



Calidad de agua que consume la población de los centros poblados de Cuculi, Santos Vera, El Milagro, El Espinal y humedades del sector rural del departamento de Lambayeque

Ysabel Nevado Rojas
Doyle Isabel Benel Fernández
James Jenner Guerrero Braco
Ronald Alfonso Gutiérrez Moreno
César Augusto Monteza Arbulú
Luis Antonio Pozo Suclupe
Manuel Jesús Sánchez Chero



Calidad de agua que consume la población de los centros poblados de Cuculi, Santos Vera, El Milagro, El Espinal y humedades del sector rural del departamento de Lambayeque

**Calidad de agua que consume la población de los centros
poblados de Cuculi, Santos Vera, El Milagro,
El Espinal y humedades del sector rural
del departamento de Lambayeque**

Ysabel Nevado Rojas
Doyle Isabel Benel Fernández
James Jenner Guerrero Braco
Ronald Alfonso Gutiérrez Moreno
César Augusto Monteza Arbulú
Luis Antonio Pozo Suclupe
Manuel Jesús Sánchez Chero



Ysabel Nevado Rojas
Doyle Isabel Benel Fernández
James Jenner Guerrero Braco
Ronald Alfonso Gutiérrez Moreno
César Augusto Monteza Arbulú
Luis Antonio Pozo Suclupe
Manuel Jesús Sánchez Chero

Calidad de agua que consume la población de los centros poblados de Cuculi, Santos Vera, El Milagro, El Espinal y humedades del sector rural del departamento de Lambayeque

ISBN: 978-9942-603-44-9

Savez editorial

Título: Calidad de agua que consume la población de los centros poblados de Cuculi, Santos Vera, El Milagro, El Espinal y humedades del sector rural del departamento de Lambayeque

Primera Edición: Mayo 2022

ISBN:978-9942-603-44-9

Obra revisada previamente por la modalidad doble par ciego, en caso de requerir información sobre el proceso comunicarse al correo electrónico editor@savezeditorial.com

Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros), sin la previa autorización por escrito del titular de los derechos de autor, bajo las sanciones establecidas por la ley. El contenido de esta publicación puede ser reproducido citando la fuente.

El trabajo publicado expresa exclusivamente la opinión de los autores, de manera que no compromete el pensamiento ni la responsabilidad del Savez editorial

Prólogo

El libro se realiza en el sector rural del departamento de Lambayeque, persigue determinar la Calidad del agua que consume la población de los Centros Poblados de Cuculí, Santos Vera, El Milagro, El Espinal y Humedades del sector rural del departamento de Lambayeque.

Se trabajó en tres etapas; la primera, Etapa facto-perceptible de la investigación; la segunda, Determinación de las propiedades físico-químicas y microbiológicas del agua que consumen los centros poblados indicados; la tercera etapa, Evaluación de los resultados para elaborar las generalizaciones, conclusiones y recomendaciones utilizando métodos teóricos y empíricos fundamentales.

Se hizo un estudio profundo de las características de las aguas que se abastecen al sector rural en el departamento de Lambayeque, como objeto de estudio y de las característica de las aguas que consumen los centros poblados de Santos Vera, Cuculí, El Milagro, Humedades y El Espinal del sector rural del departamento de Lambayeque como campo de estudio; La hipótesis “La calidad de agua que consume la población de los Centros Poblados de Cuculí, Santos Vera, El Milagro, El Espinal y Humedades del sector rural del departamento de Lambayeque no es la adecuada para el consumo humano” fue comprobada, para ello se relacionan los datos obtenidos con los límites máximos permisibles (LMP) del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano Peruano emitido según el DS N° 031-2010-SA. No todas las determinaciones analíticas evaluadas cuentan con LMP establecidos, pero con los que se cuentan, la mayoría de estas, se encuentra dentro de los LMP; las concentraciones encontradas no confieren a las aguas características de calidad deseada, ya sea porque son aguas incrustantes, corrosivas, duras o con indicios de contaminación orgánica y las principales causas son antropogénicas y naturales.

INTRODUCCIÓN

El acceso al agua potable es fundamental para la salud, uno de los derechos humanos básicos y un componente de las políticas eficaces de protección de la salud. La importancia del agua, el saneamiento y la higiene para la salud y el desarrollo han quedado reflejados en los documentos finales de diversos foros internacionales sobre políticas, entre los que cabe mencionar los relativos a la salud, como la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud que tuvo lugar en Alma Ata, Kazajstán (ex Unión Soviética) en 1978. También cabe mencionar conferencias sobre el agua, como la Conferencia Mundial sobre el Agua de Mar del Plata (Argentina) de 1977, que dio inicio al Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental, así como los objetivos de la Declaración del Milenio adoptada por la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU) en 2000 y el documento final de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de Johannesburgo de 2002. Más recientemente, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el periodo de 2005 a 2015 como Decenio Internacional para la Acción “El agua, fuente de vida”.

El acceso al agua potable es una cuestión importante en materia de salud y desarrollo en los ámbitos nacional, regional y local. Así mismo que las medidas destinadas a mejorar el acceso al agua potable favorecen en particular a los pobres, tanto de zonas rurales como urbanas, y pueden ser un componente eficaz de las estrategias de mitigación de la pobreza.

El agua de bebida salubre (agua potable), no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes sensibilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. Las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos. El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal.

Es ampliamente conocido que una de las principales fuentes de agua de consumo humano, el agua subterránea, actualmente está siendo receptora de las consecuencias provocadas por las diferentes actividades que lleva a cabo el ser humano haciendo de éste un recurso altamente vulnerable al acceso de la misma. Las diferentes fuentes de agua pueden ver mermada su calidad por dos tipos de contaminación según su origen, contaminación natural o geoquímica, y contaminación antropogénica.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2003), las enfermedades transmitidas por el agua, causan el 80% de las enfermedades y muertes que se producen en los países en desarrollo y provocan la muerte de un niño cada ocho segundos. La mitad de las camas de hospitales del mundo, están ocupadas por gente que padece enfermedades transmitidas por el agua.

Se ha comprobado que los servicios deficientes de agua y saneamiento, son la causa directa del deterioro de las condiciones de salud, así como causa importante de enfermedades originadas en el medio ambiente.

Según Guissé (1997). Actualmente, 1.400 millones de personas no tienen acceso a agua potable, y casi 4.000 millones carecen de un saneamiento adecuado.

Al trimestre enero-febrero-marzo de 2013, el 85,9% de los hogares del país se abastecían de agua mediante red pública, (dentro de la vivienda o fuera de la vivienda pero dentro del edificio o pilón de uso público). En el área urbana, el 94,7% de los hogares contaban con este tipo de servicio, mientras en el área rural el 58,4%.

El presente trabajo de investigación buscó determinar ¿Cuál es la Calidad de agua que consume la población de los Centros Poblados de Cuculí, Santos Vera, El Milagro, El Espinal y Humedades del sector rural del departamento de Lambayeque 2011? para identificar las posibles fuentes de contaminación y los problemas que generaría el consumo de esta agua y proponer las medidas correctivas destinadas

a mejorarla, de tal manera que favorezcan en particular a los pobres de las zonas rurales, y pueden ser un componente eficaz de las estrategias de mitigación de la pobreza.

Para ello se ha planteado el Objetivo de “Determinar la Calidad de agua que consume la población de los Centros Poblados de Cuculí, Santos Vera, El Milagro, El Espinal y Humedades del sector rural del departamento de Lambayeque” para lograrlo se tomaran muestra de agua de los diferentes centros poblados y se determinan las principales propiedades físico-químicas y microbiológicas de las aguas que consumen los centros poblados indicados, lo que permitirán tener una visión de la calidad del líquido elemento.

Se plantea la siguiente Hipótesis “La calidad de agua que consume la población de los Centros Poblados de Cuculí, Santos Vera, El Milagro, El Espinal y Humedades del sector rural del departamento de Lambayeque no es la adecuada para el consumo humano”.

Se cuenta con los antecedentes a continuación considerados:

Campos et al. (2008). Indica que la presencia de coliformes totales y termo tolerantes nos permite deducir contaminación fecal lejana y los E. Coli contaminación fecal reciente, de igual forma se ha propuesto el uso de *Clostridium perfringens* como indicador de contaminación fecal lejana.

La Organización Mundial de la Salud OMS (1970) indicó que el *Clostridium perfringens* llamado también Enterococos (Estreptococos fecales), forman saprofitos corrientes en el intestino del hombre y animales.

Montes de Oca, (1998) en la Guía Metodológica y Técnicas Analíticas para el control de calidad del agua PRONAP – BCEOM – OIST ha establecido que las bacterias reductoras de sulfatos (*Desulfovibrio desulfurican*) se presenta normalmente como bacterias en las aguas subterráneas y provocan corrosión de tuberías del sistema de bombeo, entrega y distribución, destruyendo por reducción de sulfatos a sulfuros insolubles, aumentando el grado de corrosión metálica del

fierro y aceros, facilitando contaminación por irrupción de corrientes confinadas de agua subterránea, cargados de nitratos, nitritos.

Espinoza et al. (2004). El Ministerio de Salud y el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados en la publicación se presenta con una introducción general sobre los antecedentes y organización del sector agua potable y Saneamiento en Costa Rica, seguida de un capítulo central que trata sobre la disponibilidad y acceso al agua potable en el país, reseña las situación de las principales enfermedades de transmisión hídrica, destacando las enfermedades diarreicas como segunda causa de enfermedad de declaración obligatoria. Se aborda el tema de vulnerabilidad del recurso hídrico y de la infraestructura sanitaria, destacándose la vulnerabilidad ante desastres naturales. Finalmente se genera los principales retos, cerrando con un capítulo de conclusiones y recomendaciones, donde se presentan las perspectivas para buscar el mejoramiento de la calidad de agua entregada a la población costarricense.

González et al. (2007). Realizan un diagnóstico de la calidad del agua de consumo en las comunidades del sector rural noreste del municipio de León, Nicaragua, indicaron que es ampliamente conocido que una de las principales fuentes de agua de consumo humano, es el agua subterránea que actualmente está siendo receptora de la contaminación provocada por el ser humano. El objetivo de su estudio fue caracterizar la calidad del agua de consumo humano del sector rural noreste de León. Se realizaron análisis microbiológicos, análisis físico-químicos y análisis de plaguicidas. Además, se realizó una encuesta sobre las características de las fuentes de agua (pozos), el uso y tratamientos de sus aguas. Los análisis microbiológicos mostraron que un 95.7% de los resultados, no cumplen con los requisitos establecidos en las normas CAPRE. Según los estándares del laboratorio de microbiología de la UNAN-León, el 97.1% de las muestras están contaminadas. El 18.8% de los pozos presenta contaminación físico-química y el 31.3% de los pozos presentan contaminación con pesticidas. El principal pesticida encontrado fue el Clorpirifos, seguido por DDT. Las pruebas estadísticas asociaron significativamente la contaminación microbiana con el tipo de pozo. Existe un grado de asociación significativa entre la contaminación microbiana y la presencia de

animales cerca del pozo. Los resultados sugieren que la contaminación se da fundamentalmente por introducción directa de mecatres contaminados a los pozos.

Segura et al. (2003). Analiza los niveles de plomo (Pb), cadmio (Cd), aluminio (Al), zinc (Zn), cobre (Cu) y cromo (Cr) en agua de bebederos de presión distribuidos en el Campus de la Universidad de San Paulo, Ribeirão Preto, Brasil, trabajó de acuerdo con la Guía de Valores Máximos Recomendados de la Organización Mundial de la Salud (OMS), determinó plomo, cadmio y zinc se detectaron en concentraciones superiores a las recomendadas en 40%, 20% y 13% de las muestras, respectivamente. Los resultados son analizados considerando aspectos nutricionales y toxicológicos.

Van Leeuwen (2000). La distribución de agua potable es uno de los factores más importantes para alcanzar la disminución de los índices de mortalidad y morbilidad en los países en desarrollo. Tradicionalmente, la calidad microbiológica del agua potable ha sido el aspecto que ha generado mayor preocupación en salud pública, sin embargo, el avance en el conocimiento sobre el peligro de la exposición a agentes químicos ha llamado la atención de la población y de las autoridades en los últimos años.

Calderón (2000). El agua es fuente natural de oligoelementos esenciales para la vida, dichos micronutrientes en cantidades ínfimas desempeñan un papel determinante como constituyentes de enzimas o como elementos que intervienen en la síntesis de las mismas. Niveles deficitarios o excesivos de metales esenciales pueden desencadenar daños para la salud. El zinc, cobre, selenio, cromo y manganeso son algunos de los oligoelementos esenciales para la vida. Además de los metales esenciales, el agua potable puede contener metales tóxicos que pueden causar una serie de enfermedades en el ser humano.

Banks et al. (1999). Los metales pesados se caracterizan por tener efecto bioacumulativo y en concentraciones superiores a las recomendadas han sido responsabilizados de causar daños en el sistema nervioso central y periférico, renal, hematopoyético y esquelético, algunos también presentan efectos

carcinogénicos. La gravedad de tales daños depende del grado y tiempo de exposición a dichos elementos.

Segura et al. (2003). El Departamento de Agua y Alcantarillados de Ribeirão Preto tomó muestras de agua colectadas en diferentes puntos de la red de abastecimiento indicando que están de acuerdo con los padrones de potabilidad de la OMS, recientes análisis de metales en agua residencial de diferentes puntos de la ciudad, realizados por el Sector de Metales del Departamento de Puericultura y Pediatría de la Facultad de Medicina, también presentaron niveles normales de metales. Por lo que se considera que, la presencia de Cd, Pb y Zn en concentraciones superiores a las recomendadas puede estar relacionada con las condiciones de mantenimiento y limpieza dadas a los bebederos de presión en las diferentes unidades académicas, asistenciales y administrativas del campus, o se debe al aporte de los materiales empleados en las tuberías de las construcciones de este recinto universitario en las décadas pasadas

González et al. (2007). Propone los siguientes factores de origen natural sobre los que va a depender la calidad del agua: naturaleza del agua de lluvia que rellena los acuíferos, tipos de aguas subterráneas (edad del agua del acuífero), tipo de suelo y el tipo de roca que forma el acuífero. Como factores antropogénicas de contaminación pueden ser: Usos del suelo cercanos a los acuíferos (agrícola, ganadero, etc.) y la infiltración de aguas residuales.

El departamento de Lambayeque políticamente está dividida en tres provincias: Lambayeque, Ferreñafe y Chiclayo distribuyéndose entre estos 39 Distritos; 20 distritos pertenecientes a la Provincia de Chiclayo, 7 de la Provincia de Ferreñafe y 12 de la Provincia de Lambayeque; se toma como grupo de estudio piloto los centros poblados de Cuculí del distrito de Chongoyape, Villa el Milagro del distrito de Ciudad Eten, Santos Vera del distrito de Túcume, El Espinal del distrito de Oyotún y Humedades del Distrito de Salas, que están enmarcados dentro del sector rural.

▪ Sector Rural - Centros Poblados Y Caseríos

Población total del Departamento de Lambayeque ubicados en la parte media y baja de la Cuenca Chancay – Lambayeque.

Cuculí

Cuculí es un centro poblado perteneciente al distrito de Chongoyape, la capital de este distrito es la ciudad de Chongoyape, ubicada a 248 msnm y a 60 km al Este de la ciudad de Chiclayo

El distrito de Chongoyape se encuentra ubicado en la parte noreste de la provincia de Chiclayo, constituyéndose uno de los distritos más alejados del litoral y cercanos al macizo andino; La mayor parte de su territorio se encuentra en la región Chala y una pequeña parte en la región Yunga marítima. Los límites del distrito de Chongoyape son:

- Norte : Pítipo.
- Sur : Distrito de Oyotún y Pucalá.
- Este : Tocmoche, Miracosta y Llama.
- Oeste : Distrito Manuel Mesones Muro y Patapo.

Cuculí se encuentra en el trayecto de la carretera, Chiclayo Chongoyape, (aproximadamente a 45 km de la ciudad) pertenece al distrito del nombre anteriormente mencionado. Está ubicada entre el valle del río Chancay y la comunidad "Santa Lucía" de Ferreñafe.

El Distrito de Chongoyape, es uno de los veinte distritos de la provincia de Chiclayo, ubicada en el Departamento de Lambayeque, bajo la administración del Gobierno regional de Lambayeque, en el Perú. Muy cerca está ubicado también el reservorio de Tinajones y la Central Hidroeléctrica de Carhuaquero.

La actual población de Cuculí es de 1 314 habitantes, con un total de 350 viviendas. Los pobladores de Cuculí, trabajan para las empresas agroindustriales de la zona que constituye una actividad importante en la economía de este distrito; un sector

pequeño se dedica a negocios de comercialización de cultivos propios de la zona como son la caña y el maíz.

El sistema de agua potable de Cuculí está constituido por un reservorio, la empresa administradora del servicio de agua y alcantarillado en la ciudad, es EPSEL S.A y administrada por una Junta de Administración de Saneamiento (JAS), pero el problema que aqueja a la población es que solo dispone de este servicio una sola hora al día.

En cuanto a saneamiento, el pueblo de Cuculí dispone de estas medidas, las cuales son Instalaciones sanitarias adecuadas para todos, independientemente de la diferencia de sus condiciones de vida.

Villa El Milagro

El Centro Poblado Menor Villa del Milagro se encuentra a 1,5 km de la ciudad de Eten, aproximadamente está a unos 5 ó 7 minutos de la ciudad. El distrito de Eten, es uno de los veinte distritos de la provincia de Chiclayo, ubicada en el Departamento de Lambayeque, bajo la administración del Gobierno regional de Lambayeque, en el Perú. Límites de ciudad Eten:

- Por el norte : Distrito de Monsefú
- Por el Sur : Puerto Eten y el distrito de Lagunas
- Por el Este : Distrito de Reque
- Por el Oeste : Puerto Eten y el mar del Perú

La mayoría de sus suelos son desérticos y salitrosos, poco aptos para la agricultura, la flora natural presenta especies como sauce, pájaro bobo, carrizos, totora, grama salada, chopos, etc. La fauna es rica en especies marítimas.

Villa del Milagro tiene la categoría de Centro Poblado Menor, no es ni caserío ni tiene otro tipo de nomenclatura en el rubro de jurisdicciones. Nace a raíz del fenómeno del niño de 1998 donde Eten fue el blanco de sus embates, y un aproximado de 150 casas se desplomaron, lo que originó que pobladores migren hacia el noreste de la ciudad para fundar el centro poblado VILLA EL MILAGRO.

Eten queda semidestruida y la población que tiene la necesidad de una vivienda opta por formar un conjunto habitacional de material prefabricado los cuales son donaciones de “Caritas de Perú”, “Hogar de Cristo”, entre otros. La institución que promovió la formación de este centro poblado fue la iglesia católica, es por eso que encontramos diferentes calles con nombres de santos y de nombres de instituciones que colaboraron para su realización.

Inicialmente existían 250 familias en la comunidad “El Milagro”, pero conforme pasaba el tiempo las familias regresaban a Ciudad Eten, algunos porque no se adaptaban al modo de vivir, otros por el clima muy frío y otras causas; De las 250 sólo han fundado 200 familias, los cuales piensan quedarse a construir sus propias viviendas de un mejor material en dicha comunidad.

Villa El Milagro es mucho más privilegiado que ciudad de Eten, por que cuenta con agua potable las 24 horas del día, además cuenta con su propio JAS es la Junta de Administración de Saneamiento, que es la agrupación de un pequeño comité que son los que regularizan, bombean y potabilizan el agua .

Villa El Milagro paga S/. 5,00/casa_xmes y cuenta con agua todo el día, además cuenta con todo el saneamiento que ha sido atendido por inversión de la municipalidad y por inversión de otras entidades.

Santos Vera

El distrito de Túcume fue creado el 17 de noviembre de 1894, durante el gobierno de Cáceres; Su capital es el pueblo de Túcume situado a 33,1 km de la ciudad de Chiclayo y a 43 msnm, Este distrito está ubicado en la parte central de la provincia de Lambayeque, en la región Chala y alejado del mar.

Sus límites de Túcume son:

Norte : Distrito de Illimo;

Este : Distrito de Pítipo

Sur : Distrito de Mochumi;

Oeste : Distrito de Mórrope

El distrito de Túcume tiene una población que supera los 20000 habitantes, de los cuales aproximadamente 13 000 viven en la zona rural y el resto vive en la ciudad, aquí se incluye al Pueblo Joven Federico Villarreal.

El caserío Santos Vera se encuentra ubicado a 3,5 km aproximadamente de la ciudad de Túcume, tiene una población de 930 habitantes en un total de 155 viviendas, su acceso se realiza a través de una trocha carrozable, el 90 % las viviendas están construidas de adobe, 5% de quincha, techado de calamina, no existe planificación en la expansión de la zona urbana.

La población se abastece de agua mediante pozos artesanales que se encuentran alejados de sus viviendas, construidos por los pobladores de donde extraen el agua para su consumo, estos pozos son a tajo abierto, debido a esto la población sufre altos índices de enfermedades gastrointestinales, parasitarias y dérmicas. La distribución de agua es administrada por la Junta de Administración de Saneamiento (JAS), que provee de agua a la población desde 6 am a 8 pm; No cuentan con desagüe, utilizando “pozos ciegos” o “letrinas”.

Humedades

El distrito de Salas está situado en el extremo oriental de la provincia de Lambayeque, alejado del mar y pegado a la cordillera Occidental de los Andes, cuyos contrafuertes cortan su territorio. Su territorio está subdividido en las regiones Chala y Yunga. Sus límites son:

Norte : Departamentos de Piura y Cajamarca

Este : Distritos de Cañarís e Incahuasi

Sur : Distrito de Jayanca

Oeste : Distritos de Motupe, Chóchope y Olmos.

Tiene una extensión de 1 121,74 km² y una población de 11,102 personas, con una densidad de 10 habitantes por km². Cuenta con más de 14 caseríos y 45 anexos que tienen un promedio de 61 habitantes cada uno.

El caserío Humedades, también llamado Cooperativa San Martín, se encuentra ubicado a 10 km al Oeste del distrito de Salas. Se divide a su vez en Humedades Bajo y Humedades alto, posee una población de 152 habitantes según el censo 2011 realizado por INEI. La población de este caserío cuenta con agua potable, sin embargo no posee alcantarillado, lo cual hace que haya un mayor grado de contaminación en sus aguas y en la población. Cuentan con agua potable, sin embargo según la pruebas tomadas por la posta médica indican que hay veces en que el agua no llega lo suficientemente clorada, lo cual podría ser una de las razones por la cual la población frecuente enfermedades como la diarrea.

La falta de desagüe, origina una serie de problemas, como el no tener letrinas, debido a ello surge la necesidad de crear pozos ciegos, en el cual hay una gran concentración de desechos humanos. Además de ello las amas de casa, como consecuencia de sus actividades domésticas arrojan agua contaminada con detergente y otros al suelo directamente y, esto por la falta de un sistema de alcantarillado que les permita desechar adecuadamente estas aguas.

El espinal

El Distrito de Oyotún está ubicado en el extremo oriental de la provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, es conocida también como tierra del águila milenaria. La capital del distrito es el pueblo de Oyotún, situado en la margen izquierda del río Zaña a 200 metros de altitud sobre el nivel del mar, latitud Sur 6° 50' 52.5" y 79° 8' 3.4" de Longitud Occidental.

La capital del distrito es el pueblo de Oyotún; políticamente y para su administración está conformado por 13 Caseríos y varios centros poblados. En el último censo reconocido, Oyotún, en la zona rural tiene una población de 4 401 habitantes que comprende a los caseríos de Chumbenique, La Compuerta, Sorronto (Campo Nuevo, Alumbral), Bebedero-San Luís, Pan de Azúcar (Santa Rita y el Quince), Macuaco (El Ocho), Espinal (El Seis, Espinal Alto y El Conde), Las Delicias (San Cristóbal), Chilcal, Polvareda y Virú (Sorronto Alto), además se incluye en este censo a los centros poblados de Quernoche , La Central y Telles.

La instalación del servicio de agua potable y alcantarillado en el distrito se inicia en el año de 1969, se han realizado ampliaciones y mejoramientos pero el crecimiento demográfico poblacional ha sido mucho más rápido por lo que se hace urgente la intervención del gobierno local y/o nacional a fin de mejorar el servicio que sólo llega a menos del 50% de la población urbana y mínimamente en los sectores rurales

▪ **Problemática**

El agua es un elemento esencial para la vida humana, para la salud básica y para la supervivencia, así como para la producción de alimentos y para las actividades económicas.

Según Guissé (1997). En el ser humano, la pérdida de agua puede tener consecuencias graves, si alcanza el 10% de la masa presente en el cuerpo, y provocar la muerte a partir del 20%. Por otra parte, aunque el agua está siempre cargada de diferentes sustancias minerales y orgánicas, su contenido en el hombre adulto y en buena salud va del 58 al 67%, mientras que en el recién nacido es del orden del 66 al 74%.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2003), las enfermedades transmitidas por el agua, causan el 80% de las enfermedades y muertes que se producen en los países en desarrollo y provocan la muerte de un niño cada ocho segundos. La mitad de las camas de hospitales del mundo, están ocupadas por gente que padece enfermedades transmitidas por el agua.

Se ha comprobado que los servicios deficientes de agua y saneamiento, son la causa directa del deterioro de las condiciones de salud, así como causa importante de enfermedades originadas en el medio ambiente. El impacto de la falta de agua segura, se traduce en que casi la mitad de los habitantes de los países en desarrollo — sobre todo niñas y niños— sufren enfermedades causadas, directa o indirectamente, por el consumo de agua o de alimentos contaminados, o por organismos patógenos que se desarrollan en el agua (Organización de las Naciones Unidas, 2003). Las cifras son dramáticas: cada año, 2,2 millones de habitantes de países en vías de desarrollo, (la mayoría menores de edad), mueren

por enfermedades asociadas a la falta de acceso al agua potable, la inadecuada salubridad y la escasa higiene; esto significa que, diariamente, 6 000 niños y niñas mueren por estas razones.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2003), una persona necesita beber aproximadamente cuatro litros de agua por día. De acuerdo con los parámetros de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2000) y del Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), un suministro razonable de agua debe corresponder como mínimo a veinte litros por persona al día, y la instalación debe estar situada a menos de un kilómetro de la vivienda del usuario; Sin embargo casi el 14% de la población del mundo vive a 60 kilómetros o menos de la costa.

Las enfermedades y defunciones relacionadas con las aguas costeras contaminadas cuestan a la economía mundial, por sí solas 16 000 millones de dólares por año.

En término medio, el uso doméstico diario de agua dulce de una persona de un país desarrollado, es diez veces superior al de una persona de un país en desarrollo. En el Reino Unido, una persona usa un promedio de 135 litros de agua por día, en los países en desarrollo se usa 10 lt /día.

Según Guissé (1997). Actualmente, 1 400 millones de personas no tienen acceso a agua potable, y casi 4 000 millones carecen de un saneamiento adecuado. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2003), el problema es especialmente grave en las zonas rurales y en las zonas urbanas en rápida expansión; Por ejemplo en África, 300 millones de personas (el 40% de la población) viven sin un saneamiento e higiene básicos, lo cual representa un aumento de 70 millones de personas desde 1990.

En Asia meridional, entre los años 1990 y 2000, 220 millones de personas se beneficiaron con las mejoras en el acceso al agua dulce y al saneamiento. En ese mismo período, se sumaron a la población 222 millones de personas, lo cual anuló totalmente los adelantos logrados. En ese mismo período, en África oriental se duplicó la cantidad de gente sin servicios de saneamiento, pasando a 19 millones de personas.

El costo de suministrar agua potable y servicios de saneamiento adecuados a todas las personas en el mundo para el año 2025, será de 180 000 millones de dólares por año, es decir una inversión de dos a tres veces mayor que la actual.

A nivel de América Latina, los datos revelan que 15% de la población regional (alrededor de 76 millones de personas), no tiene acceso a agua potable, proporción que se duplica en el caso de las zonas rurales, mientras que el 60% de las viviendas urbanas y rurales con conexión no tienen un abastecimiento continuo.

Respecto a la eliminación de aguas residuales, menos del 50% de la población está conectada a redes y una tercera parte depende de sistemas individuales; sólo 14% del volumen total es tratado, en muchos casos en lagunas de oxidación obsoletas. Es importante resaltar que en los países en desarrollo, casi la mitad del agua potable de los sistemas de suministro se pierde por filtraciones, falta de mantenimiento y conexiones ilícitas, lo cual aumenta la vulnerabilidad frente al acceso a este recurso.

De acuerdo a los resultados de la Encuesta Nacional de Hogares (ENAH, 2001) desarrollada por el Centro Nacional de Planeamiento Estratégico en su informe Evolución Socioeconómica del Perú (1990 – 2010), se indica que el 63,7 % de los hogares accede a agua potable por red pública, el 60,8 % por instalaciones dentro de la vivienda y el 2,9 % acceden por fuera de la vivienda pero dentro del edificio, en el que se encuentra ubicada la vivienda. El resto de los hogares acceden al agua pero en condiciones riesgosas para su salud, representando el 36,3 % de la población. Este último grupo de hogares se abastece de agua de río, acequia o manantial (15,6 %), pozo 6,3 %, pilón de uso público 4,8 % y otras formas como agua de lluvia, nieve derretida, agua de vecino, etc. (5,0 %).

▪ **Características Del Problema**

En el sector de agua potable y saneamiento del Perú, se han logrado importantes avances en las últimas dos décadas del siglo XX y primera del siglo XXI, como el aumento del acceso de agua potable del 30% al 62% ocurrido entre los años 1980 al 2004 y el incremento del acceso de saneamiento del 9% al 30% entre los años 1985 al 2004 en las áreas rurales. Asimismo, se han logrado avances en la

desinfección del agua potable y el tratamiento de aguas negras. Sin embargo, quedan muchos retos en el sector, tal como:

- Insuficiente cobertura de servicios;
- Mala calidad de la prestación de servicios que pone en riesgo la salud de la población;
- Deficiente sostenibilidad de los sistemas construidos;
- Tarifas que no permiten cubrir los costos de inversión, operación y mantenimiento de los servicios;
- Debilidad institucional y financiera; y
- Recursos humanos en exceso, poco calificados y con alta rotación

a. Acceso a servicios básicos:

Acceso a agua por red pública

La tenencia de agua dentro de la vivienda es uno de los servicios básicos fundamentales para mantener en buen estado la salud de las personas. La carencia de agua y saneamiento adecuado tiene impacto sobre la salud de las personas, su futuro desarrollo y calidad de vida. El contagio de enfermedades transmitidas por falta de aseo personal y contaminación del medio ambiente se agrava por ausencia de agua y saneamiento.

De acuerdo con los resultados de la Encuesta Nacional de Hogares del primer trimestre de 2013, el 85,9% de los hogares del país se abastecieron de agua mediante red pública. Este servicio presentó mayor cobertura en el área urbana. Así, el 94,7% de los hogares contaban con agua por red pública, mientras en el área rural solo el 58,4% registró esta forma de abastecimiento. En comparación a similar trimestre del año 2012, el porcentaje de hogares que se abastecieron de agua por red pública aumentó en 5,2 puntos porcentuales. Por área de residencia, en el área rural el incremento fue de 7,6 puntos porcentuales y en el área urbana de 3,8 puntos porcentuales.

Acceso al sistema de alcantarillado por red pública

Otro de los servicios básicos relacionado con el estado de salud de la población es el acceso a la red de eliminación de excretas por red pública. En el trimestre de análisis, el 72,1% de los hogares del país eliminaron sus excretas mediante sistema de alcantarillado por red pública. En el área urbana el 89,7% de los hogares tuvieron este servicio; mientras que en el área rural el 44,2% de los hogares contaron con red pública por alcantarillado o con pozo séptico. Comparado con similar trimestre del año anterior, los hogares urbanos que accedieron a este servicio se han incrementado en 3,2 puntos porcentuales y en el área rural los hogares que cuentan con sistema de alcantarillado o los que tienen pozo séptico en 0,9 punto porcentual.

La proporción de la población con acceso al agua segura en la República del Perú es de 83%. Esta cifra es menor al promedio de Centro y Sudamérica (91%) y al de Ecuador (94%) y de Bolivia (85%). (Cifras del año 2004, Libro de la Infancia de UNICEF (2007).).

La proporción de la población con acceso al agua en el Perú, en las zonas urbanas llega al 85,2% por estar relativamente avanzado el acondicionamiento de los sistemas de agua potable y de alcantarillado. En cambio, en las zonas rurales se limita a un bajo nivel de apenas el 32%. Así mismo, en la zona rural, el % de acondicionamiento de infraestructuras sanitarias como baños es bajo.

El Gobierno del Presidente Alan García que inició su mandato en 2006, ha posicionado entre las medidas contra la pobreza, el suministro de agua y saneamiento, como tarea de desarrollo prioritario. En el año 2006 se formuló el Plan Nacional de Saneamiento (2006-2015) y se está encarando la ejecución de dicho Plan bajo la consigna "Agua Para Todos". El Plan Nacional de Saneamiento tiene como objetivo la realización de la mejora y ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado, estableciendo como objetivo reducir hasta el año 2015, a la mitad la población sin acceso al agua segura y al sistema de alcantarillado. Viene realizando los proyectos de agua y saneamiento en las localidades rurales y pequeñas ciudades, que no reciben los servicios de EPS, a través de las siguientes entidades. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento tiene la competencia como Gobierno Central; en las localidades rurales, los Gobiernos

Regionales son competentes en la ejecución de las políticas; como organismos ejecutores se encuentran las Municipalidades Distritales y las organizaciones comunales como Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS) y Comités de Agua y Saneamiento.

Los prestadores de servicios formales en el país son:

- La empresa Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL)
- 49 Empresas Prestadoras de Servicios Municipales (EPS) en otras ciudades (SEDAPAL y las EPS tienen bajo su jurisdicción al 62% de la población total del país).
- Municipalidades pequeñas (490) que albergan al 9% de la población total.

Solamente una parte de la población bajo la jurisdicción de estos prestadores formales está servida por los mismos. Otra parte está servida por prestadores informales o no tiene servicio.

Casi todos los prestadores de servicios formales del país quedan débiles en aspectos financieros, institucionales y de recursos humanos, a pesar de los esfuerzos por fortalecerlos.

Pequeños prestadores comunitarios y privados

Existen en el país alrededor de 11,800 Organizaciones Comunales - Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS) - que tienen bajo su responsabilidad al 29% de la población, principalmente asentada en el ámbito rural. En el ámbito urbano existen también operadores de camiones cisterna y pozos privados que alimenten pequeñas redes de distribución. Se ha estimado que al menos unos 3 millones de personas en el ámbito urbano reciben servicios de pequeños prestadores. Son atendidas en proporciones aproximadamente iguales por:

- Camiones cisterna.
- Juntas Administradoras.
- Pozos privados.

- O se autoabastecen.

Según un estudio del Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial, los pequeños prestadores han sabido responder exitosamente a una demanda no satisfecha de los estratos más pobres. También han demostrado un nivel de desempeño y una eficiencia y sostenibilidad a la par o mejor que las empresas prestadoras de servicios. Según una encuesta en 14 localidades en 2007, las comunidades servidas por pequeños prestadores de servicios consideran que están recibiendo un buen servicio. El 90% dice estar contento con la cantidad de agua, 80% con la calidad y más de la mitad considera que el precio es justo.

Apoyo a organizaciones comunitarias

Una función clave en el sector de agua y saneamiento que esta frecuentemente descuidada en el apoyo a organizaciones comunitarias que proveen servicios, principalmente las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS) en áreas rurales. Esta función puede ser asignada a municipalidades, EPS, gobiernos regionales o Ministerios a través de sus filiales departamentales. Considerando las municipalidades, la OMS observó en 2000 que la participación de las municipalidades en la atención de los servicios rurales era insuficiente, presentando distintos niveles, desde su exclusión, hasta el apoyo en la preparación del expediente técnico y una completa integración en los procesos de planificación, financiamiento y supervisión de la construcción. Las EPS no tienen ni la capacidad financiera, ni incentivos para apoyar a organizaciones comunitarias. Considerando los Gobiernos Regionales, tienen entre sus funciones la de apoyar técnica y financieramente a los gobiernos locales en la prestación de servicios de saneamiento. Las 24 Direcciones Regionales del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento - una en cada departamento - les apoyan en este papel.

En los 90s muchas inversiones en áreas rurales se hicieron sin verificar la demanda de las comunidades y sin contribución comunitaria en la ejecución de las obras. El resultado fueron sistemas sobre-diseñados que las comunidades no mantuvieron, y entonces una pérdida de fondos públicos. Desde 2002 el Proyecto Nacional de

Saneamiento Rural (PRONASAR) apoya a las JASS directamente y a través de ONG y los municipios así como en la implementación de modelos de gestión - Operadores Especializados del Servicio de Agua Potable y Saneamiento- en las pequeñas y medianas localidades del país.

Desinfección

En áreas urbanas las 43 empresas que prestaron información cumplieron con los niveles de cloro residual en las redes. Son muy raros los casos de ausencia de cloro en las redes de distribución de agua. Sin embargo, el problema principal se presenta en el ámbito rural; de una muestra de 1 630 sistemas analizados, el 59% no desinfecta al agua por carecer de sistemas o insumos necesarios. Considerando que en localidades con menos de 2 000 habitantes se tiene alrededor de 11 800 sistemas, se puede concluir que cerca de 7 000 en el ámbito rural no contaría con sistemas de desinfección.

En el año 2000 el porcentaje de sistemas de abastecimiento de agua potable que usaron la desinfección fue del 80% en áreas urbanas. Otra fuente estima que solamente la mitad del agua distribuida en pequeñas redes privadas en áreas urbanas recibe algún tipo de desinfección.

En áreas rurales las Juntas aplican tarifas fijas mensuales, independiente del uso, como el uso de medidores no es común en estas áreas. La tarifa estimada al equivalente es de US\$ 0,50 por mes, lo que no es suficiente para la operación y el mantenimiento de los sistemas.

Todo ello conlleva a la necesidad de evaluar la calidad de agua, desde el punto de vista de riesgos a la salud, teniendo en cuenta los límites tolerables, como los límites máximos permisibles, que consume la población rural.

Población Del Sector Rural

Según el Diccionario ABC, el concepto de población rural se aplica a aquellos tipos de población ubicadas en zonas no urbanizadas que se dedican a la producción primaria, ya sea de productos agrícolas como de productos ganaderos.

Las poblaciones rurales suelen ser pequeños conglomerados de poblaciones cuya actividad económica principal es la producción de materia prima tanto agrícola como ganadera. Las poblaciones rurales suelen contar con un estilo de vida más natural y mucho más alejado de los elementos que caracterizan a la vida moderna como tecnología, medios de comunicación, etc. En muchos casos, las poblaciones rurales también demuestran estructuras de pensamiento mucho más tradicionales, ligadas en gran modo a la religión, superstición, a la importancia de la familia, del folkllore típico de cada zona, etc.

Por lo general, todos los países cuentan con más regiones rurales que urbanizadas; Sin embargo, esto puede variar en proporción ya que algunos países demuestran todavía una alta cantidad de poblados y comunidades rurales y pocos centros altamente urbanos.

Una localidad o área es considerada rural por su número de habitantes (densidad de población baja), menor de 2500 aproximadamente, dependiendo de lo establecido en cada país, y su actividad económica fundamentalmente del sector primario. Ésta actividad se encuentra asociada a todos aquellos procesos que implican capturar (pesca y caza), explotar (minería y silvicultura), cultivar (agricultura y silvicultura) y criar (en ganadería y agricultura) las materias primas sobre las cuales sólo se hace uso muy básico.

Centro Poblado

Es todo lugar del territorio nacional identificado mediante un nombre y habitado con ánimo de permanencia, por lo general, por varias familias o, por excepción, por una sola familia o una sola persona. Las viviendas pueden hallarse agrupadas de manera contigua formando manzanas, calles y plazas, como en el caso de los pueblos y ciudades, semi-dispersos, como una pequeña agrupación de viviendas contiguas, como es el caso de algunos caseríos, rancherías, anexos, etc. o, hallarse totalmente dispersos, como por ejemplo las viviendas de los agricultores en las zonas agropecuarias.

Para efectos de la actualización de centros poblados, enmarcado dentro del Proyecto de Caracterización de la Población Retornante, se ha establecido dos tipos de centros poblados denominados centro poblado mayor y centro poblado menor.

Centro Poblado Mayor

Es aquel en donde se encuentra la sede de las autoridades de gobierno (Gobernador y Tenientes Gobernadores), autoridades locales (Alcalde Distrital, Alcaldes de Centros Poblados Menores, Agente Municipal) o comunales (Presidente de la Comunidad Campesina o Nativa). La jurisdicción de un centro poblado mayor puede comprender uno o más centros poblados menores.

Centro Poblado Menor

Es aquel que se encuentra en el ámbito territorial de la jurisdicción de las autoridades. (Tenientes Gobernadores, Alcaldes Menores, Agente Municipal y Presidente de la Comunidad Campesina o Nativa).

Centro Poblado Urbano

Es aquel que tiene como mínimo 100 viviendas agrupadas contiguamente y, por excepción también se considera como tal a todos los centros poblados que son capitales de distritos aun cuando no reúnan la condición indicada.

Centro Poblado Rural

Es todo centro poblado que no tiene 100 viviendas agrupados contiguamente ni su capital de distrito en el que generalmente las viviendas se encuentran dispersas.

Categoría de los Centros Poblados

Área Urbana

- a) Ciudad
- b) Pueblo Joven
- c) Urbanización
- d) Conjunto Habitacional

- e) Asociación de Vivienda
- f) Cooperativa de Vivienda
- g) Barrio o cuartel

Área Rural

- a) Pueblo
- b) Caserío
- c) Anexo
- d) Comunidad Indígena
- e) Unidad Agropecuaria
- f) Cooperativa Agraria de Producción
- g) Comunidad Campesina
- h) Campamento Minero

Agua Potable

Se denomina agua potable o agua para consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción debido a que, gracias a un proceso de purificación, no representa un riesgo para la salud. El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales.

Llamamos agua potable al agua que podemos consumir o beber sin que exista peligro para nuestra salud. El agua potable no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar nuestra salud. Por eso, antes de que el agua llegue a nuestras casas, es necesario que sea tratado en una planta potabilizadora, en estos lugares se limpia el agua y se trata hasta que está en condiciones adecuadas para el consumo humano; Desde las plantas potabilizadoras, el agua es enviada hacia nuestras casas a través de una red de tuberías que llamamos red de abastecimiento o red de distribución de agua.

Según el Código Alimentario Nacional, el agua es potable cuando es apta para la alimentación y el uso doméstico: no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radioactivo en tenores tales

que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente

Calidad Del Agua

Este término es relativo a la composición del agua en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias ya sea tóxicas ó producidas por procesos naturales.

De acuerdo con lo anterior, tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc.

Los límites tolerables de las diversas sustancias contenidas en el agua son normadas por la Organización Mundial de la Salud, la Organización Panamericana de la Salud (2007) y por los gobiernos nacionales, pudiendo variar ligeramente de uno a otro.

Según el Ministerio del Ambiente (2008). D.S N° 002-2008-MINAM se aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, El Artículo 1.- del presente, indica la Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua, contenidos en el Anexo I del presente decreto supremo, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los Estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

La Dirección General de Salud Ambiental (2010), elaboró el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, en donde establece límites máximos

permisibles, en lo que a parámetros microbiológicos, parasitológicos, organolépticos, químicos orgánicos e inorgánicos y parámetros radiactivos, se refiere; sino también le asigna nuevas y mayores responsabilidades a los Gobiernos Regionales, respecto a la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo humano; además de fortalecer a DIGESA, en el posicionamiento como Autoridad Sanitaria frente a estos temas; mediante el D.S. N° 031-2010-SA en setiembre del 2010.

En el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, en el Título Disposiciones Generales, en el Artículo 1°.se indica que la finalidad del presente Reglamento establece las disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población.

En el Artículo 2°.- indica que con el arreglo de la Ley N° 26842 - Ley General de Salud, el presente Reglamento tiene como objeto normar los siguientes aspectos:

- La gestión de la calidad del agua.
- La vigilancia sanitaria del agua.
- El control y supervisión de la calidad del agua.
- La fiscalización, las autorizaciones, registros y aprobaciones sanitarias respecto a los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano.
- Los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano.
- La difusión y acceso a la información sobre la calidad del agua para consumo humano.

En el Artículo 3°.- Ámbito de Aplicación, El presente Reglamento y las normas sanitarias complementarias que dicte el Ministerio de Salud son de obligatorio cumplimiento 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.

Calidad química del agua

Según la Guía de Valores para la calidad de agua potable de la OMS, indica que la evaluación de la idoneidad de la calidad química del agua de consumo se basa en la comparación de los resultados de los análisis con los valores de referencia. Un valor de referencia es la concentración de un componente que no ocasiona un riesgo para la salud superior al tolerable cuando se consume durante toda una vida. Los valores de referencia de algunos contaminantes químicos (por ejemplo, el plomo y el nitrato) se fijan de modo que protejan a subgrupos de población vulnerables. Estos valores protegen también a la población general que consume el agua durante toda la vida.

Es importante que los valores de referencia recomendados sean tales que su aplicación sea práctica y factible, así como que proteja la salud pública. No suelen establecerse valores de referencia en concentraciones inferiores a los límites de detección alcanzables en las condiciones operativas rutinarias de laboratorio. Además, al establecer los valores de referencia se tienen en cuenta las técnicas disponibles para controlar, eliminar o reducir la concentración del contaminante hasta el nivel deseado. Por lo tanto, en algunos casos se han fijado valores de referencia provisionales para contaminantes de los que se dispone de información sujeta a cierta incertidumbre o cuando no es posible, en la práctica, reducir la concentración hasta los niveles de referencia calculados.

No todas las sustancias químicas para las que se han establecido valores de referencia estarán presentes en todos los sistemas de abastecimiento de agua, ni tampoco en todos los países. Si lo están, es posible que sus concentraciones no sean preocupantes. A la inversa, algunas sustancias para las que no se han establecido valores de referencia o que no contemplan las guías pueden, no obstante, suponer un motivo legítimo de preocupación local en circunstancias especiales.

Las estrategias de gestión de riesgos (reflejadas en las normas nacionales y en las actividades de monitoreo) y la asignación de los recursos deben dar prioridad a las sustancias químicas que constituyan un riesgo para la salud de las personas, o bien a las que afecten de forma significativa a la aceptabilidad del agua. Son pocas las

sustancias químicas de las que se haya comprobado que causan efectos extendidos sobre la salud de las personas como consecuencia de la exposición a cantidades excesivas de las mismas en el agua de consumo. Entre ellas se incluyen el fluoruro, el arsénico y el nitrato.

También se ha comprobado en algunas zonas efectos sobre la salud de las personas asociados al plomo (procedente de las instalaciones de fontanería domésticas) y existe preocupación por el grado potencial de exposición en algunas zonas a concentraciones de selenio y uranio significativas para la salud.

El hierro y el manganeso generan preocupación generalizada debido a sus efectos sobre la aceptabilidad del agua, y deben tenerse en cuenta en cualquier procedimiento de fijación de prioridades. En algunos casos, la evaluación indicará que no existe riesgo de exposición significativa en los ámbitos nacional o regional, o de sistemas de abastecimiento específicos.

La contribución del agua de consumo a la ingesta de una sustancia química concreta puede ser poco importante con respecto a la cantidad total ingerida y, en algunos casos, el control de la concentración en el agua de consumo puede suponer un gasto considerable y producir un efecto escaso en la exposición general. Por lo tanto, al considerar las estrategias de gestión de los riesgos del agua de consumo deben tenerse también en cuenta otras posibles fuentes de exposición de las personas.

Los riesgos para la salud asociados a los componentes químicos del agua de consumo son distintos de los asociados a la contaminación microbiana y se deben principalmente a la capacidad de los componentes químicos de producir efectos adversos sobre la salud tras periodos de exposición prolongados. Pocos componentes químicos del agua pueden ocasionar problemas de salud como resultado de una exposición única, excepto en el caso de una contaminación masiva accidental de una fuente de abastecimiento de agua de consumo. Además, la experiencia demuestra que, en muchos incidentes de este tipo, aunque no en todos, el agua se hace imbebible, por su gusto, olor o aspecto inaceptables.

En situaciones en las que no es probable que una exposición de corta duración perjudique la salud, suele ser más eficaz concentrar los recursos disponibles para medidas correctoras en la detección y eliminación de la fuente de contaminación que en instalar un sistema caro de tratamiento del agua de consumo para la eliminación del componente químico.

Puede haber numerosos productos químicos en el agua de consumo; sin embargo, sólo unos pocos suponen un peligro inmediato para la salud en cualquier circunstancia determinada. La prioridad asignada a las medidas de monitoreo y de corrección de la contaminación del agua de consumo debe gestionarse de tal modo que se evite utilizar innecesariamente recursos escasos para el control de contaminantes químicos cuya repercusión sobre la salud es pequeña o nula.

La exposición a concentraciones altas de fluoruro, de origen natural, puede generar manchas en los dientes y, en casos graves, fluorosis ósea incapacitante. De modo similar, el agua de consumo puede contener arsénico de origen natural y una exposición excesiva al mismo puede ocasionar un riesgo significativo de cáncer y lesiones cutáneas. Otras sustancias de origen natural, como el uranio y el selenio, pueden también ocasionar problemas de salud cuando su concentración es excesiva.

La presencia de nitratos (NO_3^{-1}) y nitritos (NO_2^{-1}) en el agua se ha asociado con la metahemoglobinemia, sobre todo en lactantes alimentados con biberón. La presencia de nitratos puede deberse a la aplicación excesiva de fertilizantes o a la filtración de aguas residuales u otros residuos orgánicos a las aguas superficiales y subterráneas.

Sobre todo, en zonas con aguas corrosivas o ácidas, la utilización de cañerías y accesorios o soldaduras de plomo puede generar concentraciones altas de plomo en el agua de consumo, que ocasionan efectos neurológicos adversos.

Son pocas las sustancias cuya presencia en el agua de consumo supone una contribución importante a la ingesta general en términos de prevención de enfermedades. Un ejemplo es el efecto potenciador de la prevención contra la caries dental del fluoruro del agua de consumo. Las guías no pretenden definir concentraciones mínimas deseables de sustancias químicas en el agua de consumo.

Principales Componentes Químicos Presentes En El Agua

▪ Calcio y magnesio

Son los responsables de la dureza del agua; El calcio es el catión más frecuente en el agua y se encuentra en mayor proporción que el Mg^{+2} . Debido a que las sales de calcio y magnesio tienen propiedades incrustantes y reaccionan con los jabones, tintes y colorantes, son sales que molestan en gran número de aguas, su eliminación se realiza por descalcificación por resinas de intercambio iónico, y la instalación necesaria es un descalcificador. También se puede realizar, en grandes instalaciones, una descalcificación por adición de hidróxido cálcico, para eliminar la dureza temporal y carbonato sódico y para eliminar la dureza permanente.

▪ Dureza

El agua dura es la que contiene un alto nivel de minerales y posee cantidades variables de compuestos, en particular sales de magnesio y calcio. Son las causantes de la dureza del agua, y el grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de estas sales. Es un agua que no produce espuma con el jabón, que a veces altera el color de la ropa sin poder lavarla correctamente, forma una dura costra en las ollas y en los grifos y, algunas veces, tiene un sabor desagradable. El agua dura contiene iones que forman precipitados con el jabón o por ebullición.

▪ Tipos de dureza

Dureza Temporal

La dureza temporal se produce por carbonatos y puede ser eliminada al hervir el agua o por la adición de cal (hidróxido de calcio).

El bicarbonato de $\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2(\text{aq})$ calcio ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$)

es menos soluble en agua caliente que en agua fría, así que hervir (contribuye a la formación de carbonato) se precipitará el carbonato de calcio fuera de la solución, dejando el agua menos dura. Los carbonatos pueden precipitar cuando la concentración de ácido carbónico disminuye, con lo que la dureza temporal también se ve disminuida, y si el ácido carbónico aumenta puede incrementar la solubilidad de fuentes de carbonatos, como piedras calizas, con lo que la dureza temporal aumenta. Todo esto está en relación con el pH de equilibrio de la calcita y con la alcalinidad de los carbonatos

Dureza Permanente

Esta dureza no puede ser eliminada al hervir el agua es usualmente causada por la presencia del sulfato de calcio y magnesio o cloruros en el agua, los cuales son más solubles mientras sube la temperatura. También es llamada “dureza de no carbonato”.

Según la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se define como agua blanda la que presenta concentraciones inferiores a 60 mg/l de carbonato de calcio (CaCO_3), medianamente dura entre 61 y 120 mg/l, dura entre 121 y 180 mg/l y muy dura aquella con valores superiores a 180 mg/l. El calcio se disuelve prácticamente de todas las rocas, y por lo tanto, se detecta en todas las aguas.

Dureza Magnésica.

El magnesio (Mg^{2+}) contribuye notablemente junto con el calcio (Ca^{2+}) para caracterizar la dureza del agua. El contenido en magnesio de un agua depende casi exclusivamente de los terrenos que atraviesa, siendo muy variable. El Mg^{2+} es un elemento indispensable para el crecimiento, el organismo humano ingiere gran cantidad de Mg^{2+} diariamente a través de los alimentos.

Se sabe que concentraciones de magnesio en aguas superiores a 125 mg/l pueden tener efectos laxantes.

Dureza Cálctica.

Corresponde a la concentración de Ca^{2+} contribuye notablemente junto con el Mg^{2+} para caracterizar la dureza del agua. El contenido en calcio de un agua depende casi exclusivamente de los terrenos que atraviesa, siendo muy variable. El uso de más de 2,5 gramos de calcio por día sin una necesidad médica puede llevar a cabo el desarrollo de piedras en los riñones, esclerosis y problemas en los vasos sanguíneos.

Según estudio de Mora *et al.* 2002, el consumo prolongado de aguas que presentan concentraciones mayores a 120 mg/l de CaCO_3 presenta un factor de riesgo en la formación de cálculos en las vías urinarias.

Según el Reglamento de Calidad de Agua Potable de algunos países como Grecia indican que la concentración de carbonato de calcio (CaCO_3) se encuentra en el segundo nivel de control de calidad para el agua de consumo y se le establece un valor recomendado de 61 ppm.

Cuadro 3. Clasificación de la dureza por CaCO_3 en el agua, según OMS

Concentración de CaCO_3 mg/l	Tipo de Agua
0 - 60	Blanda
61 - 120	Moderadamente dura
121 - 180	Dura
>180	Muy dura

Fuente: Guía de valores para calidad del agua potable de la OMS

Cuadro 4. Clasificación de la dureza por CaCO_3 en el Agua, según MINSA

Concentración de CaCO_3 mg/l	Tipo de Agua
0 - 75	Blanda
75 - 150	Moderadamente dura
150 - 300	Dura
>300	Muy dura

Fuente: Guía de valores para calidad del agua potable del Ministerio de Salud

El agua es conocida por su propiedad de "disolvente universal", es decir, dependiendo de las circunstancias puede disolver "casi" todos los materiales con más o menos tiempo de por medio.

El agua tanto puede ser corrosiva como provocar incrustaciones, el agua que se torna corrosiva o forma incrustaciones se llama agua desequilibrada, mientras que el agua que no causa estos males se llama agua equilibrada.

El agua corrosiva es "agresiva" por su naturaleza, y tiende a disolver el cemento y los metales con cierta rapidez, ocasionando problemas múltiples como roturas en

intercambiadores de calor, agujeros en filtros de acero, disolución de las juntas, etc. Las señales de la corrosión del agua son las coloraciones producidas por la disolución o cambio de estado de los metales disueltos en el agua, que finalmente pueden llegar a depositarse como manchas sobre la superficie del tanque de almacenamiento o mantener al agua completamente coloreada:

- Hierro (colorea a marrón o verde dependiendo de la "valencia").
- Cobre (colorea a azul, verde, gris o negro también dependiendo de la valencia y de dónde se deposite).

El agua incrustante hace exactamente lo opuesto, tiende, a depositar o precipitar carbonato cálcico (entre otros), causando deposiciones en la superficie, saturando filtros, tuberías, accesorios, etc. El objetivo primordial, antes que cualquier determinación sobre la desinfección del agua en sí, es tener el agua en equilibrio para evitar los problemas físicos, y químicos.

El balance del agua se lleva a cabo controlando los parámetros que determinan el equilibrio del agua: pH, alcalinidad total, dureza cálcica, temperatura y sólidos totales disueltos (TDS).

El balance del agua, empleando la fórmula Langelier.

En el año 1930, el Dr. Wilfred F Langelier descubrió la fórmula durante un trabajo de investigación consistente en estudiar cómo se formaban las incrustaciones en las tuberías de distribución del agua pública, observando como esa capa de incrustación protegía a veces de la corrosión.

El resultado de las investigaciones arrojó un estudio con una fórmula que emitía un Índice, el cual determinaba el estado de corrosividad-incrustación del agua y después de 25 años (en los 60).

$$\text{IS} = \text{pH} + \text{FT} + \log_{10} \text{DC} + \log_{10} \text{ALC} - \text{CONSTANTE}$$

Dónde:

IS = índice de Saturación

pH = medida del pH

FT = factor de temperatura

DC = medida de la dureza cálcica en ppm

ALC = medida de la alcalinidad total carbonatada en ppm

El valor perfecto es Cero (0), los valores positivos del resultado de la fórmula, indicaban aguas incrustantes y los negativos aguas corrosivas.

Se tiene que la constante indicada de 12,1 es para casos comunes.

En el caso de que el TDS (sólidos disueltos totales) sea muy alto, el valor de la constante se deberá adecuar a los siguientes valores:

TDS 500 ppm, constante: 12,07

TDS 1000 ppm, constante: 12,10

TDS 2000 ppm, constante: 12,20

TDS 3000 ppm, constante: 12,30

Implicaciones del valor del índice de Langelier

El valor del índice de Langelier del agua de consumo debe estar comprendido entre -0,5 y +0,5 por normativa; Si su signo es negativo y mayor a -0,5 el agua está desequilibrada y es corrosiva, por lo que se debería de aumentar su alcalinidad y/o pH. Si el índice de Langelier toma un valor igual a 0, el agua tiene un equilibrio perfecto; Si el valor del índice de Langelier está comprendido entre -0 y +0,5 el agua está equilibrada también, pero tendrán que realizarse, esporádicamente, análisis de agua para verificar que continúe entre esos parámetros. De todas formas, los parámetros entre los cuales se considera que el agua es equilibrada depende del uso que le demos al agua. Por ejemplo, el agua de piscina se estima que para ser equilibrada su índice de Langelier debe estar comprendido entre -0,3 y +0,3, si su signo es positivo y mayor a 0,5 el agua es está desequilibrada y es incrustante, por lo que se debería de reducir su alcalinidad y/o pH. (Anexo 6)

▪ Hierro y manganeso.

Son cationes menos frecuentes en el agua, pero cuando están presentes en ella su efecto es muy aparatoso y desagradable. Pueden presentarse en el agua en forma soluble o en forma insoluble.

Normalmente, la forma soluble corresponde al óxido ferroso o manganeso y la forma insoluble a la forma más oxidada u óxido férrico o mangánico. La importancia del hierro o manganeso cabe considerarla por el color y gusto ferruginoso del agua. En algunos casos la presencia de estos elementos también puede ser debida a la

corrosión de las canalizaciones de las instalaciones. Su eliminación, como veremos más adelante está basado en un proceso mixto de oxidación-filtración

Hierro

El hierro es un constituyente normal del organismo humano (forma parte de la hemoglobina). Por lo general, sus sales no son tóxicas en las cantidades comúnmente encontradas en las aguas naturales.

La presencia de hierro puede afectar el sabor del agua, producir manchas indelebles sobre los artefactos sanitarios y la ropa blanca. También puede formar depósitos en las redes de distribución y causar obstrucciones, así como alteraciones en la turbiedad y el color del agua. Tiene gran influencia en el ciclo de los fosfatos, lo que hace que su importancia sea muy grande desde el punto de vista biológico. En la naturaleza se presenta en dos formas, asimilable y no asimilable.

En las aguas superficiales, el hierro puede estar también en forma de Complejos órgano-férricos y, en casos raros, como sulfuros, es frecuente que se presente en forma coloidal en cantidades apreciables.

Las sales solubles de hierro son, por lo general, ferrosas (Fe^{+2}) y la especie más frecuente es el bicarbonato ferroso $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$.

En contacto con el oxígeno disuelto en el agua, las sales ferrosas se convierten en férricas por oxidación y se precipitan en forma de hidróxido férrico. Esta precipitación es inmediata con un pH superior a 7,5; con un pH mayor de 2,2, el hidróxido férrico es insoluble. El ion ferroso lo es con un pH mayor de 6. De acuerdo con ello, las aguas subterráneas -que, por estar fuera del contacto con el aire, se encuentran en un medio natural fuertemente reductor- podrán tener en solución cantidades notables de hierro ferroso.

Este metal en solución contribuye con el desarrollo de microorganismos que pueden formar depósitos molestos de óxido férrico en la red de distribución. La remoción del hierro de las aguas crudas superficiales es relativamente fácil con los procesos comunes de remoción de la turbiedad, mediante los cuales su concentración puede bajar de 10 mg/l a 0,3 mg/l, que es la concentración recomendada para el agua de consumo; Sin embargo, es posible que haya problemas si el hierro está presente en complejos orgánicos inestables. Por

consideraciones de sabor y debido a que los tratamientos convencionales pueden eliminar el hierro en estado férrico pero no el hierro soluble Fe^{+2} , las guías de calidad de la OMS y del Canadá recomiendan que en las aguas destinadas al consumo humano no se sobrepase 0,3 mg/l de hierro.

Manganeso

El manganeso es un elemento esencial para la vida animal; funciona como un activador enzimático. Sin embargo, grandes dosis de manganeso en el organismo pueden causar daños en el sistema nervioso central. Su presencia no es común en el agua, pero cuando se presenta, por lo general está asociado al hierro, comúnmente se encuentra en el agua bajo su estado reducido, Mn^{+2} y su exposición al aire y al oxígeno disuelto lo transforma en óxidos hidratados menos solubles. En concentraciones mayores a 0,15 mg/l, las sales disueltas de manganeso pueden impartir un sabor desagradable al agua. La presencia de manganeso en el agua provoca el desarrollo de ciertas bacterias que forman depósitos insolubles de estas sales, debido a que se convierte, por oxidación, de manganeso en solución al estado mangánico en el precipitado, esta acción es similar en el hierro. Por lo general, en el agua es más difícil de controlar el manganeso que el hierro. Su remoción se realiza formando sales insolubles, para lo cual, en muchos casos, es necesario el uso de oxidantes y un pH alto.

Las Guías de Calidad para Aguas de Consumo Humano de la OMS establecen como valor provisional 0,5 mg/l, pero las Guías de Calidad para Agua de Bebida del Canadá recomiendan una concentración diez veces menor 0,05 mg/l, por consideraciones principalmente relacionadas con el sabor y el olor del agua.

▪ **Nitratos**

La presencia de nitratos cada vez es más frecuente en las aguas, debido a su uso industrial y agrícola. Su importancia, desde el punto de vista sanitario, radica en los grandes perjuicios que pueden provocar a la salud humana. En altas cantidades se combinan con la hemoglobina de la sangre provocando la denominada metahemoglobinemia o cianosis, que se manifiesta por la coloración azulada de labios y mucosas por falta de oxígeno en los tejidos. Afecta sobre todo a fetos, niños pequeños y personas ancianas con deficiencia metabólica, por lo que su

eliminación es muy importante. Dicha eliminación se realiza fundamentalmente por columna de intercambio iónico, denominada desnitrificadores, o por ósmosis inversa.

▪ **Nitritos**

Altamente tóxicos, su presencia en el agua tiene que ser nula o insignificante, cuando se presenta, cabe pensar en una contaminación biológica cercana o por reversión de nitratos al hervirse. Se está en estudio sus propiedades altamente cancerígenas. Su eliminación es a base de desmineralización u ósmosis inversa. Los nitritos (sales de ácido nitroso, HNO_2) son solubles en agua, se transforman naturalmente a partir de los nitratos, ya sea por oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno en los sistemas acuáticos y terrestres o por reducción bacteriana.

El ion nitrito es menos estable que el ion nitrato, este es muy reactivo y puede actuar como agente oxidante y reductor, por lo que sólo se lo encuentra en cantidades apreciables en condiciones de baja oxigenación, ésta es la causa de que los nitritos se transformen rápidamente para dar nitratos y que, generalmente, estos últimos predominen en las aguas, tanto superficiales como subterráneas. La reacción de oxidación se puede efectuar en los sistemas biológicos y también por factores abióticos, una vez en la sangre, el nitrito reacciona con el ion ferroso (Fe^{2+}) de la desoxihemoglobina y forma metahemoglobina, en la cual el hierro se encuentra en estado férrico (Fe^{3+}), por lo que es incapaz de transportar el oxígeno, por ello se relaciona al nitrito con una anomalía en la sangre de los niños (metahemoglobinemia) por la ingestión de aguas con un contenido mayor de 10 mg/l de nitratos (como N) y como resultado de la conversión de nitrato en nitrito. La mayor parte de estos casos se asocian a aguas que contienen más de 45 mg/l de nitrato (10 mg/l como $\text{NO}_3\text{-N}$).

Se ha comprobado que bebés menores de 6 meses que ingieren nitratos en concentraciones altas pueden morir si no reciben tratamiento inmediato, es importante anotar que no todos los niños que ingieren aguas con altos contenidos de nitratos (10 mg/l o más) necesariamente desarrollan la enfermedad. La presencia de nitratos y nitritos no es extraña, especialmente en aguas almacenadas en cisternas en comunidades rurales.

- **Sales amoniacaes.**

El amoniaco es uno de los componentes transitorios en el agua puesto que es parte del ciclo del nitrógeno y se ve influido por la actividad biológica. Es el producto natural de descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados; En el agua puede aparecer en forma molecular o como ion amonio, dependiendo del pH. Las aguas superficiales no deben contener normalmente amoniaco, en general, la presencia de amoníaco libre o ion amonio es considerado como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa. Si el medio es aerobio, el nitrógeno amoniacal se transforma en nitritos. Se puede originar en ciertas aguas con hierro que pueden reducir los iones nitrato.

- **Materia orgánica**

Las aguas naturales, además de sustancias minerales y disueltas, pueden llevar en suspensión sustancias orgánicas provenientes del lavado de los suelos o del metabolismo de los organismos que viven en ellos. Además, los cuerpos de aguas superficiales pueden recibir descargas de aguas residuales de origen doméstico o industrial, las cuales provocan la polución y la contaminación en niveles variables. Las sustancias provenientes del lavado de suelos son principalmente ácidos húmicos, mientras que las producidas por el metabolismo de los organismos acuáticos son los hidratos de carbono, las proteínas, las aminos, los lípidos, etcétera, así como pigmentos, hormonas y vitaminas, que funcionan como catalizadores o inhibidores de las funciones biológicas. Las sustancias provenientes de los desechos animales son principalmente derivados de la urea o la cadaverina y la putrescina, entre otros, estas sustancias orgánicas representan una fuente de alimentación para los organismos (autótrofos y heterótrofos) presentes en el agua, tienden a desaparecer progresivamente por oxidación, y pasar a dióxido de carbono, amoniaco, nitritos, nitratos, etc.

Por lo general, las aguas naturales no contaminadas presentan cantidades mínimas de materia orgánica, salvo aquellas que provienen de bosques o aguas estancadas. La materia orgánica puede ser, en muchos casos, la responsable del color, el olor y el sabor del agua, los cuales deben ser eliminados durante el tratamiento a fin de hacerla apta para el consumo humano.

Como es muy difícil determinar analíticamente la presencia de orgánicas en el agua, se han establecido métodos globales de determinación. Estos son los siguientes:

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

Corresponde a la cantidad de oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica aerobia, se expresa en mg de O₂/l. Esta demanda es ejercida por las sustancias carbonadas, las nitrogenadas y ciertos compuestos químicos reductores, es una prueba que reduce a números un fenómeno natural, muy sencillo en teoría, pero en esencia muy complejo.

El cálculo se efectúa mediante la determinación del contenido inicial de oxígeno de una muestra dada y lo que queda después de cinco días en otra muestra semejante, conservada en un frasco cerrado a 20 °C, la diferencia entre los dos contenidos corresponde a la DBO₅ (cuadro 5).

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Equivale a la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores orgánicos o inorgánicos presentes en un agua, sin la intervención de los organismos vivos, que se consigue por la acción de oxidantes fuertes como K₂Cr₂O₇ ó KMnO₄ en medio altamente ácido.

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno di-atómico por litro (mgO₂/l). Aunque este método pretende medir principalmente la concentración de materia orgánica, sufre interferencias por la presencia de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas (sulfuros, sulfitos, yoduros), que también se reflejan en la medida.

La eliminación de la materia orgánica se lleva a cabo mediante la coagulación, floculación, la sedimentación y la filtración; Sin embargo cuando la fuente de agua cruda tiene una carga orgánica y bacteriana muy grande — caso en el que la DBO₅

puede alcanzar valores muy altos—, será necesaria una pre-cloración, que debe constituirse en un proceso adecuadamente controlado.

Lo deseable es que las fuentes de agua cruda no presenten una carga orgánica elevada. Por la naturaleza de estos parámetros, las normas de calidad de agua establecen que los causantes de la contaminación orgánica deben estar ausentes en las aguas para consumo humano; según tabla 11 se establece la escala de clasificación de la calidad del agua, conforme a la DBO y la tabla 12, establece la escala según DQO

Tabla 11. Escala de clasificación de la calidad del agua conforme a la DBO₅

Criterio	Clasificación
DBO ₅ ≤3	EXCELENTE No contaminada
3 < DBO ₅ ≤6	BUENA CALIDAD Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable
6 < DBO ₅ ≤30	ACEPTABLE Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de auto depuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente
30 < DBO ₅ ≤120	CONTAMINADA Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal
DBO ₅ > 120	FUERTEMENTE CONTAMINADA Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales

Fuente: Subdirección General Técnica, CONAGUA

Tabla 12. Escala de clasificación de la calidad del agua, conforme a la DQO

Criterio	Clasificación
DQO \leq 10	EXCELENTE No contaminada
10 < DQO \leq 20	BUENA CALIDAD Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable
20 < DQO \leq 40	ACEPTABLE Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de auto depuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente
40 < DQO \leq 200	CONTAMINADA Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal
DQO > 200	FUERTEMENTE CONTAMINADA Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales

Fuente: Subdirección General Técnica, CONAGUA

▪ **Alcalinidad**

Es la capacidad del agua para neutralizar ácidos o aceptar protones. Esta representa la suma de las bases que pueden ser tituladas en una muestra de agua. Dado que la alcalinidad de aguas superficiales está determinada generalmente por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, ésta se toma como un indicador de dichas especies iónicas. No obstante, algunas sales de ácidos débiles como boratos, silicatos, nitratos y fosfatos pueden también contribuir a la alcalinidad de estar también presentes. Estos iones negativos en solución están comúnmente asociados o pareados con iones positivos de calcio, magnesio, potasio, sodio y otros cationes.

El bicarbonato constituye la forma química de mayor contribución a la alcalinidad, dicha especie iónica y el hidróxido son particularmente importantes cuando hay gran actividad fotosintética de algas o cuando hay descargas industriales en un cuerpo de agua. La alcalinidad, no sólo representa el principal sistema

amortiguador del agua dulce, sino que también desempeña un rol principal en la productividad de cuerpos de agua naturales, sirviendo como una fuente de reserva para la fotosíntesis. Históricamente, la alcalinidad ha sido utilizada como un indicador de la productividad de lagos, donde niveles de alcalinidad altos indicarían una productividad alta y viceversa. (Tabla 13)

Principales especies química causantes de alcalinidad (cuadro 8)

Grupo 1: Producen solo alcalinidad

Carbonato de potasio - K_2CO_3

Bicarbonato de Potasio - $KHCO_3$

Bicarbonato de Sodio - $NaHCO_3$

Carbonato de Sodio - Na_2CO_3

Grupo 2: Producen dureza carbonatada y alcalinidad

Carbonato de Calcio - $CaCO_3$

Carbonato de Magnesio - $MgCO_3$

Bicarbonato de Calcio – $Ca(HCO_3)_2$

Bicarbonato de Magnesio – $Mg(HCO_3)_2$

Grupo 3: Producen salinidad y dureza no carbonatada

Sulfato de Calcio – $CaSO_4$

Cloruro de Calcio – $CaCl_2$

Nitrato de Calcio – $Ca(NO_3)_2$

Sulfato de Magnesio – $MgSO_4$

Cloruro de Magnesio – $MgCl_2$

Nitrato de Magnesio – $Mg(NO_3)_2$

Grupo 4: Producen salinidad, pero no dureza

Sulfato de Potasio – K_2SO_4

Cloruro de Potasio – KCl

Nitrato de Potasio – KNO_3

Sulfato de Sodio – Na_2SO_4

Cloruro de Sodio – $NaCl$

Nitrato de Sodio – $NaNO_3$

Las sustancias que producen acidez al agua, pueden provenir de volcamientos, pero también son frecuentes en el tratamiento de aguas y son:

Ácido Sulfúrico – H_2SO_4

Sulfato Ferroso – $FeSO_4$

Sulfato de Aluminio – $Al_2(SO_4)_2$

Tabla 13. Rangos de alcalinidad

Rango	Alcalinidad (mg/L $CaCO_3$)
BAJA	< 75
MEDIA	75 - 150
ALTA	> 150

Fuente: Datos tomados de Kevern (1989)

Tabla 14. Principales especies química causantes de alcalinidad y su asociación con una posible fuente de agua

Especie química	Fuente de agua
Hidróxidos OH^-	Aguas naturales, residuales e industriales
Bicarbonatos HCO_3^{2-}	Aguas naturales, residuales
Carbonatos CO_3^{2-}	Aguas naturales, residuales
Dióxido de carbono CO_2	Aguas subterráneas, residuales y/o profundas

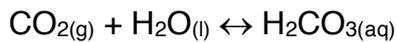
Silicatos	SiO_3^{-2}	Aguas subterráneas
Bi-silicatos	HSiO_3^{-1}	Aguas subterráneas
Boratos	BO_3^{-3}	Aguas subterráneas y residuales agrícolas
Monoboratos	HBO_3^{-2}	Aguas subterráneas y residuales agrícolas
Bi-boratos	$\text{H}_2\text{BO}_3^{-1}$	Aguas subterráneas y residuales agrícolas
Fosfatos	PO_4^{-3}	ARD , agrícolas e industriales
Monofosfatos	HPO_4^{-2}	ARD , agrícolas e industriales
Bifosfatos	$\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$	ARD , agrícolas e industriales

Fuente: Ventura (1987). Programa Regional Sobre la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas Subterráneas del CEPIS. Perú

Las aguas naturales contienen cantidades significativas de CO_2 disuelto como resultado tanto de la disolución del dióxido de carbono atmosférico como de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica. La solubilidad del CO_2 en el agua pura a 25°C es de 1,45 g/l, este CO_2 que penetra en el agua genera, en primera instancia, ácido carbónico (H_2CO_3) el cual rápidamente entra a formar parte del complejo equilibrio ácido-base en el que participan las diferentes formas carbonatadas presentes en un agua.

Así pues, la química de los procesos ácido-base de un agua natural está dominada por la presencia del ion carbonato, CO_3^{-2} que es una base moderadamente fuerte,

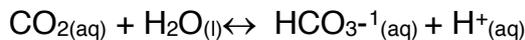
así como del ácido débil H_2CO_3 , y de sus interrelaciones. Aunque en un agua la mayor parte del CO_2 disuelto esta como CO_2 rodeado de moléculas de agua, parte estará en la forma de ácido carbónico, de tal forma que cuando se habla en general de ácido carbónico se asume también la parte del gas disuelta ($\text{CO}_2(\text{aq})$), a pesar de que es esta última la forma mayoritaria en la que se encuentra. Así, podemos escribir la primera reacción de equilibrio que tiene lugar cuando el CO_2 pasa a la fase acuosa:



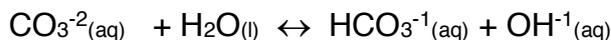
Una vez formado, el ácido carbónico se disocia parcialmente para dar bicarbonato y protones



Aunque desde un punto de vista más formal deberíamos de decir que el CO_2 disuelto, que es un ácido de Lewis, hidroliza al agua dando protones al medio, según el proceso:



La fuente mayoritaria de bicarbonato (HCO_3^{-1}) en un agua natural no es este proceso, sino el proveniente del lavado de rocas calizas que hace que parte del carbonato que contienen pase al agua, aumentando de forma natural el pH de estas aguas, ya que hidroliza parcialmente al agua dando OH^- , lo que lo convierte en una base moderadamente fuerte.



Es evidente que las proporciones de las especies iónicas de bióxido de carbono (CO_2) son alteradas significativamente por cambios en pH. En general, un agua va a ser finalmente rica en bicarbonatos ya que todos los equilibrios conducen a su formación. Que un agua sea finalmente ligeramente básica, como es lo habitual.

A un $\text{pH} < 6$, CO_2 es la especie dominante

A valores de pH entre 7 y 9, HCO_3^- predomina

Mientras que el CO_3^{2-} comienza a aumentar su concentración significativamente a valores de $\text{pH} > 9$. (Anexo 7)

El sistema de alcalinidad tiene interacciones importantes con los procesos de fotosíntesis y respiración.

▪ **Cloruros**

En el agua potable, su presencia se debe al agregado de cloro en las plantas potabilizadoras como desinfectante. En altas concentraciones y en combinación con otras sales producen sabores desagradables.

Los cloruros son sales que resultan de la combinación del gas cloro (ion negativo) con un metal (ion positivo). El cloro (Cl_2) es altamente tóxico y es usualmente utilizado como desinfectante, sin embargo en combinación con un metal, como el sodio (Na), es esencial para la vida, dado que, pequeñas cantidades de cloruros son requeridas para la función celular en los seres vivos. Los seres humanos necesitan sal, pero actualmente en los países ricos, consumimos cantidades más de diez veces superiores de las que necesitamos (menos de 1 g. por día).

Además de los efectos perjudiciales sobre la salud, la salinización del agua puede incrementar la corrosión de metales en el sistema de distribución y perjudica los cultivos. Cuando el agua de consumo tiene >250 mg/l de cloruro ó >200 mg/l de sodio es muy probable sentir un gusto salado, por lo que normalmente se rechaza para beber, los niveles de concentración de cloruros en agua no contaminada se encuentran a valores menores de 10 mg/l y en agua que se ha sometido a procesos de cloración ha reportado resultados de 40 a 63 mg/l.

Propiedades físicas del agua

▪ **Temperatura**

La temperatura es una de la constante física que tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos fenómenos que se realizan en el seno del agua. Por ejemplo, en la solubilidad de los gases (entre los que es fundamental la solubilidad del oxígeno) y de las sales, así como en las reacciones biológicas, las cuales tienen una temperatura óptima para poder realizarse.

Según Catalán (1969), la temperatura de las aguas subterráneas depende de las características del terreno que drenan, pudiendo ser influenciada, entre otras

causas, por la naturaleza de las rocas, siendo además función de la profundidad. La variación está en relación con la capacidad de la capa acuífera y con los aportes extraños que puedan existir, ya sea por infiltración directa o por aportes subterráneos.

▪ **Descripción del pH**

Se le define como el logaritmo de la concentración iones hidrógeno. La escala de pH se extiende desde el 0 (muy ácido) al 14 (muy alcalino), siendo 7 la neutralidad exacta a 25°C (Mora, 2007). El registro del pH en las aguas puede ser de tipo natural o artificial, puede variar entre 4,5 y 8,5 e incluye el valor de 5,6 del pH del agua de lluvia en equilibrio con el CO₂ atmosférico. Como causa natural se encuentra el anhídrido carbónico disuelto, procedente de la atmósfera, y, más fundamentalmente, del que se encuentra en la zona de infiltración de la tierra producido por la respiración de los organismos vivos, así como de la respiración y fotosíntesis de los organismos acuáticos. (Catalán, 1969).

▪ **Conductividad**

La conductividad es la habilidad de una solución para conducir electricidad. Pequeñas partículas cargadas eléctricamente, llamadas iones, pueden llevar una corriente eléctrica a través de soluciones de agua, estos iones provienen principalmente de los ácidos y sales de la solución de fuente. Entre más concentrado de solución de fuente sea añadido al agua, el número de iones se incrementa, junto con la conductividad. En el agua y en fluidos iónicos puede generarse el movimiento de una red de iones cargados, por lo cual este proceso produce corriente eléctrica y se denomina conducción iónica (Lenntech, 2008).

Aspectos microbiológicos

La garantía de la salubridad microbiológica del abastecimiento de agua de bebida se basa en el uso de barreras múltiples, aplicadas desde la cuenca de captación al consumidor, para evitar la contaminación del agua de bebida o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud. La salubridad del agua se mejora mediante la implantación de barreras múltiples, como la protección de los recursos

hídricos, la selección y aplicación correctas de una serie de operaciones de tratamiento y la gestión de los sistemas de distribución (de redes de tuberías o de otro tipo) para mantener y proteger la calidad del agua tratada. La estrategia preferida es un sistema de gestión que hace hincapié en la prevención o reducción de la entrada de patógenos a los recursos hídricos y reduce la dependencia en las operaciones de tratamiento para la eliminación de patógenos.

En términos generales, los mayores riesgos microbiológicos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales (incluidos los de las aves). Los excrementos pueden ser fuente de microorganismos patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos.

Si no se garantiza la salubridad del agua, puede exponerse a la comunidad al riesgo de brotes de enfermedades intestinales y otras enfermedades infecciosas. Es particularmente importante evitar los brotes de enfermedades transmitidas por el agua de bebida, dada su capacidad de infectar simultáneamente a un gran número de personas y, posiblemente, a una gran proporción de la comunidad.

Además de los patógenos fecales, pueden tener importancia para la salud pública en determinadas circunstancias otros peligros microbiológicos por ejemplo, el dracúnculo, *dracunculusmedinensis*, las cianobacterias tóxicas y las legionelas.

Las formas infecciosas de muchos helmintos, como los nematodos y platelmintos parásitos, pueden transmitirse a las personas por medio del agua de bebida. El agua de bebida no debe contener larvas maduras ni huevos fertilizados, ya que un único ejemplar puede ocasionar una infección. No obstante, el agua es una vía relativamente poco importante de infección por helmintos, con la excepción del dracúnculo.

Las legionelas son bacterias ubicuas en el medio ambiente y pueden proliferar a las temperaturas elevadas existentes en ocasiones en las redes de distribución de agua de bebida, sobre todo en los sistemas de distribución de agua caliente y templada. La exposición a las legionelas presentes en el agua de bebida se produce mediante inhalación y puede evitarse mediante la aplicación de medidas básicas

de gestión de la calidad del agua en los edificios y mediante el mantenimiento de residuos de la desinfección en toda la red de distribución.

Contaminación de las agua

▪ Tóxicos

Elementos o compuestos químicos capaces de ocasionar daño por contacto o acción sistemática a plantas, animales y al hombre.

▪ Fuentes no localizadas

La contaminación de las aguas por fuentes no localizadas, conocida anteriormente con el nombre de contaminación "difusa", es resultado de un amplio grupo de actividades humanas en las que los contaminantes no tienen un punto claro de ingreso en los cursos de agua que los reciben. La contaminación de fuentes no localizadas es mucho más difícil de identificar, medir y controlar.

▪ Fuentes localizadas

Contaminación de las aguas asociada a las actividades en que el agua residual va a parar directamente a las masas de agua receptoras, por ejemplo, mediante cañerías de descarga, en las que se pueden fácilmente cuantificar y controlar.

El término "fuente localizada" significa todo medio de transporte perceptible, delimitado y discreto, por ejemplo, toda tubería, acequia, canal, túnel, conducto, pozo, fisura discreta, contenedor, material rodante, actividades concentradas de alimentación animal, o buque u otro medio flotante, desde el cual se descarguen o puedan descargar contaminantes. En este término no se incluyen las descargas agrícolas de agua de lluvia ni el caudal de retorno de la agricultura de regadío.

▪ Infiltración

Introducción o penetración paulatina de un líquido entre los poros de un sólido. La infiltración es el proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo. En una primera etapa satisface la deficiencia de humedad del suelo en una zona cercana a la superficie, y posteriormente superado cierto nivel de humedad, pasa a formar parte del agua subterránea, saturando los espacios vacíos.

▪ **Saneamiento**

El saneamiento ambiental básico es el conjunto de acciones técnicas y socioeconómicas de salud pública que tienen por objetivo alcanzar niveles crecientes de salubridad ambiental. Comprende el manejo sanitario del agua potable, las aguas residuales y excretas, los residuos sólidos y el comportamiento higiénico que reduce los riesgos para la salud y previene la contaminación. Tiene por finalidad la promoción y el mejoramiento de condiciones de vida urbana y rural. La Estrategia de Saneamiento Básico permite conocer las alternativas más comunes para la identificación y solución de los problemas de saneamiento en las comunidades rurales de difícil acceso, ya que esto condiciona un manejo inadecuado de agua y alimento y una disposición incorrecta de los residuos sólidos y excretas.

Atención en el saneamiento Básico significa trabajar en la conservación de la salud de la población y juega un papel importante en la prevención de las enfermedades diarreicas cuyo origen está vinculado con deficiencias en la limpieza de las comunidades. Saneamiento Básico es el mejoramiento y la preservación de las condiciones sanitarias óptimas de:

- Fuentes y sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano.
- Disposición sanitaria de excrementos y orina, ya sean en letrinas o baños.
- Manejo sanitario de los residuos sólidos, conocidos como basura.
- Control de la fauna nociva, como ratas, cucarachas, pulgas, etc.
- Mejoramiento de las condiciones sanitarias y limpieza de la vivienda.

En los lugares donde el agua se obtiene de fuentes de abastecimiento desprotegidas, tales como pozos, manantiales, ríos y arroyos, existe la posibilidad de que en ella se deposite polvo, basura, o excremento humano y de animales lo que contamina y por lo que es necesario usar algún método de desinfección.

Entenderemos por protección sanitaria a todas aquellas actividades que se realizan para evitar la contaminación del agua.

▪ **Alcantarillado**

Se denomina alcantarillado o también red de alcantarillado, red de saneamiento o red de drenaje al sistema de estructuras y tuberías usado para la recogida y transporte de las aguas residuales y pluviales de una población desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten al medio natural o se tratan.

Las redes de alcantarillado son estructuras hidráulicas que funcionan a presión atmosférica por gravedad; Sólo muy raramente, y por tramos breves, están constituidos por tuberías que trabajan bajo presión o por vacío, normalmente están constituidas por conductos de sección circular, oval o compuesta, la mayoría de las veces enterrados bajo las vías públicas. La red de alcantarillado se considera un servicio básico, sin embargo la cobertura de estas redes en las ciudades de países en desarrollo es ínfima en relación con la cobertura de las redes de agua potable, esto genera importantes problemas sanitarios. Durante mucho tiempo, la preocupación de las autoridades municipales o departamentales estaba más ocupada en construir redes de agua potable, dejando para un futuro indefinido la construcción de las redes de alcantarillado. Actualmente las redes de alcantarillado son un requisito para aprobar la construcción de nuevas urbanizaciones en la mayoría de las naciones

▪ **Desinfección**

La desinfección es una operación de importancia incuestionable para el suministro de agua potable. La destrucción de microorganismos patógenos es fundamental, muy frecuentemente se realiza mediante productos químicos reactivos como el cloro. La desinfección constituye una barrera eficaz para numerosos patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua de bebida y debe utilizarse en aguas superficiales y en aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal. La desinfección residual se utiliza como protección parcial contra la contaminación con concentraciones bajas de microorganismos y su proliferación en el sistema de distribución.

La desinfección química de un sistema de abastecimiento de agua de bebida que presenta contaminación fecal reducirá el riesgo general de enfermedades, pero no garantizará necesariamente la salubridad del suministro. Por ejemplo, la desinfección con cloro del agua de bebida tiene una eficacia limitada frente a protozoos patógenos —en particular *Cryptosporidium*— y frente a algunos virus. La eficacia de la desinfección puede también ser insatisfactoria con respecto a patógenos presentes en flóculos o partículas que los protegen de la acción del desinfectante. Una turbidez elevada puede proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, estimular la proliferación de bacterias y generar una demanda significativa de cloro. Una estrategia general de gestión eficaz añade a la desinfección, para evitar o eliminar la contaminación microbiana, barreras múltiples, como la protección del agua de alimentación y operaciones de tratamiento adecuadas, así como la protección del agua durante su almacenamiento y distribución.

El uso de productos químicos desinfectantes en el tratamiento del agua genera habitualmente subproductos, no obstante, los riesgos para la salud asociados a estos subproductos son extremadamente pequeños en comparación con los asociados con una desinfección insuficiente, y es importante no limitar la eficacia de la desinfección para intentar controlar la concentración de estos subproductos.

Algunos desinfectantes, como el cloro, pueden fácilmente medirse y controlarse como desinfectante del agua de bebida; si se practica la cloración del agua, se recomienda analizar frecuentemente la concentración de cloro.

Tabla 15. Concentración de soluciones de NaClO

Densidad kg/dm ³ (a 20 °C)	Riqueza en NaClO	
	g de Cloro activo/l	% en peso de Cloro activo
1,007	4	0,39
1,014	9	0,89

1,021	13	1,27
1,028	18	1,75
1,036	22	2,12
1,043	27	2,58
1,051	32	3,04
1,058	37	3,49
1,066	42	3,93
1,074	47	4,37
1,082	53	4,90
1,091	58	5,32
1,099	64	5,82
1,107	69	6,23
1,116	76	6,81
1,125	82	7,28
1,134	88	7,76
1,143	94	8,22
1,152	100	8,68
1,161	106	9,13
1,170	112	9,57
1,180	119	10,08
1,190	127	10,67
1,200	133	11,08
1,210	140	11,57
1,220	148	12,13
1,230	155	12,60
1,241	161	13,00
1,252	170	13,57
1,262	178	14,10

Fuente: MERCK. Ficha de datos de Seguridad de Acuerdo al Reglamento (CE) N^o.
1907/2006

METODOLOGIA

Población

Agua potable consumida por los pobladores del sector rural en el departamento de Lambayeque. Agua consumida por los centros poblados, pertenecientes al sector rural, tales como, Cuculí del distrito de Chongoyape, Santos Vera del distrito de Túcume, Villa El Milagro del distrito de ciudad Eten, El Espinal del distrito de Oyotún y Humedades del distrito de Salas, enmarcados en el Departamento de Lambayeque.

Materiales, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la toma de datos se registrará en fichas de registro como temperatura pH, etc. y para la recolección de la muestra de agua se tendrá en cuenta lo siguiente:

Equipo y materiales:

- GPS
- Coolers
- Refrigerantes y hielo
- Frascos de muestras de vidrio de 1000 ml esterilizados
- Etiquetas
- Termómetro
- Depósitos de vidrio esterilizados con tapa y precinto de seguridad.
- pH metro de campo
- Vehículo de transporte.

Materiales y Equipos utilizados en los trabajos de laboratorio y campo

Materiales

- Buretas, 10,25 ml
- Fiolas de 50, 100, 250 ml
- Vasos de 50, 100 y 250 ml
- Pipetas volumétricas de 1,2,5,10 ml
- Probeta de 10,25, 50 ml
- Guantes
- Varilla de agitación

- Termómetro
- Mufla
- Estufa
- Espectrofotómetro
- Baño maría
- pHmetro
- cronómetro
- Equipo Kjendhal
- Tubos de ensayo
- Mechero Bunsen
- Cajas de Petri
- Agitador de tubos Vortex.
- Gradillas para tubos de 18 x 150 y de 13 x 100 mm
- Asa Bacteriológica.
- Incubadora a 35 °C., otros

Reactivos

- Ácido sulfúrico 0.02N y concentrado
- Ácido nítrico concentrado y soluciones
- HgCl₂
- Agua destilada
- K₂CrO₄
- AgNO₃
- EDTA
- Soluciones Tampón
- Indicadores: anaranjado de metilo, fenolftaleína, negro de eriocromo T, murexida y otros.
- Salicilato sódico
- Reactivo de Zambelli
- Persulfato de amonio
- Hidróxilamina
- Fenantrolina

- HCl
- Agar Endo estéril y otros.

Métodos y procedimientos para la recolección de datos

Siguiendo la recomendación de la Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud.(2011) que se indica en el Artículo 13° del Título IV del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano dado según DS N° 031-2010-SA , el muestreo se realizará desde la captación hasta la entrega del producto al consumidor. Para determinar las características, físicas, químicas y microbiológicas (calidad del agua), se procederá a la toma de cinco muestras de 1litro de agua, de cada uno de los siete puntos seleccionados, para cada uno de los centros poblados a evaluar, teniendo en cuenta los criterios para que la muestra sea representativa y homogénea; La periodicidad del muestreo será quincenal por un lapso de 3 meses.

En los siete (07) puntos del recorrido de cada una de las localidades enmarcadas en el estudio, se tendrá en cuenta el pozo de captación, el tanque elevado de distribución de agua, 05 viviendas localizadas dentro del sector rural al que pertenecen, de tal manera que permita evaluar el sistema de distribución y la calidad del agua en todo el sector. A continuación se localizan los puntos de muestreo realizados en cada uno de los centros poblados (tabla 1), así mismo se indican los puntos de muestreo y se detallan las características del muestreo en cada uno de los puntos (tabla 2, 3, 4, 5,6).

Tabla 1.Ubicación de los Puntos de Muestreo en los Sectores Rurales Evaluados

Muestra	Santos Vera Túcume	Cuculi Chongoyape	El Milagro Ciudad Eten	El Espinal Oyotún	Humedades Salas
M1		Cisterna	Pozo		PozoTubular

	Pozo Tubular		Tubular	Pozo de Captación	
M2	Tanque elevado	Tanque elevado-	Tanque elevado	Tanque elevado	Tanque elevado
M3	Vivienda Av Libertad s/n	Posta	Vivienda Mz. 9. Lote 2.	Filtro lento	Vivienda Sr. Pedro Santoyo Aguirre
M4	Vivienda Calle Union Nº 3	Vivienda Mz L, Lote 15	Vivienda Mz 1 Lote 1	Vivienda Sra Sara Sánchez Mendoza	Vivienda Sra.Sonia de la Cruz Bernilla
M5	Caserío el Arenal Etapa 1	Vivienda Manuel Seoane nº 508.	Vivienda Mz I Lote 5	Vivienda Sr. Jolver Hernandez Morales	Vivienda Familia Uriarte Rosas
M6	Caserío Los Sanchez - El Arenal	Vivienda - Antenor Orrego s/n	Manzana C- Lote 20	Vivienda Sr. Victor Cadena Villegas	Vivienda Sr Francisco Urbano Mio

M7	Vivienda alejada, ubicada al oeste de la M6	Vivienda, San Juan s/n .Huaca Brava.	Manzana Ñ. Lote 13	Vivienda Sr.Marcelino Sosa Montenegro	-----
----	---	--------------------------------------	--------------------	---------------------------------------	-------

Fuente: Equipo de Investigación

Tabla 2. Detalles de los puntos de muestreo en el sector rural Santos Vera-Túcume

Muestra	Punto de muestreo	Datos	Observaciones
M1	Pozo Tubular	La toma de muestra se realizó del pozo tubular. Se le adicionó los conservantes requeridos.	Muestra se tomó del manhole del pozo.
M2	Tanque elevado	La toma de muestra se realizó en el Tanque Elevado, que se alimenta del pozo de captación. Se le adicionó los conservantes requeridos	El muestreo fue casi selectivo pues no se pudo tomar muestra de diferentes profundidades, debido a la dificultad causada por la altura a la que se encontraba el tanque.
M3	Vivienda Av Libertad s/n	La toma de muestras se realizó del grifo de la parte externa de la vivienda. Se le adicionó los conservantes requeridos	La muestra de agua es transparente

M4	Vivienda Calle Unión N°3	La toma de muestra se realizó en el grifo de la vivienda, adicionándole los conservantes adecuados para los análisis requeridos.	El grifo se encontraba en el interior de la vivienda. La muestra es transparente
M5	Caserío el Arenal Etapa 1. Familia Bravo Ayala	La toma de muestras se realizó en el grifo de la vivienda. Se le adicionó los conservantes requeridos.	La muestra de agua es transparente
M6	Caserío Los Sánchez - El Arenal. Sra. Asunción Ventura Baldera	La toma de muestras se realizó en el grifo de la vivienda y se le adicionó los reactivos conservantes requeridos	La muestra de agua es transparente
M7	Caserío El Arenal	La toma de muestras se realizó en un grifo de la vivienda y se le adicionó los conservantes requeridos	La muestra de agua es transparente

Fuente: Equipo de Investigación

Tabla 3.Detalle de muestreo en el sector rural Cuculí-Chongoyape

Muestra	Punto de muestreo	Datos	Observaciones
---------	-------------------	-------	---------------

M1	Cisterna	La toma de muestras se realizó de la poza de captación que se encontraba en una caseta Se le adicionó los conservantes requeridos	Presencia de residuos de aceite sospechoso en los alrededores de la cisterna.
M2	Tanque elevado	La toma de muestras se realizó en el tanque elevado, que se alimenta de la cisterna. Se le adicionó los reactivos conservantes necesarios	Su fuente es la cisterna. El muestreo fue casi selectivo pues no se pudo tomar muestra de diferentes posiciones, debido a la dificultad causada por la altura a la que se encontraba el tanque.
M3	Posta	Las muestras se tomaron del grifo de la posta y se le adicionó los conservantes químicos necesarios.	El poblador indica que se forman residuos sólidos blanquecinos que se depositan en el fondo del recipiente en donde se almacena el agua
M4	Vivienda Mz L, Lote 15-	La toma de muestra se realizó en el grifo de la zona externa de la vivienda, adicionándole los conservantes requeridos.	El único grifo de agua se encontraba en el jardín y la distancia o altura es de apróx. 30 cm. Siguen indicando el problema de presencia de residuos blanquecinos en el agua.
M5	Vivienda Manuel	La muestra fue tomada de grifo. Se le adiciono los reactivos y conservantes.	El grifo estaba en el interior de la vivienda. El agua tiene apariencia transparente.

	Seoane n° 508.		
M6	Vivienda - Antenor Orrego s/n	La toma de muestras fue grifo de la vivienda y se le adicionó los conservantes	El agua con apariencia transparente
M7	Vivienda, San Juan s/n .Huaca Brava.	La toma de muestras se realizó en el grifo ubicado en el jardín de la vivienda y se le adicionó los conservantes requeridos	El muestreo se realizó a las 13hr y 25 mín.

Fuente: Equipo de Investigación

Tabla 4. Detalles de muestreo en el sector rural Villa El Milagro-Ciudad Eten

Muestra	Punto de muestreo	Datos	Observaciones
M1	Pozo Tubular	La toma de muestra se realizó en la poza de captación que se encontraba en una caseta Se adicionó conservantes	La muestra se extrajo de la tubería de distribución.
M2	Tanque elevado	La toma de muestra se tomó del tanque elevado, que se alimenta del pozo de captación. Se adicionó conservantes	La muestra presenta fuerte olor a cloro, se tomaron varias muestras por la presencia de sólidos metálicos provenientes de la tapa del manhole. El muestro fue casi selectivo pues no se pudo tomar muestra de

			diferentes posiciones, debido a la dificultad causada por la altura a la que se encontraba el tanque.
M3	Vivienda Mz. 9. Lote-2.	La toma de muestras se realizó del grifo de la parte externa de la vivienda. Se adicionó conservantes	Agua blanquecina por la presencia de gases disueltos, los cuales al estar expuestos al medio ambiente rápidamente se volatilizan.
M4	Vivienda Mz 1 Lote 1	La toma de muestra se realizó en el grifo de la vivienda, adicionándole los conservantes requeridos	Olor de cloro disminuye al transcurrir la mañana y a medida que la vivienda se aleja del tanque elevado. Sigue saliendo el agua blanquecina.
M5	Vivienda Mz I Lote 5	La toma de muestras se realizó en un grifo. Se adicionó los conservantes de muestras	Olor de cloro leve
M6	Manzana C- Lote N° 20	La toma de muestras se realizó en un grifo de la vivienda y se le adicionó los conservantes requeridos.	Olor de cloro leve
M7	M7: Manzana Ñ. Lote 13	La toma de muestras se realizó de un grifo del interior de la vivienda y se le adicionó los conservantes.	Olor de cloro leve

Fuente: Equipo de Investigación

Tabla 5.Detalles de muestreo en el sector rural Humedales -Salas

Muestra	Punto de muestreo	Datos	Observaciones
M1	Pozo Tubular	La toma de muestra se realizó del pozo tubular. Se adicionó conservantes	Se inició el muestreo, aprox. a las 10:30 am.
M2	Tanque elevado	La toma de muestra se realizó en el tanque elevado, el cual recibe el agua del pozo tubular, cuyas aguas se distribuyen a la población. Se adicionó conservantes	El muestro fue casi selectivo pues no se pudo tomar muestra de diferentes posiciones, debido a la dificultad causada por la altura a la que se encontraba el tanque.
M3	Vivienda Sr. Pedro Santoyo Aguirre	La toma de muestras se realizó del grifo de la parte externa de la vivienda. Se adicionó conservantes	La vivienda se encontraba a 10 minutos del tanque elevado
M4	Vivienda Sra. Sonia de la Cruz Bernilla	La toma de muestra se tomó del grifo del interior de vivienda, adicionándole los conservantes adecuados para los análisis requeridos. Se adicionó conservantes.	La población indica que el agua que reciben es clorada.

M5	Vivienda Familia Uriarte Rosas	La toma de muestras se realizó del grifo. Se adicionó los conservantes	La población indica que el agua que reciben es clorada
M6	Vivienda Sr Francisco Urbano Mío	La toma de muestras se realizó del grifo de la vivienda. Se le adicionó los reactivos conservantes	La población indica que el agua que reciben es clorada.

Fuente: Equipo de Investigación

Tabla 6. Detalles de muestreo en el sector rural el Espinal-Oyotún

Muestra	Punto de muestreo	Datos	Observaciones
M1	Pozo de Captación	La toma de muestra se realizó de la poza de captación que se encontraba en una caseta. Se adicionó conservantes.	La muestra fue tomada desde el manhole del pozo de captación.
M2	Tanque elevado	La toma de muestra se realizó en el Tanque Elevado, que se alimenta del pozo de captación Se adicionó conservantes.	El muestro fue casi selectivo pues no se pudo tomar muestra de diferentes posiciones, debido a la dificultad causada por la altura a la

			que se encontraba el tanque
M3	Filtro lento	La toma de muestras se realizó del grifo de la parte externa de la vivienda. Se adicionó conservantes	Agua proveniente del tanque elevado.
M4	Vivienda Sra Sara Sánchez Mendoza	La toma de muestra se realizó en el grifo de la vivienda, adicionándole los conservantes adecuados para los análisis requeridos	El agua es cristalina.
M5	Vivienda Sr. Jólver Hernández Morales	La toma de muestras se realizó en un grifo. Se adicionó los reactivos conservantes requeridos.	Los pobladores indican que el agua que reciben es clorada. El agua es cristalina.
M6	Vivienda Sr. Víctor Cadena Villegas	La toma de muestras se realizó en un grifo de la vivienda y se le adicionó los reactivos conservantes requeridos.	La población indica que el agua que reciben es clorada. El agua es cristalina
M7	Vivienda Sr. Víctor Cárdenas	La toma de muestras se realizó en un grifo de la vivienda y se le adicionó los conservantes requeridos	La población indica que el agua que reciben es clorada y cristalina.

Fuente: Equipo de Investigación

A las muestra, se les aplicará conservantes según lo indicado por American Public Heath Asociacion, American Water World Association, Water Environment

Federation. (2005), según corresponda a la determinación que se va a realizar, tal es así que, para las muestras que se le determina nitratos (NO_3^{-1}) y demanda química de oxígeno (DQO) se le adicionará ácido sulfúrico (H_2SO_4), para la de nitritos (NO_2^{-1}) se le adicionará cloruro mercuríco (HgCl_2), para metales ácido nítrico (HNO_3), para PH, alcalinidad y otros no se le aplicará conservante. Se registró en cada uno de los puntos de muestreo, la temperatura y olor de cada muestra de agua y se registra las características en las que se encuentra el punto de agua muestreada, así mismo se registra los parámetros para conservación de las muestras, como son los conservantes adicionados con sus respectivas dosis. (Tabla 7).

Se utilizarán según lo indicado en el manual de “Standard Methods”, frascos de vidrio o plásticos con tapa, para la recolección de muestra.

Las muestras serán inmediatamente refrigeradas después de ser tomadas hasta llegar al laboratorio para evitar la pérdida o degradación de algún analito.

Los análisis fisicoquímico-microbiológico y conservación de las muestras se trabajaron según, La Organización Mundial de la Salud OMS (1993) con las marchas analíticas establecidas en su manual de “Standard Methods for the examination of wáter” de la OMS (Tabla 8)

Tabulación de datos

A la información obtenida en cada determinación se le realizó los respectivos cálculos químicos y los resultados se ordenaron en cuadros y gráficos, los datos se tabularon en la hoja de cálculo Microsoft Excel, para realizar su evaluación química y estadística

Tabla 7. Conservantes adicionados a las muestras según las diferentes determinaciones

Determinación	Preservante	Dosis	Acondicionamiento
a Realizar			
NO_3^{-1}	H_2SO_4	2ml/l (4°C)	Refrigeración

NO ₂ ⁻¹	HgCl ₂	0.02 mg	Refrigeración
NH ₃	(4°C)	Hasta analizar	Refrigeración
Mn	HNO ₃	2ml/l (4°C)	Refrigeración
Fe	HN O ₃	2ml/l (4°C)	Refrigeración
PH	Sin conservante químico	-----	Refrigeración
DQO	H ₂ SO ₄	2ml/l (4°C)	Refrigeración

Fuente: "STANDARD METHODS" for examination of water and wastewater .17
Edition

Tabla 8. Determinaciones analíticas (sub-variables) con sus respectivos Standard methods utilizados

Variable	Sub_variables	Indicadores	Indice	Técnicas
	Temperatura	°C	Decreto Supremo N° 031-2010- SA (LMP)	2550 B. Métodos estándar
	pH	Unidad Estándar	Decreto Supremo N° 031-2010- SA(LMP)	4500-H+ B. Métodos estándar
	Olor	características	Decreto Supremo N°	Organoléptico

CALIDAD DEL AGUA: Cumplimiento de los LMP de parámetros del agua: Decreto Supremo N° 031-2010-SA (LMP)	Alcalinidad	mg/l(CaCO ₃)	031-2010-SA (LMP) Decreto Supremo N° 031-2010-SA (LMP)	Método estándar
	Cloruros	mg/l (Cl ₂)	Decreto Supremo N° 031-2010-SA (LMP)	Método estándar
	Conductividad	μS/cm	Decreto Supremo N° 031-2010-SA (LMP)	2510 B. Métodos Estándar
	Dureza	mg/l (CaCO ₃)	Decreto Supremo N° 031-2010-SA (LMP)	Método estándar
	DQO	mg/l (O ₂)	Decreto Supremo N° 031-2010-SA (LMP)	5220-B. Métodos Estándar
	Sólidos totales	mg/l	Decreto Supremo N° 031-2010-SA (LMP)	Método estándar
	Hierro	mg/l (Fe)	Decreto Supremo N° 031-2010-SA (LMP)	3500-Fe D. Métodos estándar
	Manganeso	mg/l (Mn)	Decreto Supremo N°	3500-Mn D. Métodos

		031-2010- SA (LMP)	estándar del persulfato
Nitrógeno de nitratos	mg/l (NO ₃ ⁻)	Decreto Supremo N° 031-2010- SA (LMP)	Método del salicilato sódico
Nitrógenode nitritos	mg/l (NO ₂ ⁻)	Decreto Supremo N° 031-2010- SA (LMP)	Método del reactivo de Zambelli
Nitrógeno amoniacal	mg/l (N-NH ₃)	Decreto Supremo N° 031-2010- SA (LMP)	4500-NH ₃ E . Métodos estándar
Coliformes Totales	UFC/ml	Normas del Ministerio del Ambiente	Método de las Diluciones sucesivas y NMP
Termo tolerantes	UFC/ml	Normas del Ministerio del Ambiente	Método de las Diluciones sucesivas y NMP
E Coli	UFC/ml	Normas del Ministerio del Ambiente	Siembra Microbiana en Agar MCKOMKY

Fuente: Equipo de investigación

RESULTADOS

Se evalúan los resultados obtenidos de los diferentes parámetros físico-químicos y microbiológicos determinados en las aguas que consumen los pobladores de los centros poblados del sector rural del departamento de Lambayeque. Estos resultados permitirán categorizar a cada uno de estos centros poblados en función a su calidad de agua.

En forma general se puede identificar que el centro poblado Santos Vera reporta un valor promedio de DQO igual a $58,90 \text{ mg/l} \pm 11,22 \text{ mg/l}$ es el mayor de los valores de DQO reportado de todos los centros poblados estudiados, y el centro poblado Humedades con un valor promedio de $5,65 \text{ mg/l} \pm 0,16 \text{ mg/l}$ es el que presenta menor valor, cabe mencionar que el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano emitido mediante DS N° 031-2010-SA no indica valor de límite máximo permisible (LMP) para esta determinación (tabla 16)

Por otro lado el centro poblado Santos Vera reporta un valor promedio de $[\text{NO}_3^-]$ igual a $43,714 \text{ mg/l} \pm 5,969 \text{ mg/l}$, es el mayor de los valores de $[\text{NO}_3^-]$ reportado de todos los centros poblados evaluados, y el centro poblado El Milagro con un valor promedio de $0,712 \text{ mg/l} \pm 0,622 \text{ mg/l}$, es el que presenta menor valor promedio de $[\text{NO}_3^-]$, ambos valores se encuentran dentro de los LMP, indicados en los estándares de calidad de agua en el Perú; Pero en el reporte correspondiente al centro poblado de Santos Vera, se indica el punto de muestreo M4 una $[\text{NO}_3^-]$ igual a $53,417 \text{ mg/l}$ que sobrepasa el LMP. (tabla 17)

Los centros poblados Cuculí y El Milagro, registran valores promedio de $[\text{NO}_2^-]$ menores a $< 0,05 \text{ mg/l}$ es el mayor de los valores de $[\text{NO}_2^-]$ reportado de todos los centros poblados estudiados, y los centros poblados Humedades y El Espinal reportan el valor promedio de $< 0,01 \text{ mg/l}$ que representa el menor valor de $[\text{NO}_2^-]$, ambos valores se encuentran dentro de los LMP, indicados en los estándares de calidad de agua en el Perú. (tabla 16)

Los centros poblados Santos Vera, Cuculí y El Milagro reportan una concentración promedio de nitrógeno amoniacal $[N-NO_3^{-1}]$ menores a $< 0,002$ mg/l que es el mayor de los valores de $[N-NO_3^{-1}]$ reportado en todos los centros poblados estudiados, y los centros poblados Humedades y El Espinal con el valor promedio menor a $< 0,01$ mg/l presentan el menor valor de $[N-NO_3^{-1}]$, ambos valores se encuentran dentro de los LMP, indicados en los estándares de calidad de agua en el Perú. (tabla 16)

El centro poblado El Milagro reporta un valor promedio de manganeso $[Mn]$ igual a $0,323$ mg/l $\pm 0,136$ mg/l, es el mayor de los valores de $[Mn]$ reportado de todos los centros poblados estudiados, y el centro poblado Humedades, reporta un valor promedio de $0,024$ mg/l $\pm 0,007$ mg/l es el que presenta menor valor de $[Mn]$, ambos valores se encuentran dentro de los LMP, indicados en los estándares de calidad de agua potable en el Perú; pero existen reportes donde se indica que en los puntos de muestreo, como el M1 y M2 en el centro poblado de Villa El Milagro-Eten con valores de $[Mn]$ igual a $0,55$ mg/l y $0,48$ mg/l y M1 y M4 del centro poblado de Santos Vera con valores de $0,43$ mg/l y $0,42$ mg/l que sobrepasan el LMP.(tabla 18)

El centro poblado El Milagro con una concentración promedio de hierro $[Fe]$ igual a $0,236$ mg/l $\pm 0,246$ mg/l es el mayor de los valores de $[Fe]$ reportado de todos los centros poblados evaluados, y el centro poblado Humedades, con una concentración promedio de $0,059$ mg/l $\pm 0,018$ mg/l, es el que presenta menor valor de $[Fe]$, ambos valores se encuentran dentro de los LMP, indicados en los estándares de calidad de agua en el Perú. (tabla 16)

El centro poblado Santos Vera, con un valor promedio de alcalinidad total $[CaCO_3]$ igual a $505,71$ mg/l $\pm 40,62$ mg/l, es el mayor de los valores de $[CaCO_3]$ reportado de todos los centros poblados estudiados, y el centro poblado El Espinal con una concentración promedio de $41,43$ mg/l $\pm 3,96$ mg/l, es el que presenta menor valor de alcalinidad $[CaCO_3]$; cabe mencionar que en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano emitido mediante DS N° 031-2010-SA, no indica valor de límite máximo permisible (LMP) para esta determinación. (tabla 16)

El centro poblado de Cuculí, reporta un valor de concentración promedio de cloruros [Cl⁻] igual a 94,76 mg/l ± 8,59 mg/l, es el mayor de los valores de [Cl⁻] reportado de todos los centros poblados estudiados, y el centro poblado El Espinal con un valor promedio de 8,20 mg/l ± 0,98 mg/l, es el que presenta menor valor de [Cl⁻], ambos valores se encuentran dentro de los LMP, indicados en los estándares de calidad de agua en el Perú. (tabla 16)

El centro poblado Cuculí, con un valor promedio de dureza total [CaCO₃] igual a 409,00 mg/l ± 12,82 mg/l es el mayor de los valores de dureza [CaCO₃] reportado de todos los centros poblados evaluados, y el centro poblado El Espinal, reporta un valor promedio de 47,43 mg/l ± 4,10 mg/l, es el que presenta menor valor de dureza total [CaCO₃], ambos valores se encuentran dentro de los LMP, indicados en los estándares de calidad de agua en el Perú. (tabla 16)

El centro poblado Humedades, registra un valor promedio de pH igual a 7.45 ± 0.38 es el mayor de los valores de pH reportado de todos los centros poblados estudiados, y el centro poblado El Espinal con un valor de 7.31 ± 0,15, es el que presenta menor valor de pH, ambos valores se encuentran dentro de los LMP, indicados en los estándares de calidad de agua en el Perú. El pH de todos los puntos de muestreo de las localidades evaluadas se encuentran en el rango de 6.5 -8.5 según DS N° 031-2010-SA (Tabla 16)

Tabla 16. Propiedades físico-químicos de los centros poblados evaluados

Determinación	Unidades	LPM	Stos Vera	Cuculí	El Milagro	Humedades	El Espinal
T°ambiente	°C	-----	24.0±0,1	24.3±0,1	23.9±0,8	24.5±0,5	23.64±0,9
T°agua	°C	-----	20.2±0,5	21.9±0,8	21.1±1,4	22.3±0,9	21.7±0,5
Ph	Unidad Estándar	6.5-8.5	7.31±0,15	7.36±0.20	7.39±0.21	7.45±0.38	7.31±0.15
Olor	---	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable

DQO	mg/l(O ₂)	no indica	58.90±11. 22	47.23±4.7 7	39.21±9.6 1	5.65±0.16	6.00±0.71
Hierro	mg/l(Fe)	0.3	0.180±0.1 80	0.102±0.0 24	0.236±0.2 46	0.059±0.0 18	0.063±0.0 26
Nitratos	mg/l(NO ₃ ⁻)	50	43.714±5. 96	3.261±1.8 14	0.712±0.6 22	0.983±0.0 67	22.836±1. 04
Nitritos	mg/l(NO ₂ ⁻)	3	0.015±0.0 16	< 0.05	< 0.05	< 0.01	< 0.01
Nitrógeno amoniaca	mg/l(N- NH ₃)	1.5	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.01	< 0.01
Mangane so	mg/l(Mn)	0.4	0.308±0.1 02	< 0.21	0.323±0.1 36	0.024±0.0 07	0.084±0.0 14
Alcalinida d	mg/l(CaCO ₃)	no indica	505.71±4 0.72	469.71±2 5.06	484.71±9. 79	138.33±4 4.57	41.43±3.9 6
Cloruros	mg/l(Cl ⁻)	250	80.67±3.3 4	94.76±8.5 9	83.00±5.6	64.98±32. 74	8.20±0.98
Dureza total	mg/l (CaCO ₃)	500	285.71±3 9.36	409.00±1 2.82	292.51±5. 98	202.00±6 7.77	47.43±4.1 0

Elaborado por el equipo de investigación

Tabla 17. Propiedades físico-químicas del centro poblado Santos Vera-Túcume

DETERMINACIÓN	UNIDADE	LMP	M1: POZO	M2: TANQUE ELEVADO	M3: CASA1	M4: CASA2	M5: CASA3	M6: CASA4	M7: CASA5	Promedio	Límite Inferior	Límite Superior
T° del medio ambiente	°C		24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0			
T° del agua	°C		19.0	20.0	20.0	20.0	21.0	21.0	20.0	20.2	19.3767	20.9567
PH	Unidad Estándar	6.5-8.5	7.09	7.14	7.37	7.32	7.41	7.28	7.56	7.31	7.1616	7.4584
Conductividad eléctrica	µS/cm											
Olor		aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
DQO	mg/L	no indica	58.33	68.87	43.17	45.79	76.84	55.15	64.17	58.9	47.6852	70.1205
Hierro	mg/L (O ₂)	0.3	0.067	0,107	0.125	0.111	0.114	0.0617	0.118	.18029	.00013	.36045
Nitratos	mg/L (Fe)	50	33.90	37,92	44.38	53.417	48.568	44.866	42.947	43.71452	37.74520	49.68385
Nitritos	mg/L (NO ₃ ⁻)	3	0.042	0,033	0.022	0.005	0.002	0.002	0.002	0.01542	-0.00022	0.03106
	mg/L (NO ₂ ⁻)											

Nitrògeno amoniacal	mg/L (N-NH3)	1.5	< 0,002	< 0,002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002
Manganeso	mg/L (Mn)	0.4	0.434	0,316	0.327	0.424	0.311	0.295	0.251	0.307714	0.205293	0.410136
Alcalinidad	mg/L (CaCO3)	no indica	480.0	580.0	520.0	500.0	490.0	440.0	530.0	505.71	465.10	546.33
cloruros	mg/L (Cl-)	250	78.0	78.0	81.5	78.0	78.0	86.1	85.1	80.6714	77.3301	84.0127
Dureza total	mg/L (CaCO3)	500	292.0	230.0	302.0	268.0	300.0	248.0	360.0	285.71	246.35	325.07

Elaborado por el equipo de investigación

Tabla 18. Propiedades físico-químicas del centro poblado Villa El Milagro-Eten

DETERMINACI ÒN	UNIDADE	LMP	M1: POZO	M2: Tanq. Elevado	M3: CASA1	M4: CASA2	M5: CASA3	M6: CASA4	M7: CASA5	Promedio	Límite Inferior	Límite Superior
T° del medio ambiente	°C		24.0	24.0	25.0	22.0	24.0	24.0	24.0	23.86	23.03	24.69
T° del agua	°C		21.0	22.0	24.0	20.6	20.0	20.0	20.0	21.086	19.719	22.453
PH	Unidad Estándar	6.5-8.5	7.7	7.0	7.4	7.3	7.4	7.3	7.6	7.386	7.176	7.595

Conductividad eléctrica	$\mu\text{S/cm}$	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
Olor		aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
DQO	mg/L (O ₂)	no indica	34.29	32.0	46.17	38.03	23.08	41.67	59.167	39.206666	28.594212	49.819120
Hierro	mg/L (Fe)	0.3	0.164	0.1345	0.1040	0.1520	0.104	0.1573	0.084	.23617619	-	0.4820958
Nitratos	mg/L (NO ₃ ⁻)	50	8.87 x 10 ⁻³	7.9 x 10 ⁻³	1.283	1.471	0.006	1.202	1.003	.71174333	.08955612	1.3339305
Nitritos	mg/L (NO ₂ ⁻)	3	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nitrògeno amoniacal	mg/L (NH ₃)	1.5	< 0,002	< 0,002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.1	< 0.002	< 0.002	< 0.002
Manganeso	mg/L (Mn)	0.4	0.55	0.475	< 0.21	0.4	< 0,21	< 0.21	0.21	.32295238	.18698148	0.4589233
Alcalinidad	mg/L (CaCO ₃)	no indica	490	495.0	470.0	480.0	478.0	480.0	500.0	484.71	474.92	494.51
Cloruros	mg/L (Cl ⁻)	250	79.0	82.1	81.5	79.7	85.0	78.0	95.7	83.0000	77.3967	88.6033
Dureza total	mg/L (CaCO ₃)	500	300.1	290.5	284.0	300.0	297.0	288.0	288.0	292.5143	286.5324	298.4962

Elaborado por el Equipo de investigación

Los resultados de los análisis microbiológicos, indicados según la tabla 10, reportan que en todos los puntos de muestreo de los diferentes centros poblados de los sectores rurales evaluados, hay ausencia de Bacterias termo-tolerantes, ausencia de E.coli, ausencia de huevos y larvas de helmintos y ausencia de protistas.

Según la tabla 10, Indican presencia de bacterias termo-tolerantes en el rango de 0,6x100ml –(0.85x100ml UFC/100 mL a44,5°C) y bacterias heterotróficas en el rango de 28 – 58 UFC/mL a 35°C.

El analista indica que en las determinaciones microbiológicas realizadas se tuvo en cuenta los parámetros de Control Obligatorio PCO referidos al artículo 63 del D.S. 0.31-2010-SA y a otros Organismos; Los resultados obtenidos indican que las muestras de agua analizadas, presentan “Buena calidad microbiológica”, Según los Parámetros considerados, el agua muestreada es ACEPTABLE, para consumo humano y fines alimentarios.

Los valores indicados, se refieren al número de colonias, determinadas por el recuento realizado, después de 96 horas de cultivo, se refieren a las diluciones 10^{-1} y 10^{-2} , por ser las diluciones donde se encuentran la mayor cantidad de colonias, teniendo como referencia que se encuentran en el rango aceptable, para Recuento de Colonias, que es de 25 a 250 colonias, según ICMSF – Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas en Alimentos, referencia para Análisis Microbiológicos en Aguas de fuente natural.

Considera que en Microbiología, consideramos que en una colonia bacteriana existen entre 10^3 y 10^5 UFC – Unidades Formadoras de Colonias, es decir entre 1000 a 100000 bacterias presentes en una colonia bacteriana.

En el parámetro VIRUS, no se ha realizado su determinación, por ello NR.

Tabla 19. Promedio de ensayos microbiológicos de las muestras de agua. Según D.S.031 – 2010-SA

N ^o de muestra	Denominación de la muestra	Lugar de referencia	Bacterias Termotolerantes UFC/100 ml a 44,5°C	Bacterias coliformes totales UFC/100 ml (35°C)	E .coli 44,5° UFC/100 ml a 44,5°C	Bacterias heterotróficas UFC/ml a 35°C	Huevos y larvas de helmintos N° org/l	Protistas N° org/l	virus
01	Captación	Espinal – Oyotún (M1)	ausentes	0,8 x 100ml	ausentes	46	ausentes	ausentes	NR
02	Tanque elevado	Espinal – Oyotún (M2)	ausentes	0,7 x 100ml	ausentes	52	ausentes	ausentes	NR
03	Filtro lento	Espinal - Oyotún (M3)	ausentes	0,6 x 100 ml	ausentes	54	ausentes	ausentes	NR
04	Casa Sara Sánchez	Espinal - Oyotún (M4)	ausentes	0,8 x 100 ml	ausentes	40	ausentes	ausentes	NR
05	Casa Jolver	Espinal -	ausentes	0,8 x 100ml	ausentes	38	ausentes	ausentes	NR

	Fernán dez M.	Oyotún (M5)								
06	Casa Victor Caden a V.	Espinal - Oyotún (M6)	ausentes	0,8 x 100 ml	ausentes	36	ausent es	ausent es	NR	
07	Casa Marceli na Sosa M.	Espinal - Oyotún (M7)	ausentes	0,9 x 100 ml	ausentes	46	ausent es	ausent es	NR	
08	Agua Potabl e y Pozo tubular	Agua Pozo tubular Humed ades((M1)	ausentes	0,8 x 100ml	ausentes	30	ausent es	ausent es	NR	
09	Agua de tanque elevad o	Humed ades (M2)	ausentes	0,85 x 100 ml	ausentes	42	ausent es	ausent es	N R	
10	Casa Pedro Santoy o A.	Humed ades (M3)	ausentes	0,85 x 100ml	ausentes	28	ausent es	ausent es	N R	

11	Casa Sonia Dela Cruz	Humedades (M4)	ausentes	0,8 x 100ml	ausentes	36	ausentes	ausentes	N R
12	Casa Familia Uriarte Rosas	Humedades (M5)	ausentes	0,8 x 100ml	ausentes	32	ausentes	ausentes	N R
13	Casa Francisco Urbano Mío.	Humedades (M6)	ausentes	0,8 x 100ml	ausentes	40	ausentes	ausentes	N R N R

Nº de muestras	Denominación de la muestra	Lugar de referencia	Bacterias Termotolerantes UFC/100 ml a 44,5°C	Bacterias coliformes Totales UFC/100 ml a 35°C	E. coli UFC/100 ml a 44,5°C	Bacterias heterotróficas UFC/ml a 35°C	Huevos y larvas de helmintos Nº org/l	Protistas Nº org/l	virus
14	Pozotubular M1	Santos Vera	ausentes	1,0 x 100ml	ausentes	146	ausentes	ausentes	N R
15	Tanque	Santos Vera	ausentes	1.2 x 100ml	ausentes	154	ausentes	ausentes	N R

				eleva					
				doM2					
16	Casa	Santos	ausentes	0,9 x	ausent	155	ausent	ausent	N
	M3	Vera		100ml	es		es	es	R
17	Casa	Santos	ausentes	0,8 x	ausent	154	ausent	ausent	N
	M4	Vera		100 ml	es		es	es	R
18	Casa	Santos	ausentes	1,1 x	ausent	147	ausent	ausent	N
	M5	Vera		100 ml	es		es	es	R
19	Casa	Santos	ausentes	1,0 x	ausent	138	ausent	ausent	N
	M6	Vera		100ml	es		es	es	R
20	Casa.	Santos	ausentes	1,0 x	ausent	136	ausent	ausent	N
	M7	Vera		100 ml	es		es	es	R
21	Cister	Cuculí	ausentes	0,9 x	ausent	66	ausent	ausent	N
	na			100 ml	es		es	es	R
	tubul								
	ar M1								
22	Tanq	Cuculí	ausentes	0,85 x	ausent	62	ausent	ausent	N
	ue			100ml	es		es	es	R
	eleva								
	do								
	M2								
23	CAS	Cuculí	ausentes	0,85 x	ausent	60	ausent	ausent	N
	A M3			100 ml	es		es	es	R
24	Casa	Cuculí	ausentes	0,85 x	ausent	58	ausent	ausent	N
	M4			100ml	es		es	es	R
25	Casa	Cuculí	ausentes	0,8 x	ausent	56	ausent	ausent	N
	M5			100ml	es		es	es	R
26	Casa	Cuculí	ausentes	0,8 x	ausent	52	ausent	ausent	N
	M6			100ml	es		es	es	R
27	Casa	Cuculí	ausentes	0,9 x	ausent	53	ausent	ausent	N
	M7			100ml	es		es	es	R

28	M1Po zo tubul ar	El Milagr o	ausentes	0,8 x 100ml	ausent es	46	ausent es	ausent es	N R
29	M2Ta nqele vado	El Milagr o	ausentes	0,8 x 100ml	ausent es	52	ausent es	ausent es	N R
30	Casa M3 o	El Milagr o	ausentes	0,7 x 100ml	ausent es	54	ausent es	ausent es	N R
31	Casa M4 o	El Milagr o	ausentes	0,6 x 100 ml	ausent es	40	ausent es	ausent es	N R
32	Casa M5 o	El Milagr o	ausentes	0,8 x 100 ml	ausent es	38	ausent es	ausent es	N R
33	Casa M6 o	El Milagr o	ausentes	0,8 x 100ml	ausent es	36	ausent es	ausent es	N R
34	Casa M7 o	El Milagr o	ausentes	0,8 x 100 ml	ausent es	46	ausent es	ausent es	N R

Elaborado por el equipo de investigación

En el centro poblado Santos Vera de Túcume, la temperatura del agua en el punto M1 de 19 °C fue la más baja y en los punto M5y M6 de 21 °C fue la más alta; así mismo el valor de DQO más alto fue en el punto M5 con 76.84 mg/l y el más bajo en M3 ,con 43.18 mg/l, aunque en general los valores de DQO reportados son fluctuantes. La concentración de Fe (mg/l) más baja, fue en el punto M6 con 0.0617 mg/l y más alta en el punto M3 con 0.125 mg/l; siguiendo con Santos Vera, se registró una concentración de nitratos [NO₃⁻¹] elevada en el puntoM4, con un valor

de 53.417 mg/l ,que sobrepasa el LMP, el valor más bajo fue con 33.9 mg/l en el punto M1, en la mayoría de los puntos la concentración de $[\text{NO}_3^{-1}]$ se acerca al LMP; con respecto a la concentración de los nitritos $[\text{NO}_2^{-1}]$ en Santos Vera, estos son menores al LMP, teniendo al punto M1 0.042 mg/l con el valor más alto y el M3,5,6,7 con 0.002 mg/l, sin embargo la concentración de nitrógeno amoniacal reporta para todos, valores menores a 0.002 mg/l; en cuanto a la alcalinidad el valor mayor de 580 mg/l de CaCO_3 es en M2 y el más bajo con 440 mg/l en M6; en cuanto a los cloruros $[\text{Cl}^-]$ en M1,2,4,5 reporta valores bajos de 78 mg/l y M6 con el valor más alto de 86.1 mg/l, finalmente con respecto a la dureza total $[\text{CaCO}_3]$, en M7 se tiene el mayor valor de 360 mg/l y M2 con el menor valor de 230 mg/l, además la concentración promedio de manganeso $[\text{Mn}]$ es 0.3077 mg/l \pm 0.102 mg/l. (tabla 17)

En el centro poblado Cuculí-Chongoyape, la temperatura del agua en los puntos M3, M4 fue de 21 °C fue la más baja y en los puntos M1 y M3 de 23 °C fue la más alta; así mismo el valor de DQO más alto fue en el punto M2 con 56.17 mg/l y el más bajo en M6, con 41.07 mg/l, aunque por ser valores aleatorios se indica un valor promedio de DQO es 47.23 \pm 4.77; la concentración de Fe (mg/l) más baja, fue en el punto M6 con 0.0784 mg/l y más alta en el punto M1 con 0.153 mg/l ; siguiendo con Cuculí, se registró una concentración de nitratos $[\text{NO}_3^{-1}]$ en el punto M1, con un valor de 4.48 mg/l , como valor máximo y el valor más bajo fue con 1.69 mg/l en el punto M4, en la mayoría de los puntos la concentración de $[\text{NO}_3^{-1}]$ se encuentran por debajo del LMP; con respecto a la concentración de los nitritos $[\text{NO}_2^{-1}]$ en Cuculí, estos son menores al LMP, teniendo como valor constante de 0.05 mg/l, con respecto a la concentración de nitrógeno amoniacal se reporta para los primeros seis puntos un valor de <0.002 mg/l y en el punto M7 se tiene <0.1 mg/l, en cuanto a la alcalinidad el valor mayor de 520 mg/l de CaCO_3 es en M7 y el más bajo con 430 mg/l en M3; en cuanto a los cloruros $[\text{Cl}^-]$ en M7 se reporta valores bajo de 82 mg/l y en M6 con el valor más alto de 105.0 mg/l, finalmente con respecto a la dureza total $[\text{CaCO}_3]$, en M5 se tiene el mayor valor de 425 mg/l y el menor valor de 380.0 mg/l en M1; además la concentración promedio de manganeso $[\text{Mn}]$ es 0.21 mg/l. (tabla 20)

En el centro poblado villa El Milagro, la temperatura más bajas del agua estuvieron en los puntos M5, M6, M7 a 20.0 °C y en el punto M3 se encontró la temperatura más alta de 24 °C; así mismo el valor de DQO más alto fue en el punto M7 con 59.17 mg/l y el más bajo en M5 con 23.08 mg/l, aunque en general los valores de DQO reportados son fluctuantes obteniéndose un valor promedio de 39.21 ± 9.61 ; la concentración de Fe (mg/l) más baja, fue en el punto M7 con 0.084mg/l y la más alta en el punto M1 con 0.164mg/l, con un valor promedio de 0.236 ± 0.246 ; siguiendo con la revisión de datos, se registró una concentración de nitratos [NO_3^-] elevada en el punto M4, con un valor de 1.471 mg/l ,y el valor más bajo fue con 3.87×10^{-3} mg/l en el punto M1, con respecto a la concentración de los nitritos [NO_2^-] en El Milagro, estos son menores al LMP, teniendo un valor constante de <0.05 , respecto a la concentración de nitrógeno amoniacal reporta para todos valores menores a 0.002 mg/l; en la alcalinidad, el valor mayor es de 500.0 mg/l de CaCO_3 en M7 y el más bajo con 470 mg/l en M3, obteniéndose un valor promedio de 484.71 ± 9.79 ; en cuanto a los cloruros [Cl^-] se tiene un valor promedio de 83.00 ± 5.60 , finalmente la dureza total [CaCO_3], tiene un valor promedio de 292.51 ± 5.98 mg/l .y la concentración promedio de manganeso [Mn] es 0.323 ± 0.136 mg/l. (tabla 18)

En el centro poblado Humedades, la temperatura más baja del agua de 21.0 °C, se reportó en el punto M2 y en el punto M3,5,6 registró la temperatura más alta de 23 °C; así mismo el valor promedio de DQO fue de 5.65 ± 0.16 ; la concentración de Fe (mg/l) más baja, fue en el punto M1 con 0.04mg/l y la más alta en el punto M6 con 0.08 mg/l, con un valor promedio de 0.059 ± 0.018 ; siguiendo con la revisión de datos, se registró una concentración de nitratos [NO_3^-] bajas en general, con un valor promedio de 0.98 ± 0.07 , con respecto a la concentración de los nitritos [NO_2^-] y nitrógeno amoniacal [N-NH₃], se tiene valores constantes, para ambos de <0.01 , en la alcalinidad, el valor mayor es de 200.0 mg/l de CaCO_3 en M1 y el más bajo con 86.0 mg/l en M4, con un valor promedio de 138.33 ± 44.57 mg/l; los valores de los cloruros [Cl^-] son bastante variables, obteniéndose una concentración promedio de 64.98 ± 32.72 , finalmente la dureza total [CaCO_3], tiene un valor

promedio de 202.00 ± 67.76 mg/l, y la concentración promedio de manganeso [Mn] es 0.024 ± 0.007 mg/l.(tabla 21)

Tabla 20. Propiedades físico-químicas del centro poblado Cuculí

DETERMINACIÒ N	UNIDADE S	LMP	M2:							Promedi o	Límite Inferior	Límite Superior
			M1: POZO	TANQUE ELEVAD O	M3: CASA1	M4: CASA2	M5: CASA3	M6: CASA4	M7: CASA5			
T° del medio ambiente	°C		25.0	25.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0			
T° del agua	°C		23.0	22.0	21.0	21.0	21.5	22.0	23.0	21.9	21.2	22.7037
PH	Unidad Estándar	6.5-8.5	7.4	7.1	7.8	7.3	7.32	7.26	7.35	7.36	7.16	7.5605
Conductividad electrica	µS/cm											
olor		aceptabl e	aceptabl e		aceptabl e	aceptabl e	aceptabl e	aceptabl e	aceptabl e			
DQO	mg/L (O ₂)	no indica	46.20	56,17	51.10	42.21	46.71	41.07	47.13	47.23	42.46	51.9939
Hierro	mg/L (Fe)	0.3	0.153	0.0917	0.0830	0.0901	0.121	0.0784	0.094	0,1016	0,077	0,12605 7
Nitratos	mg/L (NO ₃ ⁻)	50	4.480	2.48	2.182	1.699	1.960	7.197	2.830	3.2611	1.448	50,747
Nitritos	mg/L (NO ₂ ⁻)	3	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05		0,05	

Nitrògeno amoniacal	mg/L (N-NH3)	1.5	< 0,002	< 0,002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.1		0.002	
Manganeso	mg/L (Mn)	0.4	< 0,21	< 0,21	< 0.21	< 0,21	< 0,21	< 0.21	< 0.21		0,21	
Alcalinidad	mg/L (CaCO3)	no indica	460.0	470.0	430.0	460.0	480.0	468.0	520.0	470	444.6596	494.769
cloruros	mg/L (Cl-)	250	102.8	85.1	88.6	99.3	100.5	105.0	82.0	95	86.171	103.3433
Dureza total	mg/L (CaCO3)	500	380.0	410.0	410.0	410.0	425.0	415.0	413.0	409	396.2	421.815

Elaborado por el equipo de investigación

Tabla 21. Propiedades físico-químicas del centro poblado Humedades

DETERMINACIÒ N	UNIDADE S	LMP	M2:						Promedi o	Límite Inferior	Límite Superio r
			M1: POZO	TANQUE ELEVAD O	M3: CASA	M4: CASA	M5: CASA	M6: CASA			
Tº del medio ambiente	ºC		24.0	24.0	25.0	24.5	25.0	24.7	24.5333	24.0563	25.0104
Tº a del agua	ºC		22.0	21.0	23.0	22.0	23.0	23.0	22.3333	21.4765	23.1902

PH	Unidad Estándar	6.5-8.5	7.8	7.4	7.0	7.1	7.5	7.9	7.4500	7.0702	7.8298
Conductividad eléctrica	$\mu\text{S/cm}$										
olor		aceptabl e									
DQO	mg/L (O ₂)	no indica	5.7	5.4	5.8	5.6	5.6	5.8	5.6500	5.4908	5.8092
Hierro	mg/L (Fe)	0.3	0.04	0.063	0.037	0.067	0.07	0.08	.05950	.04141	.07759
Nitratos	mg/L (NO ₃ ⁻)	50	0.91	0.98	1.1	0.95	0.98	0.98	.9833	.9167	1.0499
Nitritos	mg/L (NO ₂ ⁻)	3	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	0.01	0.01
Nitrògeno amoniacal	mg/L (N-NH ₃)	1.5	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	0.01	0.01
Manganeso	mg/L (Mn)	0.4	0.02	0.02	0.02	0.027	0.02	0.037	.0240	.0167	.0313
Alcalinidad	mg/L (CaCO ₃)	no indica	200.0	100.0	158.0	86.0	126.0	160.0	138.33	93.76	182.90
cloruros	mg/L (Cl ⁻)	250	103.5	49.6	80.1	12.8	65.2	78.7	64.98	32.27	97.70

Dureza total	mg/L (CaCO3)	500	260.0	184.0	268.0	90.0	194.0	216.0	202.00	134.24	269.76
Dureza calcica	mg/L (CaCO3)		130.0	100.0	160.0	76.0	100.0	130.0	116.00	84.73	147.27
Dureza Magnesica	mg/L (CaCO3)		130.0	84.0	108.0	14.0	94.0	86.0	86.00	44.89	127.11

Elaborado por el equipo de investigación

En el centro poblado El Espinal, la temperatura promedio registrada fue de 21.74 ± 0.47 °C; así mismo el valor promedio de la demanda química de oxígeno, DQO fue de 6.00 ± 0.71 .

La concentración de hierro, Fe (mg/l) más baja, fue en el punto M1 con 0.01mg/l y la más alta en el punto M7 con 0.097mg/l, con un valor promedio de 0.063 ± 0.026 ; siguiendo con la revisión de datos, se registró una concentración de nitratos [NO_3^-], con un valor promedio de 22.84 ± 1.05 , con respecto a la concentración de los nitritos [NO_2^-] y nitrógeno amoniacal [N-NH₃], se tiene valores constantes, para ambos de <0.01mg/l, en la alcalinidad, el valor mayor es de 50.0 mg/l de carbonato de calcio, CaCO₃ en M7 y el más bajo con 40.0 mg/l en M2, M3, M6, con un valor promedio de 41.43 ± 3.95 mg/l; Los valores de los cloruros [Cl⁻] son 6.40 y 9.2 mg/l, como valores mínimo y máximo, finalmente la dureza total [CaCO₃], tiene un valor promedio de 47.43 ± 4.10 mg/l, y la concentración promedio de manganeso [Mn] es 0.084 ± 0.014 mg/l.(tabla 22).

Tabla 22. Propiedades físico-químicas del centro poblado El Espinal

DETERMINACIÒ N	UNIDADE S	Limite màximo permiscible	M1: POZO	M2: TANQUE ELEVAD O	M3: CASA1	M4: CASA2	M5: CASA3	M6: CASA4	M7: CASA5	Promedi o	Límite Inferior	Límite Superior
T° del medio ambiente	°C		22.0	22.5	24.0	24.0	24.5	24.0	24.5	23.6429	22.7291	24.5566
T° del agua	°C		21.0	21.0	22.0	22.0	22.2	22.0	22.0	21.7429	21.2687	22.2170
PH	Unidad Estàndar	6.5-8.5	7.2	7.2	7.5	7.3	7.1	7.4	7.5	7.3143	7.1688	7.4598
Conductividad electrica	μ S/cm											
olor		aceptable	aceptabl e	aceptable	aceptabl e	aceptabl e						
DQO	mg/L (O ₂)	no indica	7.4	6.7	5.8	5.5	5.8	5.4	5.4	6.0000	5.2936	6.7064
Hierro	mg/L (Fe)	0.3	0.01	0.063	0.053	0.06	0.08	0.08	0.097	.06329	.03754	.08904
Nitratos	mg/L (NO ₃ ⁻)	50	25.4	22.41	22.4	22.41	22.4	22.42	22.41	22.8357	21.7899	23.8815
Nitritos	mg/L (NO ₂ ⁻)	3	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Nitrògeno amoniacal	mg/L (N- NH ₃)	1.5	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

Manganeso	mg/L (Mn)	0.4	0.087	0.07	0.08	0.067	0.087	0.113	0.087	.08443	.07047	.09839
Alcalinidad	mg/L (CaCO ₃)	no indica	38.0	40.0	40.0	44.0	38.0	40.0	50.0	41.43	37.47	45.38
cloruros	mg/L (Cl ⁻)	250	6.4	9.2	7.1	8.5	9.2	8.5	8.5	8.200	7.221	9.179
Dureza total	mg/L (CaCO ₃)	500	50.0	40.0	48.0	48.0	54.0	44.0	48.0	47.43	43.33	51.53
Dureza calcica	mg/L (CaCO ₃)		24.0	36.0	20.0	20.0	40.0	20.0	32.0	27.43	19.60	35.26
Dureza Magnesica	mg/L (CaCO ₃)		26.0	4.0	28.0	28.0	14.0	24.0	16.0	20.00	11.66	28.34

Se puede evaluar la calidad del agua según la CONAGUA (tablas 11 y 12), ya que en nuestro país no indican un LMP.

Según:

1. Relación DQO/DBO :Índice de Biodegradabilidad

DQO/DBO = 1.5 \Rightarrow Materia orgánica muy degradable

DQO/DBO = 2 \Rightarrow Materia orgánica moderadamente degradable

DQO/DBO = 10 \Rightarrow Materia orgánica poco degradable.

Se asume un valor de DQO/DBO=1.5

En la Tabla 23, se establece la calificación de las aguas de los diferentes centros poblados evaluados en función del DQO y DBO₅, según la escala de calificación de CONAGUA indicadas en las tablas 11 y 12

En la tabla 24, se establece la evaluación y la clasificación de las aguas estudiadas para los diferentes centros poblados, en función de las alcalinidades, teniendo como referencia lo indicado por Kevern indicadas en las tablas 13 y 14.

La dureza las aguas de los diferentes centros poblados, Se evaluaron y clasificaron en la tabla 25, teniendo como referencia los criterios de la OMS y del Ministerio de Salud. (Tablas 9 y 10)

Tabla 23. Calificación de las aguas evaluadas de los diferentes centros Poblados, según la CONAGUA

Centro Poblado	DQO promedio medido)	DBO calculado DQO/DBO =1.5)	Calidad de la agua según la DBO(cuadro 5) (CONAGUA))	Calidad de la agua según la DQO(cuadro 6) (CONAGUA))
Santos Vera	58.90 ± 11.22	39.27	CONTAMINADA	CONTAMINADA
Cuculí	47.23 ±4.77	31.49	CONTAMINADA	CONTAMINADA
El Milagro	39.21 ±9.61	26.14	ACEPTABLE	ACEPTABLE (con el valor promedio y límite mínimo. Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de auto depuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente
Humedades	5.65 ±0.16	3.76	BUENA CALIDAD Aguas superficiales con bajo contenido de	EXCELENTE

			materia orgánica biodegradable	
El Espinal	6.00 ±0.71	4.00	BUENA CALIDAD Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable	EXCELENTE no contaminada

Elaborado por el equipo de investigación

Tabla 24. Evaluación de la Alcalinidad de las aguas de los Centro Poblados evaluados

Centro poblado	Alcalinidad medida (mg/l CaCO_3)	Clasificación de las aguas evaluadas	Rango de alcalinidad (mg/l CaCO_3)	Clasificación según la alcalinidad
Santos Vera	505.71± 40.61	ALTA	< 75	BAJA
Cuculí	469.71±25.05	ALTA	75 - 150	MEDIA
El Milagro	484.71±9.79	ALTA	> 150	ALTA
Humedades	138.33±44.57	MEDIA		

El Espinal	41.43±3.95	BAJA
------------	------------	------

Fuente: el Autor

Tabla 25. Evaluación de la Dureza de las aguas de los Centro Poblados evaluados

Centro poblado	Dureza promedio medida (mg/l CaCO_3)	Calificación según la OMS(cuadro 3)	Características del agua (índice de Langelier)
Santos Vera	285.714 ± 39.36	Muy Dura	Incrustante
Cuculí	409.00± 12.82	Muy Dura	Incrustante
El Milagro	292.51± 5.98	Muy Dura	Incrustante
Humedades	202.00± 67.76	Muy Dura	Incrustante
El Espinal	47.43± 4.10	Blanda	corrosiva

Elaborado por el equipo de investigación

DISCUSION

De los análisis del proceso de monitoreo, análisis físico-químico, microbiológicos y algunos metales pesados, de los pozos tubulares, tanques elevados y redes de distribución, se desprenden algunas discusiones que permitirán las conclusiones y recomendaciones adecuadas.

Según la OMS, la evaluación de la idoneidad de la calidad química del agua de bebida se basa en la comparación de los resultados de los análisis de la calidad del agua con los valores de referencia; En este estudio se considera los valores indicados en el Reglamento de la Calidad del Agua para consumo Humano emitida por DS N° 031-2010-SA, que tiene como referencia la Guía para la calidad de Agua Potable de la OMS y otra normas internacionales.

Los valores de DQO obtenidos en los análisis que fluctúan entre 6.00 ± 0.71 y 58.0 ± 11.22 indican que el 40% de los centros poblados (Santos Vera y Cuculí) consumen agua contaminada por tener los valores más altos de DQO, tomando en cuenta los criterios de calificación del agua de la Comisión Nacional del agua de México (CONAGUA) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), ya que la OMS, las normas CAPRE, la UE y el Reglamento de calidad del Agua para consumo Humano del D.S.N° 031-2010.S.A del Perú no contempla L.M.P; Un 20% consume una agua Aceptable (El Milagro), la cual está ligeramente contaminada con capacidad de autodepuración y el otro 40% (El Espinal y Humedades) consume una agua de buena calidad, en cuanto a este parámetro. (tabla 23). Se debe tener en cuenta que la vulnerabilidad del agua se debe a la ausencia de sistemas de desinfección controlada y a la falta de un adecuado sistema de vigilancia y control de la misma.

Es interesante notar que la denominación de los niveles guía es diferente en cada país, estos varían desde la denominación de concentración máxima, valor máximo permitido, límite máximo permitido, límite máximo aceptable o tolerable, límite máximo aceptable, valor admisible, límite permisible, nivel máximo contaminante, nivel máximo ideal entre otros. (Tabla 26).

Tabla 26. Denominación de los niveles guías en diferentes países

País	Denominación de nivel guía
Argentina	- Concentración máxima (sólo para concentraciones de contaminantes)
Brasil	- Valor máximo permitido
Chile	- Límite máximo (sólo en categoría de concentraciones límites de sustancias nocivas) - Máximo aceptable (sólo en categoría de contaminantes químicos) - Máximo tolerable (sólo en categoría de contaminantes químicos) - Límite máximo aceptable(sólo en categoría de contaminantes radiactivos)
Colombia	- Valor admisible
México	- Límite permisible
Perú	- Límite máximo permisible
Estados Unidos	- Nivel máximo de contaminante (MCL) - Nivel máximo ideal de contaminante (MCLG) - Nivel máximo de desinfectante residual (MRDL) - Nivel máximo ideal de desinfectante residual (MRDLG)

Fuente: Estudio comparativo de normas de calidad de agua potable en distintos países de América por Lic. Sergio Mella

De los metales analizados Fe y Mn, se encontró que en la totalidad de las muestras, la concentración de Fe no sobrepasa los L.M.P, sin embargo el centro poblado El Milagro presenta la mayor concentración de este metal; el origen de ello se debe a que la tapa del manhole del tanque elevado era de metal y estaba oxidado debido

a las características del clima y el medio, pues se encuentra cerca al mar; se pudo comprobar que cuando el operario abre la tapa para adicionar el desinfectante, cae residuos de los deterioros de la tapa.(tabla 27)

El hierro es un constituyente normal del organismo humano (forma parte de la hemoglobina). Por lo general, sus sales no son tóxicas en las cantidades comúnmente encontradas en las aguas naturales. La presencia de hierro puede afectar el sabor del agua, producir manchas indelebles sobre los artefactos sanitarios y la ropa blanca. También puede formar depósitos en las redes de distribución y causar obstrucciones, así como alteraciones en la turbiedad y el color del agua.

La remoción del hierro de las aguas crudas superficiales es relativamente fácil con los procesos comunes de remoción de la turbiedad, mediante los cuales su concentración puede bajar de 10 mg/L a 0,3 mg/L, que es la concentración recomendada para el agua de consumo; Sin embargo, es posible que haya problemas si el hierro está presente en complejos orgánicos inestables. Los límites de calidad del agua peruana, clasifica al Fe como un parámetro para la calidad organoléptica. En las Guías de la 1993 y las actuales no se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el hierro en el agua de consumo. Por esta razón, el 88.88% de los países del continente Americano establecen en sus normas nacionales un límite máximo permisible de hierro de 0.3 mg/l. Sin embargo, Guatemala permite una concentración de hierro de 1 mg/l.

El seguimiento del manganeso en la población de Santos Vera, registra en dos puntos M1 y M4 valores de 0.434 y 0.425 mg/l de Mn, los cuales representan aproximadamente el 45% sobre el LMP, y los demás puntos se acercan a este valor, similar comportamiento se da en El Milagro en los puntos M1y M2.(tabla 27)

El Mn es un elemento esencial para la vida animal; funciona como un activador enzimático, sin embargo, grandes dosis de manganeso en el organismo pueden causar daños en el sistema nervioso central, su presencia no es común en el agua, pero cuando se presenta, por lo general está asociado al hierro. En concentraciones mayores a 0,15 mg/L, las sales disueltas de manganeso pueden impartir un sabor desagradable al agua y además la presencia de manganeso en

el agua provoca el desarrollo de ciertas bacterias que forman depósitos insolubles de estas sales, debido a que se convierte, por oxidación, de manganeso en solución al estado mangánico en el precipitado. Esta acción es similar en el hierro.

Las Guías de Calidad para Aguas de Consumo Humano de la OMS establecen como valor provisional 0,5 mg/L, pero las Guías de Calidad para Agua de Bebida del Canadá recomiendan una concentración diez veces menor 0,05mg/L, por consideraciones principalmente relacionadas con el sabor y el olor del agua. La IDT(ingesta diaria total) es de 0,06 mg Mn/kg de peso corporal, basada en el valor máximo del intervalo de ingesta de manganeso, 11 mg/día, determinado mediante estudios sobre la alimentación, para el que no se observan efectos adversos. La presencia de manganeso en el agua de consumo será rechazada por los consumidores si se deposita en los conductos de agua y ocasiona la coloración del agua. Los consumidores suelen aceptar concentraciones inferiores a 0,05-0,1 mg/l; estas concentraciones pueden a veces producir sedimentos negros en los conductos de agua tras periodos prolongados, pero esto puede variar en función de las circunstancias locales. Un valor de referencia provisional basado en efectos sobre la salud de 0,5 mg/l debería ser adecuado para proteger la salud pública. También se señaló que los consumidores suelen considerar aceptable el agua con concentraciones inferiores a 0,1 mg/l, aunque esto puede variar en función de las circunstancias locales.

La alcalinidad encontradas en las aguas de los diferentes centros poblados estudiados refleja que 03 de estos (Santos Vera, Cuculí y El Milagro) presentan alcalinidad de 505.71 ± 40.62 ; 469.71 ± 25.05 ; 484.71 ± 0.79 mg/l de CaCO_3 , las cuales según Kevern, son consideradas Altas. Humedades presenta una alcalinidad de 138.33 ± 44.57 , la cual se le clasificaría según Kevern como alcalinidad Media y El centro poblado de El Espinal presenta una alcalinidad promedio de 41.43 ± 3.95 clasificada como BAJA.(tabla 24, 27)

Según los pH promedio en este sector rural esta en los rangos de 7-7.5, lo que indicaría que de las sustancias responsables de la alcalinidad el HCO_3^- predomina, mientras que CO_3^{2-} comienza a aumentar (Tabla 14).

La OMS y el Reglamento de calidad del Agua para consumo Humano del D.S.N° 031-2010.S.A del Perú no contempla L.M.P. para la alcalinidad, aunque una consecuencia de la presencia de un cierto grado de alcalinidad en el agua se refleja en la capacidad de la misma de mantener su pH relativamente estable ante el agregado de un ácido, lo que es conocido como efecto tampón o buffer y permitiría, además, la precipitación del Ca^{+2} bajo la forma de CaCO_3 generando precipitaciones de encalichamiento, la cual es una queja de los pobladores.

Por otro lado, los valores de dureza que presentan estas aguas indican que están por debajo de los límites máximos permisibles establecidos, pero además permite clasificarlas, según la OMS, como Agua blanda al centro poblado El Espinal, con un valor promedio de 47.43 ± 4.10 y aguas muy duras para los demás centros poblados estudiados, con valores de dureza de 285.714 ± 39.36 ; 409.00 ± 12.82 , 292.51 ± 5.98 y 202.00 ± 67.76 . (tabla 27)

Para determinar el carácter incrustante o corrosivo de un agua se han instaurado una serie de índices, por ejemplo el índice de Langhelier ó el índice de Ryznar, los cuales permiten clasificar a las aguas como agua muy incrustante, incrustante, equilibrada, débilmente corrosiva, corrosiva y fuertemente corrosiva, para ello interrelaciona distintos factores como dureza cálcica, pH, alcalinidad a la M y temperatura; En función del pH y de la alcalinidad, una dureza del agua por encima de 200 mg/l aprox. puede provocar la formación de incrustaciones, sobre todo en las calefacciones; Las aguas blandas con una dureza menor que 100 mg/l aproximadamente tienen una capacidad de amortiguación baja y pueden ser más corrosivas para las tuberías. Las normas de calidad no establecen un límite específico para la dureza en el agua para consumo humano

El Ca y Mg son los principales responsables de la dureza del agua y le da las propiedades incrustantes, que dificultan el lavado con los jabones; El contenido en magnesio de un agua depende casi exclusivamente de los terrenos que atraviesa, siendo muy variable.

El Mg^{2+} es un elemento indispensable para el crecimiento, el organismo humano ingiere gran cantidad de Mg^{2+} diariamente a través de los alimentos, pero se sabe

que concentraciones de magnesio en aguas superiores a 125 mg/l pueden tener efectos laxantes. Los límites de calidad del agua peruana, clasifica a la dureza sólo como parámetro para la calidad organoléptica.

Aún no se ha definido totalmente, si la dureza tiene efectos adversos sobre la salud pero existen investigaciones que evalúan estos efectos, como es el caso de la investigación del Ing. Willevaldo León Hanco, 2008, quién concluye que el consumo prolongado de aguas que presentan concentraciones > 120 mg/l de CaCO_3 presentan un factor de riesgo para el padecimiento de litiasis, según estudio de Mora *et al.* 2002. Lo que concordó con su estudio, que concentraciones $=300$ mg/l de CaCO_3 estuvieron asociadas a una alta prevalencia de litiasis. De 90 personas encuestadas en el Valle de Vitor y en La Cano, 23 dijeron haber sufrido la enfermedad; y de un total de 170 personas encuestados en La Joya-El Ramal, La Joya, San Camilo y San Isidro pertenecientes al departamento de Arequipa, sólo 26 sufrieron la enfermedad.

El reporte de la concentración de los Cl^- en cuatro de los centros poblados evaluados tienen concentraciones promedio similares de 80 ± 1.0 y se encuentran dentro de los L.M.P establecidos según la norma y el centro poblado del Espinal presenta el menor valor de 8.20 ± 0.98 . (tabla 27). Los límites fijados en el agua por las normas de calidad se sustentan más en el gusto que le imparten al agua que en motivos de salubridad. Tomando en cuenta el límite de percepción del sabor de los cloruros en el agua, se ha establecido un límite de 250 mg/L en aguas de consumo, concentración que puede ser razonablemente excedida según las condiciones locales y la costumbre de los consumidores. La OMS considera que por encima de esta concentración, los cloruros pueden influir en la corrosividad del agua; No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el cloruro en el agua de consumo, no obstante, las concentraciones de cloruro que excedan de unos 250 mg/l pueden conferir al agua un sabor perceptible.

Todas las sales de cloruro son muy solubles en agua. Los niveles de Cl^- se incrementan debido a la aridez, el drenaje de retorno en la irrigación, el alcantarillado y los desechos industriales. Estos niveles más altos de cloruro intensifican los efectos corrosivos del agua. La concentración máxima

recomendada por la OMS es de 250 mg/l, el cual está basado por completo en el sabor, y no en algún daño fisiológico conocido. De los 16 países que presentan información el 75% de ellos adoptan la concentración de las Guías de la OMS, mientras que el 25% restante establece estándares superiores. Entre los países que se encuentran por encima de la recomendación de la OMS están República Dominicana, Argentina, Uruguay y Venezuela.

Además de los efectos perjudiciales sobre la salud (hipertensión, osteoporosis, y otro), la salinización del agua puede incrementar la corrosión de metales en el sistema de distribución y perjudica los cultivos. Los niveles de concentración de cloruros en agua no contaminada se encuentran a valores menores de 10 mg/L y en agua que se ha sometido a procesos de cloración ha reportado resultados de 40 a 63 mg/L, los valores obtenidos en los análisis sobrepasa en aprox. un 21%, pues la dosificación de del hipoclorito de sodio (desinfectante) es realizado por personal no calificado (los JASS), que adiciona más de lo necesario para conseguir, según ellos, más desinfección y esto se pudo verificar, pues se encontró en el Milagro, que en el tanque elevado el olor a cloro era bastante fuerte y en las primeras viviendas evaluadas el agua obtenida de los grifos tenía gran cantidad de gases(coloración blanquecina que desaparecía rápidamente al agitarla).

Los valores de concentración de NO_3^- en el centro poblado de Santos Vera se acercaban al L.M.P con un valor promedio de 43.71 ± 5.97 , encontrándose en el punto M4 una concentración promedio de 53.41 mg/l, valor mayor al L.M.P.; así mismo se encontraron valores altos pero que no sobrepasaron el L.M.P en el centro poblado El Espinal, con un valor promedio de 22.83 ± 1.05 mg/l de NO_3^- , en los demás centros poblados los valores de concentración promedio de nitratos fue mucho menores, 3.26 ± 1.81 ; 0.71 ± 0.62 y 0.90 ± 0.07 .(tabla 27). La contaminación por nitratos es causada por la degradación y posterior infiltración de la materia fecal de los efluentes de tanques sépticos y por el uso de fertilizantes nitrogenados. Los nitratos pueden producir metahemoglobinemia (pérdida de capacidad de los glóbulos rojos para transportar oxígeno) en niños lactantes menores a 6 meses y otras causas; además se debe considerar los periodos de ingesta a largo y corto plazo a la que la población se encuentra expuesta y que puede causar problemas

a la salud; y para consultar a la autoridad responsable de la salud pública y solicitar asesoramiento de la misma por parte de los responsables del abastecimiento del agua.

La concentración de nitritos NO_2^{-1} , en los centros poblados estudiado se encuentran por debajo del L.M.P, pero el centro poblado Santos Vera reporta los mayores valores de concentración en M1, M2 y M3 de 0.042; 0.033 y 0.022mg/l.

El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas; por lo general, en el agua se lo encuentra formando amoníaco, nitratos y nitritos. Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos. Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua.

Los nitritos son sustancia tóxica a partir de la cual pueden formarse nitrosaminas, que son cancerígenas. El estándar establecido por la OMS es de 3 mg/l, valor sobre el cual se encuentran Costa Rica, Honduras y Perú alcanzando un 17.64%. Canadá admite un valor máximo de 3.2mg/l, mientras que el resto de los países de América registran valores inferiores a los de la OMS, los cuales oscilan entre un rango de 0.01 a 1.5mg/l, siendo la gran mayoría con un 76.47%. En este caso ningún país excede el límite recomendado por la OMS.

El nitrato se utiliza principalmente en fertilizantes inorgánicos, y el nitrito sódico como conservante alimentario, especialmente para las carnes curadas. La concentración de nitrato en aguas subterráneas y superficiales suele ser baja, pero puede llegar a ser alta por filtración o escorrentía de tierras agrícolas o debido a la contaminación por residuos humanos o animales como consecuencia de la oxidación del amoníaco y fuentes similares. La formación de nitrito es consecuencia de la actividad microbiana y puede ser intermitente.

La nitrificación en los sistemas de distribución puede aumentar la concentración de nitrito, que suele ser de 0,2 a 1,5 mg/l. En la mayoría de los países, las

concentraciones de nitrato en aguas de consumo procedentes de aguas superficiales no superan los 10 mg/l, aunque los niveles de nitrato en agua de pozo superan con frecuencia los 50 mg/l; las concentraciones de nitrito suelen ser menores, inferiores a unos pocos miligramos por litro.

El valor de referencia para el nitrato es de 50 mg/l para proteger a los lactantes alimentados con biberón contra la metahemoglobinemia (exposición a corto plazo) y el Valor de referencia (nitrito) de 3 mg/l para la metahemoglobinemia en lactantes (exposición a corto plazo) y el Valor de referencia provisional (nitrito) de 0,2 mg/l (provisional) (exposición prolongada) ,el valor de referencia para los efectos crónicos del nitrito se considera provisional debido a la incertidumbre que existe sobre la relevancia de los efectos adversos para la salud de las personas observados y la sensibilidad de los seres humanos en comparación con la de los animales.

Si bien es cierta la concentración de NO_3^- está limitada por los estándares de agua potable a 50 mg/l por razones fisiológicas. Todos los países con datos reportados se encuentran al margen (22.22%) o por debajo de este nivel (77.77%), entre un rango de los 10 mg/l a un máximo de 50 mg/l. Esto permite inferir que el nivel de nitrato es bien administrado por las legislaciones nacionales de cada uno de los países los cuales se mantienen al margen de los estándares de la OMS

Los valores de nitrógeno amoniacal, son bastante bajos, y están por debajo de los L.M.P. Las aguas superficiales no deben contener normalmente amoníaco. En general, la presencia de amoníaco libre o ion amonio es considerado como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa. Si el medio es aerobio, el nitrógeno amoniacal se transforma en nitritos. La presencia de concentraciones altas de N-NH_3 , otorga al agua un sabor desagradable, además dificulta la cloración, altera el cobre de las conducciones por formación de complejos solubles y da colores extraños al agua por formación de complejos.

El riesgo para la salud asociado al agua de bebida más común y extendido es la contaminación microbiológica, cuyas consecuencias son tales que su control debe

ser siempre un objetivo de importancia primordial. Debe darse prioridad a la mejora y el desarrollo de los sistemas de abastecimiento de agua que planteen un riesgo mayor para la salud pública.

La contaminación microbiológica de los grandes sistemas de abastecimiento urbanos puede causar grandes brotes de enfermedades transmitidas por el agua. La aplicación de una concentración suficiente de desinfectante es un componente fundamental de la mayoría de los sistemas de tratamiento para lograr la reducción necesaria del riesgo microbiológico. La concentración de desinfectante y el tiempo de contacto, para un pH y una temperatura determinados sirve como medida del nivel de desinfección necesario para inactivar los microbios patógenos más resistentes garantiza también la eliminación eficaz de otros microbios más sensibles. Cuando se aplica un tratamiento de desinfección, debe estudiarse la adopción de medidas para reducir al mínimo la formación de subproductos de la desinfección (SPD).

Los resultados de los análisis microbiológicos, indicados según la tabla 19, reportan que, en todas los puntos de muestreo de las diferentes centros poblados del sector rural evaluados, hay ausencia de Bacterias termo-tolerantes, ausencia de E. coli, ausencia de huevos y larvas de helmintos y ausencia de protistas, indicando que cumple con los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos del Reglamento de Calidad del agua para Consumo Humano.

Según tabla 19, Indican presencia de bacterias termo-tolerantes en el rango de 0,6x100ml-0.85x100ml y bacterias heterotróficas en el rango de 28 – 58colonias, las cuales se encuentran por debajo del LMP, establecidas en el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano.-Peruano.

Los valores indicados se refieren al número de colonias, determinadas por el recuento realizado, después de 96 horas de cultivo, se refieren a las diluciones 10^{-1} y 10^{-2} , por ser las diluciones donde se encuentran la mayor cantidad de colonias, teniendo como referencia que se encuentran en el rango aceptable, para Recuento de Colonias, que es de 25 a 250 colonias, según ICMSF – Comisión

Internacional de Especificaciones Microbiológicas en Alimentos, referencia para Análisis Microbiológicos en Aguas de fuente natural.

En Microbiología, se considera que en una colonia bacteriana existen entre 10^3 y 10^5 UFC – Unidades Formadoras de Colonias, es decir entre 1000 a 100000 bacterias presentes en una colonia bacteriana.

Las bacterias encontradas que han desarrollado colonias, no son Patógenas, ni contaminantes, se les considera como bacterias habituales de aguas de fuente natural o microbiota del agua natural.

La cantidad de coliformes fecales recomendada por las Guías de la OMS es de 0 UFC (unidades formadoras de colonias) /100ml. La mayoría de los países analizados se ajustan a este estándar y lo adoptan dentro de sus normas nacionales. El único país que se encuentra con niveles superiores a este es Guatemala, quien permite un límite máximo de coliformes fecales en al agua de 2 NMP/ml, para un porcentaje de 5.55%. Las guías de la OMS establecen un parámetro de 0 UFC/ml para las bacterias coliformes totales, las cuales son adoptadas por países como Canadá, USA, Costa Rica, El Salvador, Bolivia, Brasil, Perú y Uruguay con un total del 61.11%. En contraste, el 38.88% de los países se encuentra por encima de este límite, entre ellos se encuentran Chile, Colombia y Ecuador al presentar una cantidad máxima permitida de 1 UFC/ml, y otros como México, Ecuador, Honduras, Paraguay y Nicaragua oscilan entre niveles de 2 a 4 UFC/ml. Ninguno de los países se encuentra por debajo del porcentaje recomendado por la OMS.

Investigaciones realizadas Segura Triana (2007), indica que el control de la calidad del agua implica, el establecimientos de criterio de calidad para definir los lineamientos y normas o requisitos mínimos que debe satisfacer un agua para que sea apropiada para un uso determinado. Los requisitos de calidad obligan a las autoridades y a los usuarios a comparar la calidad de agua de una fuente específica, con esos requisitos para determinar si satisfacen o no cierto nivel de calidad.

Finalmente debemos tener en cuenta, que los criterios de calidad de las aguas, son establecidas por las autoridades responsables del manejo de la calidad de las aguas de una nación y son utilizados por diferentes instituciones nacionales o internacionales, públicas y privadas.

Las bases para el establecimiento de los criterios de calidad del agua, según lo menciona Mc Gauhey, son los siguientes:

- La Práctica establecida, se basa en las concentraciones que se encuentran en las aguas naturales y la experiencia obtenida por el consumo de esa agua con el tiempo; en ocasiones el límite se establece en función a la mínima concentración que se puede detectar.
- Factibilidad técnica y económica, se basa en la disponibilidad técnica y el costo de prácticas de tratamiento de aguas para alcanzar el límite recomendado, sin tener en cuenta la afectación al usuario.
- La Suposición Fundamentada, incluye el aspecto estético del agua y los límites se basan en el hecho, de que un agua de aspecto agradable, que no ha producido efectos nocivos al usuario, es segura.; en otros casos los límites se basan en las concentraciones que pudieran dar sabor al agua, sin considerar efectos a la salud.
- La experimentación, se hace principalmente con compuestos tóxicos, carcinógenos, mutagénicos y teratogénicos. Se hace estudios de toxicología y epidemiológicos para establecer normas de calidad del agua. se hacen ensayos para establecer si un compuesto produce toxicidad aguda o efectos crónicos. Los límites se fijan en función a los efectos crónicos y no con los efectos tóxicos y el límite se fija en base a la ingestión total del compuesto.
- Experimentación humana, se hacen estudios epidemiológicos, relacionando grupos de individuos a un compuesto o agente y controles no expuestos al riesgo en estudio.
- Evaluación Estadística, es la etapa final a que se someten los resultados de bioensayos y pruebas toxicológicas para establecer las normas de calidad del agua. En ocasiones la calidad del agua puede violar las normas y solo

es posible estimar la magnitud e importancia de la violación de las normas mediante análisis estadístico de registros de datos tomados en el tiempo.

Tabla 27. Consolidado de las determinaciones en las aguas evaluadas

Centro poblado	Pto muestreo	T°amb.	T° H ₂ O	pH	Olor	DQO mg/l	Fe mg/l	Mn. mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ mg/l	N-NH ₃ mg/l	Alcal. mg/l	Cl ⁻¹ mg/l	Dza.total mg/l
SANTOS	M1	24.0	19.0	7.09	AC	58.33	0.067	0.434	33.90	0.042	<0.002	480.0	78.0	292.0
VERA	M2	24.0	20.0	7.14	AC	68.87	0.107	0.316	37.92	0.033	<0.002	580.0	78.0	230.0
	M3	24.0	20.0	7.37	AC	43.17	0.125	0.327	44.38	0.022	<0.002	520.0	81.5	302.0
	M4	24.0	20.0	7.32	AC	45.79	0.111	0.424	53.42	0.005	<0.002	500.0	78.0	268.0
	M5	24.0	21.0	7.41	AC	76.84	0.114	0.311	48.57	0.002	<0.002	490.0	78.0	300.0
	M6	24.0	21.0	7.28	AC	55.15	0.062	0.295	44.87	0.002	<0.002	440.0	86.1	248.0
	M7	24.0	20.0	7.56	AC	64.17	0.118	0.251	42.95	0.002	<0.002	530.0	85.1	360.0
	CUCULI	M1	25.0	23.0	7.41	AC	46.20	0.153	<0.21	4.48	<0.05	<0.002	460.0	102.8
M2		25.0	22.0	7.09	AC	56.17	0.092	<0.21	2.48	<0.05	<0.002	470.0	85.1	410.0
M3		24.0	21.0	7.80	AC	51.10	0.083	<0.21	2.18	<0.05	<0.002	430.0	88.6	410.0
M4		24.0	21.0	7.30	AC	42.21	0.090	<0.21	1.69	<0.05	<0.002	460.0	99.3	410.0
M5		24.0	21.5	7.32	AC	46.71	0.121	<0.21	1.96	<0.05	<0.002	480.0	100.5	425.0
M6		24.0	22.0	7.26	AC	41.07	0.078	<0.21	7.19	<0.05	<0.002	468,0	105.0	415.0
M7		24.0	23.0	7.35	AC	47.13	0.094	<0.21	2.82	<0.05	<0.002	520.0	82.0	413.0
HUMEDADES	M1	24.0	22.0	7.82	AC	5.70	0.040	0.021	0.91	<0,01	<0,01	200.0	103.5	260.0
	M2	24.0	21.0	7.40	AC	5.40	0.063	0.021	0.98	<0,01	<0,01	100.0	49.6	184.0
	M3	25.0	23.0	7.04	AC	5.80	0.037	0.021	1.10	<0,01	<0,01	158.0	80.1	268.0
	M4	24.5	22.0	7.10	AC	5.60	0.067	0.027	0.95	<0,01	<0,01	86.0	12.8	90.0
	M5	25.0	23.0	7.53	AC	5.60	0.070	0.021	0.98	<0,01	<0,01	126.0	65.2	194.0
	M6	24.7	23.0	7.88	AC	5.80	0.080	0.037	0.98	<0,01	<0,01	160.0	78.7	216.0

EL ESPINAL	M1	22.0	21.0	7.15	AC	7.40	0.010	0.087	25.40	<0,01	<0,01	38.0	6.4	50.0
	M2	22.5	21.0	7,24	AC	6.70	0.063	0.070	22.41	<0,01	<0,01	40.0	9.2	40.0
	M3	24.0	22.0	7.45	AC	5.80	0.053	0.080	22.40	<0,01	<0,01	40.0	7.1	48.0
	M4	24.0	22.0	7.28	AC	5.50	0.060	0.067	22.41	<0,01	<0,01	44.0	8.5	48.0
	M5	24.5	22.2	7.05	AC	5.80	0.080	0.087	22.40	<0,01	<0,01	38.0	9.2	54.0
	M6	24.0	22.0	7.39	AC	5.40	0.080	0.113	22.42	<0,01	<0,01	40.0	8.5	44.0
	M7	24.5	22.0	7.45	AC	5.40	0.097	0.087	22.41	<0,01	<0,01	50.0	8.5	48.0
EL MILAGRO	M1	24.0	21.0	7.7	AC	34.24	0.164	0.550	8.87x10 ⁻³	<0.05	<0.002	490.	79.0	300.1
	M2	24.0	22.0	7.0	AC	32.00	0.135	0.475	7.90x10 ⁻³	<0.05	<0.002	495.0	82.1	290.5
	M3	25.0	24.0	7.5	AC	46.17	0.104	<0.21	1.28	<0.05	<0.002	470.0	81.5	284.0
	M4	22.0	20.6	7.37	AC	38.03	0.152	0.400	1.47	<0.05	0.100	480.0	79.7	300.0
	M5	24.0	20.0	7.56	AC	23.08	0.104	<0.21	6.00x10 ⁻³	<0.05	<0.002	478.0	85.0	297.0
	M6	24.0	20.0	7.44	AC	41.67	0.157	<0.21	1.20	<0.05	<0.002	480.0	78.0	288.0

Fuente: El autor

CONCLUSIONES

- Se determinaron las características físicas de las aguas que se consumen en los centros poblados de Santos Vera, Cuculí, El Milagro, Humedades y El Espinal pertenecientes al sector rural del departamento de Lambayeque, encontrándose que, la temperatura promedio del agua que se consume, están en el rango de 20.17 ± 0.79 y 22.33 ± 0.86 el pH está en el rango de 7.31 ± 0.15 y 7.45 ± 0.38 y el olor con características aceptables, y se concluye que el pH y el olor se encuentran dentro de los L.M.P, según Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano Peruano emitido según DS N° 031-2010-SA, no existiendo parámetro para la temperatura.
- Se determinaron las características químicas de las aguas que se consumen en los centros poblados indicados, evaluándose con los LMP según DS N° 031-2010-SA y con la influencia en la salud de los diferentes parámetros evaluados.
- En cuanto a dureza, la población de El Espinal consume y usa agua Blanda y los otros cuatro centros poblados consumen y usan aguas Muy Duras (OMS); Esto indicaría que las aguas de alta dureza generarán incrustaciones en la red de distribución y afectaría el desarrollo de algunas actividades cotidianas, a pesar de que estas aguas no sobrepasan los LMP, pero si se aproximan al valor límite.
- Con respecto al DQO y la relación calculada con el DBO, las aguas de Santos Vera, Cuculí consumen agua contaminada con materia orgánica y El Milagro una agua de calidad aceptable con capacidad para autodepuración y en El Espinal y Humedades el agua es de excelente calidad para este parámetro medido y trabajando con la relación con el DBO, los resultados se ratifican (CONAGUA); En el Perú no se registra un LMP para DQO y DBO para agua de consumo.
- Con respecto a la alcalinidad, estas aguas se clasifican como aguas con alcalinidad Alta, para Santos Vera, Cuculí y El Milagro, alcalinidad Media, para Humedades y alcalinidad Baja para El Espinal.

- En el reporte de la concentración de los Cl⁻ en cuatro de los centros poblados evaluados tienen concentraciones promedio en el rango de 94.76±8.59 y 64.98±32.72, los cuales se encuentran dentro de los L.M.P establecidos según la norma y el centro poblado del Espinal presenta el menor valor de 8.20±0.98. El exceso o deficiencia de cloruros es debido a que la cloración la hace personal no calificado que aumenta o disminuye la dosificación sin criterios técnicos. Los límites fijados en el agua por las normas de calidad, fueron fijadas asumiendo sola la Suposición Fundamentada.
- La concentración de compuestos derivados del nitrógeno; NO₃⁻¹, NO₂⁻¹ y N-NH₃, encontrados reflejan que en los centros poblados Santos Vera y El Espinal, la [NO₃⁻¹] se acercan al LMP, valores que debería ser una señal, como mínimo, para investigar la causa con vistas a aplicar las medidas correctoras pertinentes.
- La concentración de nitritos NO₂⁻¹, en los centros poblados estudiado se encuentran por debajo del L.M.P, pero el centro poblado Santos Vera reporta los mayores valores de concentración en M1, M2 y M3 de 0.042; 0.033y 0.022mg/l, y considerando la concentración de NO₃⁻¹, indicaría indicios de problemas de contaminación.
- Los valores de nitrógeno amoniacal, son bastante bajos, y están por debajo de los L.M.P, indicando que la cloración está siendo efectiva.
- Las concentraciones de Fe, en la totalidad de las muestras, no sobrepasa los L.M.P, sin embargo, El Milagro presenta la mayor concentración debido a problemas de infraestructura y mantenimiento del tanque elevado.
- El seguimiento del Mn, en Santos Vera, registra en dos puntos M1 y M4 valores de 0.434 y 0.425 mg/l de Mn, los cuales están sobre el LMP, y los demás puntos se acercan a este valor, similar comportamiento se da en El Milagro en los puntos M1y M2. Los límites de Fe y Mn son fijados teniendo en cuenta Factibilidad Técnica y Económica y la Suposición Fundamentada.
- El centro poblado de Santos Vera presenta menor calidad de agua, según la evaluación de los parámetros de DQO, DBO, dureza, NO₃⁻¹, NO₂⁻¹.

- Los centros poblados con mejor calidad de agua es El Espinal y Humedades; a El Espinal, tendría que corregirse la dureza y alcalinidad y evaluar la cloración; en cuanto a Humedades, corregir la dureza.
- En general los parámetros de control obligatorio microbiológico de las aguas evaluadas, indican que tienen buena calidad, por lo que se le clasifica como aceptables, las bacterias encontradas que han desarrollado colonias, no son Patógenas, ni contaminantes, se les considera como microbiota del agua natural.
- Un enfoque integral, conlleva a la evaluación sistemática de los riesgos existentes en un sistema de abastecimiento de agua de bebida y la determinación de medidas que pueden aplicarse para gestionar estos riesgos, así como de métodos para comprobar el funcionamiento eficaz de las medidas de control. Incorpora estrategias para abordar la gestión cotidiana de la calidad del agua y hacer frente a las alteraciones y averías.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. (2005). *Standard Methods Water and Wastewater*. Washington D.C. American Public Health Association, 19 edition.
- Banks E, Ferreti L, Schucard D. (1999). *Effects of Low Level Lead Exposure on Cognitive Function in Children: A Review Of Behavioral, Neuropsychological and Biological Evidence*. Neurotoxicology.
- Campos, C., Cárdenas, M., Guerrero, A. (2008). *Comportamiento de los Indicadores de Contaminación Fecal en diferente tipo de Aguas de la Sabana de Bogotá (colombia)*. Universitas Scientiarum.
- Calderón, RL. (2000). *The epidemiology of Chemical Contaminants of Drinking Water*. Food Chem Toxicol; Suppl 38:13-20
- CEPLAN. (2010). *Encuesta Nacional de Hogares (ENAHOG, 2001) .Evolución Socioeconómica del Perú (1990 – 2010)*
- Dirección General de Salud Ambiental y Ministerio de Salud. (2010). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA*. Lima-Perú.
- Espinoza, A., Morera, A., Mora, D., & Torres, R. (2004). *Calidad de Agua Potable en Costa Rica: Situación actual y Perspectivas*. Ministerio de Salud, Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado, Organización Panamericana de la Salud y Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud.
- González, O., Aguirre, J., Saugar, G., Orozco, L., Álvarez, G., Palacios, K., & Guevara, O. (2007). *Diagnóstico de la calidad del agua de consumo en las comunidades del sector rural noreste del municipio de León, Nicaragua*. Universitas (León): Revista Científica De La UNAN León, 1(1), 7–13. <https://doi.org/10.5377/universitas.v1i1.1625>
- Guissé, S, H. (1997). *Comentario sobre Derecho humano al agua potable*. Andalucía: Editorial Fronch.
- González, O., Aguirre, J., Saugar, G., Orozco, L., Álvarez, G., Palacios, K., & Guevara, O. (2007). *Diagnóstico de la calidad del agua de consumo en las comunidades del sector rural noreste del municipio de León,*

- Nicaragua. Universitas (León): Revista Científica De La UNAN León, 1(1), 7–13.
<https://doi.org/10.5377/universitas.v1i1.1625>
- Lenntech, 2008. Lenntech Agua residual & purificación del aire Holding B.V.
 Rotterdamseweg 402 M 2629 HH Delft,
 Holanda. <http://www.lenntech.com/espanol/pH-y-alcaldinidad.htm>
- León Hanco. (2008). Impacto en la salud por consumo de agua dura en pobladores de la parte baja del río Chili, Arequipa, Perú.
- Mora, D. (2002). Diagnóstico de la Cobertura y Calidad del Agua para consumo humano en Costa Rica a principios del siglo XXI.
- Montes de Oca, M. L. (1998). Guía Metodológica. Técnicas Analíticas para Control de Calidad del Agua”. PRONAP-BCEON-OIST.
- Ministerio del Ambiente (2008). Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. D.S N° 002-2008-MINAM
- OMS. (1993) .Estándares Europeos de la Calidad del Agua Potable Directrices de la OMS para la calidad del agua potable, establecidas en Génova,
- OMS. (1970). Informe anual del director general a la asamblea mundial de la salud y a las naciones unidas. Actas Oficiales de la Organización Mundial de la salud N°188.
- Organización Panamericana de la Salud. (2007). Guía para mejorar la calidad del agua ámbito rural y pequeñas ciudades. Lima.
- Plan Nacional de Saneamiento (2006-2015). Plan Agua Para Todos. D.S.2006.007. Vivienda.
- PNUMA. (2003). El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/GEO%20ALC%202003-espanol.pdf>
- Segura, L. (2007). Estudio de Antecedentes sobre la Contaminación Hídrica en Colombia. Academia Accelerating the world´ research
- Segura, S., Beltramini, T., Takayanagui, A., Hering, S., & Cupo, P. (2003). Metales pesados en agua de bebederos de presión. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 53(1), 59-64.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222003000100009&lng=pt&tlng=es.
- Van Leeuwen, FXR. (2000). Safe drinking water: the toxicologist´s approach. Food

Chem Toxicol Suppl 38:51-58.

Ventura, M. (1987). Programa Regional Sobre la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas Subterráneas del CEPIS. Perú



Ysabel Nevado Rojas

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
<https://orcid.org/0000-0001-9995-0011>
inevado@unprg.edu.pe

Ingeniera Química de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Maestra en ciencias con mención en Ingeniería Ambiental, egresado del Programa de Doctorado en Gestión Universitaria. Docente en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Investigadora adscrita a la Unidad de investigación de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la UNPRG. Con amplia experiencia en gestión Universitaria y en el desarrollo y asesoría de proyectos de investigación en el área de Ingeniería química, ambiental, en gestión y en seguridad y salud ocupacional y otros. Profesional proactivo y con capacidad para trabajo en equipo

Doyle Isabel Benel Fernández

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
<https://orcid.org/0000-0002-6835-1662>
dbenel@unprg.edu.pe

Ingeniera Química egresada de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Maestra en Administración con mención en Gerencia Empresarial de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Estudios culminados de Doctorado en Ciencias ambientales. Profesional proactivo y resiliente, con experiencia en asesoría de proyectos de investigación y con gran capacidad para trabajar bajo presión.



James Jenner Guerrero Braco

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
https://orcid.org/0000_0003-3028-9493
jguerrerobr@gmail.com

Ingeniero Químico, Magister en Administración con mención en Gerencia Empresarial, egresado del Programa de Doctorado en Administración. Docente en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Investigador adscrito a la Unidad de investigación de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la UNPRG. Con amplia experiencia en desarrollo y asesoría de proyectos de investigación en el área de Ingeniería química, ambiental, educación, gestión e innovación. Profesional proactivo y con capacidad para trabajo en equipo

Ronald Alfonso Gutiérrez Moreno

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
<https://orcid.org/0000-0001-7812-7149>
rgutierrez@unprg.edu.pe

Ingeniero Químico egresado de la Universidad Nacional de Trujillo. Maestro en Ciencias con mención en Ingeniería Ambiental egresado de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Estudios concluidos en doctorado Ciencias Ambientales. Docente de pregrado en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Asesor de tesis de pre grado. Experiencia profesional en Curtiembre. Profesional. Profesional proactivo con conocimientos en temas ambientales.



César Augusto Monteza Arbulú

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
<https://orcid.org/0000-0003-2052-6707>
cmonteza@unprg.edu.pe

Ingeniero Químico egresado de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Maestro en Docencia Universitaria e Investigación Educativa en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Doctorado en Administración de la Educación, en la Escuela de Posgrado de Universidad César Vallejo. Especialista en Autoevaluación y Acreditación Universitaria. Docente Universitario de pregrado y posgrado. Profesional proactivo, con amplia experiencia gestión universitaria y en asesoría de proyectos de investigación en ingeniería

Luis Antonio Pozo Suclupe

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
<https://orcid.org/0000-0002-4185-8922>
lpozo@unprg.edu.pe

Ingeniero Químico, Maestro en ciencias con mención en Ingeniería Ambiental, Doctor en ciencias Ambientales. Docente de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, asesor en Sistemas productivos industriales, Sistemas de Calidad y aseguramiento alimentario, remediación y medio Ambiente, tratamiento de aguas y Operaciones Industriales con experiencia en asesoría de proyectos de investigación



Manuel Jesús Sánchez Chero

Universidad Nacional de Frontera
<https://orcid.org/0000-0003-1646-3037>
msanchezch@unf.edu.pe

Ingeniero de Sistemas, Magister en docencia universitaria, doctorado en educación, Docente Asociado Adscrito a la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Frontera, Investigador Renacyt con registro P0011796, en el grupo de Carlos Monge Medrano, Nivel III. Con amplia experiencia en proyectos de investigación y publicaciones en el área de Ingeniería.

