 19:** Muestras de agua de los distritos de Chanchamayo, llevadas a incubación por 24 horas, después de agregar el reactivo collert.

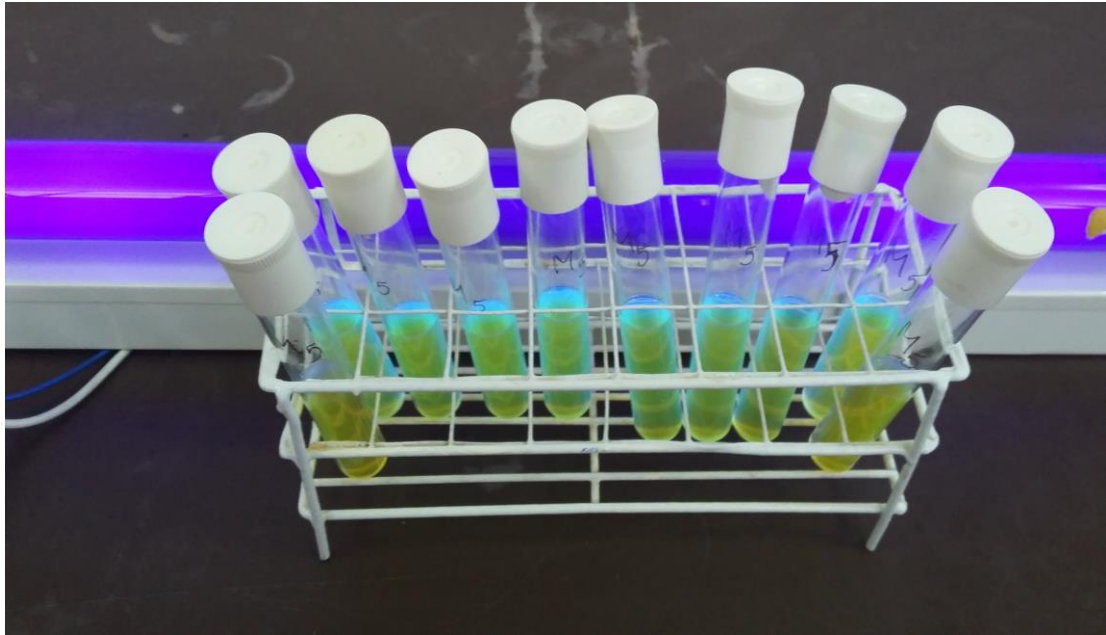


**Figura 20:** Resultados de muestras M1 después de 24 h de incubación, procedentes de los distritos de Pichanaki, Perené y San Luis de Shuaro el día 12 de enero del 2018.

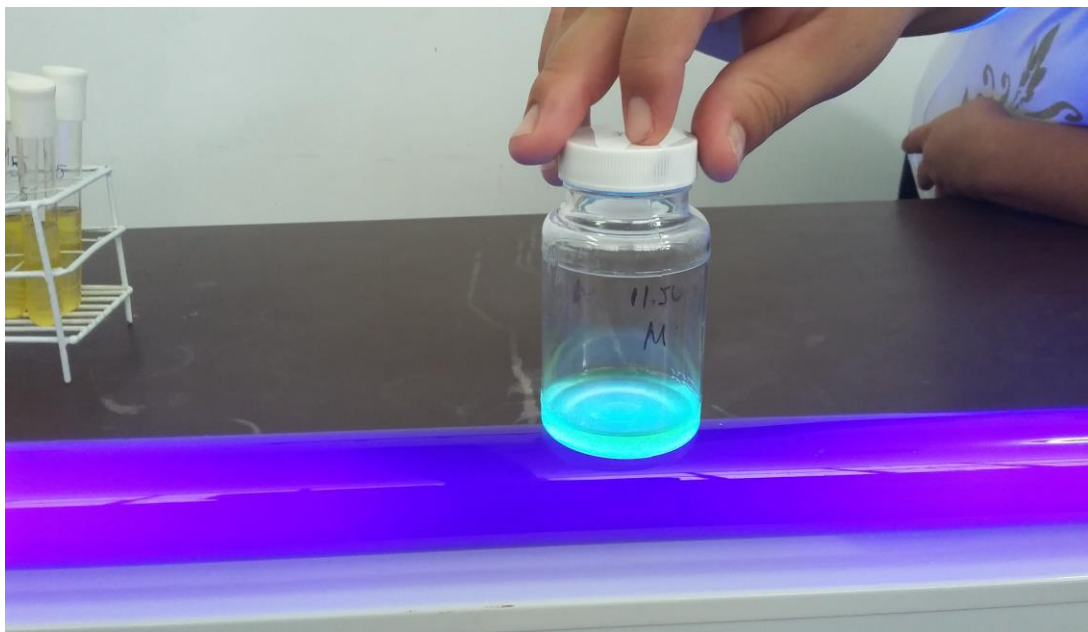


**Figura 21:** Resultados de muestras M1 después de 24 h de incubación, procedentes de los distritos de Vitoc, San Ramón y Chanchamayo, el día 12 de enero del 2018.





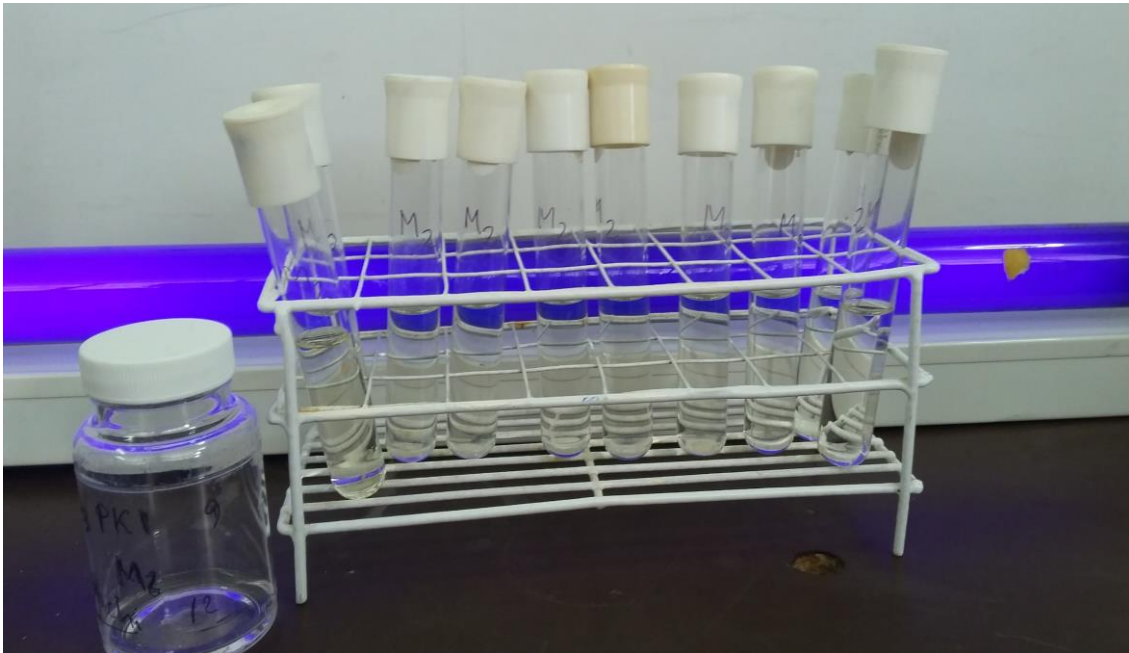
**Figura 22:** Resultados de muestras M1 del distrito de San Luis de Shuaro, tomado el 12 enero 2018. Se observa a la luz ultravioleta que todos los tubos son positivos para *Escherichia coli*.



**Figura 23:** Muestra M1 del distrito de San Luis de Shuaro, tomado el 12 enero 2018. Se observa cualitativamente presencia de *Escherichia coli*, debido al color azul fluorescente ante luz UV.



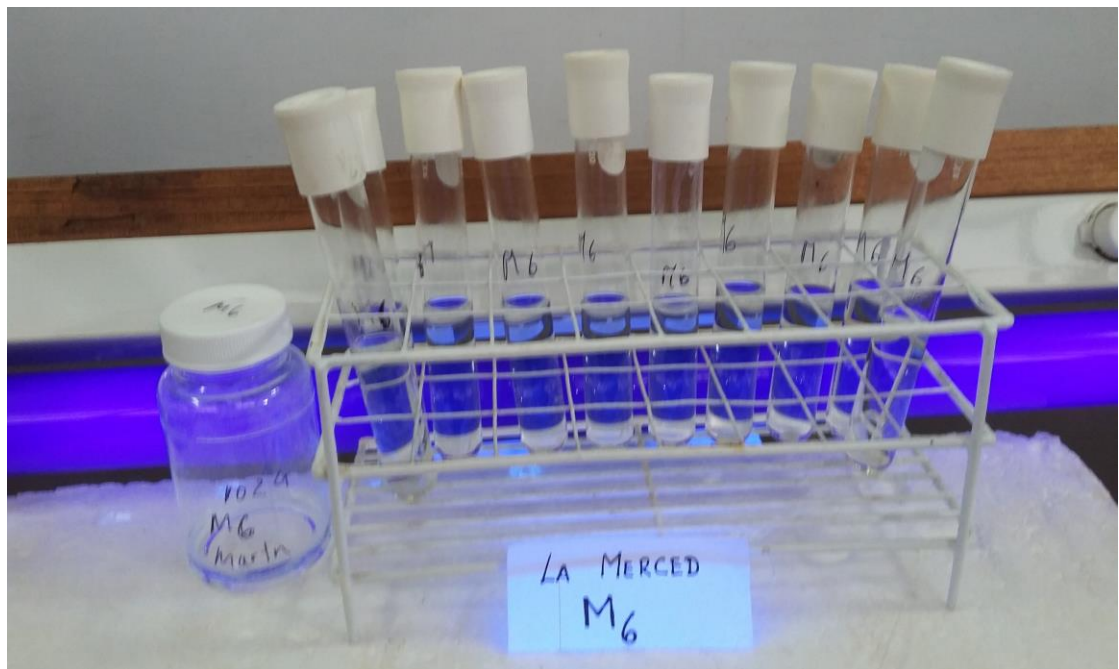
**Figura 24:** Muestras M1 del distrito de Pichanaki, tomado el 12 enero 2018. Se observa dos tubos positivos para coliformes totales (color amarillo).



**Figura 25:** Muestras M2 del distrito de Pichanaki, tomado el 12 enero 2018. Se observa los resultados que hay ausencia de coliformes y *E. coli*, debido al color transparente que presentan los tubos.



**Figura 26:** Muestras M1 del distrito de Vitoc, tomado el 08 febrero 2018. Se observa 10 tubos positivos para coliformes totales (amarillo) y 06 tubos positivos para *Escherichia coli* (color azul fluorescente).



**Figura 27:** Muestras M2 del distrito de Chanchamayo tomado el 08 febrero 2018. Se observa 10 tubos negativos (ausencia) para coliformes totales y *Escherichia coli*.

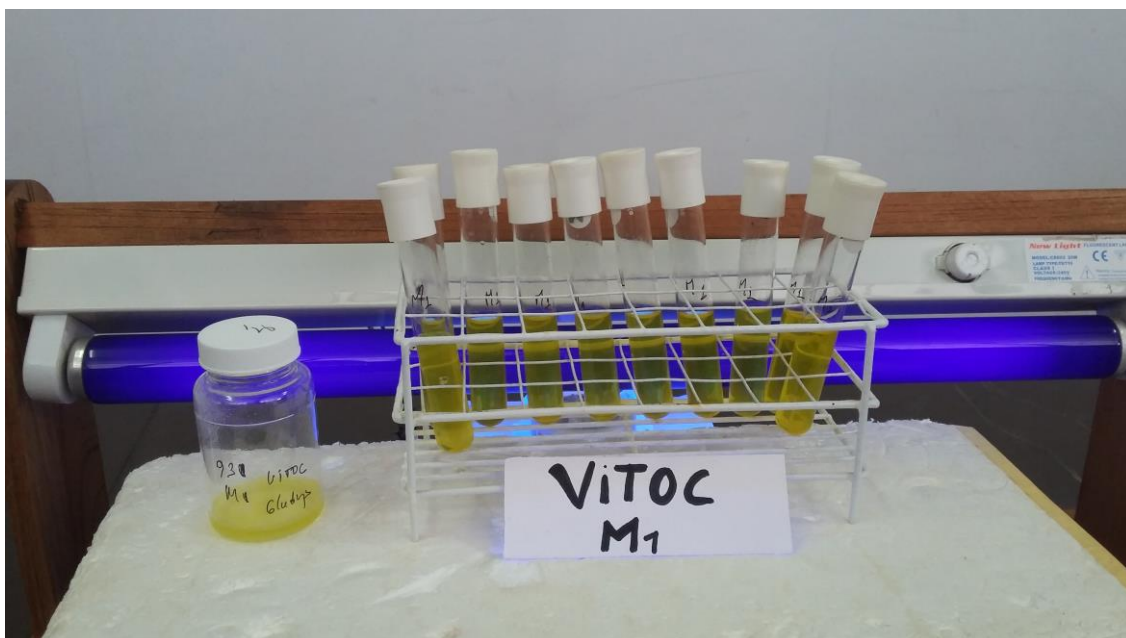


**Figura 28:** Muestras M2 del distrito de Perené tomado el 15 de marzo 2018.

Se observa 10 tubos positivos (presencia) para coliformes totales (color amarillo).



**Figura 29:** Muestras M2 del distrito de San Luis de Shuaro tomado el 15 de marzo 2018. Se observa 10 tubos positivos (presencia) para coliformes totales y 10 tubos positivos para *E. coli* (color azul fluorescente).



**Figura 30:** Muestras M1 del distrito de Vitoc tomado el 13 de marzo 2018. Se observa 10 tubos positivos (presencia) para coliformes totales (color amarillo).



**Figura 31:** Muestras M2 del distrito de San Ramón tomado el 13 de marzo 2018. Se observa 03 tubos positivos (presencia) para coliformes totales (color amarillo).

**Cuadro 27:** Resultados de colimetría, cloro libre residual y otros, efectuados en los distritos de Vitoc y San Ramón.

PARAMETROS	DISTRITO: VITOC					
	Enero		Febrero		Marzo	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
<b>Coli Totales</b>	6,90 NMP/100 mL	> 23,00 NMP/100 mL	> 23,00 NMP/100 mL	> 23,00 NMP/100 mL	> 23,00 NMP/100 mL	> 23,00 NMP/100 mL
<b>E. coli</b>	< 1,10 NMP/100 mL	2,20 NMP/100 mL	9,20 NMP/100 mL	> 23,00 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	2,20 NMP/100 mL
<b>Cloro Libre</b>	0,00 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm
<b>Coordenadas geográficas</b>	LS: 11° 12' 39"	LS: 11° 12' 35"	LS: 11° 12' 39"	LS: 11° 12' 35"	LS: 11° 12' 39"	LS: 11° 12' 35"
	L0: 75° 20' 02"	L0: 75° 20' 08"	L0: 75° 20' 02"	L0: 75° 20' 08"	L0: 75° 20' 02"	L0: 75° 20' 08"
<b>Altitud</b>	967 msnm	948 msnm	967 msnm	948 msnm	967 msnm	948 msnm
<b>Fecha</b>	10/01/2018	10/01/2018	08/02/2018	08/02/2018	13/03/2018	13/03/2018
<b>Hora</b>	8:55 AM	9:25 AM	8:17 AM	8:37 AM	9:33 AM	9:51 AM
<b>Pto. Muestreo</b>	Fam. Laura	Fam. Gago	Fam. Laura	Fam. Gago	Fam. Laura	Fam. Gago
<b>Dirección</b>	Calle Centenario s/n	Calle Centenario 124	Calle Centenario s/n	Calle Centenario 124	Calle Centenario s/n	Calle Centenario 124

PARAMETROS	DISTRITO: SAN RAMON					
	Enero		Febrero		Marzo	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
<b>Coli Totales</b>	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	> 23,00 NMP/100 mL	3,60 NMP/100 mL	1,10 NMP/100 mL	3,60 NMP/100 mL
<b>E. coli</b>	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	9,20 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL
<b>Cloro Libre</b>	0,78 ppm	0,71 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm	0,87 ppm	0,84 ppm
<b>Coordenadas geográficas</b>	LS: 11° 07' 18"	LS: 11° 07' 22"	LS: 11° 07' 18"	LS: 11° 07' 22"	LS: 11° 07' 18"	LS: 11° 07' 22"
	L0: 75° 21' 12"	L0: 75° 21' 05"	L0: 75° 21' 12"	L0: 75° 21' 05"	L0: 75° 21' 12"	L0: 75° 21' 05"
<b>Altitud</b>	834 msnm	828 msnm	834 msnm	828 msnm	834 msnm	828 msnm
<b>Fecha</b>	10/01/2018	10/01/2018	08/02/2018	08/02/2018	13/03/2018	13/03/2018
<b>Hora</b>	10:23 AM	10:48 AM	9:45 AM	9:25 AM	10:53 AM	10:38 AM
<b>Pto. Muestreo</b>	Fam. Quispe	Fam. Santiago	Fam. Quispe	Fam. Santiago	Fam. Quispe	Fam. Santiago
<b>Dirección</b>	Jr. Progreso 481	Jr. Cáceres 147	Jr. Progreso 481	Jr. Cáceres 147	Jr. Progreso 481	Jr. Cáceres 147

**Cuadro 28:** Resultados de colimetría, cloro libre residual y otros, efectuados en los distritos de Chanchamayo y Pichanaki.

PARAMETROS	DISTRITO: CHANCHAMAYO (LA MERCED)					
	Enero		Febrero		Marzo	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Coli Totales	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL
<i>E. coli</i>	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL
Cloro Libre	0,62 ppm	0,65 ppm	0,73 ppm	0,74 ppm	0,95 ppm	0,96 ppm
Coordenadas geográficas	LS: 11° 04' 03"	LS: 11° 03' 19"	LS: 11° 04' 03"	LS: 11° 03' 19"	LS: 11° 04' 03"	LS: 11° 03' 19"
	L0: 75° 20' 12"	L0: 75° 19' 39"	L0: 75° 20' 12"	L0: 75° 19' 39"	L0: 75° 20' 12"	L0: 75° 19' 39"
Altitud	774 msnm	781 msnm	774 msnm	781 msnm	774 msnm	781 msnm
Fecha	10/01/2018	10/01/2018	08/02/2018	08/02/2018	13/03/2018	13/03/2018
Hora	11:08 AM	11:25 AM	10:08 AM	10:24 AM	11:17 AM	11:39 AM
Pto. Muestreo	Fam. Maza	Fam. Martin	Fam. Maza	Fam. Martin	Fam. Maza	Fam. Martin
Dirección	Av. Perú s/n	Jr. Palca 524	Av. Perú s/n	Jr. Palca 524	Av. Perú s/n	Jr. Palca 524

PARAMETROS	DISTRITO: PICHANAKI					
	Enero		Febrero		Marzo	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Coli Totales	2,20 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	1,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.
<i>E. coli</i>	2,20 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.
Cloro Libre	0,69 ppm	0,52 ppm	0,74 ppm	0,54 ppm	0,60 ppm	0,45 ppm
Coordenadas geográficas	LS: 10° 55' 46"	LS: 10° 55' 21"	LS: 10° 55' 46"	LS: 10° 55' 21"	LS: 10° 55' 46"	LS: 10° 55' 21"
	L0: 74° 52' 22"	L0: 74° 52' 19"	L0: 74° 52' 22"	L0: 74° 52' 19"	L0: 74° 52' 22"	L0: 74° 52' 19"
Altitud	518 msnm	529 msnm	518 msnm	529 msnm	518 msnm	529 msnm
Fecha	12/01/2018	12/01/2018	15/02/2018	15/02/2018	15/03/2018	15/03/2018
Hora	8:22 AM	9:23 AM	8:28 AM	9:14 AM	9:22 AM	9:45 AM
Pto. Muestreo	Fam. Sota	Fam. Machi	Fam. Sota	Fam. Machi	Fam. Sota	Fam. Machi
Dirección	Av. A. Cáceres 710	Av. Circunvalación 919	Av. A. Cáceres 710	Av. Circunvalación 919	Av. A. Cáceres 710	Av. Circunvalación 919

**Cuadro 29:** Resultados de colimetría, cloro libre residual y otros, efectuados en los distritos de Perené y San Luis de Shuaro.

PARAMETROS	DISTRITO: PERENE					
	Enero		Febrero		Marzo	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
<b>Coli Totales</b>	< 1,10 NMP/100 mL.	1,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	> 23,00 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL.	> 23,00 NMP/100 mL
<b>E. coli</b>	< 1,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.	> 23,00 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL.	< 1,10 NMP/100 mL.
<b>Cloro Libre</b>	0,55 ppm	0,13 ppm	0,91 ppm	0,00 ppm	0,36 ppm	0,00 ppm
<b>Coordenadas geográficas</b>	LS: 10° 57' 08"	LS: 10° 57' 22"	LS: 10° 57' 08"	LS: 10° 57' 22"	LS: 10° 57' 08"	LS: 10° 57' 22"
	L0: 75° 13' 31"	L0: 75° 13' 41"	L0: 75° 13' 31"	L0: 75° 13' 41"	L0: 75° 13' 31"	L0: 75° 13' 41"
<b>Altitud</b>	655 msnm	648 msnm	655 msnm	648 msnm	655 msnm	648 msnm
<b>Fecha</b>	12/01/2018	12/01/2018	15/02/2018	15/02/2018	15/03/2018	15/03/2018
<b>Hora</b>	10:39 AM	11:00 AM	11:00 AM	11:26 AM	11:13 AM	11:30 AM
<b>Pto. Muestreo</b>	Fam. Camarena	Fam. Antezana	Fam. Camarena	Fam. Antezana	Fam. Camarena	Fam. Antezana
<b>Dirección</b>	Jr. Eduardo Buzzo 247	Av. Anashironi s/n	Jr. Eduardo Buzzo 247	Av. Anashironi s/n	Jr. Eduardo Buzzo 247	Av. Anashironi s/n

PARAMETROS	DISTRITO: SAN LUIS DE SHUARO					
	Enero		Febrero		Marzo	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
<b>Coli Totales</b>	> 23,00 NMP/100 mL	> 23,00 NMP/100 mL	> 23,00 NMP/100 mL	> 23,00 NMP/100 mL	> 23,00 NMP/100 mL	> 23,00 NMP/100 mL
<b>E. coli</b>	> 23,00 NMP/100 mL	> 23,00 NMP/100 mL	5,10 NMP/100 mL	< 1,10 NMP/100 mL.	23,00 NMP/100 mL	> 23,00 NMP/100 mL
<b>Cloro Libre</b>	0,00 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm
<b>Coordenadas geográficas</b>	LS: 10° 53' 16"	LS: 10° 53' 19"	LS: 10° 53' 16"	LS: 10° 53' 19"	LS: 10° 53' 16"	LS: 10° 53' 19"
	L0: 75° 17' 14"	L0: 75° 17' 17"	L0: 75° 17' 14"	L0: 75° 17' 17"	L0: 75° 17' 14"	L0: 75° 17' 17"
<b>Altitud</b>	732 msnm	739 msnm	732 msnm	739 msnm	732 msnm	739 msnm
<b>Fecha</b>	12/01/2018	12/01/2018	15/02/2018	15/02/2018	15/03/2018	15/03/2018
<b>Hora</b>	11:50 AM	12:07 PM	12:08 PM	12:34 PM	12:11 PM	12:37 PM
<b>Pto. Muestreo</b>	Fam. Quinto	Fam. Rivas	Fam. Quinto	Fam. Rivas	Fam. Quinto	Fam. Rivas
<b>Dirección</b>	Av. Tupac Amaru 328	Calle Chanchamayo s/n	Av. Tupac Amaru 328	Calle Chanchamayo s/n	Av. Tupac Amaru 328	Calle Chanchamayo s/n



