

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN  
COMAS (LIMA), QUISPICANCHI (CUSCO) Y CORONEL PORTILLO  
(UCAYALI) DURANTE EL 2017**

**ROMINA FRANCCESCA CISNEROS ROSAZZA**

Tesis para optar el Título Profesional de Licenciada en Biología

Asesor: Blgo. Alcides Guerra Santa Cruz

Lima, Perú  
2019



**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN  
COMAS (LIMA), QUISPICANCHI (CUSCO) Y CORONEL PORTILLO  
(UCAYALI) DURANTE EL 2017**

**ROMINA FRANCCESCA CISNEROS ROSAZZA**

Tesis para optar el Título Profesional de Licenciada en Biología

Asesor: Blgo. Alcides Guerra Santa Cruz

Lima, Perú  
2019

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN  
COMAS (LIMA), QUISPICANCHI (CUSCO) Y CORONEL PORTILLO  
(UCAYALI) DURANTE EL 2017**

**ROMINA FRANCCESCA CISNEROS ROSAZZA**

**MIEMBROS DEL JURADO CALIFICADOR Y ASESOR.**

RESIDENTE: Dr. Tomás Agurto Sáenz

SECRETARIO: Mg. Enzo Foy Valencia

VOCAL: M.V. Franco Ceino Gordillo

ASESOR: Lic. Alcides Guerra Santa Cruz

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de tesis está dedicado a mi mamá Celinda, por confiar siempre en mí y darme motivación constante sobre todo en los momentos donde quería dejarlo todo, porque en la perseverancia está el éxito; a mi papá Eduardo, por apoyarme y protegerme además de engreírme con amor; a mis abuelos maternos: Justina y Antonio, que me dan consejos sabios y me llenan de anécdotas, y mis abuelos paternos: Marina y Segundo, que en el cielo me cuidan y protegen; a mis padrinos: Guadalupe y Luis Felipe, por su increíble confianza y jovialidad; a mis tíos Norma y Antonio que siempre estuvieron dispuestos en ayudarme; y a mis primas Ariadna y Minerva, por hacerme recordar a mi niño interior.

A mi engreída canina Arantza, que llegó a mi vida cuando menos lo imaginaba y aun nos falta mucho por vivir.

¡Gracias a todos por ser parte de mi vida!

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, por darme apoyo constante y confiar en mí.

A todos mis compañeros del laboratorio BC, que nunca se negaron  
en ayudarme.

A mi asesor de tesis, por ser paciente, amable y motivarme  
en cada asesoría.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	5
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	6
<b>RESUMEN</b> .....	10
<b>ABSTRACT</b> .....	11
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	12
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	12
<b>PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	13
<b>JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	13
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	14
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	14
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	15
<b>1. Definiciones</b> .....	15
<b>2. El Agua</b> .....	16
2.1 Introducción .....	16
2.2 Composición del agua .....	17
2.3 Función e importancia del agua .....	17
2.4 Agua Potable .....	17
2.5 Agua potable en el Perú .....	18
<b>3. Bacterias Heterótrofas</b> .....	20
3.1 Introducción .....	20
3.2 Características .....	20
3.3 Clasificación .....	21
3.4 Importancia .....	21
<b>4. Coliformes</b> .....	21
4.1 Introducción .....	21
4.2 Habitud .....	21
4.3 Importancia .....	22
4.5 Características .....	22
4.6 Coliformes totales .....	22
4.7 Coliformes fecales o termotolerantes .....	23
4.8 <i>Escherichia coli</i> .....	23
<b>5. <i>Pseudomonas aeruginosa</i></b> .....	23
5.1 Introducción .....	23

5.2	Características .....	23
5.3	Importancia.....	24
5.4	Habitad .....	24
6.	<b>Parásitos en aguas</b> .....	24
6.1	Introducción .....	24
6.2	Importancia.....	24
6.2	Transmisión.....	25
7.	<b>pH</b> .....	25
7.1	Descripción.....	25
7.2	Importancia.....	25
8.	<b>Turbiedad</b> .....	26
8.1	Descripción.....	26
8.2	Importancia.....	26
9.	<b>Cloro libre</b> .....	26
9.1	Descripción.....	26
9.2	Importancia.....	27
10.	<b>Color</b> .....	27
10.1	Descripción.....	27
10.2	Importancia.....	27
11.	<b>Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA)</b> 27	
11.1	Descripción.....	27
11.2	Finalidad.....	28
11.3	Lineamientos .....	28
11.4	Gestión de la calidad del agua para consumo humano.....	28
11.5	Vigilancia Sanitaria .....	29
11.6	Control y Supervisión de Calidad .....	29
11.7	Aprobación, registro y autorización sanitaria.....	30
11.8	Sistema de Abastecimiento de Agua.....	30
11.9	Requisitos de Calidad del Agua para Consumo Humano .....	31
12.	<b>Distrito de Comas</b> .....	31
12.1	Descripción.....	31
12.2	Ubicación geográfica y zonificación .....	32
12.3	Extensión territorial y densidad demográfica.....	32
12.4	Actividades Económicas .....	32



12.5	Atractivos Turísticos .....	33
12.6	Red de Agua Potable .....	33
<b>13.</b>	<b>Provincia de Quispicanchi .....</b>	<b>33</b>
13.1	Descripción.....	33
13.2	Ubicación geográfica y zonificación.....	34
13.3	Extensión territorial y densidad demográfica.....	34
13.4	Actividades económicas .....	34
13.5	Atractivos turísticos.....	35
13.6	Red de Agua Potable .....	36
<b>14.</b>	<b>Provincia de Coronel Portillo.....</b>	<b>37</b>
14.1	Descripción.....	37
14.2	Ubicación geográfica y zonificación.....	37
14.3	Extensión territorial y densidad demográfica.....	37
14.4	Actividades Económicas .....	37
14.5	Atractivos turísticos.....	39
14.6	Red de Agua Potable .....	39
<b>ANTECEDENTES .....</b>		<b>40</b>
<b>HIPÓTESIS .....</b>		<b>43</b>
	Hipótesis general.....	43
	Hipótesis específicas .....	43
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>		<b>44</b>
	Lugar de ejecución .....	44
	Muestreo.....	44
	Procedimiento y análisis de datos .....	45
<b>RESULTADOS.....</b>		<b>50</b>
<b>DISCUSION.....</b>		<b>56</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>59</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>61</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>		<b>62</b>
<b>Parte Complementaria.....</b>		<b>68</b>

## RESUMEN

**Objetivo:** El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar la calidad del agua para consumo humano en Comas (Lima), Quispicanchi (Cusco) y Coronel Portillo (Ucayali) durante el año 2017, según el Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA).

**Materiales y métodos:** 48 muestras fueron recolectadas de Comas (Lima), 26 de Quispicanchi (Cusco) y 26 muestras de Coronel Portillo (Ucayali). El análisis para los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos fueron desarrollados según el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Vol. 23, 2017). La identificación de parásitos se realizó mediante la técnica de sedimentación con centrifuga. La identificación de *Pseudomonas aeruginosa* se realizó mediante un método no normalizado.

**Resultados y discusión:** Los parámetros microbiológicos (coliformes, coliformes totales, *Escherichia coli* y bacterias heterótrofas) no superaron los límites máximos permisibles en Comas, mientras que en Quispicanchi y Coronel Portillo si pasaron los límites. Se encontró la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* en Comas, Quispicanchi y Coronel Portillo, esto indica una mala limpieza y desinfección del sistema de agua. Se encontró presencia de larvas de nemátodos en Quispicanchi y Coronel Portillo, siendo valores similares al trabajo de Cruz Valdivia (2006). pH, turbiedad y color fueron aceptables en Comas, Quispicanchi y Coronel Portillo, sin embargo, el cloro libre solo fue aceptable en Comas.

**Conclusión:** El agua de consumo humano es apta en Comas para todos los parámetros, mas no en Quispicanchi ni Coronel Portillo principalmente en el parámetro microbiológico. Es probable que se deba al tipo de distribución de agua, pues en Comas se distribuye mediante redes de agua, a diferencia de Quispicanchi y Coronel Portillo que se abastecen de agua subterránea y superficial.

**Palabras Clave:** Calidad del agua, Agua de Consumo humano, parámetro microbiológico, parámetro fisicoquímico, *Pseudomonas aeruginosa*.

## ABSTRACT

**Objective:** The objective of this work was to evaluate the quality of water for human consumption in Comas (Lima), Quispicanchi (Cusco) and Coronel Portillo (Ucayali) during 2017, according to the Regulation of Water Quality for Human Consumption (DS N ° 031-2010-SA).

**Materials and methods:** 48 samples were collected from Comas (Lima), 26 from Quispicanchi (Cusco) and 26 samples from Coronel Portillo (Ucayali). The analysis for the microbiological and physicochemical parameters were developed according to the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Vol. 23, 2017). The identification of parasites was performed by centrifugal sedimentation technique. The identification of *Pseudomonas aeruginosa* was carried out by a non-standardized method.

**Results and discussion:** The microbiological parameters (coliforms, total coliforms, *Escherichia coli* and heterotrophic bacteria) exceeded the maximum permissible limits in Quispicanchi and Coronel Portillo. *Pseudomonas aeruginosa* was found in Comas, Quispicanchi and Coronel Portillo, this indicates a poor cleaning and disinfection of water systems. Nematode larvae was found in Quispicanchi and Coronel Portillo, with values similar to the work of Cruz Valdivia (2006). pH, turbidity and color were acceptable in Comas, Quispicanchi and Coronel Portillo, however, free chlorine was only acceptable in Comas.

**Conclusion:** Water for human consumption is suitable for all parameters in Comas, but not in Quispicanchi or Coronel Portillo, mainly in the microbiological parameter. This result might be due to the water distribution, in Comas it is distributed through water networks, unlike Quispicanchi and Coronel Portillo that are supplied with underground and surface water.

**Keywords:** Water quality, Water for human consumption, microbiological parameter, physicochemical parameter, *Pseudomonas aeruginosa*,

## INTRODUCCIÓN

El agua es una sustancia común y necesaria, siendo relevante durante la evolución de todo ser viviente en el planeta.

Desde el inicio de la vida, los pobladores se asentaron cerca de cuerpos de agua como lagos, ríos, quebradas, etc., que sirvieron como fuente de consumo directo.

El Perú a pesar de contar con variedades de recursos hídricos, el alcance de agua potable es reducido principalmente en zonas rurales. Por otro lado, varias localidades del país logran contar con este servicio, sin embargo, no se cumplen con las cualidades necesarias para ser un suministro satisfactorio: suficiente, inocuo y accesible. Es por ello, que en la actualidad el agua de consumo humano debe pasar obligatoriamente por un proceso de potabilización para ser aceptable y evitar problemas de salud pública.

Ante este problema, se buscó dar a conocer la calidad del agua de consumo humano en distintas regiones (costa, sierra y selva), evaluando los parámetros establecidos según el D.S. N° 031-2010-SA Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano; brindando mejoras en salud pública y el ámbito social.

El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar la calidad del agua para consumo humano en Comas (Lima), Quispicanchi (Cusco) y Coronel Portillo (Ucayali) durante el año 2017.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Perú la población con acceso a agua potable es reducida, siendo un problema grave y relevante. Varias localidades del país logran contar con este servicio, pero no cumple con las características principales que se requieren: flujo de agua potable constante todo el año, índices de calidad aceptables y, planificación y diseño de tuberías en los hogares.

Consumir agua con calidades no aceptables genera problemas entéricos ocasionado por la existencia de bacterias, virus y/o parásitos que podrían ser patógenos. Las enfermedades diarreicas agudas (EDA) atentan a personas con sistemas inmunitarios poco activos (niños, ancianos, embarazadas), causando cuadros de desnutrición infantil, anemia, hasta incluso la muerte.

Así mismo, debido a la contaminación química del agua existen casos de intoxicaciones, principalmente por metales pesados de relaves mineros. Debido a estos problemas de salud pública,

el rendimiento escolar es bajo, causando un retraso en el crecimiento intelectual y profesional del país.

Por otro lado, la falta de agua potable se considera como índice de pobreza, impidiendo el bienestar de la población, donde la productividad del trabajador está vinculada a sus estados de salud.

El sector agrícola presenta mayor actividad en los departamentos del Perú, es por ello que la falta de un servicio adecuado de agua potable genera pérdidas económicas en el sector. Una gran fuente económica es la agricultura, es por ello que se deben presentar alimentos aptos para el consumo humano y animal. En comparación con Perú, en otros países los estándares de calidad son altos, por lo que todos los productos extranjeros deben cumplir con las rigurosas normas sanitarias requeridas para la exportación. Al tener un déficit de agua potable, los cultivos y materias primas (frutos, vegetales,) son regados con aguas servidas, disminuyendo de esta manera la calidad deseada del producto.

Debido a la geografía del país, muchos distritos y localidades sobretodo de la sierra y selva no cuentan con este servicio básico; a esto, se le añaden los problemas mencionados anteriormente. Como consecuencia este problema origina que las personas exploren y busquen una mejor calidad de vida, llevando a los pobladores a residir en provincias de la costa, principalmente en Lima Metropolitana, causando centralización.

En conclusión, las inadecuadas condiciones del agua para consumo humano tienen repercusiones en salud pública y en el ámbito social.

#### PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo es la calidad del agua para consumo humano y cuántas muestras estarían aptas según el Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA) y cuáles serían las medidas preventivas para reducir los problemas en salud pública y en el aspecto social en Comas (Lima), Quispicanchi (Cusco) y Coronel Portillo (Ucayali)?

#### JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El consumo de agua potable brinda equilibrio a la vida, pues el cuerpo humano necesita de este recurso para sobrevivir. Además, favorece a la higiene evitando enfermedades.

Nuestro país está en proceso de crecimiento y expansión, con un enfoque social y económico, por lo que la potabilización brindará una mejor calidad de vida. No solo permitirá un control en salud

pública y veterinaria, sino también podrá desarrollar una mejor expansión demográfica dentro de la sierra y selva; siendo un buen factor para el establecimiento de las poblaciones, y de esta forma evitando la centralización. A su vez, mejorarán los estándares de calidad dentro de las agroexportaciones establecidos por los clientes extranjeros, elevando cifras económicas.

Por otro lado, se dará a conocer a las autoridades la realidad en la que se encuentran los centros poblados, siendo así una fuente de difusión para realizar proyectos de potabilización y manejo del agua. Estos proyectos deberán considerar: la cobertura de los servicios, el costo mensual, la sostenibilidad y equidad.

#### OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la calidad del agua para consumo humano en Comas (Lima), Quispicanchi (Cusco) y Coronel Portillo (Ucayali) durante el año 2017

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el recuento de heterótrofas mediante la técnica de vertido en placa según el Standar Methods (Vol. 23, 2017)<sup>4</sup>
- Cuantificar los coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* mediante la técnica de Numero Mas Probable (NMP) desarrollada en el Standar Methods (Vol. 23, 2017)
- Identificar la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* mediante una metodología no normalizada
- Reconocer la presencia de parásitos mediante la técnica de sedimentación con centrifuga.
- Medir los parámetros de pH, turbiedad, cloro libre y color en las muestras de agua de consumo humano según el Standar Methods (Vol. 23, 2017)
- Realizar un análisis comparativo entre los datos obtenidos y el Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA)

## MARCO TEÓRICO

### 1. Definiciones

- Agua de Consumo Humano: Agua con las calidades óptimas para el consumo humano, siendo de uso doméstico cotidiano, incluyendo aseo personal.
- Agua Potable: Agua usada para fines domésticos e higiene personal, incluyendo también como bebida y cocina.
- Agua: Sustancia líquida, inodora, insípida e incolora en estado puro, sus moléculas están formadas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno; es el componente más abundante del planeta Tierra y de los organismos vivos.
- Calidad del Agua: Propiedades del agua establecidas por la norma según los parámetros físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos con el fin de obtener agua en óptimas condiciones.
- Coliformes Fecales: Bacterias que fermentan lactosa entre 44.5°C - 45.5 °C y son indicadoras de contaminación fecal en aguas y alimentos.
- Coliformes Totales: Bacterias con características bioquímicas en común que son indicadores de contaminación del agua y alimentos.
- Desagüe: Conducto de salida del agua utilizada.
- Enfermedades de transmisión alimentaria: Con las siglas abreviadas ETA; son enfermedades causadas por la ingestión de alimentos contaminados provocando efectos negativos en la salud del consumidor. Puede clasificarse en infecciones, intoxicaciones o infecciones causadas por toxinas.
- *Escherichia coli*: Bacteria presente en el intestino de animales de sangre caliente y humano. Es un indicador de calidad en alimentos y aguas. Son causantes de enfermedades de transmisión alimentaria generando cólicos, diarrea, vómitos o fiebre.
- Inocuo: No genera daño a la salud humana o animal
- Límite máximo permisible: Valores máximos que se pueden aceptar en los parámetros representativos dentro de una norma.
- Monitoreo: Vigilancia para comprobar con el cumplimiento de los parámetros físicos, microbiológicos, químicos y parasitológicos según la norma.
- Parámetros microbiológicos en aguas: Son los análisis microbiológicos que se deben de tomar en cuenta para conocer la calidad de esa matriz. En el caso de las aguas de consumo

humano los parámetros son: coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y Bacterias heterótrofas.

- Parámetros organolépticos: Son las características físico-sensoriales de la muestra que son detectados por el consumidor mediante la percepción sensorial.
- Potabilización: Proceso que permite generar agua apta para el consumo humano disminuyendo riesgos en su consumo.
- *Pseudomonas aeruginosa*: Bacterias gram negativa considerada como oportunista en humanos y plantas. Tiene pigmentos como la piocianina, fluoresceína y piorrubina.
- Sistema de tratamiento de agua: Grupo de unidades hidráulicas que mediante procesos químicos, físicos y biológicos, equipos electromecánicos y normas de control van a generar agua apta el consumo humano.

## **2. El Agua**

### **2.1 Introducción**

El agua es una sustancia líquida, incolora, insípida e inodora, existente en la naturaleza. El 71% de la superficie del planeta Tierra está compuesto de agua. Así mismo, es un componente bastante común dentro del sistema solar y el universo, estando presente como vapores (estado gaseoso) o hielos (estado sólido).

“En el planeta Tierra, el 96.5% del agua se encuentra con mayor proporción en los mares y océanos, en los glaciares y casquetes polares con 1,74%, en depósitos acuíferos y permafrost con 1,72% y 0.04% del resto se encuentra repartido entre lagos, humedad de los suelos, vapor atmosférico, embalses, ríos, incluyendo también al organismo de los seres vivos”(Mauleón, 2015).

El agua es fundamental para el desarrollo de la vida, especialmente el agua dulce. En la actualidad es un recurso insuficiente en nuestro planeta, no solo por el calentamiento global sino por su obtención. El agua dulce es empleada cotidianamente siendo un insumo importante como bebida, producción alimentaria y de recreación. Es por ello que sus estándares de calidad cada vez son más rigurosos, puesto que se han encontrado enfermedades a causa de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones.

El agua del planeta Tierra presenta un ciclo hídrico o hidrológico que consiste en la evaporación del agua en estado líquido ocasionado por calor solar, ascendiendo en forma gaseosa para luego ser



condensadas en las nubes y precipitarse en forma de lluvia. Todo este ciclo es de suma importancia debido a que proporciona estabilidad climática y biología en el planeta, permitiendo el desarrollo de la vida.

## 2.2 Composición del agua

El agua está compuesta por dos moléculas de hidrogeno y una de oxígeno, desarrollando su fórmula química  $H_2O$ . Henry Cavendish descubrió la composición del agua en 1782.

En la actualidad el agua es conocida como un solvente universal, es decir, que la gran cantidad de sustancias pueden disolverse en ella (a excepción de los compuestos hidrófobos que son solubles en lípidos). Esto debido a su capacidad de adhesión, donde sus moléculas pueden formar hasta cuatro enlaces de hidrógenos con átomos o moléculas circundantes. El agua también es conductora de electricidad y calor.

## 2.3 Función e importancia del agua

El agua presente funciones que están vinculadas a su importancia, pues es la base para todo ser viviente.

- Necesaria para el desarrollo del planeta, puesto que es un insumo vital para el desarrollo de los ecosistemas y los seres vivos.
- Cumple un rol importante en el ciclo hídrico del agua generando estabilidad climática y atmosférica, permitiendo el enfriamiento del planeta evitando de esta forma olas de calor.
- Dentro de los organismos vivos encuentra en un 80% y cumple roles primordiales: es un medio vital para las células, además cumple funciones principales de transporte, excreción, termorregulación, manteniendo en homeostasis al organismo.
- Fundamental para el proceso fotosintético de las plantas.
- Empleada para la generación de energía eléctrica.
- También cumple un rol recreativo (playas, lagunas, lagos, piscinas etc)

## 2.4 Agua Potable

“El agua potable es toda agua que sea apta para el consumo humano, tanto para beber como para preparar alimentos o comidas. Existen valores máximos de pH, minerales, sales y microorganismos que distinguen al agua potable apta para consumo humano Es por ello que el agua potable es poca

en comparación con las grandes masas de aguas, como la del mar o de la lluvia” (Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, 2011).

Para que un lugar se abastezca de agua potable, es necesario un proceso con obras de ingeniería, teniendo como finalidad llevar agua hasta la vivienda de los pobladores de una zona. Este abastecimiento está determinado por tres factores:

1. *Cantidad*: la mínima que se necesita para satisfacer las necesidades diarias (que no genere restricciones, que afectan a la higiene, comodidad y calidad de vida). De nada sirve contar con la conexión del servicio si solo se tiene el servicio algunos días de la semana o solo por algunas horas. Este debe ser continuo las 24 horas del día, todos los días del año.

2. *Calidad*: que sirva a los usos para los que ha sido prevista, con garantía de eficacia, la calidad se basa en los contenidos, tanto de sales como bacteriológicos que debe contener el agua suministrada, según normas nacionales e internacionales.

3. *Emplazamiento*: consiste en poner el servicio en el lugar de consumo, con cañerías dentro de la vivienda. (Calsin,2010)

## 2.5 Agua potable en el Perú

En el Censo del 2017 se observaron que del 100% de viviendas censadas con ocupantes presentes, el 78.3% contaban con acceso al agua por red pública domiciliaria, el 67.1% presentaron conexión a red pública dentro de la vivienda y el 11.3% con red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación.

Por otro lado, el 4.7% de las viviendas particulares se abastecen de aguas a través de pilón de uso público. Las viviendas particulares que se abastecen con agua de pozo equivalen al 7.3%. Así mismo, el censo reveló que todavía existen viviendas que no se abastecen con agua de consumo humano, siendo un 9.7% del total. Por lo tanto, se abastecen mediante camiones cisterna, río, manantial o solicitan al vecino.

Se observó un incremento de las viviendas con acceso a agua por red pública durante el periodo intercensal 2007-2017 siendo de 47.3% con una tasa promedio anual de 3.9%. Las viviendas particulares que se abastecen de agua por red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación aumentaron en un 52.5% con una tasa promedio anual de 4.3%. Las viviendas particulares que consumen agua de pilón de uso público incrementaron en 48.9% con una tasa

promedio anual de 4.1%. También, las aguas que se abastecen con pozos aumentaron en 9.1% en el periodo intercensal y 0.9% en promedio anual.

Así mismo se observó una disminución en las viviendas particulares que se abastecen de agua proveniente de río, acequia o manantial en un 66.1% y los que obtenían agua del vecino disminuyeron en 73.9%. Opuestamente, las viviendas particulares que compran agua de camión cisterna aumentaron en 21.8% creciendo una tasa promedio anual de 2.0% (Tabla 1).

Según departamentos en el censo del 2017 se observó que más del 94% de la población de Moquegua, Áncash, Callao, Tacna, Provincia de Lima, Arequipa, Apurímac y Cusco, contaban con agua en sus viviendas proveniente de red pública (dentro de la vivienda, fuera de la vivienda, pero dentro del edificio o pilón de uso público). En tanto, la población de las regiones de Tumbes, Huánuco, Ucayali, Puno y Loreto, presentan menor cobertura de agua por red pública, por debajo del 82% (Figura 1).

El 48,2% de la población del país consumió agua proveniente de red pública con algún nivel de cloro (menor igual a 0,5mg/L). La población que consumió agua cloro adecuado mediante red pública fue de 42.3% en el área urbana mientras que en el área rural fue 1.8 (Figura 2)

La Provincia Constitucional del Callao presento 74.6% con respecto al nivel de cloro aceptable, le sigue los departamentos de Tacna (72,7%), Provincia de Lima (64,0%), Moquegua (60,6%), Madre de Dios (54,4%) y Arequipa (47,6%). Opuestamente, en Apurímac, Lambayeque, Cajamarca, Amazonas, Pasco, entre otros el nivel de cloro en agua no es aceptable. (Figura 3)

Los datos del Censo del 2017 indicaron que más del 87% de los habitantes en Tacna, Callao, Apurímac, Moquegua, Ayacucho, Provincia de Lima, Arequipa, Cusco, Lambayeque, Ancash, Junín y Huancavelica consume agua de la red pública todos los días de la semana. En tanto, en Puno, Pasco, Tumbes y Loreto tienen menos proporción con respecto al consumo de agua por red pública de manera diaria. (Figura 4, 5 Y 6)

Se observó también que el 84,4% de la población arequipeña y el 78,5% de la Provincia de Lima tienen agua proveniente de red pública las 24 horas al día, seguido de Huancavelica con 72,0%, Ayacucho y Madre de Dios con 71,0% y 70,9% respectivamente. Mientras que en Tumbes, Ica, Piura y Loreto presentan menos del 20,0% de población que tiene agua las 24 horas al día. (Figura 7) (INEI,2018).

### **3. Bacterias Heterótrofas**

#### 3.1 Introducción

Las bacterias heterótrofas, también llamadas organótrofas, son microorganismos que sintetizan sus propias biomoléculas a partir de compuestos orgánicos carbonados complejos, aunque pueden captar elementos inorgánicos diferentes al carbono. Algunas necesitan parasitar a organismos superiores para poder sobrevivir.

Son seres unicelulares, con organización simple que se desarrollan en variados sustratos orgánicos, como suelos, agua, polvo etc.

#### 3.2 Características

Se ha podido observar en la naturaleza que la existencia de diversos tipos de bacterias hace posible la vida de los ecosistemas, pues los productos generados por una son utilizados por otras en una cadena. Estas bacterias se distribuyen de forma estratégica, casi siempre de forma estratificada.

Por ejemplo, se ha visto que las bacterias heterótrofas aerobias suelen aparecer junto con las cianobacterias (bacterias fotoautótrofas que liberan oxígeno).

En este sentido, las heterótrofas aerobias y las autótrofas aerobias pueden utilizar el oxígeno, creando a su vez condiciones de anaerobiosis en las capas más profundas donde se encuentran las bacterias anaerobias.

En función de características como el tipo de combustible que utilizan para sobrevivir, las bacterias heterótrofas pueden clasificarse en distintos grupos.

Las bacterias heterótrofas solo asimilan compuestos orgánicos complejos ya preformados para poder sintetizar las biomoléculas necesarias para su desarrollo. Una de las fuentes de carbono más utilizadas por estas bacterias es la glucosa.

### 3.3 Clasificación

Las bacterias heterótrofas se clasifican en fotoheterótrofas y quimioheterótrofas, ambas utilizan compuestos orgánicos como fuente de carbono.

- Las bacterias fotoheterótrofas tienen como fuente de energía a la luz y asimilan compuestos orgánicos. Entre las bacterias fotoheterótrofas encontramos las bacterias rojas no sulfurosas, como por ejemplo las bacterias de la familia *Bradyrhizobiaceae*, género *Rhodospseudomonas*. Por otra parte, se encuentran las bacterias verdes no sulfurosas, así como también las heliobacterias.
- Las bacterias quimioheterótrofas tienen como fuente de energía a las reacciones químicas y son organismos dependientes, pues necesitan parasitar otros organismos superiores para obtener los compuestos orgánicos necesarios para su desarrollo.

### 3.4 Importancia

Las bacterias heterótrofas permiten indicar la calidad sanitaria, identificando la eficacia de tratamientos como la desinfección, es por ello que son organismos indicadores de calidad sanitaria. La presencia en altas cantidades evidencia problemas de higiene y contaminación.

## 4. Coliformes

### 4.1 Introducción

Los coliformes son un grupo de diversas especies bacterianas que van a indicar contaminación de agua y alimentos.

Fueron descubiertas por Theodor von Escherich en 1860, y denominadas coliflores pues observó bacterias del intestino (intestino en griego es kol) por ende se quedó con el término “coli”. Esta bacteria es la principal del grupo y se llama *Escherichia coli*.

### 4.2 Habitación

Las bacterias coliformes se localizan con mayor proporción en el intestino de animales con sangre caliente y humano. También están distribuidas en la naturaleza, en los vegetales, semillas y suelos.

Las bacterias coliformes se esparcen mediante las heces de los seres homeotermos (sangre caliente); es por ello que la mayoría de los coliformes presentes son de origen fecal, entonces al existir una

infección por coliformes es porque existió una contaminación oral-fecal. Así mismo existen coliformes de vida libre, pero son poco estudiados.

#### 4.3 Importancia

Considerados como indicadores de contaminación fecal en alimentos y aguas que serán consumidos por animales y humanos debido a que los coliformes son más resistentes que bacterias patógenas intestinales en medios acuáticos, además de ser de origen fecal. De esta forma su escasez indica que es apta para su consumo.

Su presencia en aguas es cuantificable indicando el grado de contaminación que presenta, siendo directamente proporcional, es decir que existe mayor contaminación cuando más bacterias sean aisladas.

Dentro de los sistemas de abastecimiento, almacenamiento y distribución de agua no debe existir presencia alguna de coliformes, puesto que su presencia indicaría una mala desinfección o existió alguna contaminación en algún punto. Las especies de *Klebsiella* y *Enterobacter* colonizan con continuidad los interiores de las cañerías y tanque, creciendo como una biopelícula cuando tiene condiciones óptimas (nutrientes, temperatura, ausencia de desinfectante y tiempo de almacenamiento).

#### 4.5 Características

Son un grupo de bacterias gram negativas, baciliformes, con exclusivas características bioquímicas (fermentación de lactosa con producción de gas a 37°C en 48 horas y oxidasa negativo). Compuesto por estos géneros:

1. *Escherichia*
2. *Klebsiella*
3. *Enterobacter*
4. *Citrobacter*

#### 4.6 Coliformes totales

Son todas las especies de coliformes, incluyendo los fecales. Su presencia indica contaminación, sin embargo, para identificar si la contaminación es de origen fecal se deben hacer otras pruebas más específicas. Esta diferenciación es importante pues de esta forma se logra detectar con certeza el tipo de contaminación que existe siendo o no de origen fecal.

#### 4.7 Coliformes fecales o termotolerantes

Son especies de coliformes de origen fecal, por ello se denominan coliformes fecales. Se diferencian por fermentar lactosa con producción de ácido y gas a 44.5°C a 24 horas (luego de haber sido confirmadas como coliformes totales). *Escherichia coli* es la especie más representativa de este grupo.

Los coliformes termotolerantes provienen de aguas enriquecidas como afluentes o de materias vegetales y suelos en descomposición.

#### 4.8 *Escherichia coli*

Bacteria perteneciente a la familia de las enterobacterias, que se encuentra en el intestino de seres homeotermos con 10<sup>8</sup> gramos por heces. Se caracteriza por tener flagelos periticos, tener motilidad y crece a 37 °C. Asimismo, tienen la enzima cromogénica B glucuronidasa la cual actúa sobre el indicador MUG, que sirve como fuente de carbono generando fluorescencia en el medio de cultivo.

Esta es la principal bacteria indicadora de contaminación en aguas y alimentos.

### 5. *Pseudomonas aeruginosa*

#### 5.1 Introducción

Especie de bacterias aeróbicas, con motilidad unipolar y gram negativas. Es considerado como patógeno oportunista en humanos y plantas.

*Pseudomonas aeruginosa* secreta diferentes pigmentos: piocianina, siendo de color azul verdoso y piorrubina, de color rojo pardo. Se desarrolló un medio llamado Pseudomonas Agar P (también llamado Medio King A) para mejorar la producción de piocianina y piorrubina por King, Ward y Raney. También, desarrollaron el medio Pseudomonas Agar F (también llamado Medio King B) que incentiva la producción de fluoresceína.

Para decir que se halló la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* se debe identificar la producción de piocianina y fluoresceína, además de desarrollarse a 42°C.

#### 5.2 Características

Pertenece al género de *Pseudomonas*, es una bacteria toxigénica e invasiva, que produce infecciones en humanos sobretodo en paciente de riesgo, por ello es considerada de importancia clínica.

Son bacilos gramnegativos, aerobios natos, generalmente móviles por contar con un flagelo polar, catalasa positiva y no forman esporas. Es bastante característico observarlas como biofilm o

biopelículas, puesto que sintetizan una exo-capsula de polisacáridos lo que les facilita su adhesión. Esta capsula protege a la bacteria impidiendo la fagocitosis de los anticuerpos, lo que les hace patógenas.

### 5.3 Importancia

La *Pseudomonas aeruginosa* es considerada como un patógeno oportunista emergente debido a su adaptación fisiológica, además tiene un alto potencial metabólico y mecanismos de virulencia.

Esta bacteria patógena ocasiona infecciones en pacientes inmunodeprimidos. El contar con un solo flagelo y sus numerosos pilis que le facilitan la adhesión, son las principales características que los hacen resistentes. Además, secreta un alginato extracelular conocido como biofilm, realiza un mecanismo de comunicación celular, secreta exoenzimas, realiza mecanismos de resistencia antimicrobiana y presenta proteasas y elastasas que los hacen virulentos.

### 5.4 Habitad

Se encuentran en todo el ambiente, pero necesitan alto número de nutrientes por lo que es común hallarlos en suelos y aguas naturales (lagos, ríos). En agua potable son poco frecuentes, sin embargo, pueden proliferar en tuberías debido a que pueden formar biopelículas.

## 6. Parásitos en aguas

### 6.1 Introducción

La presencia de parásitos en el agua potable es nula, sin embargo, se han encontrado quistes de *Giardia sp.* y *Cryptosporidium sp.*, que son protozoarios causantes de diarreas. Los niveles de prevalencia son bajos y no son considerados como alto riesgo en salud pública. Su presencia se da por un mal sistema de limpieza y desinfección de la fuente principal de agua.

### 6.2 Importancia

Los quistes de *Giardia sp.* y *Cryptosporidium sp.* al ser ingeridos en el agua de bebida no desinfectada van a ocasionar brotes de diarrea.

Quilez (2017) afirma que “las técnicas de potabilización no evitan la presencia de parásitos del agua ni crean una inactivación al filtrar el agua, ya que resisten la cloración por lo que, si su concentración es muy elevada en el agua de entrada a la potabilizadora, en la de salida podrían mantenerse en cantidad suficiente para desencadenar un brote de diarrea. Es por ello que las plantas deben de cumplir con un tratamiento convencional completo (con las etapas de coagulación,



floculación –adición de agentes para facilitar posterior decantación de sustancias–, sedimentación, filtración y procesos de desinfección).”

## 6.2 Transmisión

Las formas parasitarias se encuentran presentes en el agua y son ingeridas por el huésped definitivo, siendo esta una contaminación oral-fecal, también pueden transmitirse por vía nasal o cutánea. Dentro del organismo humano, los parásitos llegan a la madurez sexual, reproduciéndose y creando nuevas formas de transmisión.

En el caso de protozoarios con reproducción asexual, el ciclo es corto por lo que busca con mayor rapidez cambiarse de huésped. Esto lo realiza enquistándose cuando es liberado y puede mantenerse un tiempo en el ambiente, las diferentes condiciones de temperatura y oxigenación van a permitir su desarrollo. En la reproducción sexual, la forma de transmisión es mediante huevos quísticos llamados ooquistes.

Los helmintos se transmiten por embriones protegidos por embrióforos o mediante huevos y larvas. Las formas parasitarias de transmisión (quistes, ooquistes, larvas, huevos) son eliminadas por las heces del hospedador.

## 7. pH

### 7.1 Descripción

El pH va a medir si la sustancia presenta acidez o alcalinidad. Sus mediciones van en una escala de 0 a 14, siendo 7.0 el valor neutro. Si una sustancia es acida significa que posee una alta cantidad de iones de hidrogeno, siendo de pH inferior a 7.0, mientras que una solución es básica cuando tiene una baja cantidad de iones hidrogeno, teniendo un pH por encima de 7.0 hasta 14.0. Se expresa como el logaritmo negativo de base 10 con respecto a la actividad de iones de hidrogeno.

### 7.2 Importancia

El agua de consumo humano se encuentra en un pH de 6.5 a 8.5. Si el agua tiene un pH menor a 6.5 podría ser corrosiva y acida, pudiendo disolver iones metálicos, pudiendo causar daños en las tuberías de metal, además de estar relacionado con el sabor amargo del agua. En estos casos se emplear un neutralizador químico conocido como carbonato de calcio. Por otro lado, el agua con

pH mayor a 8.5 puede generar problemas en la dureza, causando problemas estéticos como la formación de sarro, dañando las tuberías.

## 8. **Turbiedad**

### 8.1 Descripción

Es uno de los indicadores más importantes, pues va a indicar el nivel de transparencia del líquido. Se usa un Turbidímetro y se mide en UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez).

A mayor presencia de sólidos en suspensión, mayor será su turbidez. Estos sólidos pueden ser de origen mineral o vegetal, esto dependerá de la fuente de origen.

### 8.2 Importancia

El agua de consumo humano no debe tener turbiedad, pues podría ocasionar problemas en el consumidor. Si la muestra tiene altos valores de turbiedad, el cloro tendrá poco efecto desinfectante sobre la muestra, por lo que se tendría que añadir una dosis más alta de cloro, lo que sería dañino para la salud.

La turbidez está vinculada a los procesos de desinfección tanto químicos (cloros u otros biocidas) como físicos (radiaciones UV). A mayor cantidad de partículas presentes, la turbidez será mayor, este número de partículas suspendidas pueden ser bacterias, virus y protozoarios patógenos.

## 9. **Cloro libre**

### 9.1 Descripción

Al reaccionar con el agua, los productos clorados producen ácido hipocloroso (HClO). Este es un ácido débil que se descompone del hipoclorito según el pH. Las dos formas van a constituir al cloro libre. En aguas con pH alto, el cloro activo (ácido hipocloroso) se convierte en cloro potencial (ion hipoclorito), con baja capacidad desinfectante.

- Cloro Libre: Esta forma de cloro posee el mayor poder desinfectante y oxidante, corresponde fundamentalmente, a la presencia de ácido hipocloroso y anión hipoclorito.
- Cloro combinado: Tiene un poder desinfectante muy bajo y su presencia causa irritaciones y malos olores. La combinación de cloro libre con el amoníaco y la materia orgánica nitrogenada que contiene el agua, da lugar al cloro combinado (cloraminas).

- Cloro total: La suma de cloro libre y el cloro combinado da como resultado el cloro total. El cloro total no debe sobrepasar más del 0,5 mg/l del nivel de cloro residual libre. (Hanna, 2018)

## 9.2 Importancia

El cloro es un gran desinfectante, a la vez, reacciona con el hierro, manganeso y amoníaco generando sustancias productoras de olores y sabores, mejorando la calidad del agua.

Cuando el agua tiene productos orgánicos y amoníaco se forma el cloro residual cambiando. Esta forma de cloro tiene una acción bactericida menos eficaz y es un agente oxidante débil.

## 10. Color

### 10.1 Descripción

El color en el agua se da por la presencia de iones metálicos como el manganeso y hierro, además de materia orgánica y en algunos casos residuos industriales. Las aguas contaminadas pueden tener varios colores, pero todavía no se han encontrado relación entre contaminación y color.

### 10.2 Importancia

Su importancia se centra en la ausencia o exceso, pudiendo causar diferentes riesgos. Para las aguas de consumo humano, su presencia en exceso indicaría ineficiencia en el sistema de tratamiento de aguas.

## 11. Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA)

### 11.1 Descripción

Es un reglamento de normas sanitarias dictadas por el Ministerio de Salud y los principios establecidos en la Ley N° 26842 – Ley General de Salud; que son de cumplimiento obligatorio para toda persona natural o jurídica, pública o privada, dentro del territorio nacional que tenga responsabilidad de acuerdo a ley o participe o intervenga en cualquiera de las actividades de gestión, administración, operación, mantenimiento, control, supervisión o fiscalización del abastecimiento del agua para consumo humano, desde la fuente hasta su consumo.

(Reglamento de la Calidad del Agua de Consumo Humano, 2011)

## 11.2 Finalidad

La finalidad de este reglamento es garantizar la inocuidad del agua, previendo los factores de riesgo sanitario, además de cuidar y promover la salud y bienestar de la población. (Reglamento de la Calidad del Agua de Consumo Humano, 2011)

## 11.3 Lineamientos

- Prevención de enfermedades transmitidas a través del consumo del agua de dudosa o mala calidad
- Aseguramiento de la aplicación de los requisitos sanitarios para garantizar la inocuidad del agua para consumo humano
- Desarrollo de acciones de promoción, educación y capacitación para asegurar que el abastecimiento, la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo, sean eficientes, eficaces y sostenibles
- Calidad del servicio mediante la adopción de métodos y procesos adecuados de tratamiento, distribución y almacenamiento del agua para consumo humano, a fin de garantizar la inocuidad del producto
- Responsabilidad solidaria por parte de los usuarios del recurso hídrico con respecto a la protección de la cuenca, fuente de abastecimiento del agua para consumo humano
- Control de la calidad del agua para consumo humano por parte del proveedor basado en el análisis de peligros y de puntos críticos de control
- Derecho a la información sobre la calidad del agua consumida.

(Reglamento de la Calidad del Agua de Consumo Humano, 2011)

## 11.4 Gestión de la calidad del agua para consumo humano

La gestión de la calidad del agua se desarrolla principalmente por las siguientes acciones:

- Vigilancia sanitaria del agua para consumo humano
- Vigilancia epidemiológica de enfermedades transmitidas por el agua para consumo humano
- Control y supervisión de calidad del agua para consumo humano
- Fiscalización sanitaria del abastecimiento del agua para consumo humano
- Autorización, registros y aprobaciones sanitarias de los sistemas de abastecimiento del agua para consumo humano
- Promoción y educación en la calidad y el uso del agua para consumo humano
- Otras que establezca la Autoridad de Salud de nivel nacional.

Por otra parte, las entidades responsables del aseguramiento de calidad del agua de consumo humano son el Ministerio de Salud; Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento; Gobiernos Regionales; Gobiernos locales, provinciales y distritales; Proveedores del agua para consumo humano; y Organizaciones comunales y civiles representantes de los consumidores. (Reglamento de la Calidad del Agua de Consumo Humano, 2011)

#### 11.5 Vigilancia Sanitaria

Es la sistematización de un conjunto de actividades realizadas por la Autoridad de Salud, para identificar y evaluar factores de riesgo que se presentan en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano. La DIGESA y las Direcciones de Salud o las Direcciones Regionales de Salud o las Gerencias Regionales de Salud en todo el país, administran el programa de vigilancia sanitaria del abastecimiento del agua, concordante a sus competencias y con arreglo al presente Reglamento.

(Reglamento de la Calidad del Agua de Consumo Humano, 2011)

#### 11.6 Control y Supervisión de Calidad

Se llevarán a cabo actividades realizadas, para identificar, eliminar o controlar todo riesgo en los sistemas de abastecimiento del agua, desde la captación hasta el punto en donde hace entrega el producto al consumidor, sea éste en la conexión predial, pileta pública, surtidor de tanques cisterna o el punto de entrega mediante camión cisterna, para asegurar que el agua de consumo se ajuste a los requisitos normados en el Reglamento.

El Plan de Control de Calidad (PCC) del sistema de abastecimiento del agua para consumo humano se sustenta en los siguientes principios:

1. Identificación de peligros, estimación de riesgos y establecimiento de las medidas para controlarlos
2. Identificación de los puntos donde el control es crítico para el manejo de la inocuidad del agua para consumo humano
3. Establecimiento de límites críticos para el cumplimiento de los puntos de control
4. Establecimiento de procedimientos para vigilar el cumplimiento de los límites críticos de los puntos de control
5. Establecimiento de medidas correctivas que han de adoptarse cuando el monitoreo indica que un determinado punto crítico de control no está controlado
6. Establecimiento de procedimientos de comprobación para confirmar que el sistema de análisis de

peligros y de puntos críticos de control funciona en forma eficaz

7. Establecimiento de un sistema de documentación sobre todos los procedimientos y los registros apropiados para estos principios y su aplicación.

(Reglamento de la Calidad del Agua de Consumo Humano, 2011)

#### 11.7 Aprobación, registro y autorización sanitaria

Todo sistema de abastecimiento de agua para consumo humano existente, nuevo, ampliación o mejoramiento debe contar con registro de sus fuentes, registro del sistema de abastecimiento y autorización sanitaria de sistemas de tratamiento, plan de control de calidad (PCC), a fin de garantizar la inocuidad del agua de consumo humano para la protección de la salud (Tabla 2).

(Reglamento de la Calidad del Agua de Consumo Humano, 2011)

#### 11.8 Sistema de Abastecimiento de Agua

Conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua mediante conexión domiciliaria, para un abastecimiento convencional cuyos componentes cumplan las normas de diseño del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento; así como aquellas modalidades que no se ajustan a esta definición, como el abastecimiento mediante camiones cisterna u otras alternativas, se entenderán como servicios en condiciones especiales.

Los principales componentes hidráulicos en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, de acuerdo al tipo de suministro, son los siguientes:

- Estructuras de captación para aguas superficiales o subterráneas
- Pozos
- Reservorios
- Cámaras de bombeos y rebombeo
- Cámara rompe presión
- Planta de tratamiento
- Líneas de aducción, conducción y red de distribución
- Punto de suministro

La Autoridad de Salud del nivel nacional normará los requisitos sanitarios que deben reunir los componentes de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano en concordancia con las normas de diseño del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, los que serán vigilados por la Autoridad de Salud del nivel regional, los mismos que deberá considerar sistemas de protección, condiciones sanitarias internas y externas de las instalaciones, sistema de

desinfección y otros requisitos de índole sanitario.

(Reglamento de la Calidad del Agua de Consumo Humano, 2011)

### 11.9 Requisitos de Calidad del Agua para Consumo Humano

El agua apta para el consumo humano debe de cumplir con todos los requisitos de calidad establecidos en el Reglamento.

#### 11.9.1 Parámetros microbiológicos y otros organismos

-Bacterias coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia coli*

- Virus

- Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos

- Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépedos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos; y 5. Para el caso de Bacterias Heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C (Tabla 3). (Reglamento de la Calidad del Agua de Consumo Humano, 2011)

#### 11.9.2 Parámetros de calidad organoléptica

-Sólidos totales disueltos

- Amoníaco, cloruros

- Sulfatos

- Dureza total

- Hierro, manganeso, aluminio, cobre, sodio y zinc

- Conductividad

(Tabla 4) (Reglamento de la Calidad del Agua de Consumo Humano, 2011)

#### 11.9.3 Parámetros inorgánicos y orgánicos

Plomo, arsénico, mercurio, cadmio, cromo total, antimonio, níquel, selenio, bario, flúor y cianuros, nitratos, boro, clorito clorato, molibdeno y uranio (Tabla 5) (Reglamento de la Calidad del Agua de Consumo Humano, 2011)

## 12. Distrito de Comas

### 12.1 Descripción

Comas es uno de los 43 distritos perteneciente a la provincia de Lima y es el cuarto distrito más poblado a nivel nacional. Está ubicado a 15km del centro de Lima.

## 12.2 Ubicación geográfica y zonificación

Comas está ubicado entre 150 a 811 m.s.n.m. estando a mayor altitud que otros distritos limeños. Tiene una latitud sur de 11°56'00'' y una longitud oeste de 77°04'00''. Limita al norte con el distrito de Carabaylo, al este con el distrito de San Juan de Lurigancho, al sur con el distrito de Independencia y al oeste con el distrito de Los Olivos y Puente Piedra (Figura 8).

Geográficamente se pueden apreciar tres zonas:

- Comas Río Chillón: zona mayormente rural con chacras, granjas y clubes campestres.
- Río Chillón Comas Bajo: zona comercial, mezcla de viviendas de escasos y medianos recursos económicos, comprende las principales avenidas, es la planicie del distrito.
- Comas Alto: zona de menores recursos económicos, calles empinadas, numerosos asentamientos humanos, ubicada en las faldas de los cerros (Plan de Gobierno Municipal Comas 2019-2022, 2018)

## 12.3 Extensión territorial y densidad demográfica

Comas tiene una superficie de 48.75km<sup>2</sup>, lo que representa al 5% de la extensión de Lima Norte y el 1.7% de la superficie de Lima Metropolitana. Cuenta con 525 000 habitantes, es uno de los 43 distritos que conforman la provincia de Lima y es el cuarto distrito con mayor población.

El 73% del suelo es de uso residencial, el 11.4% es para uso agrícola, el 2.7% es de uso comercial y el 2.1% es de uso industrial. Las avenidas con mayor confluencia comercial son: Avenida Túpac Amaru, Avenida Universitaria y Avenida Belaunde.

Comas cuenta con 97 655 viviendas, de ellas el 82.7% son independientes y el 16.7% son viviendas improvisadas. Existen 158 asentamientos humanos con el 57% de la población total.

## 12.4 Actividades Económicas

En Comas la principal actividad es el comercio zonal (bodegas o tiendas dedicadas a vender productos alimenticios, lubricantes de autos, mecánicas y vulcanizadoras) lo que representa el 34.4% del total de actividades según un análisis por parte de la municipalidad.

Debido a que la zona está ubicada en un valle, las tierras son empleadas para el cultivo de frutas y hortalizas.

Por otro lado, también realizan actividades informales, como la crianza de ganado porcino, conocido como “chancherías clandestinas” localizadas en las zonas altas de los cerros. Asimismo, el comercio ambulatorio informal también es de gran relevancia, donde los vendedores ambulantes ocupan espacio de vía pública para colocar sus puestos de venta no autorizados.



## 12.5 Atractivos Turísticos

Debido a las características geográficas de la zona, la mayor parte de los atractivos turísticos son centros de recreación.

El Parque Zonal Sinchi Roca conocido además como “Mar de Comas”, se caracteriza por presentar la piscina de agua dulce más grande del país; asimismo goza de áreas como zonas para acampar, además de juegos para niños, una laguna artificial, bellos bosques, entre otros (Figura 9).

Asimismo, también hay zonas de importancia arqueológica como la Fortaleza de Collique ubicada en el Cerro Pirámide. Este sitio se encuentra sobre un asentamiento de la Cultura Lima, aunque también existen evidencias de estructuras incaicas en la construcción como colcas, además de kallancas.

La Muralla de Tungasuca se encuentra en el valle bajo del Río Chillón. Fue edificada por el grupo cultural de los Collis, que tuvieron como centro administrativo la zona de la Fortaleza de Collique.

Además, pueden encontrarse Huacas como Chacra Cerro I y II, que tuvieron que dividirse para la construcción de la autopista Héroes del Cenepa. En esta Huaca se observa además los restos de una construcción posterior a los restos prehispánicos de la huaca, pero que todavía no han sido estudiados. Otra huaca de Comas es conocida como El Retablo que lamentablemente está descuidada. (Municipalidad Distrital de Comas, 2018)

## 12.6 Red de Agua Potable

Debido a la geografía de Comas, el alcance de la red de agua potable no logra abastecer a todo el distrito en su totalidad. Por lo que solo el 88.2% de viviendas cuentan con agua de consumo humano. Las viviendas que limitan con el distrito de Carabayllo y las que se encuentran más cercanas a las laderas de los cerros son las que no cuentan con este servicio, siendo un 10%.

Por esta razón, la distribución de agua potable en estas zonas se realiza mediante bombeo de aguas subterráneas siendo almacenado en reservorios o tanques. Sin embargo, durante las épocas de lluvias, al estar el Río Chillón cargado, este servicio se vuelve menos frecuente (Figura 10).

## 13. Provincia de Quispicanchi

### 13.1 Descripción

Quispicanchi es una provincia de Cusco, ubicada a orillas del Río Vilcanota. Es considerada como la segunda provincia más grande del departamento. Urcos es la capital de esta provincia.

### 13.2 Ubicación geográfica y zonificación

La provincia de Quispicanchi se encuentra ubicada en el departamento del Cusco, al sur oriente de la ciudad del Cusco. Se encuentra entre las coordenadas 13°1'00" y 14°30'00" Latitud Sur y 70°19'30" y 71°49'30" Longitud Oeste con respecto al meridiano de Greenwich (Figura 11).

Presenta tres zonas geográficas naturales que son: Sierra, Ceja de Selva y Selva y por sus características topográficas, climatológicas, ecológicas y de altitud se distinguen tres zonas: Piso de Valle, Zona Alta o Alto Andina y Zona de Ceja de Selva. (Municipalidad Provincial de Quispicanchi, 2011)

### 13.3 Extensión territorial y densidad demográfica

Quispicanchi cuenta con una superficie de 7 656km<sup>2</sup>. Tiene una población total de 90 184 habitantes con una densidad de 11,56 habitantes/km<sup>2</sup>. Se divide en 12 distritos: Urcos, Quiquijana, Oropesa, Ocongate, Marcapata, Lucre, Huaro, Cusipata, Ccatca, Ccarhuayo, Camati, y Andahuaylillas.

El área de residencia está dividida en dos tipos de centros poblados: urbano (con pueblos y caseríos) y rural (campamento minero, caserío, unidad agropecuaria, otros).

### 13.4 Actividades económicas

En Quispicanchi la actividad agropecuaria es la principal, siendo de auto subsistencia. El 79% lo desarrollan como una economía campesina, el 18% como una pequeña agricultura y el 3% como una agricultura empresarial. La población económicamente activa (PEA) es del 60%, por lo que se considera como una provincia de alta ruralidad.

La mayor producción agrícola es de maíz, siendo tan alta que en la celebración llamada "Sara Raymi" dan veneración a este cultivo; así mismo también cuentan con cultivos de capulí, haba, papa nativa, olluco, oca, mashua, etc.

Dentro de la ganadería, el ganado vacuno y ovino está representado por el ganado criollo adaptando al medio andino. Dentro de su producción tienen poco uso de tecnológicas por lo que su crianza es mixta, la reproducción no es controlada y no hay calendarios sanitarios. La crianza de mayor importancia es de vacunos, alpacas, ovinos y cuyes.

La minería es otro recurso económico para la provincia. Existen los recursos mineros metálicos y no metálicos. Actualmente la minería es la actividad metálica más importante, sobre todo en los distritos de Camanti, Marcapata y Ccarhuayo, donde se extrae el oro en forma artesanal.

Por otro lado, la minería no metálica es explotada por la ciudad de Cusco, siendo importante en los distritos de Andahuaylillas, Lucre, Oropesa y Quiquijana, extrayendo piedra y elaborando ladrillos, tejas de cerámica y yeso, siendo una microempresa familiar en los pobladores.

Por otro lado, existen otras actividades económicas como la carpintería y artesanía (tallado en piedra, confección de tejidos, orfebrería). Así mismo, preparan productos típicos como lácteos, néctares, manjares, mermeladas y jugos derivados de su propia producción agrícola. Es por ellos, que hay empresas encargadas de la transformación agroindustrial (panaderías, molineras, etc.) para venta a mayor escala.

Estas principales actividades favorecen un alto intercambio comercial, aparte de los atractivos turísticos culturales, de aventura, arqueológico, etc.

### 13.5 Atractivos turísticos

A nivel turístico la provincia de Quispicanchi se caracteriza por tener atractivos arqueológicos y arquitectónicos, así como atractivos naturales.

- Baños Termales de Pacchanta: Que se encuentran a cerca de 40°C de temperatura. Desde su ubicación, además se puede contar con una excelente vista del Ausangate.
- Conjunto Arqueológico de Tipón: Que significa "un excelente trabajo de ingeniería hidráulica", ya que, pese a todos los siglos pasados sigue funcionando como lo hiciera en la época incaica.
- Iglesia de Andahuaylillas: Hermosa construcción ideal para el turismo cultural. En su altar mayor se puede observar el decorado en oro de 24 quilates
- Parque Arqueológico de Pikillaqta: Un complejo arquitectónico posiblemente de la cultura Wari, en el que se observan edificaciones habitacionales tradicionales para huéspedes nobles de dicha cultura. (Provincia de Quispicanchi-Huaro, 2013)

Los recursos naturales, divinidades y productos típicos de la zona son venerados por los pobladores en distintas celebraciones:

- Coccha Raymi: Culto al Agua, la cual se escenifica en la laguna del distrito de Urcos, el día 30 de agosto de cada año. Dónde participan en las escenificaciones respectivas niños jóvenes y adultos.

- Festival del Señor de Qoyllority: Fiesta en honor a la divinidad cristiano-andina conocida como el Señor de Qoyllority. Esta implica una peregrinación hasta la cordillera Vilcanota. La fecha de la celebración sigue el calendario andino (entre los meses de Mayo y Junio). Los pobladores del distrito de Ocongate realizan un rito cuyo símbolo externo es la imagen de Cristo, pero su objeto de fondo es la integración del hombre con la naturaleza, las personas de este lugar son devotos del Taytacha Qoyllur Rit'i (El señor de la Nieve Brillante). Esta es una antigua costumbre religiosa sólo practicada por los habitantes de los Andes. Cada año, unos días antes de la celebración del Corpus Christi, cada pueblo pequeño o clan envía una delegación de coloridos bailarines y "pabluchas" a la Capilla del Señor de Qoyllur ritty.
- T´Anta Raymi: Culto al pan, que se realiza en el distrito de Oropesa, provincia de Quispicanchi. La villa recibe al visitante con una inscripción que dice: "Bienvenidos al marquesado de Valleumbroso de Oropesa, capital nacional del pan". Oropesa es conocido por producir el mejor pan del Cusco.

(López K., 2015)

### 13.6 Red de Agua Potable

El 36,3 % de la población regional del Cusco no cuenta con el servicio de agua potable. En la provincia de Quispicanchi estos porcentajes son mayores que la región. De los distritos estudiados, Camanti es el distrito que presenta un porcentaje muy alto de personas que no cuentan con agua potable (9 de cada 10 personas carecen de este servicio). Aparentemente Ccatcca tendría una menor proporción de población sin agua potable. La población no cuenta con un sistema de agua adecuado, ya que el agua que se les brinda es limitada y no llega a las zonas altas. (Figura 12 Y 13) (Estudio de Diagnóstico y Zonificación de Quispicanchi, 2016).

La falta de agua y desagüe van a tener influencia directa en las condiciones de salud de la población, sobretodo en niños y adultos mayores, quienes son ven afectados por enfermados diarreicas agudas (Tabla 6).

El abastecimiento de agua potable está a cargo de las juntas directivas y gobiernos locales de cada centro poblado. Es principal sistema de abastecimientos es mediante la red pública, también se abastecen con agua del río, acequia o manantial. En Urcos el abastecimiento de agua es por red pública, pozo y finalmente por agua de río, acequia o manantial. En Camanti y Ocongate la mayoría de la población se abastece con agua proveniente del río, manantial o acequia. (Tabla 7).

## 14. Provincia de Coronel Portillo

### 14.1 Descripción

La provincia de Coronel Portillo se creó por ley N° 9815 del 2 de julio de 1943 dentro de la jurisdicción del departamento de Loreto. Por ley N° 23416 del 1 de junio de 1982 paso a integrar al departamento de Ucayali. (Anónimo, 2018).

Se le llamo Coronel Portillo en honor al prefecto de Loreto y funcionario del Ministerio de Fomento, pues promovió la exploración y desarrollo de la zona.

### 14.2 Ubicación geográfica y zonificación

Coronel Portillo limita al norte con el departamento de Loreto, al sur con la provincia de Atalaya, al este con la República Federal de Brasil y al oeste con los departamentos de Huánuco y Pasco (Figura 14).

Se encuentra localizada en la región selvática, presentado un suelo ondulante, sobretodo en el sur y oeste. Tiene una altitud de 104 a 2 072 m.s.n.m. y comprende parte de las cuencas del Rio Aguatyía y Ucayali. Se encuentra en las coordenadas 8°23'00"S 74°33'00"O.

### 14.3 Extensión territorial y densidad demográfica

Coronel Portillo tienen una superficie de 36 815.84 km<sup>2</sup>, el 36.18% de su área representa a la Región Ucayali. Presenta una población total de 384 168 habitantes, con una densidad de 1.06 habitantes/km<sup>2</sup>.

La provincia se divide en siete distritos: Nueva Requena, Calleria, Yarinacocha, Campo Verde, Iparia y Masisea (Tabla 8).

Las zonas de residencia están divididas en tres: área urbana, área urbano-marginal (con asentamientos humanos) y área rural (dividido en caseríos, comunidades nativas y centros poblados). En esta provincia se encuentran diferentes comunidades nativas como la etnia Pano grupo Shipibo-Conibo autodenominado Joni.

### 14.4 Actividades Económicas

En Coronel Portillo la actividad forestal es considerada como la principal. La producción de capirona, tomillo, cedro, caoba, cumala, copaiba y catahua generan recursos económicos para los pobladores de la zona.

Por otro lado, el sector agrícola se caracteriza por la variedad en los productos como arroz, yuca, algodón, maíz, frijol, entre otros además de los cultivos permanentes y semipermanentes como la papaya, palmito, camu camu, plátano y palma.

Con respecto al sector pecuario, los distritos se han especializado para la producción de ciertos animales: en el distrito de Calleria la crianza de aves de carnes (para consumo) es la actividad más representativa; en Campoverde la crianza de ganado porcino, ovino, vacuno (producción de leche), así como aves de carne y postura; en Iparía y Masisea se destaca la crianza de cerdos.

La actividad pesquera se desarrolla en los puertos de desembarque, comercializando pescado fresco y seco-salado, de especies como doncella, bagre, paiche, entre otros.

El 38.9% de las macroempresas están dedicadas a la transformación forestal mientras que el 26.9% son de sector agroindustrial. En las microempresas el 52.3% están dedicadas a la transformación forestal y el 25.5% a la agroindustria.

El turismo también tiene relevancia en esta provincia, no solo por los paisajes naturales sino también por las comunidades nativas.

- **Comunidad nativa de San Francisco:** Es el centro poblado más antiguo y numeroso entre las comunidades nativas de la etnia Shipibo-Conibo en la zona. Viven de la caza, la recolección y el cultivo y conservan sus costumbres y cultura a través de la artesanía, idioma, rituales, danzas, música, vestimenta, gastronomía, uso de plantas medicinales y de materiales propios de la zona para construir sus viviendas.  
Se organizan "sesiones shamánicas", con rituales y toma de ayahuasca, alucinógeno que usan los shamanes para entrar en trance y acceder a la sabiduría y poderes sobrenaturales. (PromPeru, 2017)
- **Comunidad Septriónica Shirambari-Barbococha:** En ella se puede observar una hermosa laguna cuyo nombre es "Barboncocha"; alrededor de esta se observan hermosos y bien cuidados huertos cultivados por las familias de la zona donde abundan los frutos. (PromPeru, 2017)
- **Comunidad Nativa de Nuevo Destino:** Es el espacio habitacional de la etnia de los Shipibos. La comunidad es ideal para poder adquirir artesanías que son obtenidas a través de la práctica del trueque. (PromPeru, 2017)

#### 14.5 Atractivos turísticos

La provincia de Coronel Portillo cuenta con atractivos ecológicos, desarrollando actividades en la naturaleza.

- Laguna Cashibo-Cocha: Localizada alrededor de comunidades nativas y mestizas de los Shipibo-Conibo. En esta laguna se puede practicar la pesca deportiva, así como paseos en bote.
- Laguna Yarinacocha: En esta laguna se encuentra un puerto pesquero, donde se puede tomar una embarcación para dirigirse a distintas comunidades nativas que están conectadas por la laguna. Se pueden practicar actividades deportivas como esquí acuático, remo, natación, pesca, incluso avistamiento de delfines.
- Quebrada y Laguna Cumazay: Esta laguna posee una alta fauna marina con peces de valor comercial como pirañas y paiches. También abundan los bufeos.

En Coronel Portillo se celebran distintas festividades:

- Carnaval de Masisea: Se realiza en el mes de febrero. Las danzas tradicionales, coloridas comparsas, entre otras actividades son las actividades que se realizan en esta celebración.
- Festival del Carnaval Ucayalino: Destacado por ferias gastronómicas donde se realizan concursos de potajes típicos. Además, en esta temporada se realiza la ayahuasca, es una ceremonia ancestral dirigida por un chamán (guía espiritual).

#### 14.6 Red de Agua Potable

El sistema de agua potable en Coronel Portillo presenta dos tipos de fuentes: superficial y subterránea. El Río Ucayali es la principal fuente de abastecimiento, esta agua es captada mediante la balsa “Reyes Ramiro Robalino”. Esta balsa es de estructura metálica, y está equipada con bombas de 125HP con un caudal de producción promedio de 310lps (Figura 15).

Existen cinco pozos tubulares que son las fuentes subterráneas. (Tabla 9). Actualmente existen varias dificultades mediante la captación de agua superficial, debido a que el curso del Río Ucayali varía con frecuencia. Así mismo, mediante la técnica de captación de agua subterránea, los pozos de almacenamiento están en trágicas condiciones.

La Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Coronel Portillo S.A. (EMAPACOP S.A.) está encargada de brindar servicios de agua potable y saneamiento en la ciudad de Pucallpa,

así como en los distritos de Manantay, Yarinacocha y Calleria (Figura 16). EMAPACOP S.A. distribuye agua a ciertos sectores, las zonas que no cuentan con este servicio son los sectores 9, 10 y 11 debido a ser asentamientos humanos de reciente creación que ocupan áreas de la periferia de la ciudad.

Del Rio Ucayali se abastecen los sectores 1,2 y 3; el sector 4 se abastece de agua subterránea; el sector 5 no tiene cobertura por parte de la empresa EMAPACOP S.A. pero distribuyen agua a través de pozos particulares; el sector 6 no tampoco tiene cobertura por parte de EMAPACOP S.A. así mismo se observó la presencia de hierro en sus aguas; en el sector 7 hay un pozo piloto llamado CORPAC; y el sector 8 se encuentra en Yarinacocha abasteciendo agua potable 23.19 horas al día (Tabla 10 y Figura 17).

De todas las conexiones habilitadas de agua potable, el 90.06% es de uso doméstico, el 8.04% de uso comercial, el 1.54% de categoría estatal, el 0.33% de categoría social y el 0.033% de uso industrial.

## ANTECEDENTES

**Marchand, E. (2002).** *Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano.* Analizó 224 muestras de agua del Sistema de Almacenamiento y distribución de agua en inmuebles y 56 muestras de agua provenientes de pozo. De estas, 40 (17.86%) muestras de aguas de inmuebles y 41 (73.68%) muestras pertenecientes a pozos no cumplieron con la norma. Así mismo, se encontró presencia de *Pseudomonas aeruginosa* y *Streptococcus fecalis*, hallándose estos microorganismos en muchos casos, en ausencia de coliformes.

**Cruz Valdivia, W. (2006).** *Calidad bacteriológica y parasitológica del agua de consumo humano, y su impacto en la morbilidad por enteropatógenos de mayor incidencia en los niños y niñas de centros educativos de educación primaria del distrito de Pichari, La Convención, Cusco - Valle del Río Apurímac, de marzo a julio del 2006:* Realizó una investigación para establecer la calidad bacteriológica y parasitológica del agua de consumo humano y su impacto en la morbilidad por enteropatógenos en niños. El distrito de Pichari se abastece de agua potable a través de aguas superficiales; sin embargo, la planta de tratamiento no cumple con el mantenimiento adecuado por lo que algunos pasos para la purificación del agua son evitados.

Para el análisis microbiológico se utilizó la técnica de filtro de membrana para identificar los indicadores de contaminación del agua como Coliformes fecales, Coliformes totales, Heterótrofos y



Enterococos. Perteneciente a la zona de captación, Reservoirio y Grifo Domiciliario. Para bacterias heterótrofas, el 100% de las muestras presentaron un rango superior a los valores permisibles acorde la Norma Técnica Peruana ( $\leq 500$  UFC/ml), ocurriendo lo mismo para Coliformes Totales, Coliformes Fecales y los Enterococos (0 UFC/ 100 ml). En los análisis parasitológicos se observó que, de 36 muestras procesadas en total, se obtuvo la presencia para larvas de nematodos en un 13%, huevos de *Trichuris trichiura* en un 4% y para los Huevos de *Uncinaria sp* en un 4%, por lo no son aptos para el consumo humano.

**Zhen, B. (2009).** *Calidad físico química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la Quebrada Victoria, Curubandé. Guanaste, Costa Rica, año hidrológico 2007 – 2008.* Analizó 15 sitios de muestreo a lo largo de la Quebrada Victoria durante épocas lluviosas, secas y de transición entre ambas. Encontró que el agua en los puntos 8 al 15 (excepto 12 y 13) durante la transición de seco a lluvioso, son aptas para el consumo humano con tratamientos simples de desinfección; mientras que las aguas de los puntos 1 – 7 son aptas para el consumo humano en época lluviosa si presentan tratamientos de ajuste de pH (6.5-8.5) y desinfección. La calidad física del agua en el punto 14 se deterioró en la época de transición seca a lluviosa por contar con suelos erosionados y arcillosos aumentado de esta forma su turbiedad. Así mismo, en los puntos 12 y 13 existió contaminación fecal en la época de transición de seca a lluviosa debido al aumento de *Escherichia coli*.

**Miranda, M., Aramburú, A., Junco, J., & Campos, M. (2010).** *Situación de la calidad de agua para consumo en hogares de niños menores de cinco años en Perú, 2007-2010:* Se evaluó la presencia de cloro libre en muestras de agua para consumo en los hogares de 3570 niños (Lima metropolitana 666, resto de costa 755, sierra urbana 703, sierra rural 667 y selva 779); además de la presencia de coliformes totales y *Escherichia coli* en muestras de agua de 2310 hogares (Lima metropolitana 445, resto de costa 510, sierra urbana 479, sierra rural 393 y selva 483). Los hogares con agua de consumo con cloro libre adecuado equivalen al 19.5% del total, las aguas libres de coliformes y *Escherichia coli* equivalen al 38.3%. Se observó una gran diferencia en los resultados según área de residencia, siendo los afectados la sierra rural y la selva.

**López Villacís, N. K. (2014).** *Influencia de la calidad de agua de consumo humano en la presencia de parasitosis intestinal en niños de 5 a 9 años de la Parroquia Cunchibamba durante el período marzo–agosto 2012:* Buscó identificar la relación entre la calidad de agua de consumo humano y la presencia de parásitos intestinales en niños de 5 a 9 años de la Parroquia Cunchibamba (Ecuador) durante el período Marzo – Agosto 2012.

Logró identificar una elevada incidencia de parásitos intestinal en niños de 6 años con un 29% y 9

años con un 21.5%, el sexo masculino representó el 54.5%. El 63% de familias consumían agua sin el debido proceso de potabilización debido a fugas. Además, el examen de laboratorio realizado indicó que el agua consumida en el barrio de Pucarumí tiene un significativo grado de contaminación que supera los límites máximos tolerables.

**Flores, J. (2016).** *Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca.* Se tomaron muestras en dos zonas: en Ajoscancha Baja y en el Barrio de San Martín. En la primera zona, los coliformes totales (marzo), el hierro y los nitratos (diciembre) y los fosfatos superaron los límites máximos permisibles. En el segundo punto, los nitratos (diciembre) y fosfatos superaron los límites, con respecto a muestras sin ebullición. Por lo contrario, para ambas zonas en los parámetros de fosfatos, nitratos y hierro superan los límites con relación a muestras con ebullición. En conclusión, las aguas subterráneas de ambas zonas con y sin ebullición, son aguas muy duras, siendo de riesgo para el consumo humano.

**Tarqui-Mamani, C. (2016).** *Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú: Realizó un estudio en los departamentos de Cajamarca, Huancavelica y Huánuco durante el 2012-2013.* El muestreo se realizó a 706 viviendas, donde se evaluó la presencia de coliformes totales y *Escherichia coli* mediante el kit ReadyCult ; y del Chlorine Test para la medición de cloro residual. La mayoría de las muestras de agua tuvieron 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.

**Aguilar, O. y Navarro, B. (2018).** *Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancho del distrito de Abancay, provincia de Abancay.* La investigación se realizó en el 2017, buscando determinar los parámetros físico químicos (pH, dureza total, cloruros, sulfatos y alcalinidad) y parámetros microbiológicos (coliformes totales y fecales). Según la NTP 031-Digesa en los parámetros físico químicos se encuentran dentro de los valores normales para agua de consumo humano mientras que los coliformes totales y termotolerantes exceden sus valores muy encima del límite máximo permisible, siendo aguas no aptas para consumo humano.

**Galindo, J. (2018).** *Vigilancia de la calidad del agua para consumo humano de cuatro comunidades nativas del distrito de Constitución – Oxapampa – Pasco.* Evaluó los parámetros físicoquímicos y microbiológicos al agua para consumo humano en las comunidades: Centro Yarina, Alto Morona, Nuevo Perú Ochis y Hauswald del distrito de Constitución, siendo los puntos

de muestreo captación, reservorios y piletas. Comparó sus resultados con el Reglamento de la Calidad del Agua para consumo humano. El cloro libre varió según las comunidades siendo, pero no fue aceptable en Centro Yarina y Hauswald; el pH del agua también fue variado y con valores aptos; la concentración de turbiedad fue alta en ocho muestras de aguas en las comunidades de Alto Morona, Nuevo Perú Obchis y Hauswald. Los coliformes totales y fecales tuvieron resultados desde <1 hasta 22 NMP/100ml, siendo no aceptables en Hauswald.

## HIPÓTESIS

### Hipótesis general

H<sub>0</sub> = Si se logra conocer la calidad de agua para el consumo humano en Comas (Lima), Quispicanchi (Cusco) y Coronel Portillo (Ucayali), se podrían prevenir problemas de salud pública y en el ámbito social.

H<sub>1</sub> = Si no se logra conocer la calidad de agua para el consumo humano en Comas (Lima), Quispicanchi (Cusco) y Coronel Portillo (Ucayali), no se podrían preveproblemas de salud pública y en el ámbito social.

### Hipótesis específicas

H<sub>2</sub> = Si hubiese un recuento que excede los límites máximos permisibles de bacterias heterótrofas, entonces existiría una falta de monitoreo y control de calidad de las redes de distribución de agua de consumo humano.

H<sub>3</sub> = Si hubiese un recuento que excede los límites máximos permisibles de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*, entonces existiría una falta de monitoreo y control de calidad de las redes de distribución de agua de consumo humano.

H<sub>4</sub> = Si existiera la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* en agua de consumo humano, entonces habría una falta de monitoreo y control de calidad de las redes de distribución de agua de consumo humano.

H<sub>5</sub> = Si existiera la presencia de parásitos en agua de consumo humano, entonces habría una falta de monitoreo y control de calidad de las redes de distribución de agua de consumo humano.

H<sub>6</sub>= Si hubiese un valor que exceda los límites máximos permisibles en pH, turbiedad, cloro libre y color, entonces existiría una falta de monitoreo y control de calidad de las redes de distribución de agua de consumo humano

H<sub>7</sub> = Si al realizar la comparación los datos superan los índices máximos tolerables, entonces existiría una falta de monitoreo y control de calidad de las redes de distribución de agua de consumo humano

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### Lugar de ejecución

Las muestras fueron recolectadas de tres distintas provincias del Perú. Comas (Lima), representando a la zona costa, obteniendo muestras de las siguientes urbanizaciones: Chara Cerro, Collique, El Carmen y Santa Luzmila; Quispicanchi (Cusco) a la zona sierra obteniendo muestras de los siguientes distritos: Cusipata, Ocongate, Oropesa y Urcos; y a la selva la provincia de Coronel Portillo (Ucayali), obteniendo muestras de los siguientes distritos: Callería, Campoverde, Masisea y Yarinacocha.

El análisis se desarrolló en el laboratorio Baltic Control CMA S.A. ubicado en Lurín, Lima.

### Muestreo

El muestreo se realizó durante el transcurso de todo el año 2017 en las 3 provincias mencionadas y se colectaron un total de 100 muestras.

La metodología de muestreo se llevó a cabo según el Protocolo Estandarizado ISO 5667-5 (2006).

El primer paso consistió en la limpieza y desinfección de manos del encargado del muestreo. Se colocó el guardapolvo, la mascarilla (cubriendo nariz y boca) y guantes, esto para prevenir alguna contaminación con la muestra.

Realizó una desinfección del caño (por fuera y dentro) con alcohol al 70%. Para empezar, se abrió el grifo completamente dejando que el agua corra el tiempo suficiente para que la línea de servicio quede limpia (entre 2 a 3 minutos). Luego cerró completamente el grifo.

Los envases fueron llevados hasta el lugar de muestreo en las mejores condiciones de higiene (coolers limpios y desinfectados) (Figura 18). Los frascos no se debieron de abrir hasta el momento del muestreo y no serán enjuagados con agua de la muestra, evitando el ingreso de sustancias extrañas que pudieran alterar los resultados. Para mejor facilidad, los frascos fueron previamente rotulados con una etiqueta indicando tipo de matriz (en este caso agua de consumo humano), preservante (si lo requiere), fecha y lugar de muestreo.

El proceso se dividió en 3 parámetros:

- Parámetros Microbiológicos
  - a) Se utilizaron frascos estériles de vidrio de boca ancha de 250 ml con Tiosulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) al 3% (0,1 ml de este preservante neutralizan hasta 5mg/l de cloro residual en 120 ml de agua). (Figura 19)
  - b) Posteriormente fueron trasladadas al laboratorio en coolers con ice pack y conservadas a 4 °C. Tuvieron un máximo de 24 horas para ser analizados.
- Parámetros parasitológicos
  - a) Se utilizaron frascos estériles de vidrio de 1 litro con 3 gotas de lugol como preservante. (Figura 19)
  - b) Luego fueron llevadas al laboratorio en coolers con ice pack y conservadas a 4°C. Tuvieron un máximo de 24 horas para ser analizados.
- Parámetros físicos y químicos
  - a) El pH y cloro libre son parámetros que fueron medidos en campo.
  - b) Para los otros parámetros, se utilizaron frascos de plástico de 1 litro sin preservantes. (Figura 19)
  - c) El transporte se realizó en coolers con ice pack a 4°C. Tuvieron un máximo de 48 horas para ser analizados.

Procedimiento y análisis de datos

- Parámetros microbiológicos

Este parámetro fue analizado según el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Vol. 23, 2017)

- a) Recuento de heterótrofos: Se realizó la técnica de vertido en placa, que consiste en colocar 1 ml de muestra de cada una de las diluciones seriadas en las placas, donde se agrega posteriormente el medio de cultivo a punto de gelificar.

Para comenzar, se rotularon las placas indicando medio, fecha de análisis, código de muestra y dilución (Figura 22).

Se realizó un control de medio, control de diluyente, control ambiental, control positivo (empleando cepa ATCC 25922 de *Escherichia coli*) y control negativo (con la cepa ATCC 29213 de *Staphylococcus aureus*), así como las siembras por duplicado para tener una mejor confirmación de los resultados.

En la primera placa Petri se añadió 1 ml de la muestra original (MO), en la segunda placa 0.1 ml ( $10^{-1}$ ) de MO, en la segunda placa 0.01 ml ( $10^{-2}$ ) de la muestra madre y en la tercera 0.001 ml ( $10^{-3}$ ) de la MO. Seguido, se verterán 15 ml del medio Agar Plate Count (previamente fundido y atemperado en baño termostático a 44°C) y se homogenizó mezclando mediante 5 movimientos de derecha a izquierda, 5 en el sentido de las manecillas del reloj, 5 en sentido contrario y 5 de atrás a adelante, sobre una superficie lisa y horizontal hasta lograr la completa incorporación del inóculo en el medio. Se dejó gelificar por unos minutos y en seguida se llevó a incubar a  $35 \pm 0,5$  °C/48 ± 3 horas. Pasado el tiempo, se leyeron los resultados usando un contador de colonias; y se tomaron en cuenta aquellas placas que tenían de 30 – 300 colonias. Se calculó el promedio multiplicado por el factor de dilución correspondiente.

- b) Numeración de Coliformes totales: Se realizó mediante la técnica Numero Más Probable (NMP). La batería consistió en 10 tubos (22 x 175 mm) con 10 ml de Caldo Lauril Sulfato a concentración doble y campana de Durham previamente esterilizados. Se añadieron 10mL de la muestra original a cada uno y se dejaron incubar los tubos a  $35 \pm 0,5$ °C/24 horas (Figura 20). Pasadas las 24 horas, se observó la presencia de gas, de lo contrario se incubaron por 24 horas más (Figura 23 A). Para confirmar la presencia de coliformes totales, los tubos presuntivos en la anterior fase fueron transferidos mediante 2 a 3 asadas a tubos con Caldo de Bilis Verde Brillante (Brilla) con campana de Durham. Se agitaron e incubaron a  $35 \pm 2$ °C durante 24 a 48 horas (Figura 23 B). Se realizó un control positivo empleando la cepa ATCC 25922 de *Escherichia coli*.

Se registraron como positivos aquellos tubos en donde se observó turbidez y producción de gas. Se realizaron las lecturas correspondientes. Tabla 9221: III del Standar Methods (Vol. 23, 2018). (Tabla 11)

- c) Numeración de coliformes fecales o termotolerantes: La técnica aplicada es la de NMP, continuando con los resultados positivos del análisis de Coliformes Totales.

Se transfirieron de 2 a 3 asadas de cada tubo positivo obtenido durante la prueba anterior a tubos con Caldo EC con campana Durham y se agitó para la homogenización. Fueron incubados en el baño termostático a  $44.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$  (Figura 21) con circulación durante 24 a 48 horas (Figura 23 C Y 24B). Se realizó un control positivo empleando la cepa ATCC 25922 de *Escherichia coli*.

Se tomaron positivos los tubos que tuvieron presencia de gas. Se realizaron las lecturas correspondientes. Tabla 9221: III del Standar Methods (Vol. 23, 2018). (Tabla 11)

- d) Identificación de *Escherichia coli*: La técnica aplicada es la de NMP, continuando con los resultados positivos del análisis de Coliformes Totales. Se transfirieron de 2 a 3 asadas de cada tubo positivo obtenido durante la primera prueba, a tubos con Caldo EC-MUG y se agitaron para la homogenización. Se llevaron a incubar en el baño termostático a  $44.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$  (Figura 21) con circulación durante 24 a 48 horas. Se realizó un control positivo empleando la cepa ATCC 25922 de *Escherichia coli*.

Los tubos se leyeron en la cámara de UV; el tubo debió de presentar fluorescencia para ser positivo (Figura 24A). Tabla 9221: III del Standar Methods (Vol. 23, 2018). (Tabla 11)

- e) Identificación de *Pseudomonas aeruginosa*: Este método no está normalizado; sin embargo, permite identificar cualitativamente a *Pseudomonas aeruginosa*. Luego de la incubación por 48 horas de los tubos con Caldo Lauril Sulfato (Figura 25), se observaron tubos presuntivos (color verdoso en la parte superior) que fueron aislados en Agar Cetrimide para su confirmación. Se observó fluorescencia luego del estriado en placa (Figura 26).

➤ Parámetros parasitológicos

La metodología a emplear es mediante el método de sedimentación con centrifuga. Se dejó reposar por un día la botella con la muestra de 1 litro. El día siguiente, se vertió la muestra por decantación a tubos cónicos de plástico, quedando con 20 ml del fondo.

A continuación, se procedió a llevar los tubos a la centrifuga a 4000 rpm por 1 minuto. Con un gotero, se tomó el sedimento y se agregaron gotas al portaobjeto, se colocó el cubreobjeto y se observó en el microscopio con objetivos de 10X y 40X (Figura 27).

- Parámetros físicos y químicos

Este parámetro fue analizado según el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Vol. 23, 2018).

- a) pH: Parámetro que se midió en campo empleando un potenciómetro. Primero se debió ajustar y verificar el equipo empleando soluciones Buffer a distintos pH (4,7,10).

Una vez verificado el equipo, se colocó aproximadamente 100 ml de la muestra en un vaso de vidrio limpio y se insertó el potenciómetro previamente enjuagado con agua destilada y secado con papel toalla. Se dejó reposar el potenciómetro dentro de la muestra por 15 minutos hasta que se estabilizó el valor. Se realizó el procedimiento por duplicado como aseguramiento de resultados.

- b) Turbiedad: Se empleó un turbidímetro de mesa. Primero se preparó un Stock Estándar primario de suspensión de formacina. Solución I: Se disolvió 1g de sulfato de hidracina en 100 ml de agua destilada. Solución II: Se disolvió 10g de hexametilentetramicina en 100 ml de agua destilada. En un vaso de vidrio, se agregaron 5 ml de cada solución. Este resultado dió una medición de 4000 UNT (Unidad nefelométrica de turbiedad).

De la solución anterior, se realizaron diluciones (800, 200, 10, 1 UNT) para hacer la verificación del equipo. Se realizó el procedimiento por duplicado como aseguramiento de resultados.

- c) Cloro libre: Se empleó un colorímetro de bolsillo, pues este parámetro fue realizado en campo. Primero se ajustó el equipo con patrones de verificación propios del equipo de valores conocidos. Posteriormente se llenó el vial (limpio y seco) con la muestra, seguido se añadió el reactivo dietil-p-fenilen diamina (DPD) y se agitó despacio hasta disolverlo por completo. Si hubo presencia de cloro, se observó un cambio de color a rosado; se midió en partes por millón (PPM). Finalmente se colocó el vial en el equipo y se leyó el valor



cuantificable. Para tener una mejor precisión de datos, se realizó el procedimiento por duplicado.

- d) Color: Se necesitó de un espectrofotómetro UV. Primero se tuvo que comprobar el estado del equipo con soluciones de verificación. Luego, se hizo la preparación y verificación de la curva. Para esto se preparó una solución stock de color (1,246 g de potasio cloroplatinado y 1g de clorhidrato de cobalto cristalizado en 100 ml de ácido clorhídrico (previamente diluido en 1 litro de agua destilada). Esta solución tiene un valor de 500 UCV (Unidad de color verdadero). Se prepararon diluciones con valores de 5, 10,15, 20,25, 30, 40, 50 y 100 UCV. A todos esos valores se le realizó la medida de absorbancia; para comprobar que los datos eran correctos se debieron usar otros reactivos de diferente lote o marca, usando el stock de 500UC, 10 UC y 50 UCV.

Se colocaron todos los datos en el espectrofotómetro para realizar la curva. Finalmente, se agitó la muestra y se agregó a celdas de vidrio (limpias y secas) y se colocaron en el equipo para leer la absorbancia. Como una manera de control de calidad, se realizó el procedimiento por duplicado.

Todos los valores fueron recopilados en una tabla de Excel para mejor procesamiento de datos estadísticos. Se empleó al test de la t de Student para una muestra con el fin de comprar medias usando como valor de prueba el límite máximo permisible para cada parámetro de los valores cuantitativos. También, se aplicaron pruebas no paramétricas para los datos cualitativos (ausencia/presencia). Se rechazó a la hipótesis nula ( $H_0$ ) si la significancia era menor a 0.05

Se realizó un análisis comparativo entre los valores obtenidos y el Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA), observando si los datos se encontraban dentro de los límites permisibles o no eran aceptables.

## RESULTADOS

Con este trabajo, de 100 muestras de agua de consumo humano analizadas, 36 (33 en Comas y 3 en Quispicanchi) resultaron ser completamente aceptables dentro de los valores permisibles con respecto a los parámetros microbiológicos y parasitológicos (Figura 1); y 58 (48 en Comas, 7 en Quispicanchi, 3 en Coronel Portillo) fueron muestras totalmente aceptables con respecto a los parámetros físico químicos (Figura 2). Sin embargo, algunas muestras tenían uno o más parámetros fuera del valor permitido.

- Parámetros microbiológicos

Los estadísticos descriptivos señalaron en base a la media (Tabla A), que los valores superaron los límites permisibles dentro de los parámetros microbiológicos

- a) Recuento de Heterótrofos

El valor de prueba fue de 500, pues la norma indica que no deben haber más de 500 UFC/ml.

Se indicaron 2 hipótesis estadísticas:

$H_0$ : Las muestras de agua de consumo humano son aceptables dentro de las bacterias heterótrofas, siendo el recuento menor a 500 UFC/ml, como indica la norma.

$H_i$ : Las muestras de agua de consumo humano no son aceptables dentro de las bacterias heterótrofas, siendo el recuento mayor a 500 UFC/ml, como indica la norma.

El valor máximo en el recuento fue de 61000 UFC/ml en Coronel Portillo y el mínimo de <1 (es decir ausencia) en Comas. La desviación estándar fue alta, indicando que los datos eran bastante dispersos entre sí (Tabla A1).

Con respecto a Comas, el número de muestras aceptables fue 37, es decir un 77.0% (Figura A1), asimismo se observó que la significancia fue mayor a 0.05 por lo que se aceptó la hipótesis nula, indicando que *“Las muestras de agua de consumo humano son aceptables dentro de las bacterias heterótrofas, siendo el recuento menor a 500 UFC/ml en Comas”*.

Sin embargo, sucedió lo opuesto para las provincias de Quispicanchi con 84.6% y Coronel Portillo con 100% de muestras que superaban el límite permisible, además el análisis estadístico rechazó a la hipótesis nula (Tabla A2) lo que fue observado en el gráfico de barras (Figura A2 y A3), entonces se concluye que *“Las muestras de agua de consumo humano no son aceptables dentro de las bacterias heterótrofas, siendo el recuento mayor a*

*500 UFC/ml en Quispicanchi y Coronel Portillo”.*

b) Numeración de coliformes totales

El valor de prueba fue de 0 (<1.1), pues la norma indica que no deben de excederse a <1.1/100 ml.

Se indicaron 2 hipótesis estadísticas:

H<sub>0</sub>: Las muestras de agua de consumo humano son aceptables dentro de la numeración de coliformes totales.

H<sub>i</sub>: Las muestras de agua de consumo humano no son aceptables dentro de la numeración de coliformes totales.

El valor mayor fue de 9.2/100 ml en Coronel Portillo y el menor de <1.1/100 ml en Comas (Tabla A). En Comas el 68.7% de muestras fueron aceptables, indicando que *“Las muestras de agua de consumo humano son aceptables dentro de la numeración de coliformes totales en Comas”*. Por otro lado, en Quispicanchi se obtuvo 88.5% de muestras no aceptables al igual que en Coronel Portillo con un 100% de muestras no aceptables. La media indicó que estos datos superaban el límite máximo permisible (Tabla A3). Esto fue comprobado con el resultado estadístico, pues la significancia para estas 2 provincias fue menor a 0.05 (Tabla A4), por lo que se rechazó a la hipótesis nula, explicando que *“Las muestras de agua de consumo humano no son aceptables dentro de la numeración de coliformes totales en Quispicanchi y Coronel Portillo”*. (Figura A4)

c) Numeración de coliformes fecales o termotolerantes

El valor de prueba fue de 0 (<1.1), pues la norma indica que no deben de excederse a <1.1/100 ml.

Se indicaron 2 hipótesis estadísticas:

H<sub>0</sub>: Las muestras de agua de consumo humano son aceptables dentro de la numeración de coliformes fecales

H<sub>i</sub>: Las muestras de agua de consumo humano no son aceptables dentro de la numeración de coliformes fecales

El valor mayor fue de 6.9/100ml en Coronel Portillo y el menor de <1.1/100ml en Comas (Tabla A). En Comas se encontró un 75% de muestras aceptables, indicando que *“Las muestras de agua de consumo humano no son aceptables dentro de la numeración de coliformes fecales en Comas”*.

mientras que en Quispicanchi y Coronel Portillo las muestras no aceptables fueron de 76.9% y 96.2% respectivamente. La media indicó que los datos superaban el límite máximo permisible (Tabla A5). Esto fue comprobado con el resultado estadístico, pues la significancia para las 2 provincias fue menor a 0.05 (Tabla A6), por lo que se rechazó a la hipótesis nula, explicando que “*Las muestras de agua de consumo humano no son aceptables dentro de la numeración de coliformes fecales en Quispicanchi y Coronel Portillo*”. (Figura A5)

d) Numeración de *Escherichia coli*

El valor de prueba fue de 0 (<1.1), pues la norma indica que no deben de excederse a <1.1/100ml.

Se indicaron 2 hipótesis estadísticas:

H<sub>0</sub>: Las muestras de agua de consumo humano son aceptables dentro de la numeración de *Escherichia coli*.

H<sub>i</sub>: Las muestras de agua de consumo humano no son aceptables dentro de la numeración de *Escherichia coli*.

El valor mayor fue de 5.1/100ml en Coronel Portillo y el menor de <1.1/100ml en Comas y Quispicanchi (Tabla A). La media indicó que los datos superaban el límite máximo permisible (Tabla A7). Esto fue comprobado con el resultado estadístico, pues la significancia para las 3 provincias fue menor a 0.05 (Tabla A8), por lo que se rechazó a la hipótesis nula, explicando que “*Las muestras de agua de consumo humano no son aceptables dentro de la numeración de Escherichia coli en Comas, Quispicanchi y Coronel Portillo*”. (Figura A6)

e) Identificación de *Pseudomonas aeruginosa*

El valor de prueba fue de 0 (Ausencia) pues la norma indica que no debe de haber presencia.

Se indicaron 2 hipótesis estadísticas:

H<sub>0</sub>: Las muestras de agua de consumo humano son aceptables, existiendo ausencia de *Pseudomonas aeruginosa*.

H<sub>i</sub>: Las muestras de agua de consumo humano no son aceptables, existiendo presencia de *Pseudomonas aeruginosa*.

Existió presencia de *Pseudomonas aeruginosa* en los 3 distritos con 12.5% en Comas, y 11.5% en Quispicanchi y Coronel Portillo equitativamente (Tabla A9 y Figura A7). La prueba estadística dio un valor de significancia mayor a 0.05 (Tabla A10) por lo que se acepta la hipótesis nula, entonces *“Las muestras de agua de consumo humano son aceptables, existiendo ausencia de Pseudomonas aeruginosa en Comas, Quispicanchi y Coronel Portillo”*.

- Parámetros parasitológicos

El valor de prueba fue de 0 (Ausencia) pues la norma indica que no debe haber presencia.

Se indicaron 2 hipótesis estadísticas:

H<sub>0</sub>: Las muestras de agua de consumo humano son aceptables, existiendo ausencia de larvas de parásitos.

H<sub>i</sub>: Las muestras de agua de consumo humano no son aceptables, existiendo presencia de larvas de parásitos.

Se observó la presencia de larvas en Quispicanchi con 11.5% y en Coronel Portillo con 3.8% (Tabla A12 Y Figura A8). Sin embargo, los resultados estadísticos dieron un valor de significancia mayor a 0.05, por lo que se aceptó la hipótesis nula: *“Las muestras de agua de consumo humano son aceptables, existiendo ausencia de larvas de parásitos en Comas, Quispicanchi y Coronel Portillo”*.

- Parámetros físico químico

Los estadísticos descriptivos señalan con respecto a la media, que los valores no superaron los límites máximos permisibles (Tabla B).

- a) pH

El valor de prueba estuvo entre 6.5 y 8.5 pues la norma indica que todos los valores deben de encontrarse entre esos rangos.

Se indicaron 2 hipótesis estadísticas:

H<sub>0</sub>: Las muestras de agua de consumo humano son aceptables, presentando un pH entre 6.5 y 8.5.

H<sub>i</sub>: Las muestras de agua de consumo humano no son aceptables, presentando un pH fuera de 6.5 y 8.5.

El valor máximo fue de 8.2 y el mínimo de 6.1. Con una media de 7.1, estando en el rango deseable (Tabla B1). El porcentaje de muestras con pH no aceptable fue de 23.1% en Quispicanchi y 7.7% en Coronel Portillo (Figura B1). El análisis estadístico indicó que la significancia era mayor a 0.05 (Tabla B2), por lo tanto *“Las muestras de agua de consumo*

*humano son aceptables, presentando un pH entre 6.5 y 8.5 en Comas, Quispicanchi y Coronel Portillo”.*

b) Turbiedad

El valor de prueba fue 5 (UNT) pues la norma indica que no debe exceder en ese valor.

Se indicaron 2 hipótesis estadísticas:

H<sub>0</sub>: Las muestras de agua de consumo humano son aceptables, presentando una turbiedad no mayor a 5 UNT.

H<sub>i</sub>: Las muestras de agua de consumo humano no son aceptables, presentando una turbiedad mayor a 5 UNT.

El valor máximo fue de 13.2 en Coronel Portillo y el mínimo de 0.13 en Comas. Con una media de 7.1, estando en el rango deseable (Tabla B3). La turbiedad en el agua de consumo humano fue aceptable en su totalidad, excepto en Quispicanchi con 11.5% y Coronel Portillo con 26.9% de muestras no aceptables (Figura B2). El análisis estadístico indicó que la significancia era mayor a 0.05 (Tabla B4), por lo tanto *“Las muestras de agua de consumo humano son aceptables, presentando una turbiedad menor a 5 UNT”.*

c) Cloro libre

El valor de prueba fue 0.5 pues la norma indica que no debe disminuir de 0.5mg/l de cloro.

Se indicaron 2 hipótesis estadísticas:

H<sub>0</sub>: Las muestras de agua de consumo humano son aceptables, presentando cloro libre mayor a 0.5 mg/l.

H<sub>i</sub>: Las muestras de agua de consumo humano no son aceptables, presentando cloro libre menor a 0.5 mg/l.

El valor máximo fue de 1.9 mg/l en Comas y el mínimo de 0 mg/l en Quispicanchi y Coronel Portillo. (Tabla B5). El análisis estadístico indicó que la significancia era mayor a 0.05 en Comas (Tabla B6 y Figura B3), por lo tanto, se concluyó que *“Las muestras de agua de consumo humano son aceptables, presentando cloro libre mayor a 0.5 mg/l en Comas”.*

Por otro lado, sucedió lo contrario para Quispicanchi y Coronel Portillo, pues la significancia fue menor a 0.05 (Tabla B6), así como el porcentaje de muestras no aceptables con un valor de 88.5% para Quispicanchi (Figura B4) y 69.2% en Coronel Portillo (Figura B5), concluyendo que *“Las muestras de agua de consumo humano no son aceptables, presentando cloro libre menor a 0.5 mg/l en Quispicanchi y Coronel Portillo”.*

d) Color

El valor de prueba fue 15 UCV pues la norma indica que no debe disminuir en ese valor.

Se indicaron 2 hipótesis estadísticas:

$H_0$ : Las muestras de agua de consumo humano son aceptables, presentando color menor a 15 UCV.

$H_i$ : Las muestras de agua de consumo humano no son aceptables, presentando color mayor a 15 UCV.

El valor máximo fue de 22 en Coronel Portillo y el mínimo de 1.1 en Comas; presentado medias aparentemente aceptables (Tabla B7). Existieron muestras no aceptables en Quispicanchi con 7.7% y Coronel Portillo con 3.8% (Figura B6). El análisis estadístico indicó que la significancia era mayor a 0.05 (Tabla B8), por lo tanto *“Las muestras de agua de consumo humano son aceptables, presentando color menor a 15 UCV en Comas Quispicanchi y Coronel Portillo”*.

## DISCUSION

Marchand, E. (2002) analizó los microorganismos indicadores de la calidad de agua de consumo humano en Lima Metropolitana, donde encontró que el 70% de sus muestras provenientes de inmuebles presentaron valores que superaban al límite máximo permisible para coliformes totales y el 52.5% superaban en coliformes termotolerantes. Con respecto a las muestras provenientes de pozo, encontró que el 92.8% de muestras superaron los límites con respecto a presencia de coliformes totales y termotolerantes de igual forma. En el presente trabajo se encontró que solo el 11% de las muestras provenientes de agua de red pública (Comas) no eran aptas para consumo humano. Las aguas de Quispicanchi y Coronel Portillo también provenientes de pozos superaron al 70% de muestras no aptas para los parámetros de coliformes totales y fecales.

Marchand, E. (2002) analizó los microorganismos indicadores de la calidad de agua de consumo humano en Lima Metropolitana. Encontró presencia de *Pseudomonas aeruginosa* en 8.03% de muestras analizadas a inmuebles. Con respecto a las muestras provenientes de pozo, halló la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* en 60.71% de muestras. En el presente trabajo se encontró presencia de *Pseudomonas aeruginosa*: con 12.5% en Comas y 11.5% en Quispicanchi y Coronel Portillo respectivamente. En Quispicanchi y Coronel Portillo se abastecen con aguas subterráneas (pozos), sin embargo, la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* no fue elevada como en el trabajo de Marchand.

Cruz Valdivia, W. (2006) realizó un análisis sobre la calidad bacteriológica del agua de consumo humano en Pichari (Cusco) que se abastece de agua potable a través de aguas superficiales provenientes del Río Apurímac. La planta de tratamiento no se encuentra en adecuadas condiciones por la falta de mantenimiento de la misma. Este similar caso ocurre tanto en Quispicanchi como Coronel Portillo, en donde por el deterioro de las plantas de tratamiento las aguas no cumplen con un proceso de potabilización adecuado. Cruz Valdivia encontró la presencia de larvas de nematodos en un 13%. y los resultados del presente trabajo guardan relación con el hallazgo de larvas, siendo en Quispicanchi 11.5% y en Coronel Portillo 3.8%

Zhen B. (2008) realizó un análisis fisicoquímico al agua de consumo humano proveniente de la Quebrada Victoria (Costa Rica) durante diferentes épocas anuales. Encontró que solo el 26% de los puntos estudiados tenían un pH en el rango apto (es decir, entre 6.5 y 8.5). En el presente trabajo, la norma peruana también presenta el mismo rango de aceptación para pH, por lo que más del 70% de las muestras en Comas, Quispicanchi y Coronel Portillo respectivamente, presentaron pH aceptable.



Zhen B. (2008) realizó un análisis fisicoquímico al agua de consumo humano proveniente de la Quebrada Victoria (Costa Rica) durante diferentes épocas anuales. Encontró que la turbiedad en el 20% de puntos estudiados superó el límite máximo permisible, el cual no debe ser mayor a 25 UNT. En la norma peruana el límite máximo permisible en turbiedad es 5 UNT, diferente a la de Puerto Rico, por lo que, en el presente trabajo la turbiedad en el agua de consumo humano fue aceptable en Comas, Quispicanchi y Coronel Portillo.

Zhen B. (2008) realizó un análisis fisicoquímico al agua de consumo humano proveniente de la Quebrada Victoria (Costa Rica) durante diferentes épocas anuales. Encontró que todas las muestras fueron aptas, pues el límite máximo permisible es 10 UCV. A diferencia, la norma peruana indica que el color no debe superar 15 UCV. En el presente trabajo el color en el agua de consumo humano fue aceptable en Comas, Quispicanchi y Coronel Portillo. Cabe resaltar, que es importante tomar en consideración la época de transición de seco a lluvioso pues el color va a aumentar en las aguas, sobre todo en las fuentes superficiales, debido a la erosión del suelo.

Miranda *et al* (2010) evaluaron la situación del agua de consumo humano en el Perú, tomando como zonas de trabajo a Lima Metropolitana, la sierra urbana, la sierra rural y la selva. Hallaron que el 19.5% de muestras evaluadas presentaron cloro libre adecuado según lo indicado en la norma técnico peruana. En el presente trabajo, se aceptó el cloro libre presente en las aguas de Comas, mas no en Quispicanchi ni Coronel Portillo por tener porcentajes de 88.5% y 69.2% respectivamente de muestras con ausencia de cloro libre.

Miranda *et al* (2010) evaluaron la situación del agua de consumo humano en el Perú, tomando como zonas de trabajo a Lima Metropolitana, la sierra urbana, la sierra rural y la selva. Hallaron que el 52.6% de agua proveniente de red pública (Lima Metropolitana) se encontraba ausente de *Escherichia coli*, mientras que el 47.4% era agua proveniente de otras fuentes presentaba *Escherichia coli*. En el presente trabajo se encontró ausencia de *Escherichia coli* en el 89.6% de muestras en Comas provenientes de red pública. En Quispicanchi el 50% de muestras estaban ausentes de *Escherichia coli*, sin embargo, el otro 50% si tenía presencia; esto debido al tipo de captación de agua (subterránea y superficial). En Coronel Portillo el 53.8% de muestras de total presentaron *Escherichia coli*, indicando contaminación fecal del agua.

Aguilar O. *et al* (2018) evaluaron la calidad del agua para consumo humano en la comunidad de Llañucancha (Abancay). Encontraron diferencias entre el agua de consumo humano con respecto al recuento de bacterias heterótrofas: en el punto de pileta/domicilio hallaron una media de 29.08 UFC/ ml, y en el punto de captación y reservorio 18.67 UFC/ml, encontrándose estos valores dentro

de los límites máximos permisibles con respecto a la norma peruana (menor a 500 UFC/ml). En el presente trabajo los recuentos de heterótrofos salieron distintos, en Comas el 77% de muestras fueron aceptables, mientras que en Quispicanchi y Coronel Portillo más del 80% de muestras respectivamente superaron el límite máximo permisible, siendo no aptas para este parámetro.

## CONCLUSIONES

1. Se logró evaluar la calidad del agua para consumo humano en Comas (Lima), Quispicanchi (Cusco) y Coronel Portillo (Ucayali) durante el año 2017, siendo el agua de Comas aceptable dentro de los parámetros microbiológicos (bacterias heterótrofas, coliformes totales, fecales, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y parásitos) y fisicoquímicos (pH, turbiedad, color y cloro libre) para el consumo humano, contrario a las aguas de Quispicanchi y Coronel Portillo, cuyos valores para ambos parámetros superaban los límites máximos permisibles.
2. Se logró analizar el recuento de heterótrofos mediante la técnica de vertido en placa según el Standar Methods (Vol. 23, 2017), hallando a las aguas de Comas dentro los límites permisibles (valor que no superaba 500 UFC/ml), a diferencia de Quispicanchi y Coronel Portillo. Esto indicaría una falta de limpieza y desinfección desde la captación del agua, el procesamiento y/o la distribución.
3. Se logró cuantificar los coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* mediante la técnica de Numero Mas Probable (NMP) desarrollada en el Standar Methods (Vol. 23, 2017). En Comas las muestras fueron aceptables (valor que no debía superar 1.1/100ml), mientras que en Quispicanchi y Coronel Portillo los valores no fueron aceptables, existiendo contaminación fecal en sus aguas.
4. Se logró identificar la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* mediante una metodología no normalizada, estando presente en los tres distritos analizados. Sin embargo, sus valores no fueron representativos, por lo que se consideró aceptable. Su presencia indica una mala limpieza y desinfección en la línea de agua.
5. Se logró reconocer la presencia de parásitos mediante la técnica de sedimentación con centrifuga, encontrando larvas de nemátodos en Quispicanchi y Coronel Portillo, siendo valores representativos, posiblemente causados por un mal sistema en la filtración de la fuente principal del agua, o algún tipo de contaminación cruzada.
6. Se logró medir los parámetros de pH, turbiedad, cloro libre y color en las muestras de agua de consumo humano según el Standar Methods (Vol. 23, 2017). Los valores de pH, color y turbiedad fueron aceptables en los 3 lugares de trabajo, mientras que el cloro libre fue

aceptable solo en Comas. Es por ello que la inyección de cloro debería darse mensualmente para garantizar una desinfección eficaz, así mismo debería existir un control continuo pues el cloro se va degradando con el paso del tiempo.

7. Se logró realizar un análisis comparativo entre los datos obtenidos y el Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA), hallando que el agua de Comas (Lima) es aceptable dentro de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos según la norma. Por lo contrario, en Quispicanchi (Cusco) y Coronel Portillo (Ucayali) los valores fisicoquímicos y microbiológicos no son aceptables. Es muy probable que se deba al tipo de distribución de agua que se da, pues en Comas es mediante redes de agua, a diferencia de Quispicanchi y Coronel Portillo que se abastecen de agua subterránea y superficial.

## RECOMENDACIONES

1. En vista de los resultados obtenidos se recomienda realizar monitoreos continuos en Quispicanchi y Coronel Portillo, principalmente durante el cambio de temporadas.
2. Se recomienda para futuros trabajos no solo identificar la presencia *Pseudomonas aeruginosa*, sino también realizar la cuantificación, mediante la técnica de filtración o número más probable con Caldo Aspargina, seguido de agares selectivos.
3. Se recomienda buscar una mejor técnica para el análisis de parásitos en aguas, ya que la técnica de sedimentación no permite analizar posibles parásitos flotantes, además de cuantificarlos.
4. Se recomienda realizar el análisis microbiológico con prioridad, para evitar la sobre carga bacteriológica.
5. Se recomienda actualizar el Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA) tomando en cuenta la realidad actual y geografía de cada zona.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Aguilar Sequeiros, O., & Navarro Alfaro, B. (2018). *Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancha del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017*. (Tesis pregrado). Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay, Perú.
2. American Public Health Association, & American Water Works Association. (1989). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. APHA/AWWA/WPCF.
3. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, & Water Environment Federation. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (Vol. 23). Washington D.C, USA: APHA-AWWA-WEF.
4. Anonimo. (2018). *Provincia de Coronel Portillo*. Recuperado de <https://www.iperu.org/provincia-de-coronel-portillo>
5. Arenas-Significación, F., & Gonzales-Medina, C. (2011). Disminución de enfermedades infecciosas intestinales relacionada al acceso a servicios de agua y desagüe en el Perú, 2002-2009. *Anales de la Facultad de Medicina*, 72(4), 245-248.
6. Aurazo de Zumaeta, Margarita. (2012). *Aspectos Biológicos de la calidad del agua*. Capítulo 2. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/dos.pdf>
7. Cabezas Sánchez, César. (2018). Enfermedades infecciosas relacionadas con el agua en el Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 35(2), 309-316. <https://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3761>
8. Calsín, Jesus E. (2010). El agua potable en el Perú. Recuperado de <https://www.monografias.com/trabajos96/agua-potable-peru/agua-potable-peru.shtml>
9. Carbotecnica. (2016). *pH del agua*. Recuperado de <https://www.carbotecnica.info/encyclopedia/que-es-el-ph-del-agua/>
10. Concepto.de (2018). *Concepto de Agua*. Lugar de publicación: Comcepto.de. Recuperado de <https://concepto.de/agua/#ixzz5tDBx39tT>
11. Cruz Valdivia, W. (2006). *Calidad bacteriológica y parasitológica del agua de consumo humano, y su impacto en la morbilidad por enteropatógenos de mayor incidencia en los niños y niñas de centros educativos de educación primaria del distrito de Pichari, La Convención, Cusco-Valle del Río Apurímac, de marzo a julio del 2006*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

12. Cruz Valdivia, W. (2006). *Calidad bacteriológica y parasitológica del agua de consumo humano, y su impacto en la morbilidad por enteropatógenos de mayor incidencia en los niños y niñas de centros educativos de educación primaria del distrito de Pichari, La Convención, Cusco-Valle del Río Apurímac, de marzo a julio del 2006*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
13. Cuido el agua.org (2018). *Origen del Agua: Tipos de agua*. Lugar de publicación: Cuido el agua.org. Recuperado de <http://www.cuidoelagua.org/empapate/origendelagua/tiposagua.html>
14. Cyted. (2010). Agua potable para comunidades rurales, rehúso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. *Indicadores de contaminación fecal en aguas*. Capítulo 20.
15. El Peruano. (2016). *Decreto Supremo N° 018-2017-Vivienda: Decreto Supremo que aprueba el Plan Nacional de Saneamiento 2017 – 2021*. Lugar de publicación: El Peruano. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-el-plan-nacional-de-saneamiento-decreto-supremo-n-018-2017-vivienda-1537154-9/>
16. Fernández, A. M. (2002). Agua y transmisión parasitaria. *Monografías de la Real Academia Nacional de Farmacia*.
17. Flores Cerna, J. C. (2016). *Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
18. Flores, E. (28 de marzo de 2018). Unos de cada tres peruanos no tienen acceso a agua potable. *RPP*. Recuperado de <https://rpp.pe/politica/estado/una-de-cada-tres-peruanos-no-tienen-acceso-a-agua-potable-noticia-1113333>
19. Galindo Humaní, J. C. (2018). *Vigilancia de la calidad del agua para consumo humano de cuatro comunidades nativas del distrito de Constitución – Oxapamapa – Pasco*. (Informe de práctica pre profesional). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú.
20. García, L., & Iannacone, J. (2014). *Pseudomonas aeruginosa* un indicador complementario de la calidad de agua potable: análisis bibliográfico a nivel de Sudamérica. *The Biologist*, 12(1), 133-152.
21. Gobierno Regional de Cusco. (2010). *Estudio de diagnóstico para el tratamiento de la demarcación territorial de la provincia de Quispicanchi*. Tomo 01.

22. Gómez, S. (27 de marzo de 2017). Calidad del agua para consumo humano en Perú. *AGQ Labs*. Recuperado de <http://www.agq.com.es/article-es/calidad-del-agua-para-consumo-humano-peru>
23. Gonzales, A. (16 de abril de 2018). Cuatro factores que explican el déficit de abastecimiento de agua potable en el Perú. *RPP*. Recuperado de <https://rpp.pe/politica/gobierno/cuatro-factores-que-explican-el-deficit-de-abastecimiento-de-agua-potable-en-el-peru-noticia-1116982>
24. Gore Ucayali. (2016). *Zonificación ecológica base para el ordenamiento territorial de la Región Ucayali*.
25. Hanna (2018) ¿Sabías que existen diferentes tipos de cloro? Recuperado de <https://www.hannatienda.es/blog/sabes-que-el-cloro-podemos-encontrar-en-diferentes-formas-n36>
26. Haydar, S., Arshad, M., & Aziz, J. A. (2016). Evaluation of drinking water quality in urban areas of Pakistan: A case study of Southern Lahore. *Pakistan Journal of Engineering and Applied Sciences*.
27. Ikonen, J.M., Hokajärvi, A.M., Heikkinen, J., Pitkänen, T., Ciszek, R., Kolehmainen, M., Pursiainen, A., Kauppinen, A., Kusnetsov, J., Torvinen, E. and Miettinen, I.T., (2017). Drinking water quality in distribution systems of surface and ground waterworks in Finland. *Journal of Water Security*, 3.
28. INEI. (2016). Mapas, gráficos y cuadros. Recuperado de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf)
29. INEI. (2018). *Perú: Formas de acceso al aguas y saneamiento básico*. Recuperado de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin\\_agua\\_y\\_saneamiento.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_y_saneamiento.pdf)
30. ISO, B. (2006). 5667-5: 2006 Water Quality-Sampling-Part 5: Guidance on sampling of drinking water from treatment works and piped distribution systems. *British Standards Institution, London*.
31. Larrea-Murrell, J. A., Rojas-Badía, M. M., Romeu-Álvarez, B., Rojas-Hernández, N. M., & Heydrich-Pérez, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 44(3), 24-34.
32. López Villacís, N. K. (2014). *Influencia de la calidad de agua de consumo humano en la presencia de parasitosis intestinal en niños de 5 a 9 años de la Parroquia Cunchibamba*



- durante el período marzo–agosto 2012* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
33. López, Karen Deysi. (22 de setiembre de 2015). Todo sobre Quispicanchi. Recuperado de <http://quispicanchi-20.blogspot.com/>
  34. Mamani, C. B. T. (2016). Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú. *Revista de Salud Pública*, 18(6), 904-912.
  35. Marchand Pajares, E. O. (2002). Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
  36. Mauleón Marín, Cristina (2015). ¿Cómo está distribuida el agua en el planeta? Recuperado de <http://www.laenergiadelcambio.com/como-esta-distribuida-el-agua-del-planeta/>
  37. Mendoz Aguilar, H. (2013). *Vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en zonas rurales de la provincia de Moyobamba* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.
  38. Ministerio de Salud. (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA*.(Primera edición) 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)
  39. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016). *Plan maestro optimizado y la propuesta de formula tarifaria, estructura tarifaria y metas de gestión de EMAPACOP S.A.* Lugar de publicación: SUNASS.
  40. Miranda, M., Aramburú, A., Junco, J., & Campos, M. (2010). Situación de la calidad de agua para consumo en hogares de niños menores de cinco años en Perú, 2007-2010. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 27, 506-511.
  41. Municipalidad de la provincia de Quispicanchi, Gobierno Regional de Cusco, Instituto de manejo de agua y medioambiente. (2007). *Zonificación ecológica económica y el ordenamiento territorial*.
  42. Municipalidad Distrital de Cactcca. (2012). *Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado de la comunidad de Pampa Cámara del distrito de Ccatcca, provincia de Quispicnahci, Cusco*.
  43. Municipalidad Distrital de Comas. (2018). *Geografía de Comas*. Recuperado de <http://municomas.gob.pe/distrito/geografia>
  44. Municipalidad Distrital de Comas. (2018). *Turismo en Comas*. Recuperado de <http://municomas.gob.pe/distrito/turismo>

45. Municipalidad Provincial de Coronel Portillo. (2018). Plan de desarrollo local concertado 2019 – 2030.
46. Municipalidad Provincial de Quispicanchi. (2011). Plan concretado de desarrollo social 2012 – 2014
47. Organización Mundial de la Salud. (2019). *Temas de Salud: El Agua*. Lugar de publicación: World Health Organization. Recuperado de <https://www.who.int/topics/water/es/>
48. Pan American Health Organization. (2018). *Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA)*. Recuperado de [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10836:2015-enfermedades-transmitidas-por-alimentos-eta&Itemid=41432&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10836:2015-enfermedades-transmitidas-por-alimentos-eta&Itemid=41432&lang=es)
49. Paredes Díaz, Juana. (2013). *Importancia del Agua*. Lugar de publicación: Universidad San Martín de Porres. Recuperado de <https://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgua.html>
50. Pérez-Cordón, G., Rosales, M. J., Valdez, R. A., Vargas-Vásquez, F., & Córdova, O. (2008). Detección de parásitos intestinales en agua y alimentos de Trujillo, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 25(1), 144-148.
51. Plan de Gobierno Municipal de Comas 2019-2022 (2018) Recuperado de <https://declara.jne.gob.pe/ASSETS/PLANGOBIERNO/FILEPLANGOBIERNO/4001.pdf>
52. PromPeru (2017) *Comunidades nativas en Pucallpa*. Recuperado de [https://www.go2peru.com/spa/guia\\_viajes/pucallpa/comunidades\\_nativas.htm](https://www.go2peru.com/spa/guia_viajes/pucallpa/comunidades_nativas.htm)
53. Quilez, J. (2017) *¿Cuántos protozoarios hay en el agua que bebemos?* Recuperado de <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Cuantos-protozoos-hay-en-el-agua-que-bebemos>
54. Rahmanian, N., Ali, S. H. B., Homayoonfard, M., Ali, N. J., Rehan, M., Sadeh, Y., & Nizami, A. S. (2015). Analysis of physiochemical parameters to evaluate the drinking water quality in the State of Perak, Malaysia. *Journal of Chemistry*, 2015.
55. Ríos-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R. M., & Gutiérrez-Builes, L. A. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236-247.
56. Robert Pullés, M. (2014). Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en Cuba. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 45(1).
57. Romero, M. (2008). *Tratamientos utilizados en potabilización de agua*. Boletín Electrónico de Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Landívar. Guatemala. Recuperado de <http://www.ozonoalbacete.es/wp-content/uploads/2011/08/estudio-agua-ozono.pdf>

58. Secretaria Técnica del Comité Distrital de Seguridad Ciudadana – CODISEC. (2018). *Avance Plan Local de seguridad ciudadana distrito de Calería 2018*. Lugar de publicación: Municipalidad de Coronel Portillo. Recuperado de <http://www.municportillo.gob.pe/images/pdf/avanceplsc2018.pdf>
59. Serva Lozano, S., & Colmenares Bocanegra, V. R. (2007). *Coliformes, bacterias heterotróficas y protozoarios emergentes en reservorios domésticos de agua*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
60. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2011). *Determinación de la formula tarifaria, estructura tarifaria y metas de gestión aplicable a la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Coronel Portillo S.A. "EMAPACOP .S.A."*
61. Turismoi. (2015). *Turismo en Quispicanchi*. Recuperado de <https://turismoi.pe/ciudades/provincia/quispicanchis.htm>
62. Wiston, Miguel Alfonso. (2018). *Diseño urbano II: Identificación de la problemática y soluciones del entorno urbano del distrito de Comas en arquitectura*. Lugar de publicación: Slideplayer. Recuperado de <https://slideplayer.es/slide/11815161/>
63. World Health Organization Pan American Health Organization. (1985). *Guías para la calidad del agua potable* (Vol. 3). Pan American Health Org.
64. Zhen-Wu, B. (2009). *Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008*. (Tesis de posgrado). Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.

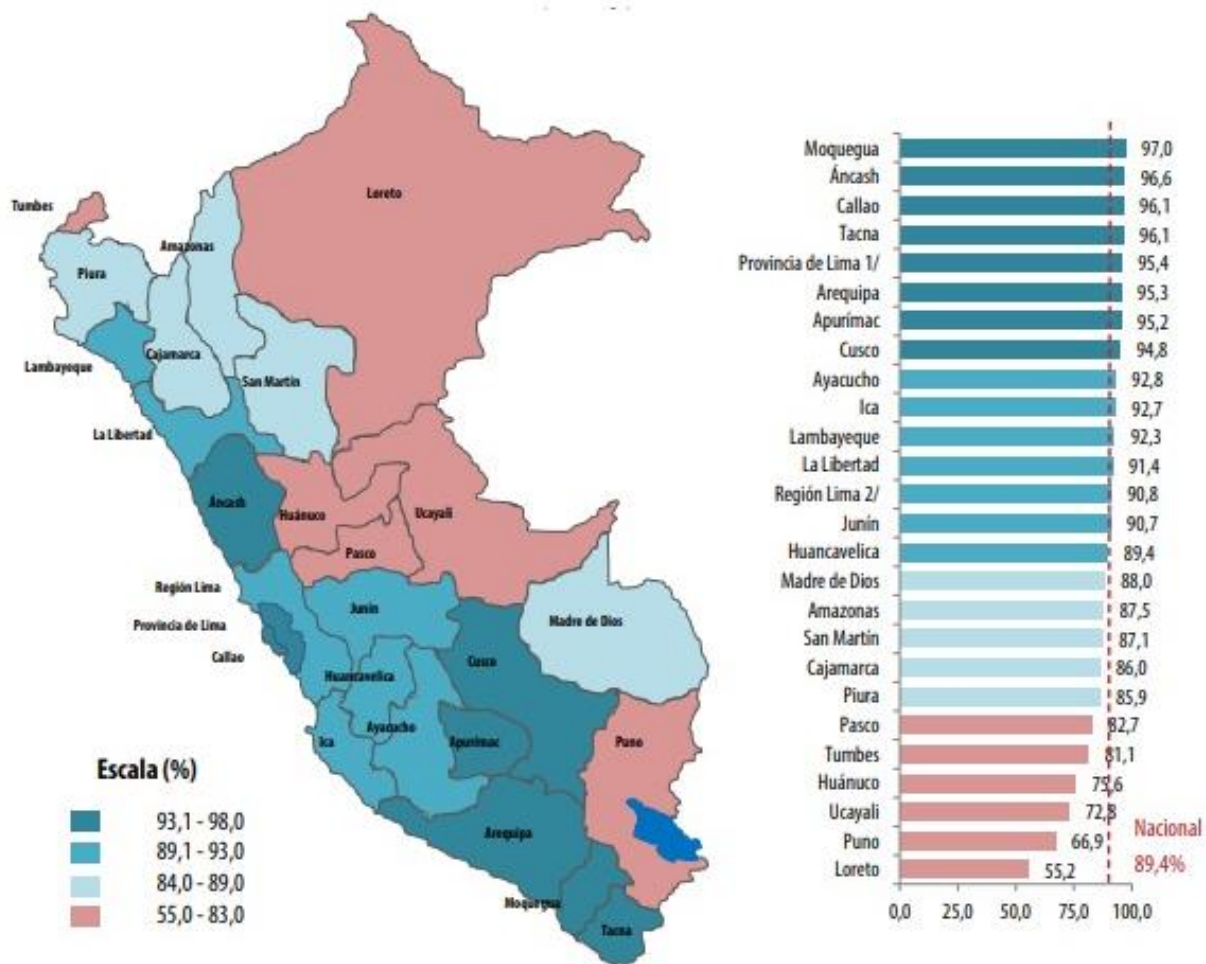
## Parte Complementaria Anexos

Tabla 1. Viviendas particulares con ocupantes presentes, según tipo de abastecimiento de agua,  
1993, 2007 y 2017

Tipo de abastecimiento de agua	Censo 1993		Censo 2007		Censo 2017		Variación intercensal 2007 - 2017		Tasa de crecimiento promedio anual
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	
<b>Total</b>	<b>4 427 517</b>	<b>100,0</b>	<b>6 400 131</b>	<b>100,0</b>	<b>7 698 900</b>	<b>100,0</b>	<b>1 298 769</b>	<b>20,3</b>	<b>1,9</b>
<b>Red pública domiciliaria</b>	<b>2 067 565</b>	<b>46,7</b>	<b>4 073 458</b>	<b>63,6</b>	<b>6 030 161</b>	<b>78,3</b>	<b>1 956 703</b>	<b>48,0</b>	<b>4,0</b>
Red pública dentro de la vivienda	1 910 107	43,1	3 504 658	54,8	5 162 821	67,1	1 658 163	47,3	3,9
Red pública fuera de la vivienda pero dentro del edificio	157 458	3,6	568 800	8,9	867 340	11,3	298 540	52,5	4,3
<b>Pilón de uso público</b>	<b>472 222</b>	<b>10,7</b>	<b>243 241</b>	<b>3,8</b>	<b>362 121</b>	<b>4,7</b>	<b>118 880</b>	<b>48,9</b>	<b>4,1</b>
<b>Pozo (subterráneo)</b>	<b>513 334</b>	<b>11,6</b>	<b>515 589</b>	<b>8,1</b>	<b>562 275</b>	<b>7,3</b>	<b>46 686</b>	<b>9,1</b>	<b>0,9</b>
<b>Déficit en la cobertura de agua</b>	<b>1 374 396</b>	<b>31,0</b>	<b>1 567 843</b>	<b>24,5</b>	<b>744 343</b>	<b>9,7</b>	<b>- 823 500</b>	<b>-52,5</b>	<b>-7,2</b>
Camión sistema u otro similar	229 229	5,2	266 659	4,2	324 832	4,2	58 173	21,8	2,0
Río, acequia, manantial o similar	1 032 314	23,3	1 024 654	16,0	347 283	4,5	- 677 371	-66,1	-10,3
Otro 1/	112 853	2,5	276 530	4,3	72 228	0,9	- 204 302	-73,9	-12,6

1/ Incluye solicitarla a los vecinos y otras formas de abastecimiento de agua.

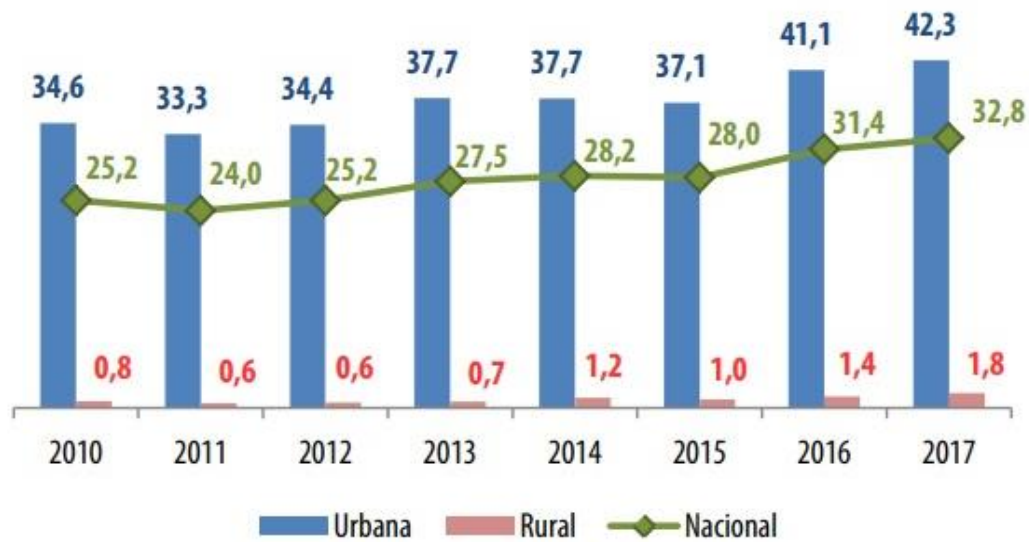
*Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – Censos Nacionales de Población y Vivienda  
1993, 2007 y 2017.*



**Nota:** Red pública, incluye agua por red pública dentro de la vivienda, fuera de la vivienda pero dentro de la edificación o pilón de uso público.  
 1/ Comprende los 43 distritos que conforman la provincia de Lima.  
 2/ Comprende las provincias: Barranca, Cajatambo, Canta, Cahete, Haaral, Haarochini, Huaera, Oyón y Yauyos.

Figura 1. Población que consume agua proveniente de red pública, según departamento, 2017 (porcentaje)

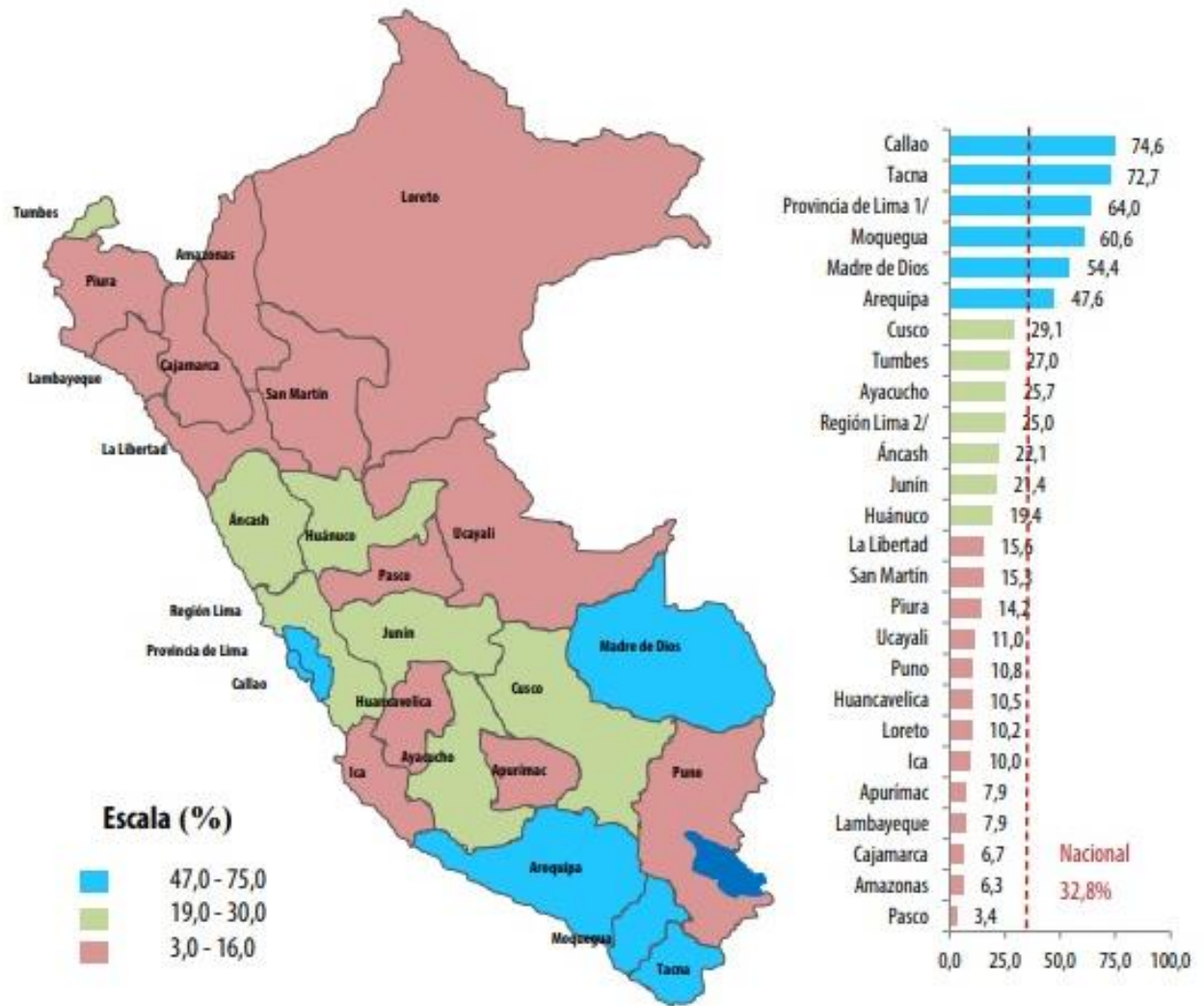
Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – Encuesta Nacional de Programas Presupuestable.



**Nota:** Red pública, incluye agua por red pública dentro de la vivienda, fuera de la vivienda pero dentro de la edificación o pilón de uso público.

Figura 2. Perú: Población que consume agua con nivel de cloro adecuado ( $\geq 0,5$  mg/l) proveniente de red pública, por área de residencia, 2010 – 2017 (Porcentaje)

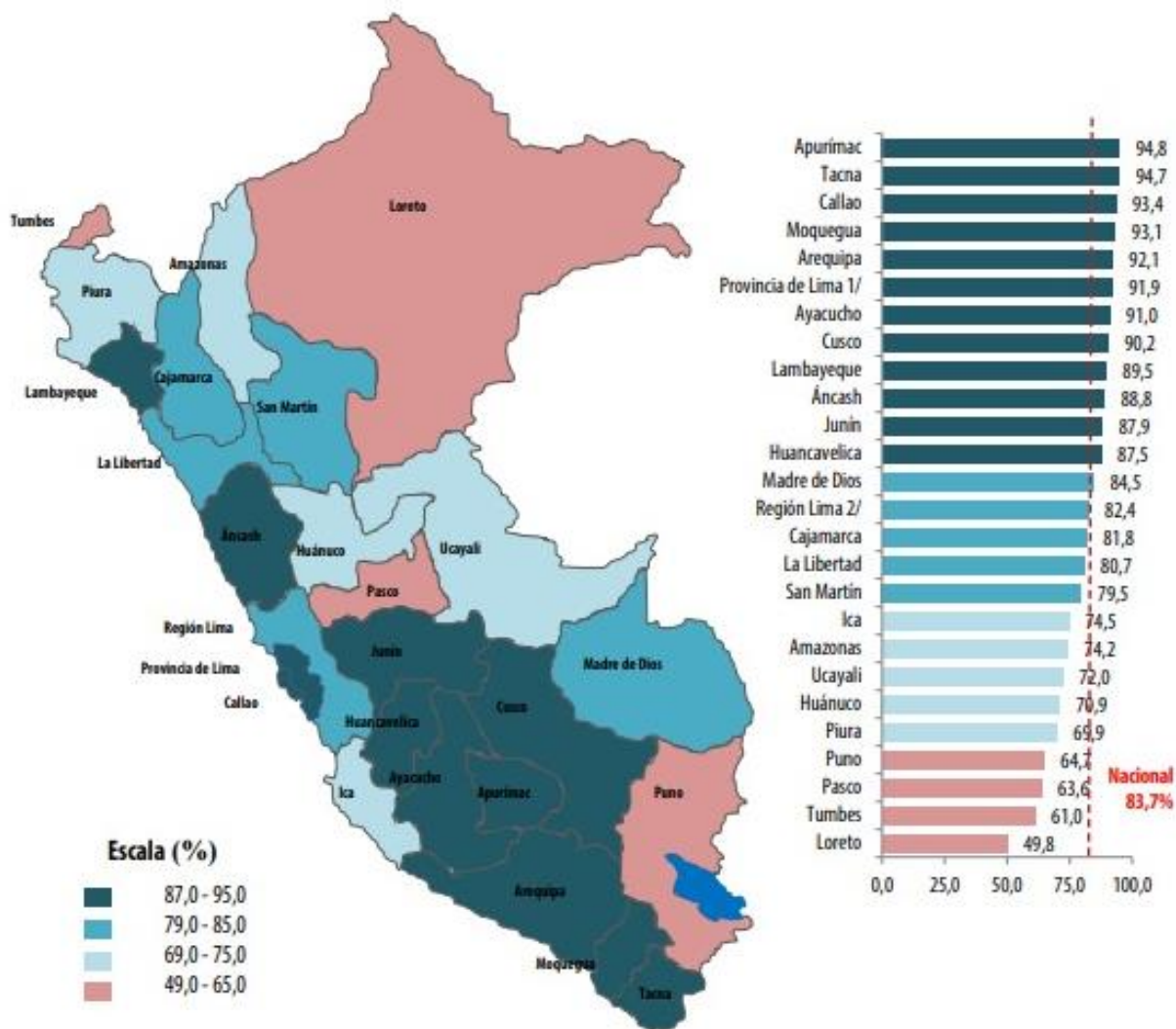
*Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – Encuesta Nacional de Hogares.*



**Nota:** Red pública, incluye agua por red pública dentro de la vivienda, fuera de la vivienda pero dentro de la edificación o pilón de uso público.  
 1/ Comprende los 43 distritos que conforman la provincia de Lima.  
 2/ Comprende las provincias: Barranca, Cajatambo, Canta, Carleto, Huaral, Huarochiri, Huaura, Oyón y Yauyos.

Figura 3. Población que consume agua con nivel de cloro adecuado ( $\geq 0,5$  mg/l) proveniente de red pública, por área de residencia, 2017 (Porcentaje)

*Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – Encuesta Nacional de Programas Presupuestable.*



**Nota:** Red pública, incluye agua por red pública dentro de la vivienda, fuera de la vivienda pero dentro de la edificación o pilón de uso público.

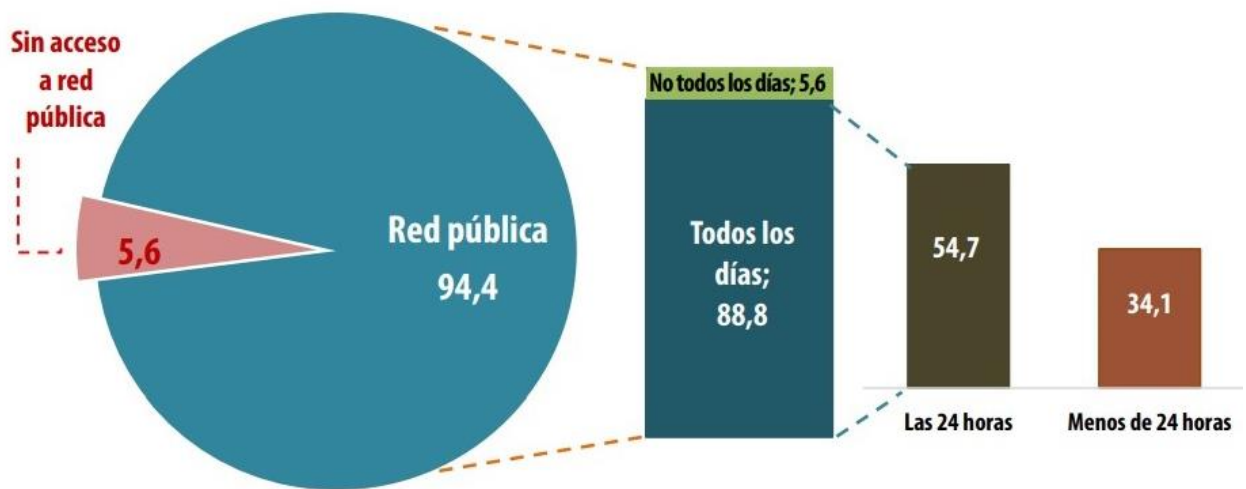
1/ Comprende los 43 distritos que conforman la provincia de Lima.

2/ Comprende las provincias: Barranca, Cajatambo, Carota, Carhué, Huaná, Huarochiri, Huarata, Oyón y Yauyos.

Figura 4. Población que consume agua proveniente de red pública todos los días, según departamento, 2017 (Porcentaje)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – Encuesta Nacional de Programas Presupuestable.

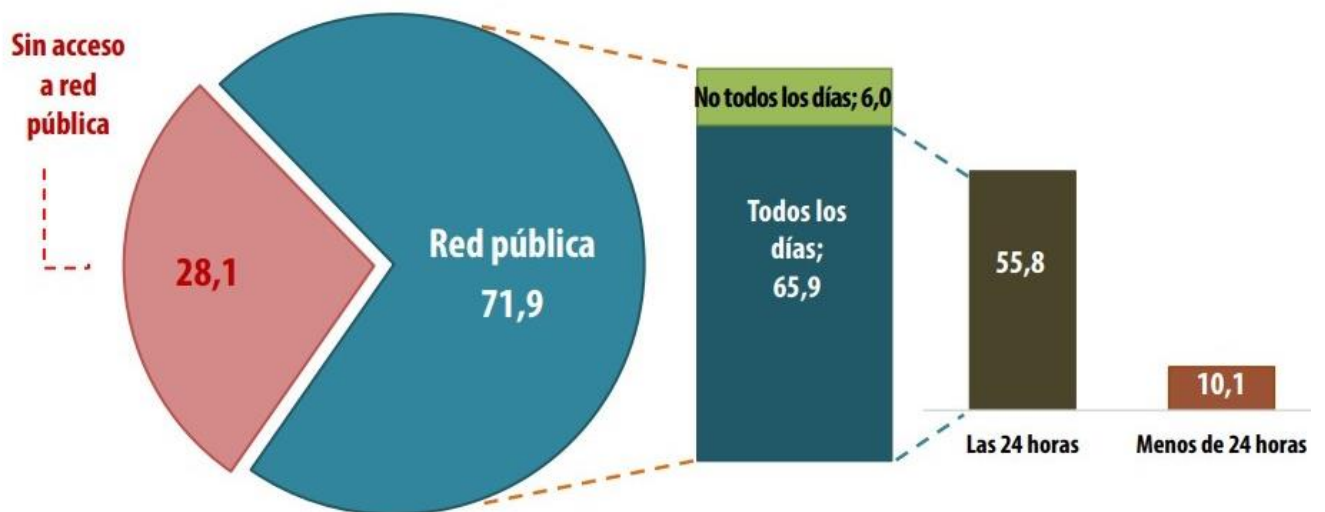




**Nota:** Red pública, incluye agua por red pública dentro de la vivienda, fuera de la vivienda pero dentro de la edificación o pilón de uso público.

Figura 5. Población urbana que consume agua proveniente de red pública. Febrero 2017 – Enero 2018 (Porcentaje)

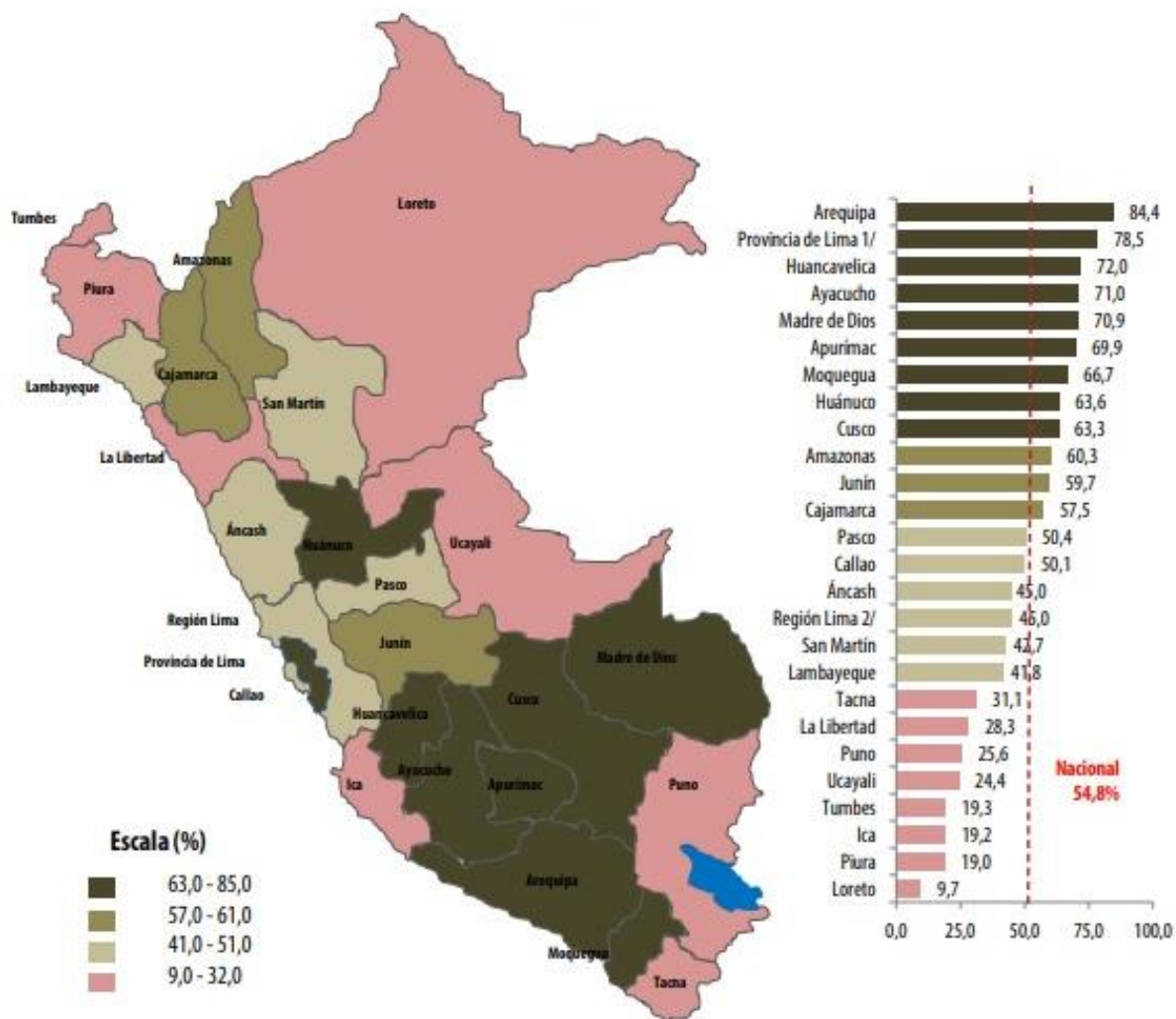
*Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – Encuesta Nacional de Programas Presupuestable.*



**Nota:** Red pública, incluye agua por red pública dentro de la vivienda, fuera de la vivienda pero dentro de la edificación o pilón de uso público.

Figura 6. Población rural que consume agua proveniente de red pública. Febrero 2017 – Enero 2018 (Porcentaje)

*Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – Encuesta Nacional de Programas Presupuestable.*



**Nota:** Red pública, incluye agua por red pública dentro de la vivienda, fuera de la vivienda pero dentro de la edificación o pilón de uso público.

1/ Comprende los 43 distritos que conforman la provincia de Lima.

2/ Comprende las provincias: Barranca, Cajatambo, Canta, Cahete, Huaral, Huarochiri, Huaura, Oyón y Yauyos.

Figura 7. Población que consume agua proveniente de red pública las 24 horas del día, según departamento, 2017 (Porcentaje)

*Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – Encuesta Nacional de Programas Presupuestable.*

Tabla 2. Anexo V: Autorización Sanitaria, Registro de los Sistemas de Abastecimiento

**ANEXO V**

**AUTORIZACION SANITARIA, REGISTRO DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO**

Componente del Sistema de Abastecimiento	Registro		Autorización Sanitaria		Aprobaciones	
	¿Requiere?	Entidad que registra	¿Requiere?	Entidad que autoriza	¿Requiere?	Entidad que autoriza
Fuente de abastecimiento de agua	Si	DIRESA, GRS, DISA				
Sistemas de abastecimiento de agua	Si	DIRESA, GRS, DISA				
Plantas de tratamiento de agua potable			Si	DIGESA (1) DIRESA, GRS		
Plan de control de calidad (PCC)					Si	DIGESA (1) DIRESA, GRS
Planes de Adecuación sanitaria (PAS)					Si	DIGESA (1) DIRESA, GRS
Surtidores de agua			Si	DIRESA, GRS, DISA		
Camiones cisterna			Si	DIRESA, GRS		
Desinfectantes de agua	Si	DIGESA (1) DIRESA, GRS				

(1) Nota: De acuerdo a la décima disposición transitoria, complementaria y final.

Fuente: *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano* D. S. N° 031-2010-SA. 2011. *Ministerio de Salud. Dirección de Salud Ambiental–Lima: Ministerio de Salud. Perú.*

Tabla 3. Anexo I: Límites máximos permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos

**ANEXO I**

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS**

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. 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

Fuente: *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano* D. S. Nº 031-2010-SA. 2011. Ministerio de Salud. Dirección de Salud Ambiental–Lima: Ministerio de Salud. Perú.

Tabla 4. Anexo II: Límites Máximos Permisibles de parámetros de calidad Organoléptica

**ANEXO II**

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA**

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL <sup>-1</sup>	1 000
8. Cloruros	mg Cl · L <sup>-1</sup>	250
9. Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> L <sup>-1</sup>	250
10. Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
11. Amoníaco	mg N L <sup>-1</sup>	1,5
12. Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0,3
13. Manganeso	mg Mn L <sup>-1</sup>	0,4
14. Aluminio	mg Al L <sup>-1</sup>	0,2
15. Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2,0
16. Zinc	mg Zn L <sup>-1</sup>	3,0
17. Sodio	mg Na L <sup>-1</sup>	200

UCV = Unidad de color verdadero  
 UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano* D. S. N° 031-2010-SA. 2011. Ministerio de Salud. Dirección de Salud Ambiental–Lima: Ministerio de Salud. Perú.

Tabla 5. Anexo III: Límites Máximos Permisibles de parámetros Químicos Inorgánicos y orgánicos.

**ANEXO III**

**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 (nota 1)	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 (nota 2)	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
<b>Parámetros Orgánicos</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL <sup>-1</sup>	0,01
3. Aceites y grasas	mgL <sup>-1</sup>	0,5
4. Alacloro	mgL <sup>-1</sup>	0,020
5. Aldicarb	mgL <sup>-1</sup>	0,010
6. Aldrin y dieldrin	mgL <sup>-1</sup>	0,00003
7. Benceno	mgL <sup>-1</sup>	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL <sup>-1</sup>	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL <sup>-1</sup>	0,001
10. Endrin	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL <sup>-1</sup>	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL <sup>-1</sup>	0,00003
14. Metoxicloro	mgL <sup>-1</sup>	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL <sup>-1</sup>	0,009
16. 2,4-D	mgL <sup>-1</sup>	0,030
17. Acrilamida	mgL <sup>-1</sup>	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL <sup>-1</sup>	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL <sup>-1</sup>	0,0003
20. Benzopireno	mgL <sup>-1</sup>	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,03
22. Tetracloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,04

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
23. Monocloramina	mgL <sup>-1</sup>	3
24. Tricloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,07
25. Tetracloruro de carbono	mgL <sup>-1</sup>	0,004
26. Ftalato de di (2-etilhexilo)	mgL <sup>-1</sup>	0,008
27. 1,2- Diclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	1
28. 1,4- Diclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
29. 1,1- Dicloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,03
30. 1,2- Dicloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,05
31. Diclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,02
32. Ácido edético (EDTA)	mgL <sup>-1</sup>	0,6
33. Etilbenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
34. Hexaclorobutadieno	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
35. Acido Nitritriacético	mgL <sup>-1</sup>	0,2
36. Estireno	mgL <sup>-1</sup>	0,02
37. Tolueno	mgL <sup>-1</sup>	0,7
38. Xileno	mgL <sup>-1</sup>	0,5
39. Atrazina	mgL <sup>-1</sup>	0,002
40. Carbofurano	mgL <sup>-1</sup>	0,007
41. Clorotoluron	mgL <sup>-1</sup>	0,03
42. Cianazina	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
43. 2,4- DB	mgL <sup>-1</sup>	0,09
44. 1,2- Dibromo-3- Cloropropano	mgL <sup>-1</sup>	0,001
45. 1,2- Dibromoetano	mgL <sup>-1</sup>	0,0004
46. 1,2- Dicloropropano (1,2- DCP)	mgL <sup>-1</sup>	0,04
47. 1,3- Dicloropropeno	mgL <sup>-1</sup>	0,02
48. Dicloroprop	mgL <sup>-1</sup>	0,1
49. Dimetato	mgL <sup>-1</sup>	0,006
50. Fenoprop	mgL <sup>-1</sup>	0,009
51. Isoproturon	mgL <sup>-1</sup>	0,009
52. MCPA	mgL <sup>-1</sup>	0,002
53. Mecoprop	mgL <sup>-1</sup>	0,01
54. Metolaclo	mgL <sup>-1</sup>	0,01
55. Malinato	mgL <sup>-1</sup>	0,006
56. Pendimetalina	mgL <sup>-1</sup>	0,02
57. Simazina	mgL <sup>-1</sup>	0,002
58. 2,4,5- T	mgL <sup>-1</sup>	0,009
59. Terbutilazina	mgL <sup>-1</sup>	0,007
60. Trifluralina	mgL <sup>-1</sup>	0,02
61. Clorpirifos	mgL <sup>-1</sup>	0,03
62. Piriproxifeno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
63. Microcistin-LR	mgL <sup>-1</sup>	0,001

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
64. Bromato	mgL <sup>-1</sup>	0,01
65. Bromodiclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,06
66. Bromoformo	mgL <sup>-1</sup>	0,1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído)	mgL <sup>-1</sup>	0,01
68. Cloroformo	mgL <sup>-1</sup>	0,2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL <sup>-1</sup>	0,07
70. Dibromoacetoniitrilo	mgL <sup>-1</sup>	0,1
71. Dibromoclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,05
72. Dicloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,02
73. Dicloroacetoniitrilo	mgL <sup>-1</sup>	0,9
74. Formaldehído	mgL <sup>-1</sup>	0,02
75. Monocloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,2
76. Tricloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,2
77. 2,4,6- Triclorofenol		

**Nota 1:** En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL<sup>-1</sup>.

**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>.

**Nota 3:** La suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Cloroformo, Dibromoclorometano, Bromodiclorometano y Bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{Cloroformo}}}{LMP_{\text{Cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{LMP_{\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodiclorometano}}}{LMP_{\text{Bromodiclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{LMP_{\text{Bromoformo}}} \leq 1$$

donde, C: concentración en mg/L, y LMP: límite máximo permisible en mg/L

Fuente: *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano* D. S. N° 031-2010-SA. 2011. *Ministerio de Salud. Dirección de Salud Ambiental–Lima: Ministerio de Salud. Perú.*



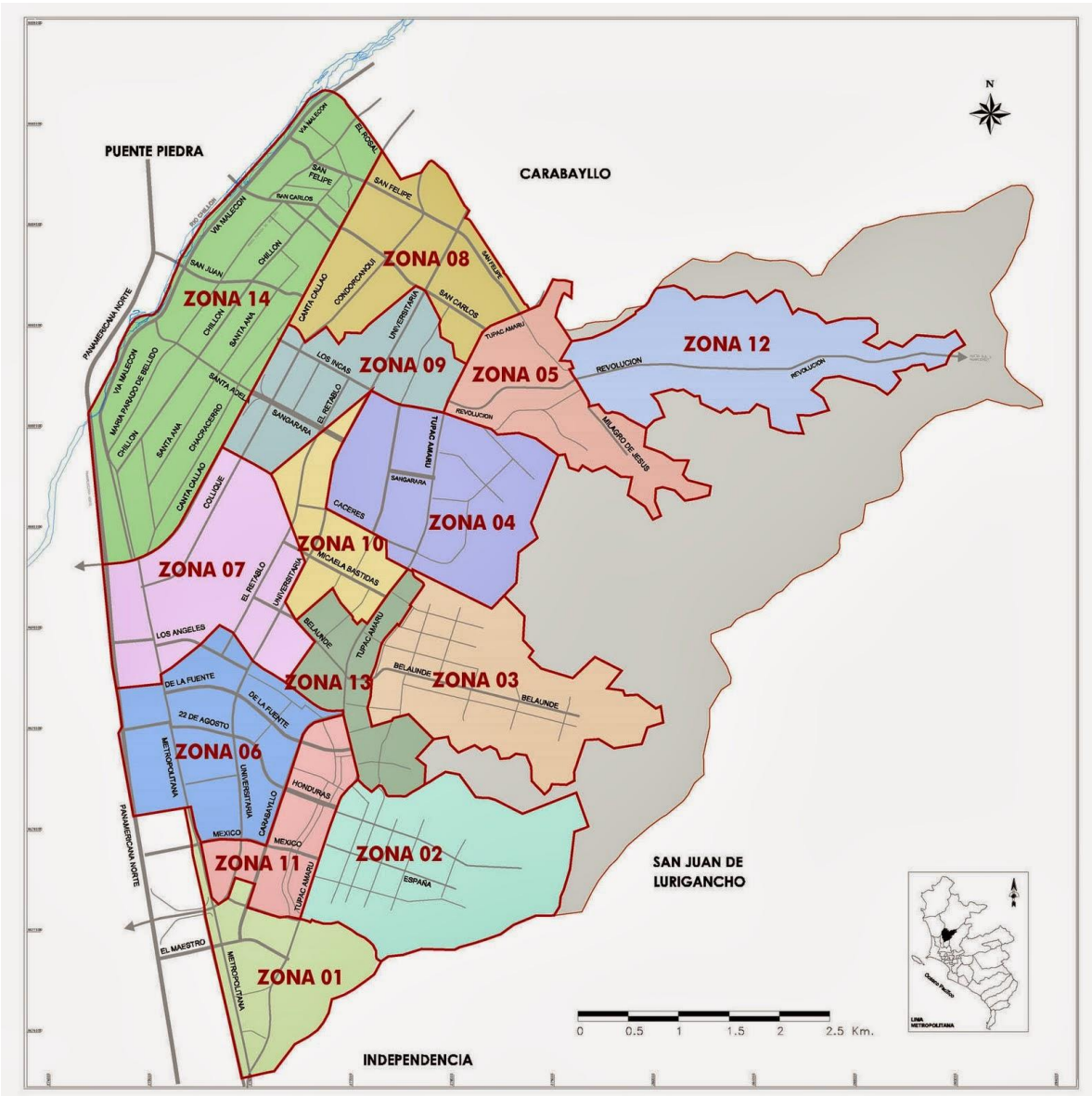


Figura 8. Mapa Geográfico de Comas. 2017.

Fuente: Municipalidad Distrital de Comas. 2018.



Figura 9. Atractivos Turísticos en Comas: Parque Zonal Sinchi Roca

*Fuente: Municipalidad Distrital de Comas. 2018.*

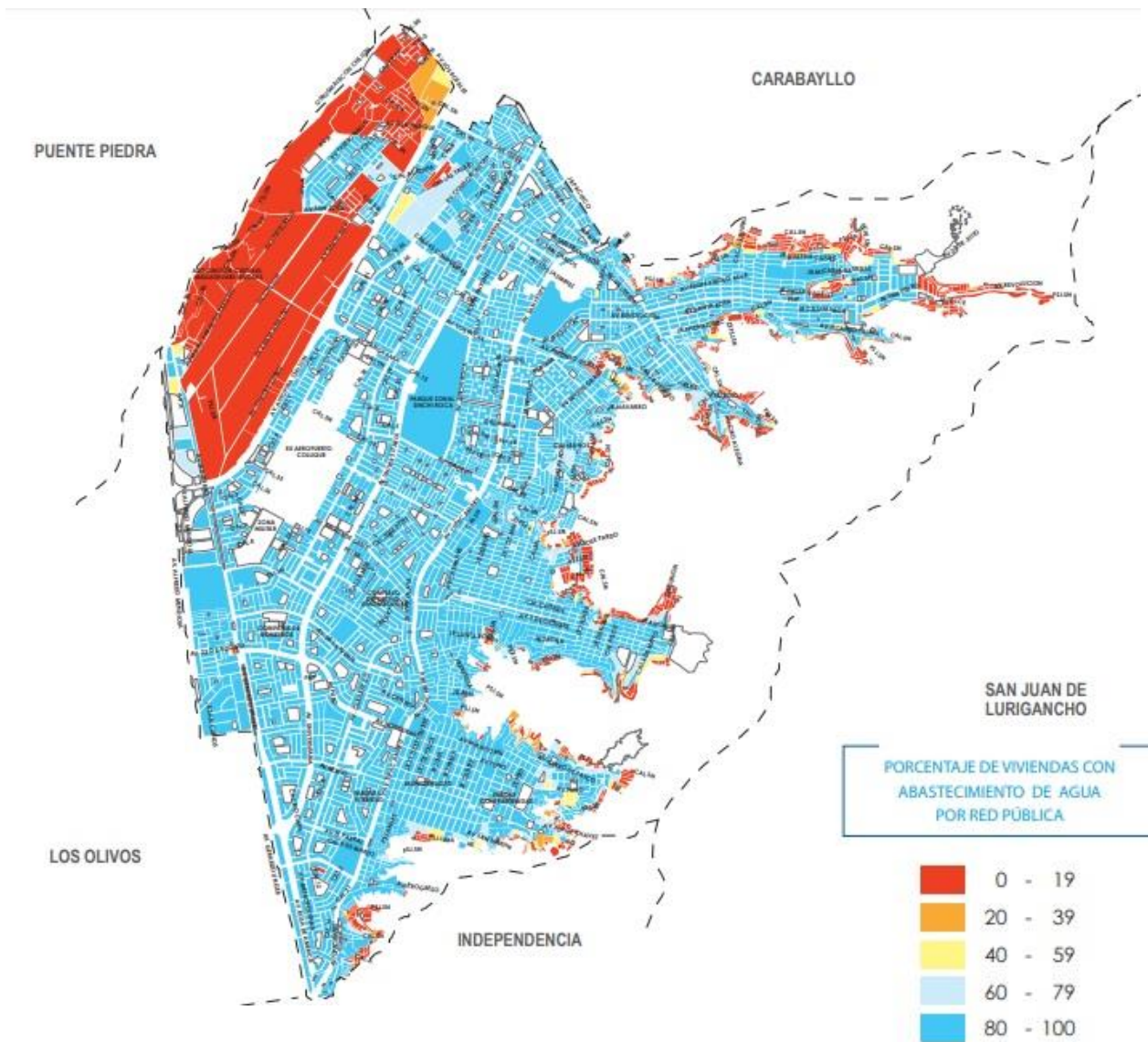


Figura 10. Viviendas con abastecimiento de agua por red pública en el distrito de Comas

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Empadronamiento Distrital de Población y Vivienda, 2013



Figura 11. Mapa político de Quispicanchi

*Fuente: Estudio de Diagnóstico y Zonificación de Quispicanchi. 2016.*



Figura 12. Captación de agua proveniente de cuerpos superficiales en Quispicanchi

*Fuente: Estudio de Diagnóstico y Zonificación de Quispicanchi. 2016.*



Figura 13. Captación de agua proveniente de cuerpos superficiales en Quispicanchi

Fuente: Estudio de Diagnóstico y Zonificación de Quispicanchi. 2016.

. Población sin acceso a agua potable y desagüe

Indicador	Ambito					
	Cusco	Quispicanchi	Urcos	Ocongate	Ccatcca	Camanti
% de población sin agua potable	36,3	58	44,43	22,69	16,46	89,90
% de la población sin	61,1	84	77,97	58,22	76,88	89,40

Fuente: Mapa de pobreza 2013 - FONCODES

Tabla 7. Tipo de abastecimiento de agua por vivienda

DISTRITO	ABASTECIMIENTO DE AGUA POR VIVIENDA								
	TOTAL VIVIENDAS	Red pública Dentro (Agua potable)	Red Pública Fuera	Pilón de uso público	Camión, cisterna	Pozo	Río, acequia	Vecino	Otro
Urcos	2,338	56,1%	25,2%	5,9%	0,1%	3,6%	6,0%	2,9%	0,2%
Andahuaylillas	1,137	25,5%	58,6%	3,9%	0,2%	1,0%	5,4%	4,5%	1,1%
Camanti	457	8,1%	2,6%	0,4%		0,2%	87,7%	0,9%	
Ccarhuayo	655	4,9%		0,5%	0,3%	7,3%	83,7%	2,3%	1,1%
Ccatca	3,274	24,4%	46,1%	3,8%		12,2%	9,4%	3,6%	0,4%
Cusipata	1,209	47,8%	12,3%	4,0%	0,2%	0,4%	31,5%	3,7%	0,1%
Huaro	1,025	70,6%	6,0%	0,6%	0,2%	1,8%	14,4%	6,0%	
Lucre	991	26,0%	55,8%	1,9%	0,7%	0,6%	10,0%	3,6%	1,3%
Marcapata	1,209	8,7%	8,7%	2,6%		1,4%	75,4%	2,7%	0,6%
Ocongate	3,010	27,1%	13,3%	7,4%	0,2%	9,7%	39,5%	2,4%	0,5%
Oropesa	1,532	74,7%	11,8%	4,9%		1,8%	2,5%	3,6%	0,7%
Quiquijana	2,665	42,0%	9,0%	8,1%	0,1%	5,9%	28,8%	5,7%	0,3%
<b>TOTAL PROVINCIA</b>	<b>19,502</b>	<b>37,0%</b>	<b>22,9%</b>	<b>4,8%</b>	<b>0,1%</b>	<b>5,5%</b>	<b>25,6%</b>	<b>3,6%</b>	<b>0,5%</b>

Fuente: INEI: Censos nacionales 2007: XI de población y VI de vivienda.

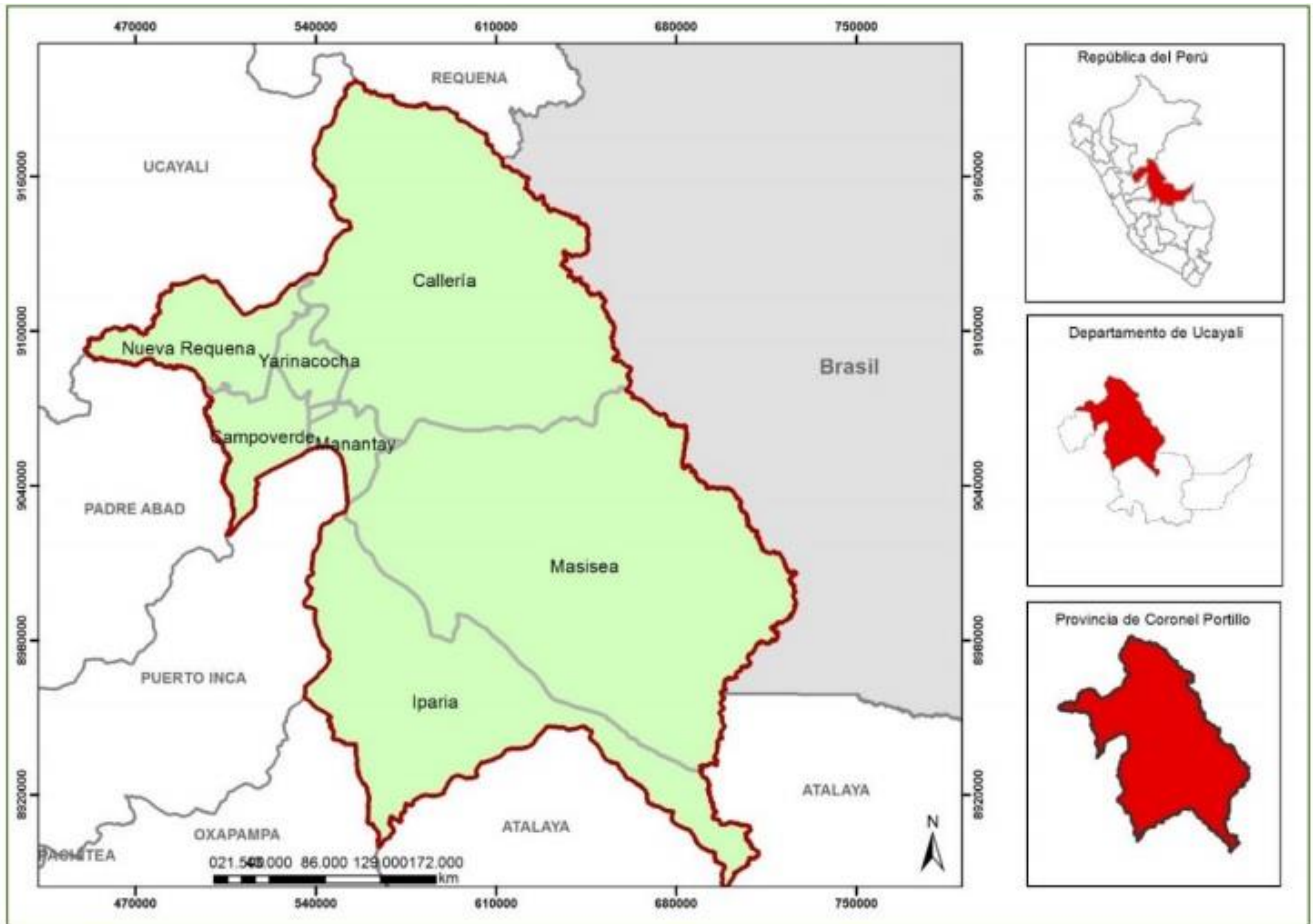


Figura 14. Mapa político de Coronel Portillo

Fuente: Municipalidad de Coronel Portillo. IDER-GOREU. 2017.

Tabla 8. Distritos, capitales, superficie y habitantes de Coronel Portillo. 2017.

UBIGEO	DISTRITO	CAPITAL	SUPERFICIE Km <sup>2</sup>	HABITANTES 2017
250101	Callería	Pucallpa	10485.41	136478
250102	Campoverde	Campo Verde	1194.1	13515
250103	Iparía	Iparía	8029.12	10774
250104	Masisea	Masisea	14102.19	11651
250105	Yarinacocha	Puerto Callao	596.2	85605
250106	Nueva Requena	Nueva Requena	1857.82	5122
250107	Manantay	San Fernando	579.91	70745

Fuente: Municipalidad Provincial de Quispicanchi. 2017.



Figura 15. Fuente de captación superficial mediante la balsa "Reyes Ramiro Robalino"

*Fuente: Gerencia Técnica – EMAPACOP S.A.2013.*

Tabla 9. Pozos de abastecimiento de agua potable subterránea en Pucallpa. 2013.

Pozo	Caudal (lps)	Estado Actual
Micaela Bastidas	55	Operativo
Julio C. Arana	60	Colapsado
Pedro Portillo	60	Colapsado
Primavera	50	Colapsado
Palmeras	30	Operativo

*Fuente: Gerencia Técnica – EMAPACOP S.A.2013.*

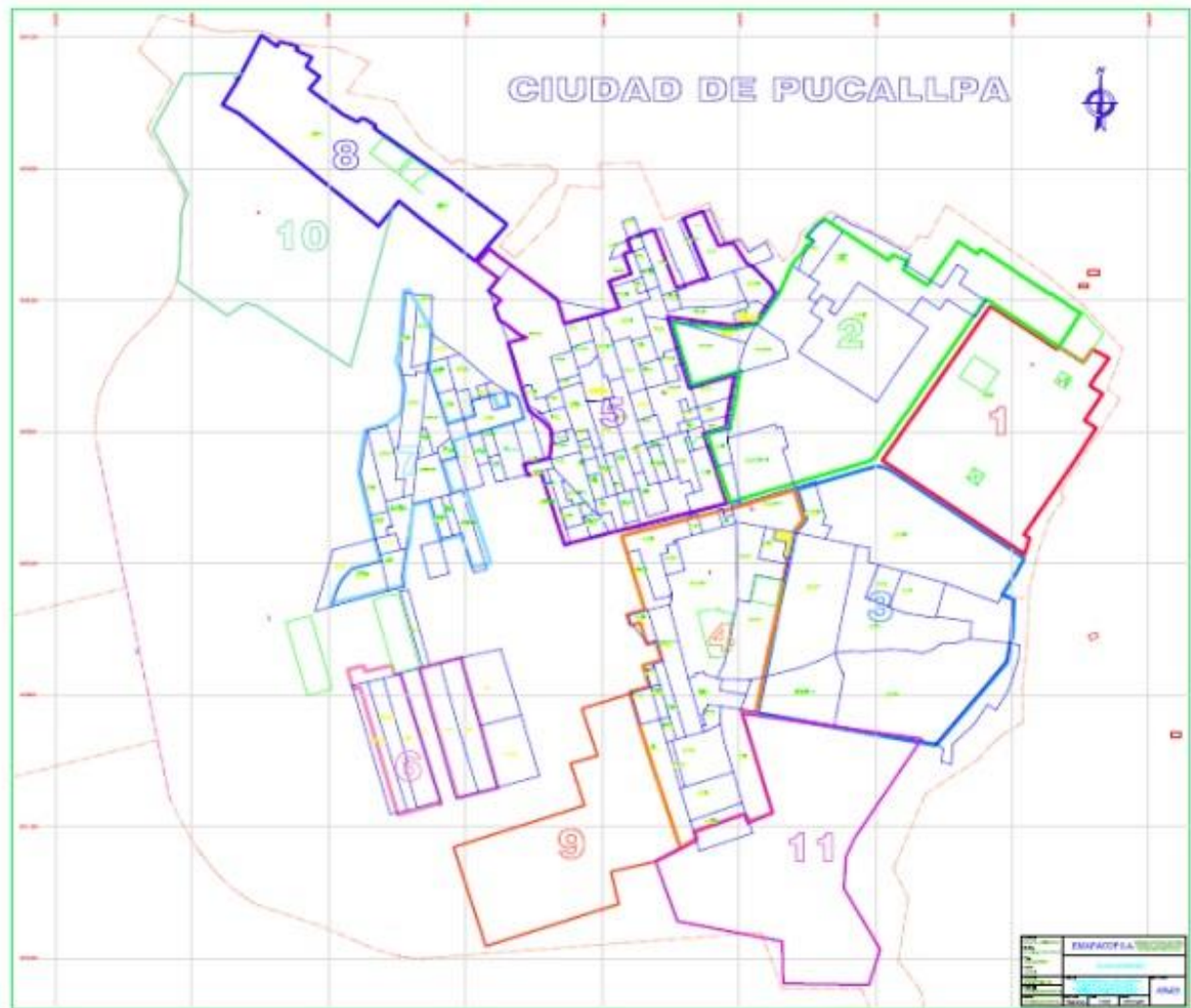


Figura 16. Mapa de sectorización para la distribución de agua potable por la empresa EMAPACOP S.A. en Pucallpa. 2013.

*Fuente: Gerencia Técnica – EMAPACOP S.A.*



Tabla 10. Fuente de abastecimiento de agua potable a Pucallpa. 2013

Fuente Abastecimiento	Continuidad (hrs/día)	Sector atendido	Caudal (l/s)
Río Ucayali	14	1,2 y 3	240,00
Pozo Micaela Bastidas	20	4	55,00
Pozo Piloto CORPAC	24	Parte del 7	4,00
Pozo Las Palmeras II	23.19	8	17.50
Subtotal			316.50

Fuente: Departamento de Estudios, Proyectos y Obras. EMAPACOP S.A.

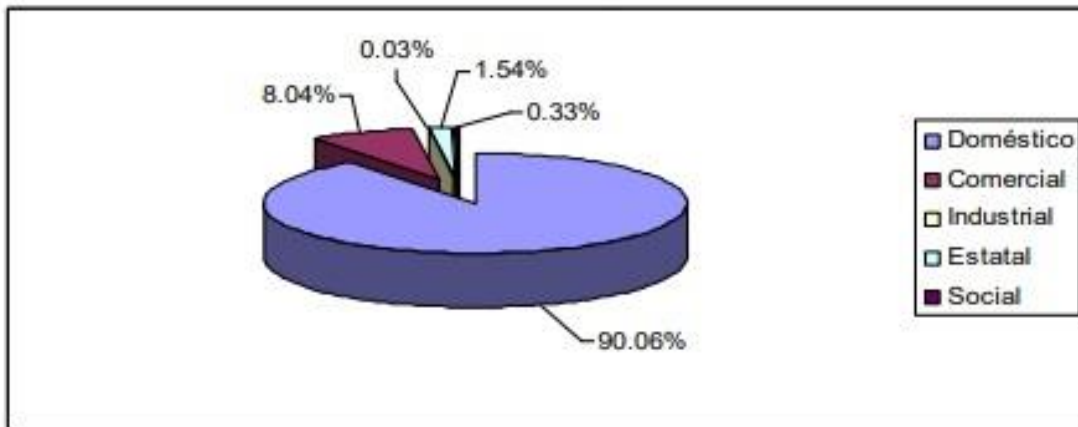


Figura 17. Distribución de las conexiones de agua potable por categoría de usuario en Coronel Portillo. 2013.

Fuente: Base Comercial EPS EMAPACOP S.A.

Elaboración: SUNASS



Figura 18. Cooler con todos los materiales requeridos para la toma de muestra. Los icepack son necesarios para mantener la cadena de frío.



Figura 19. Botellas usadas para el muestreo de agua de consumo humano. (Izquierda a derecha: botella de vidrio de 250 ml con tapa rosca previamente esterilizada, botella de plástico de 1 litro con gotas de lugol y contratapa, botella de plástico de 1 litro con contratapa.

Tabla 11. Numero mas probable por 100 ml de muestra e intervalos de confianza del 95%, utilizando 10 tubos con 100 ml de muestra

No. de tubos positivos	NMP/100mL	Límite de confianza	
		Inferior	Superior
0	≤1,1	-	3,4
1	1,1	0,051	5,9
2	2,2	0,37	8,2
3	3,6	0,91	9,7
4	5,1	1,6	13
5	,9	2,5	15
6	9,2	3,3	19
7	12	4,8	24
8	16	5,8	34
9	23	8,1	53
10	>23	13	-

Fuente: American Public Health Association, & American Water Works Association. (1989). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American public health association.



Figura 20. Tubos de Lauril 2x y Caldo Brilla en incubación a 35°C.

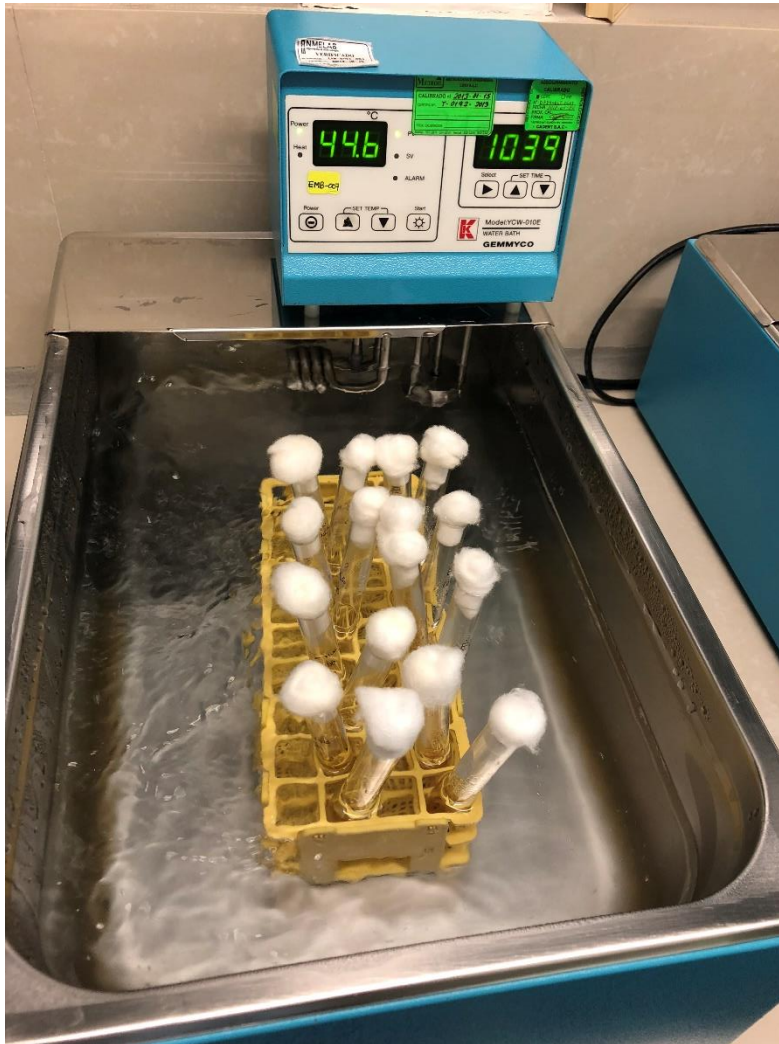


Figura 21. Tubos de Caldo EC y Caldo EC-MUG incubados en el baño termostático a 44.5 °

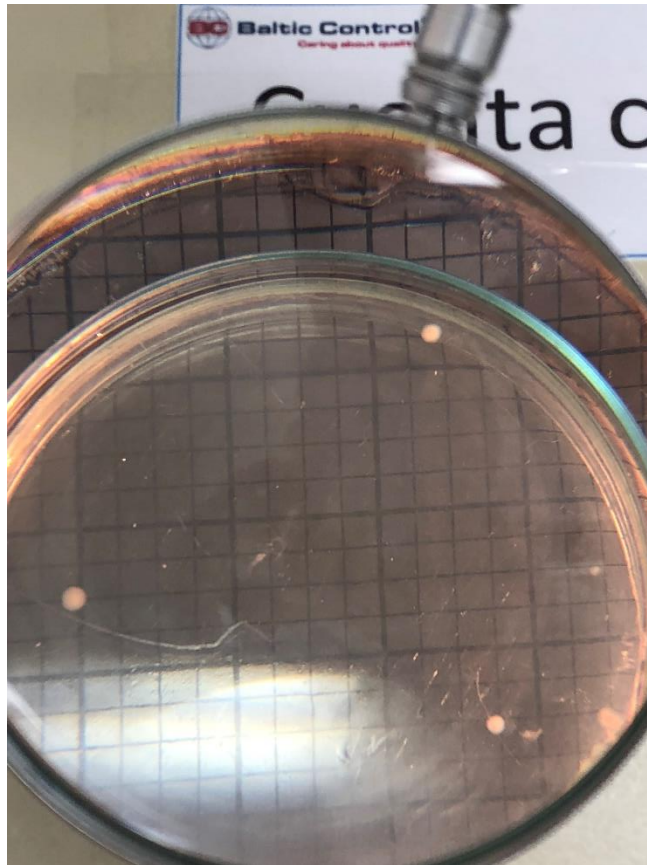
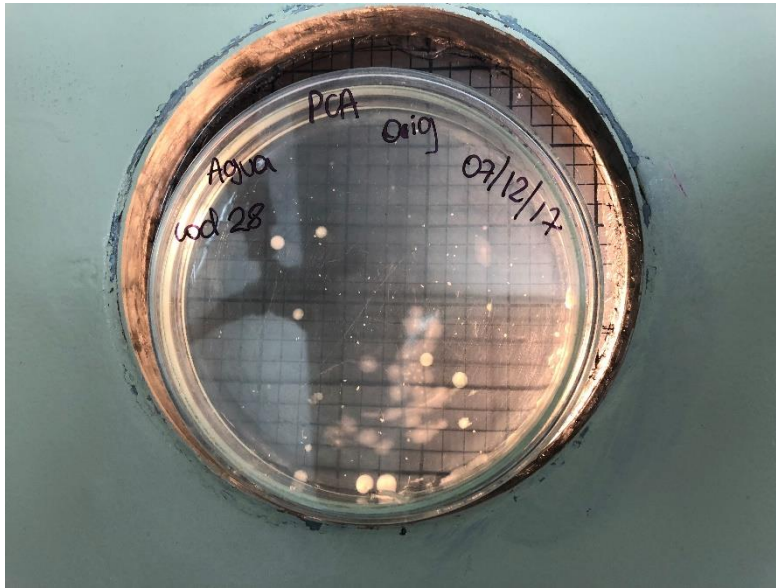


Figura 22. Recuento de bacterias heterótrofas en placa. Muestra original y dilución -1.



Figura 23. A. Tubo de Caldo Lauril Sulfato 2x positivo. B. Tubo de Caldo Brilla positivo indicando presencia de coliformes totales. C. Tubo de Caldo EC positivo indicando presencia de coliformes fecales.

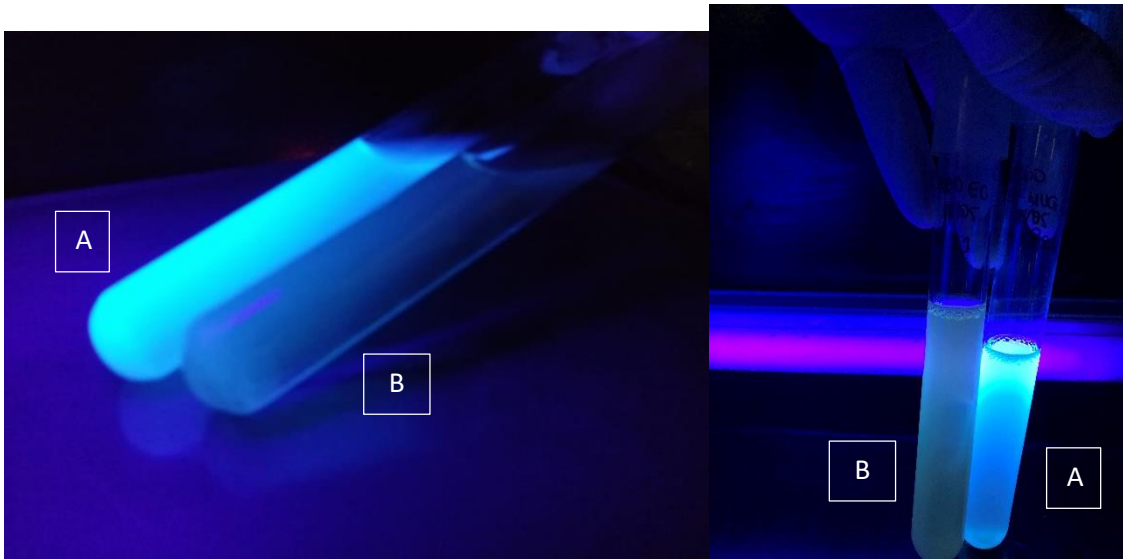


Figura 24. A. Tubo de Caldo EC-MUG positivo en fluorescencia, confirmando presencia de *Escherichia coli*. B. Tubo de Caldo EC negativo en fluorescencia, pero positivo para Coliformes fecales.



Figura 25. Tubos con Caldo Lauril 2X con presencia de halo verde, posible presencia de *Pseudomonas aeruginosa*..

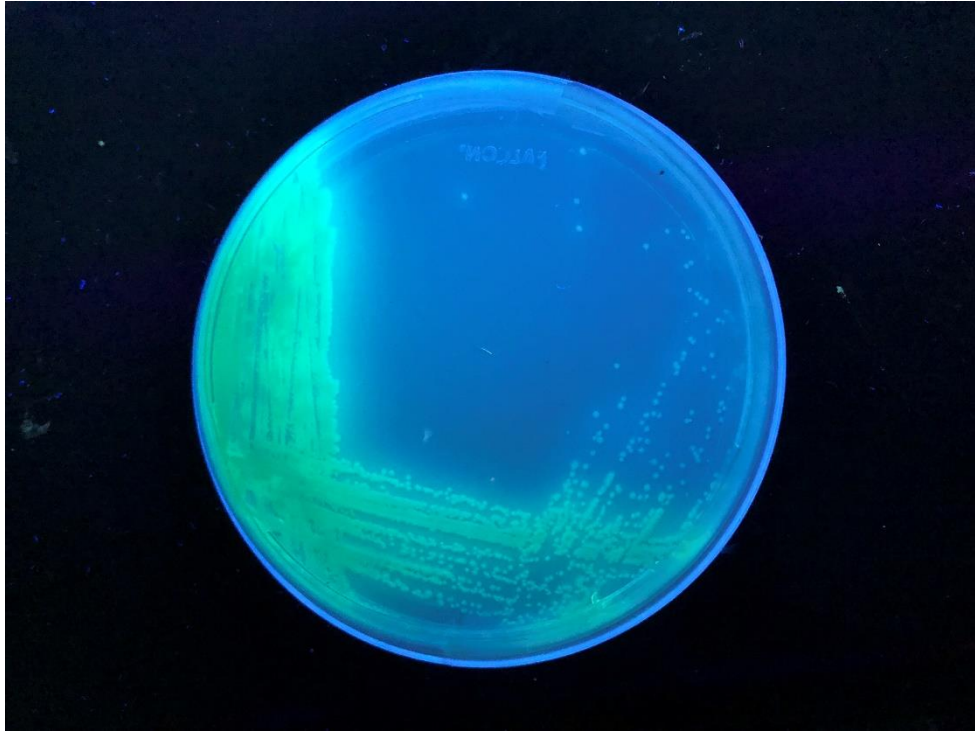


Figura 26. Muestra positiva en Agar Cetrimide confirmando presencia de *Pseudomonas aeruginosa*

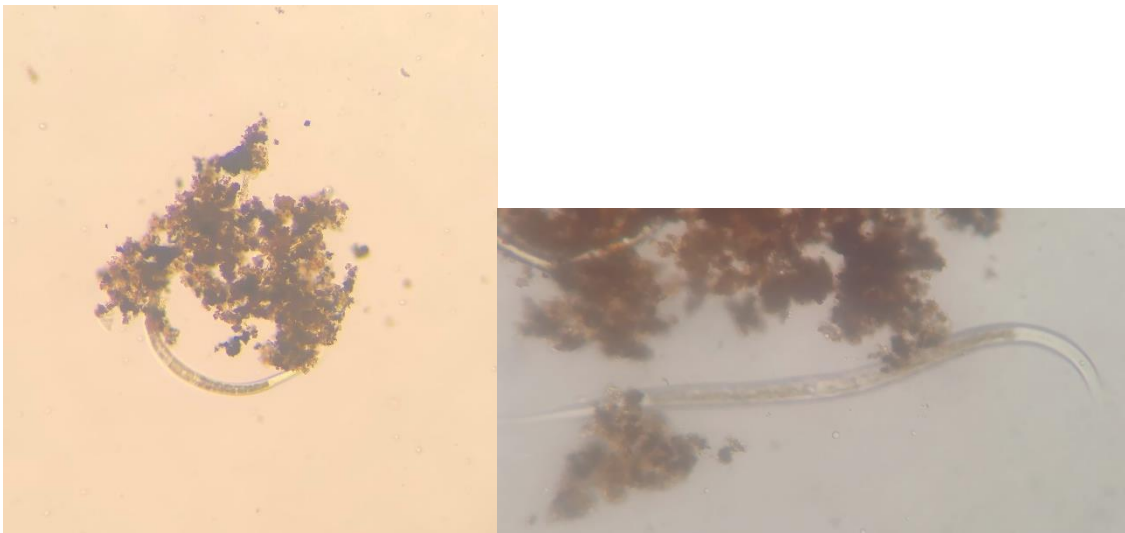


Figura 27. Larva de nemátodo encontrada en agua de consumo humano observada en el microscopio a 40x



**Tabla A. Estadísticos descriptivos – Parámetros Microbiológicos**

Provincia		N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Comas	Coliformes totales (NMP/100ml)	48	,0	3,6	,631	1,0474
	Coliformes fecales (NMP/100ml)	48	,0	2,2	,367	,6932
	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)	48	,0	2,2	,138	,4320
	Heterótrofos (UFC/ml)	48	,0	24000,0	1089,083	3566,9219
Coronel Portillo	Coliformes totales (NMP/100ml)	26	2,2	9,2	5,892	2,2631
	Coliformes fecales (NMP/100ml)	26	,0	6,9	3,123	1,7473
	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)	26	,0	5,1	1,277	1,4406
	Heterótrofos (UFC/ml)	26	620,0	35000,0	8344,615	8957,1251
Quispicanchi	Coliformes totales (NMP/100ml)	26	,0	9,2	4,081	2,9441
	Coliformes fecales (NMP/100ml)	26	,0	6,9	2,015	1,8262
	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)	26	,0	2,2	,931	1,0174
	Heterótrofos (UFC/ml)	26	210,0	61000,0	7535,846	14679,5766

**Tabla A1. Estadísticas de muestra única para Recuento de heterótrofos**

Provincia		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Comas	Heterótrofos (UFC/ml)	48	1089,083	3566,9219	514,8408
Coronel Portillo	Heterótrofos (UFC/ml)	26	8344,615	8957,1251	1756,6368
Quispicanchi	Heterótrofos (UFC/ml)	26	7535,846	14679,5766	2878,9018

**Tabla A2. Prueba de muestra única para Recuento de heterótrofos**

Provincia		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Comas	Heterótrofos (UFC/ml)	1,144	47	,258	589,0833	-446,643	1624,809
Coronel Portillo	Heterótrofos (UFC/ml)	4,466	25	,000	7844,6154	4226,754	11462,476
Quispicanchi	Heterótrofos (UFC/ml)	2,444	25	,022	7035,8462	1106,637	12965,055

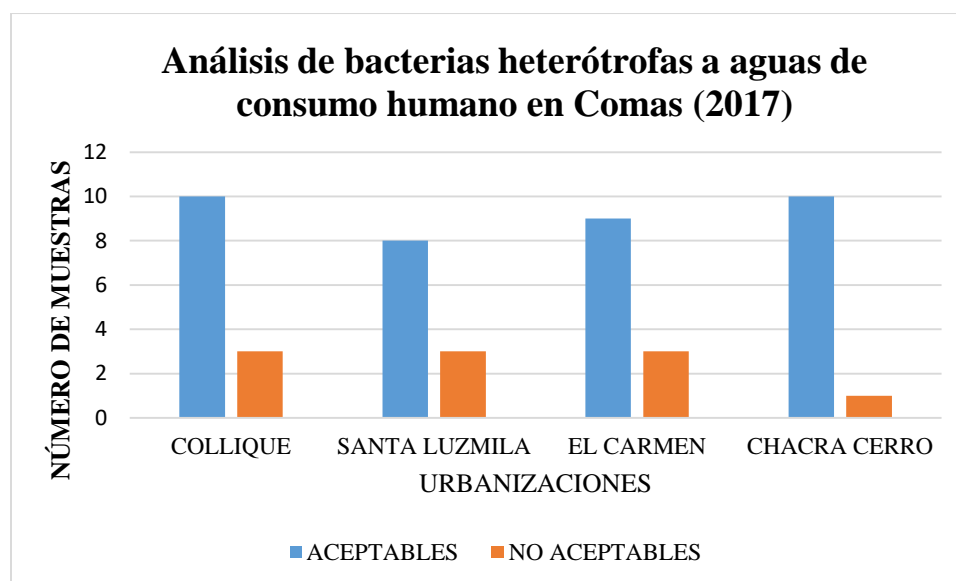


Figura A1. Análisis de bacterias heterótrofas a aguas de consumo humano en Comas (2017)

Fuente: Propia

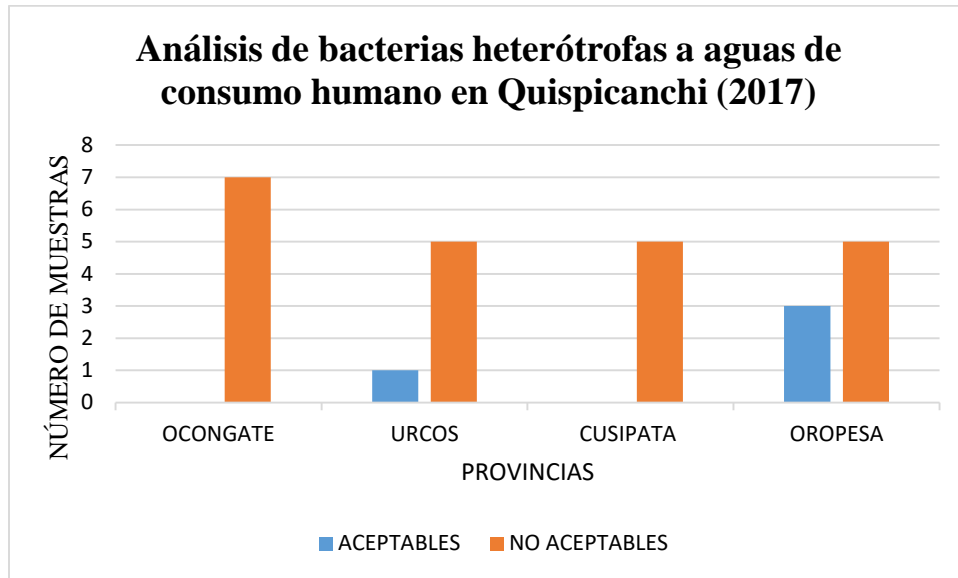


Figura A2. Análisis de bacterias heterótrofas a aguas de consumo humano en Quispicanchi (2017)

Fuente: Propia

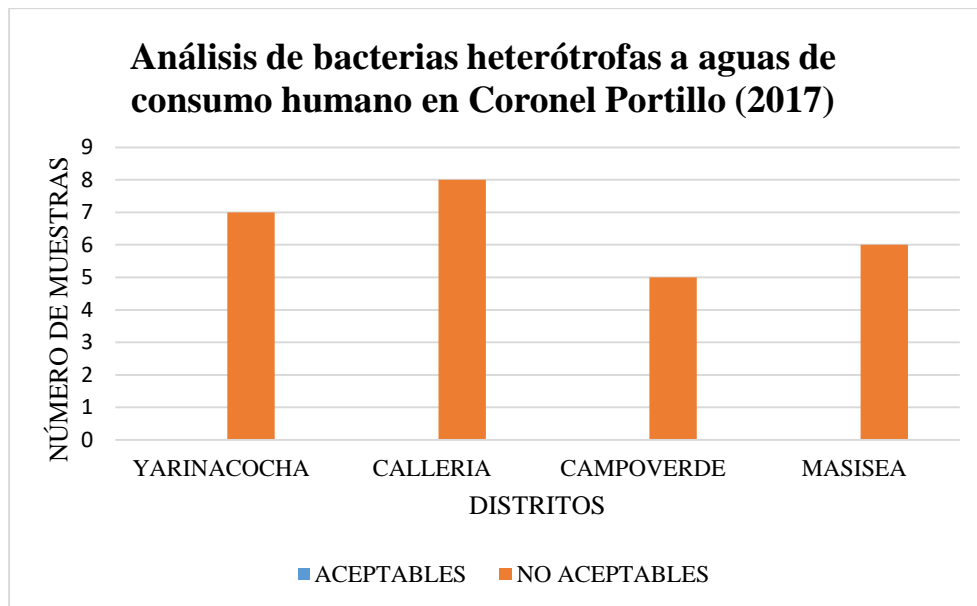


Figura A3. Análisis de bacterias heterótrofas a aguas de consumo humano en Coronel Portillo (2017)

Fuente: Propia

**Tabla A3. Estadísticas de muestra única para Coliformes totales**

Provincia		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Comas	Coliformes totales (NMP/100ml)	48	,631	1,0474	,1512
Coronel Portillo	Coliformes totales (NMP/100ml)	26	5,892	2,2631	,4438
Quispicanchi	Coliformes totales (NMP/100ml)	26	4,081	2,9441	,5774

**Tabla A4. Prueba de muestra única para Coliformes totales**

Provincia		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		Valor de prueba = 0					
						Inferior	Superior
Comas	Coliformes totales (NMP/100ml)	4,175	47	,000	,6313	,327	,935
Coronel Portillo	Coliformes totales (NMP/100ml)	13,276	25	,000	5,8923	4,978	6,806
Quispicanchi	Coliformes totales (NMP/100ml)	7,068	25	,000	4,0808	2,892	5,270

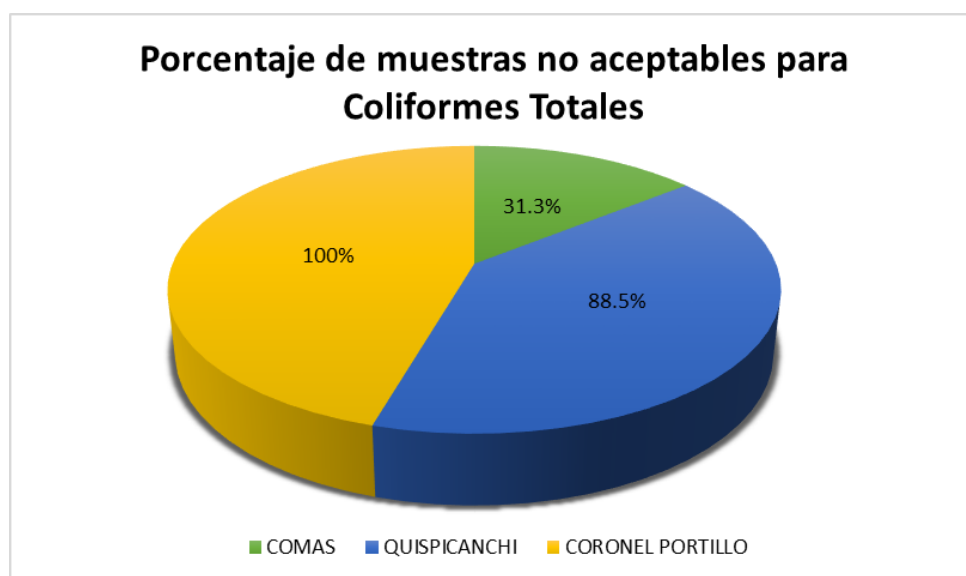


Figura A4. Porcentaje de muestras no aceptables para Coliformes Totales en Comas, Quispicanchi y Coronel Portillo.

Fuente: Propia

**Tabla A5. Estadísticas de muestra única para Coliformes fecales**

Provincia		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Comas	Coliformes fecales (NMP/100ml)	48	,367	,6932	,1001
Coronel Portillo	Coliformes fecales (NMP/100ml)	26	3,123	1,7473	,3427
Quispicanchi	Coliformes fecales (NMP/100ml)	26	2,015	1,8262	,3581

**Tabla A6. Prueba de muestra única para Coliformes fecales**

Provincia		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Comas	Coliformes fecales (NMP/100ml)	3,665	47	,001	,3667	,165	,568
Coronel Portillo	Coliformes fecales (NMP/100ml)	9,114	25	,000	3,1231	2,417	3,829
Quispicanchi	Coliformes fecales (NMP/100ml)	5,627	25	,000	2,0154	1,278	2,753

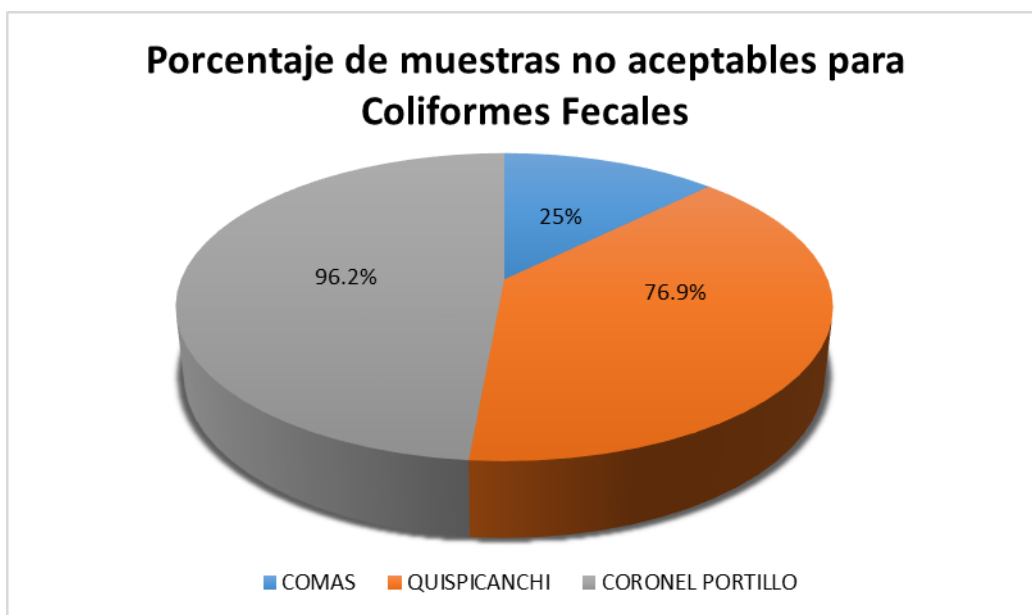


Figura A5. Porcentaje de muestras no aceptables para Coliformes Fecales en Comas, Quispicanchi y Coronel Portillo.  
Fuente: Propia

**Tabla A7. Estadísticas de muestra única para *Escherichia coli***

Provincia		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Comas	<i>E.coli</i> (NMP/100ml)	48	,138	,4320	,0624
Coronel Portillo	<i>E.coli</i> (NMP/100ml)	26	1,277	1,4406	,2825
Quispicanchi	<i>E.coli</i> (NMP/100ml)	26	,931	1,0174	,1995

**Tabla A8. Prueba de muestra única para *Escherichia coli***

Provincia	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
					Inferior	Superior	
Comas	<i>E.coli</i> (NMP/100ml)	2,205	47	,032	,1375	,012	,263
Coronel Portillo	<i>E.coli</i> (NMP/100ml)	4,520	25	,000	1,2769	,695	1,859
Quispicanchi	<i>E.coli</i> (NMP/100ml)	4,665	25	,000	,9308	,520	1,342

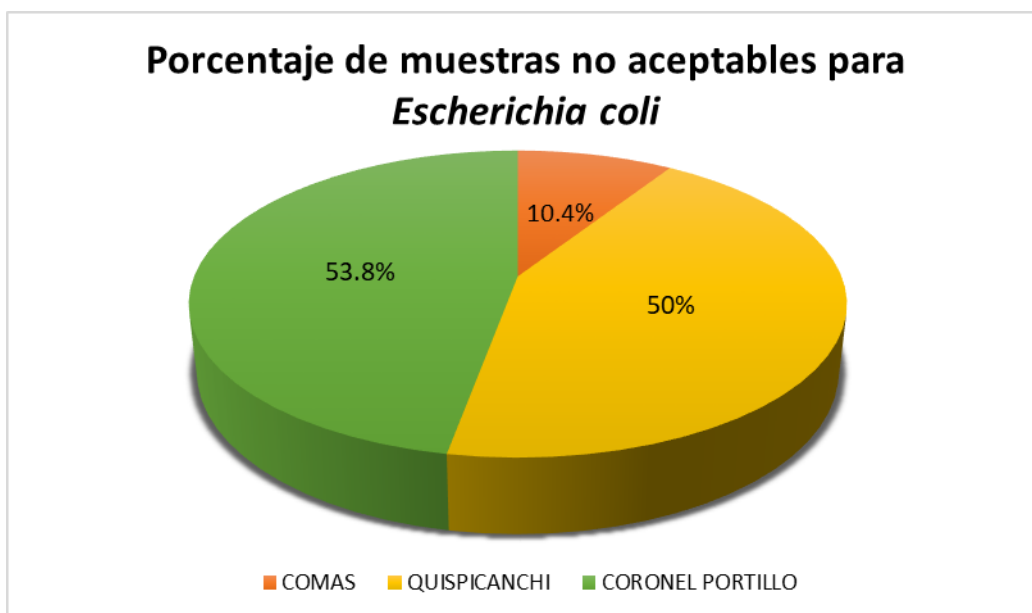


Figura A6. Porcentaje de muestras no aceptables para *Escherichia coli* en Comas, Quispicanchi y Coronel Portillo. Fuente: Propia

**Tabla A9. Estadísticas de muestra única para Identificación de *Pseudomonas aeruginosa***

Provincia			Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Comas	Válido	Ausencia	48	100,0	100,0	100,0
		Presencia	0	0,0	0,0	100,0
Coronel Portillo	Válido	Ausencia	23	88,5	88,5	88,5
		Presencia	3	11,5	11,5	100,0
		Total	26	100,0	100,0	
Quispicanchi	Válido	Ausencia	25	96,2	96,2	96,2
		Presencia	1	3,8	3,8	100,0
		Total	26	100,0	100,0	

**Tabla A10. Prueba de muestra única para *Pseudomonas aeruginosa***

Provincia	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Comas <i>Pseudomonas aeruginosa</i> /100ml	2,591	47	,063	,125	,03	,22
Coronel <i>Pseudomonas aeruginosa</i> /100ml	1,806	25	,083	,115	-,02	,25
Portillo <i>Pseudomonas aeruginosa</i> /100ml	1,806	25	,083	,115	-,02	,25
Quispicanchi <i>Pseudomonas aeruginosa</i> /100ml	1,806	25	,083	,115	-,02	,25

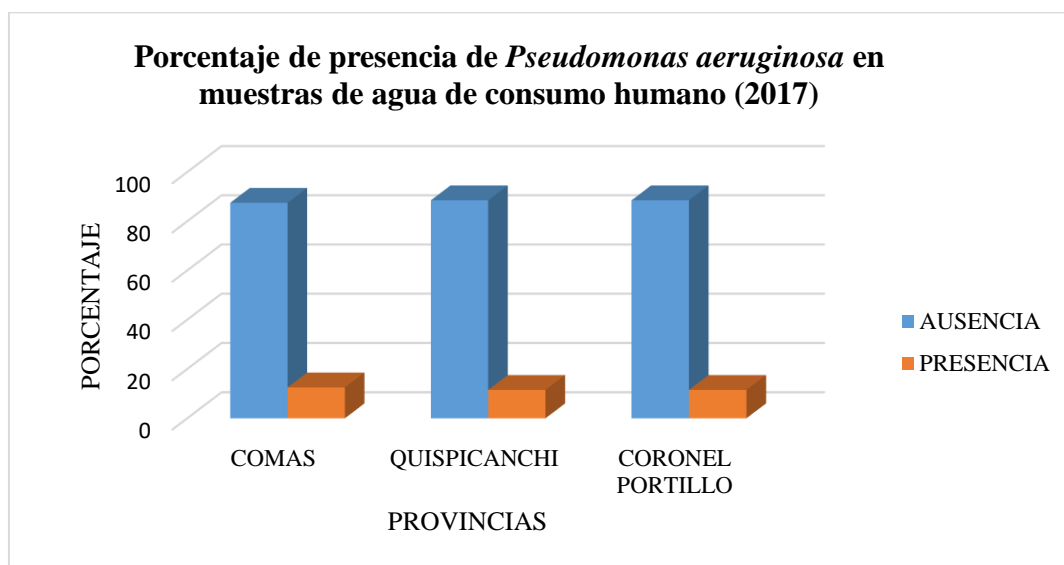


Figura A7. Porcentaje de presencia de *Pseudomonas aeruginosa* en muestras de agua de consumo humano (2017)

Fuente: Propia



**Tabla A11. Estadísticas de muestra única para Identificación de Parásitos (Larvas)**

Provincia			Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Comas	Válido	Ausencia	48	100,0	100,0	100,0
		Presencia	3	11,5	11,5	100,0
Coronel Portillo	Válido	Ausencia	23	88,5	88,5	88,5
		Presencia	3	11,5	11,5	100,0
		Total	26	100,0	100,0	
Quispicanchi	Válido	Ausencia	25	96,2	96,2	96,2
		Presencia	1	3,8	3,8	100,0
		Total	26	100,0	100,0	

**Tabla A12. Prueba de muestra única para Parásitos (Larvas)**

Provincia		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Comas	Parásitos (Larvas)	1,770	47	,083	,063	-,01	,13
Coronel Portillo	Parásitos (Larvas)	1,806	25	,083	,115	-,02	,25
Quispicanchi	Parásitos (Larvas)	2,739	25	,011	,231	,06	,40

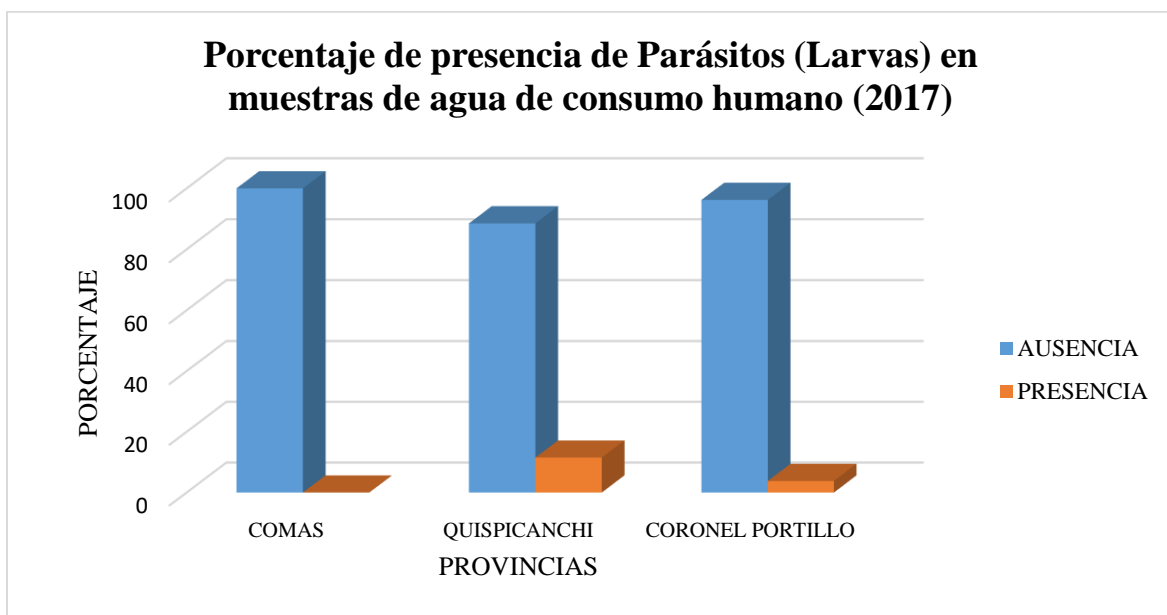


Figura A8. Porcentaje de presencia de Parásitos (Larvas) en muestras de agua de consumo humano (2017)

Fuente: Propia

**Tabla B. Estadísticos descriptivos – Parámetros Físicoquímicos**

Provincia		N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Comas	pH (Unidades de pH)	48	6,8	8,0	7,353	,3465
	Turbiedad (UNT)	48	,1	3,1	,659	,4831
	Cloro Libre (mg/L)	48	,5	1,9	,965	,3681
	Color (UCV)	48	1,1	2,1	1,402	,3142
Coronel Portillo	pH (Unidades de pH)	26	6,3	7,1	6,805	,1948
	Turbiedad (UNT)	26	,4	13,2	3,442	2,8911
	Cloro Libre (mg/L)	26	,0	,6	,148	,2055
	Color (UCV)	26	1,2	22,0	6,328	4,4985
Quispicanchi	pH (Unidades de pH)	26	6,1	8,2	7,119	,6881
	Turbiedad (UNT)	26	,5	6,1	1,924	1,7685
	Cloro Libre (mg/L)	26	,0	1,8	,404	,4546
	Color (UCV)	26	1,1	16,8	5,374	4,3129

**Tabla B1. Estadísticas descriptivos para pH**

Provincia		N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Comas	pH (Unidades de pH)	48	6,8	8,0	7,353	,3465
	N válido (por lista)	48				
Coronel Portillo	pH (Unidades de pH)	26	6,3	7,1	6,805	,1948
	N válido (por lista)	26				
Quispicanchi	pH (Unidades de pH)	26	6,1	8,2	7,119	,6881
	N válido (por lista)	26				

**Tabla B2. Prueba de muestra única para pH**

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
pH (Unidades de pH)	1,021	99	,310	,0498	-,047	,147

Valor de prueba = 7.1

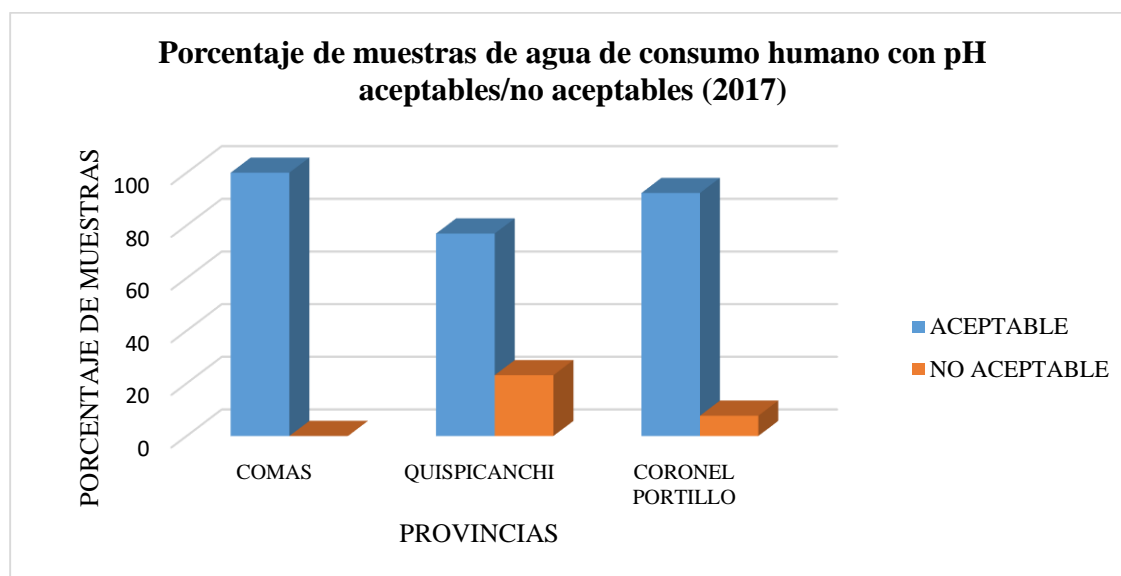


Figura B1. Porcentaje de muestras de agua de consumo humano con pH aceptables/no aceptables (2017)

Fuente: Propia

**Tabla B3. Estadísticos descriptivos para Turbiedad**

Provincia		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Comas	Turbiedad (UNT)	48	,659	,4831	,0697
Coronel Portillo	Turbiedad (UNT)	26	3,442	2,8911	,5670
Quispicanchi	Turbiedad (UNT)	26	1,924	1,7685	,3468

**Tabla B4. Prueba de muestra única para Turbiedad**

	t	gl	Sig. (bilateral)	Valor de prueba = 5		
				Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior	
Turbiedad (UNT)	,008	99	,993	,00176	-,4119	,4154

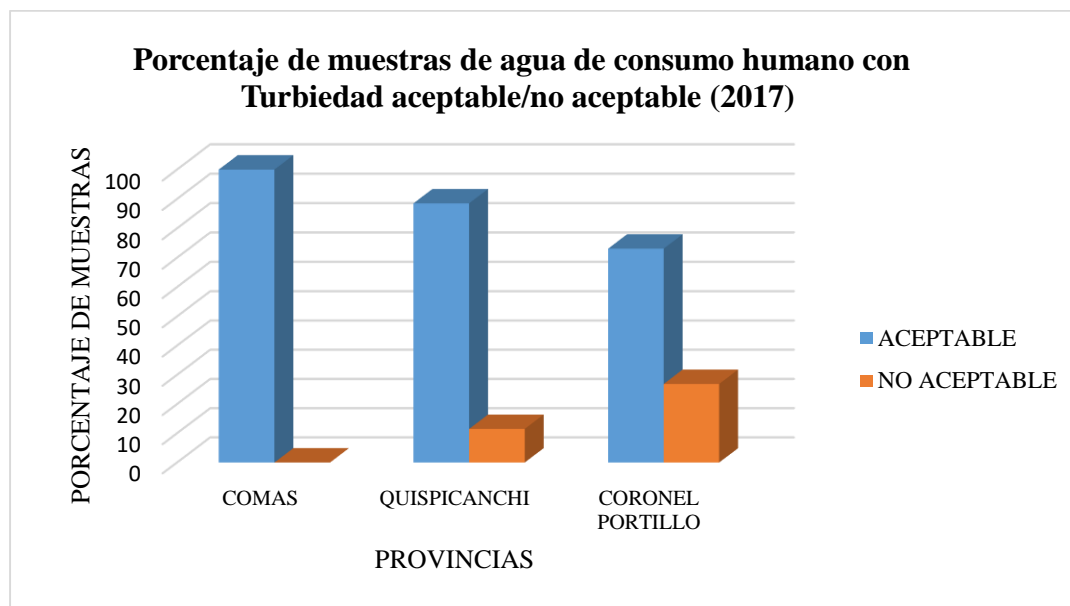


Figura B2. Porcentaje de muestras de agua de consumo humano con Turbiedad aceptable/no aceptable (2017)

Fuente: Propia

**Tabla B5. Estadísticas de muestra única para Cloro libre**

Provincia		N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Comas	Cloro Libre (mg/L)	48	,5	1,9	,965	,3681
	N válido (por lista)	48				
Coronel Portillo	Cloro Libre (mg/L)	26	,0	,6	,148	,2055
	N válido (por lista)	26				
Quispicanchi	Cloro Libre (mg/L)	26	,0	1,8	,404	,4546
	N válido (por lista)	26				

**Tabla B6. Prueba de muestra única para Cloro libre**

Provincia		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Comas	Cloro Libre (mg/L)	-,667	47	,508	-,0354	-,142	,071
Coronel Portillo	Cloro Libre (mg/L)	-21,133	25	,000	-,8515	-,935	-,769
Quispicanchi	Cloro Libre (mg/L)	-6,686	25	,000	-,5962	-,780	-,413

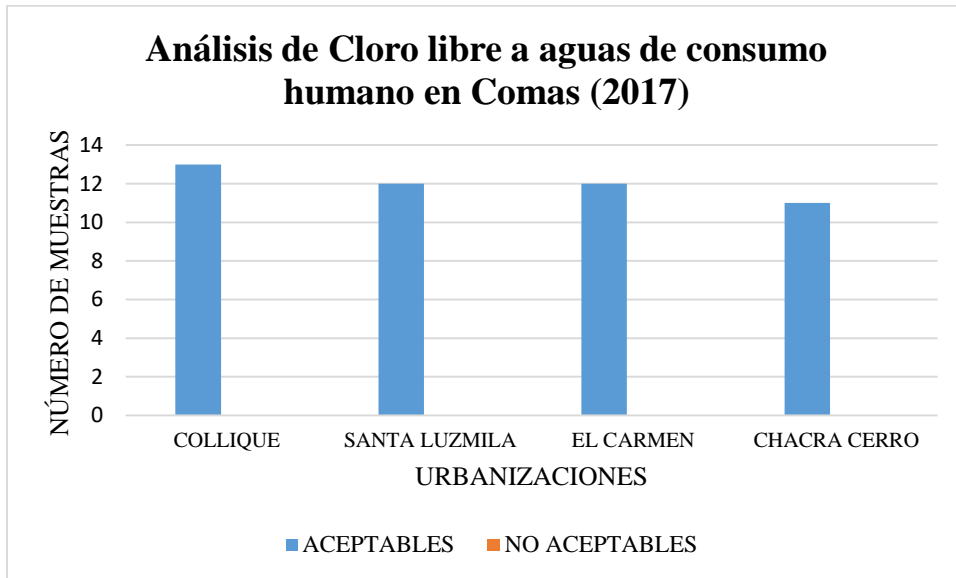


Figura B3. Análisis de Cloro libre a aguas de consumo humano en Comas (2017)

Fuente: Propia

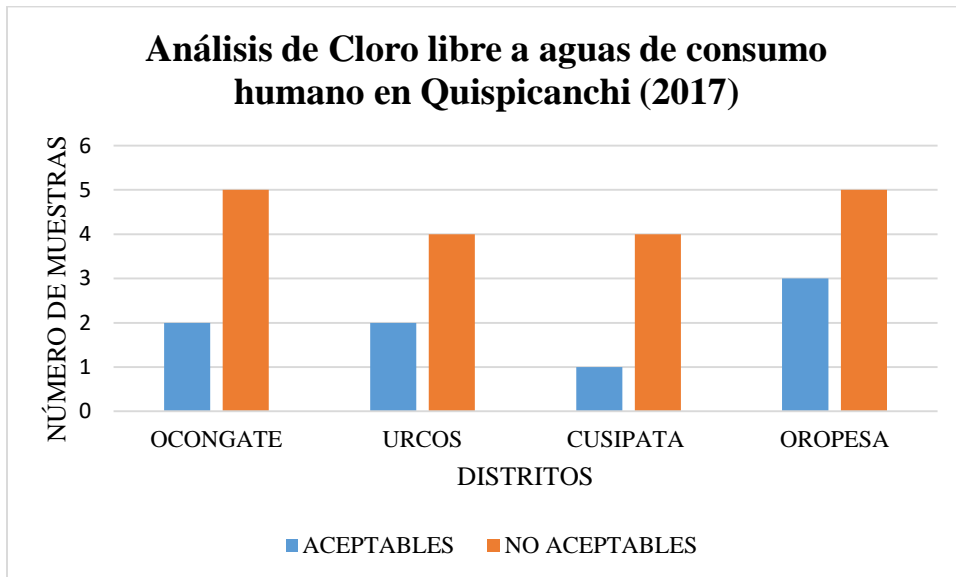


Figura B4. Análisis de Cloro libre a aguas de consumo humano en Quispicanchi (2017)

Fuente: Propia

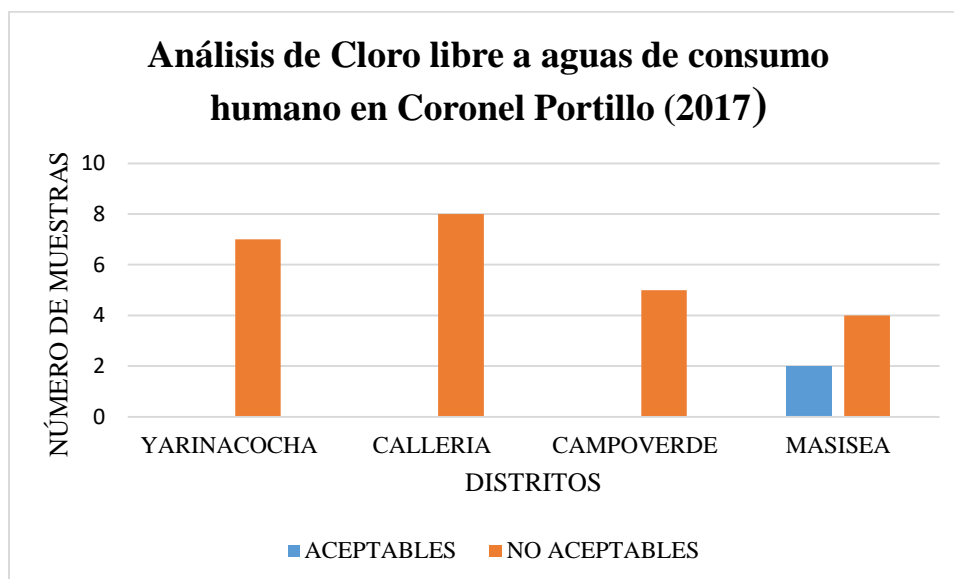


Figura B5. Análisis de Cloro libre a aguas de consumo humano en Coronel Portillo (2017)

Fuente: Propia

**Tabla B7. Estadísticas de muestra única para Color**

Provincia		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Comas	Color (UCV)	48	1,402	,3142	,0454
Coronel Portillo	Color (UCV)	26	6,328	4,4985	,8822
Quispicanchi	Color (UCV)	26	5,374	4,3129	,8458

**Tabla B8. Prueba de muestra única para Color**

Provincia		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Comas	Color (UCV)	-48,465	47	,005	-2,1981	-2,289	-2,107
Coronel Portillo	Color (UCV)	3,093	25	,005	2,7285	,911	4,545
Quispicanchi	Color (UCV)	2,097	25	,046	1,7738	,032	3,516

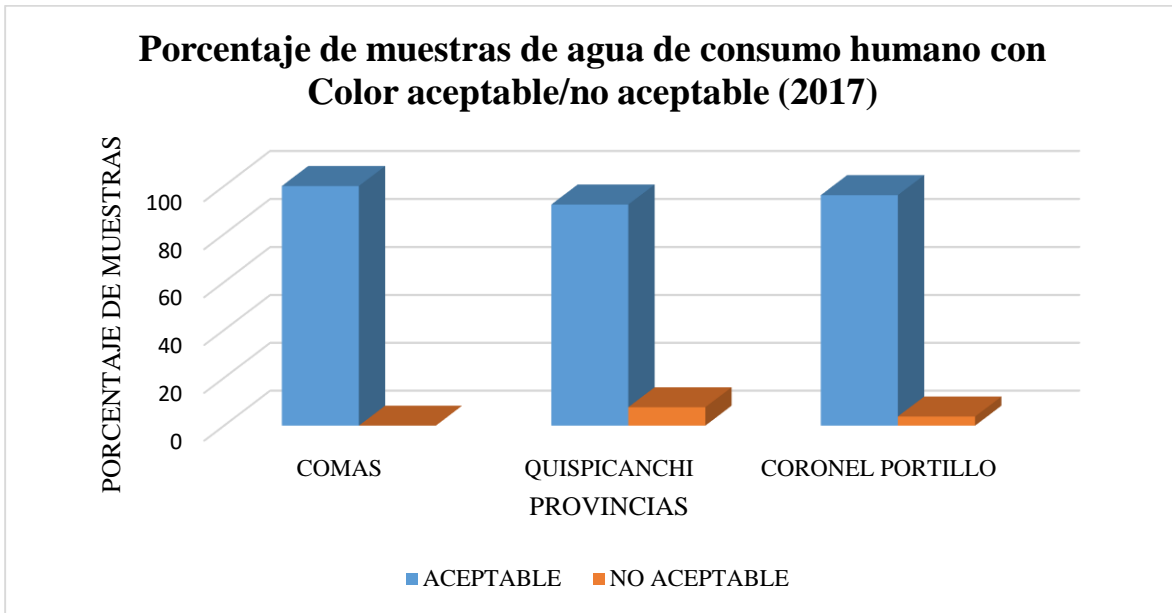


Figura B6. Porcentaje de muestras de agua de consumo humano con Color aceptable/no aceptable (2017)

Fuente: Propia