

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL



**Evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica del manantial
Huañambra en José Gálvez-Celendín**

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentada por el Bachiller:

DIANA ZEGARRA CHÁVEZ

ASESORES:

Ing. José Silvestre Lezama Bueno

Ing. Oscar Humberto Vásquez Castañeda

CAJAMARCA – PERÚ

2016

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

Para mi madre por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar, me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

También a mis queridos amigos y compañeros que me apoyaron y me permitieron entrar en su vida y compartir los buenos y malos momentos.

El Autor.

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradecer a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

En especial a mi madre, por cada día hacerme ver la vida de una forma diferente y confiar en mis decisiones.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mis Asesores Ing. Jorge Silvestre Lezama Bueno, Ing. Oscar Humberto Vásquez Castañeda, quienes me brindaron su apoyo y colaboración en la culminación del Proyecto de Tesis.

El Autor.

ÍNDICE

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
CAPITULO I	8
INTRODUCCIÓN.	8
1.1. Problema de la investigación	9
1.1.1. Formulación del problema	9
1.1.2. Objetivo de la investigación	9
1.1.2.1. Objetivos específicos	9
1.1.3. Hipótesis de la investigación	10
CAPITULO II	11
REVISION LITERARIA	11
2.1. El agua.....	11
2.2. Parámetros de calidad del agua.....	16
2.3. Evaluación de la calidad del agua.....	31
2.4. El monitoreo y muestreo.....	32
2.5. Calidad del agua.....	32
2.6. Composición química del agua.....	34
CAPITULO III	36
MATERIALES Y METODOS	36
3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación	36
3.2. Materiales y equipos	38
3.2.1. Material biológico	38
3.2.2. Material de campo.....	39
3.2.3. Material y equipo de laboratorio	40

3.3. Metodología	40
3.3.1. Trabajo de campo	40
3.3.2. Trabajo de Laboratorio	41
3.3.3. Métodos de investigación	41
CAPITULO IV	61
RESULTADOS Y DISCUSIONES	61
4.1. Análisis fisicoquímicos.....	61
4.2. Análisis microbiológicos.....	70
CAPITULO V	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
CAPITULO VI	73
BIBLIOGRAFIA	73
ANEXOS	77

RESUMEN

La presente investigación sobre la evaluación de la Calidad Fisicoquímica y Bacteriológica del Manantial Huañambra, fue realizado en el manantial Huañambra en el distrito de José Gálvez, provincia de Celendín, región Cajamarca. Los análisis fisicoquímicos efectuados fueron: pH, conductividad eléctrica, turbidez, sólidos totales disueltos, alcalinidad, dureza total, cloruros, sulfatos, nitratos, nitritos, hierro, cobre, cromo, aluminio, cadmio, plomo y zinc. Y los análisis microbiológicos evaluados fueron coliformes totales y coliformes fecales. Los resultados obtenidos se evaluaron de acuerdo a los rangos establecidos en la Norma Técnica Categoría A1 del MINAM, encontrándose que cumple con todos los parámetros fisicoquímicos, mas no así con las pruebas microbiológicas obtenidas: coliformes totales con una concentración de 1200 UFC/100ml y coliformes fecales con 1000 UFC/100 ml. Por lo que de acuerdo a los resultados obtenidos de agua del Manantial Huañambra en su estado natural no es apta para el consumo humano, ya que no cumple con todos los requerimientos exigidos por la Norma Técnica Peruana.

ABSTRACT

How it (subj) investigation on the evaluation of the Quality Fisicoquímica and Bacteriológica of the Manantial Huañambra, he was realized in the spring Huañambra in the district of José Gálvez, province of Celendín, region Cajamarca. The physicochemical analyses they went executed: pH, electric conductivity, turbidez, solid dissolved totals, alkalinity, total hardness, chlorides, sulfates, nitrates, nitritos, I shoe, collect, I chrome, aluminum, cadmium, I seal with lead, zinc and the microbiological analyses evaluados were total coliformes and faecal coliformes. The aftermaths obtenidos evaluated himself according to the established ranges in the MINAM'S Norma Técnica Categoría A1, meeting that he complies with all of the physicochemical parameters, but I did not grasp with tests microbiological obtained: Total coliformes with 1200 UFC/100ml's concentration and faecal coliformes with 1000 UFC/100 ml. Por it than he is not water obtenidos of the Manantial Huañambra in his state of nature according to the aftermaths apt in order to the human consumption, right now than do not obey with all of the requisites exigidos for the Norma Técnica Peruana.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua para consumo humano en el Perú en su mayoría no tiene un adecuado tratamiento, especialmente en las zonas alto andinas.

El agua superficial que proviene del manantial denominado Huañambra, es utilizada para consumo humano de la población de Huañambra, distrito de José Gálvez, provincia de Celendín, región Cajamarca.

El recurso hídrico abastece actualmente a 420 habitantes, y se encuentran constituidos como una organización comunal denominada: Junta Administradora de Servicio y Saneamiento (JASS) de La Comunidad Campesina de Huañambra.

El manantial es utilizado desde el año 1986 y son abastecidos a través del sistema de agua potable cuyos componentes principales son: Captación, línea de aducción, línea de conducción, reservorio y línea de distribución.

El presente trabajo contiene un estudio de la caracterización del agua del Manantial Huañambra del distrito de José Gálvez de la provincia de Celendín del departamento de Cajamarca.

Dicho estudio constituye un aporte fundamental para verificar la calidad del agua que consumen los habitantes del caserío de Huañambra, y tuvo como objetivo determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica del manantial Huañambra del distrito de José Gálvez en la provincia de Celendín, región Cajamarca.

1.1. Problema de la investigación

La población de Huañambra, cuenta con un manantial, del cual abastece de agua potable a la comunidad, y el agua que se suministra no es analizada por ningún proceso unitario de tratamiento y mantenimiento.

Debido a que las condiciones existentes en el agua pueden variar, es conveniente realizar evaluaciones y también es recomendable implementar nuevos análisis que garanticen la calidad del agua de dicho manantial.

En la actualidad no se viene llevando a cabo ninguna obra de mejoramiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado de la población de Huañambra.

Los métodos de los análisis físico, químicos y bacteriológicos que se realizaron para calificar la calidad del manantial Huañambra, son descritos en el Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater, de la APHA.

1.1.1. Formulación del problema

¿Cuál es la calidad (o niveles de concentración) fisicoquímica (pH, conductividad eléctrica, Turbidez, solidos totales disueltos, alcalinidad, dureza total, cloruros, sulfatos, nitratos nitritos, hierro, cobre, cromo, aluminio, cadmio, plomo y zinc) y bacteriológicos (coliformes totales y fecales) de las aguas del manantial Huañambra?

1.1.2. Objetivo de la investigación

Determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica del manantial Huañambra del distrito de José Gálvez en la provincia de Celendín - Cajamarca.

1.1.2.1. Objetivos específicos

- Evaluar los niveles y la concentración de los parámetros físicos (pH, conductividad Eléctrica, Turbiedad, Solidos Totales Disueltos), del manantial Huañambra del distrito de José Gálvez en la provincia de Celendín - Cajamarca.

- Evaluar los parámetros químicos (Alcalinidad, Dureza Total, Cloruros, Sulfatos, Nitratos, Hierro, Cobre, Cromo, Nitrito, Aluminio, cadmio, plomo y zinc), del manantial Huañambra del distrito de José Gálvez de la provincia de Celendín – Cajamarca.
- Determinar la calidad microbiológica (coliformes totales y fecales) del manantial Huañambra del distrito José Gálvez en la provincia de Celendín – Cajamarca.

1.1.3. Hipótesis de la investigación

Los valores de los niveles y las concentraciones fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas del manantial Huañambra son superiores a los límites máximo permisibles de la calidad de agua para el consumo humano.

CAPITULO II

REVISION LITERARIA

2.1. El agua

El agua es un líquido incoloro, casi inodoro e insípido, su fórmula química es H₂O, éste líquido esencial para la vida animal y vegetal, es muy empleado como solventes. El agua potable contaminada origina enfermedades tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados, al mismo tiempo constituye un recurso fundamental en el desarrollo de la vida humana y de la industria (Gámez 2002).

El agua siempre ha sido utilizada por el hombre, pero fue hace poco que se ha percatado de su importancia y del peligro que puede tener en la salud, si esta no llena la calidad sanitaria, para que pueda ser consumida con confianza por el ser humano y otros servicios, entre ellos domésticos, industriales, agrícolas, etc., además, debe contarse con instalaciones sanitarias adecuadas para todos, independientemente de la diferencia de condiciones de vida. Para esto, hoy en día se han implementado los métodos o medios adecuados que disminuyan la contaminación del agua. (Gámez 2002).

2.1.1. Generalidades del agua

El agua es el compuesto químico de mayor importancia en la superficie terrestre y está formado por la combinación de un volumen de Oxígeno y dos de Hidrógeno (H₂O), es un líquido, inodoro, insípido, incoloro en pequeñas cantidades y verdoso en grandes masas. Se solidifica a 0°C y hierve a 100°C. Cubre aproximadamente las tres cuartas partes de la superficie terrestre. Forma la lluvia, las fuentes, los ríos, los lagos y los mares. Constituye del 50% al 90% de peso, de todas las plantas y animales (Gámez 2002).

El agua que obtenemos en la naturaleza no es químicamente pura, las aguas de consumo provienen del subsuelo y al pasar por diferentes estratos de la corteza terrestre arrastran

sustancias de diferente naturaleza, algunas como el Flúor y el Yodo son provechosas para el hombre, otras aunque no llegan a ser perjudiciales, producen colores, olores o sabores desagradables (Gámez 2002).

2.1.2. Los manantiales

Son el punto donde desagua un manto acuífero en el lugar en que éste corta la superficie terrestre (OPS 2004).

Según su origen las aguas se pueden clasificar en: aguas superficiales, aguas subterráneas, aguas industriales, aguas residuales, aguas de riego, aguas lluvias (OPS 2004).

El agua no tratada se llama “agua natural” y el agua tratada se llama “agua depurada”.

El agua es un líquido vital para la vida, presentando una diversidad de usos como son consumo humano, uso industrial, uso agrícola, preservación de flora y fauna, usos recreativos, entre otros (OPS 2004).

El agua para consumo humano debe cumplir con ciertas características fisicoquímicas y microbiológicas que la hagan apta para ello. (OPS 2004).

2.1.3. Agua potable

Es el agua apta para el consumo humano, la cual debe estar exenta de organismos capaces de causar enfermedades, de minerales y de sustancias orgánicas que provoquen efectos fisiológicos perjudiciales. Es por esto que varias organizaciones a nivel mundial como la Organización Panamericana de la Salud (OPS), Organización Mundial de la Salud (OMS), Servicio de Sanidad Pública de los Estados Unidos (USPS) y Organizaciones regionales, han trabajado para determinar parámetros y límites de medición y uso de agua potable, que varían un poco de acuerdo a la región y a exigencias o normativas de cada país (OPS 2004).

En el Perú para que el agua se considere potable, es decir apta para el consumo humano, debe cumplir con los rangos para los aspectos fisicoquímicos y microbiológicos, establecidos por los Estándares de Calidad del agua (ECA) (OPS 2004).

2.1.4. Origen y tipo de contaminación del agua

La contaminación del agua es toda alteración de las características Fisicoquímicas y Microbiológicas que pueden perjudicar o poner en riesgo la salud de aquellos que hacen uso de ésta.

La contaminación del agua puede tener varios orígenes:

- a) Industrial: Lavado de Calderas, Tóxicos vertidos a la zona del Río o Pozo, sin previo tratamiento.
- b) Doméstica: Aguas domésticas.
- c) Agropecuario: Residuos de estiércol, plaguicidas y fertilizantes.
- d) Natural: Aguas lluvias, Restos animales.

La ingestión de agua contaminada puede causar grandes daños a la salud. En el siguiente cuadro se detallan algunas enfermedades conocidas como enfermedades hídricas (Vergara 2001).

2.1.5. Enfermedades relacionadas con el agua

El agua, el saneamiento y la higiene tienen consecuencias importantes sobre la salud y la enfermedad.

Las enfermedades relacionadas con el uso de agua incluyen aquellas causadas por microorganismos y sustancias químicas presentes en el agua potable; enfermedades como la esquistosomiasis, que tiene parte de su ciclo de vida en el agua; la malaria, cuyos vectores están relacionados con el agua; el ahogamiento y otros daños, y enfermedades como la legionelosis transmitida por aerosoles que contienen microorganismos (OMS 2006).

El agua también contribuye a la salud, por ejemplo, a través de la higiene.

Las enfermedades relacionadas con el agua se presentan en el cuadro 01.

Cuadro 01. Enfermedades hídricas

Enfermedades asociadas al agua				
Enfermedad	Causa y forma de transmisión	Zona geográfica	Número de casos	Muertes al año
<i>Disentería por amebas</i>	Protozooario que se trasmite por vía fecaloral en agua contaminada, comida o por contacto de persona a persona	todo el planeta	500 millones por año	*
<i>Disentería por bacilo</i>	Bacteria que se trasmite por vía fecaloral en agua contaminada, comida o por contacto de persona a persona.	todo el planeta	*	*
<i>Diarrea (incluye la disentería por amebas y por bacilo)</i>	Varios tipos de bacteria, virus y protozoarios que se transmiten por vía fecal-oral en agua contaminada, comida o por contacto de persona a persona.	todo el planeta	4 mil millones	3-4 millones
<i>Cólera</i>	Bacteria que se trasmite por vía fecaloral en agua contaminada, comida o por contacto de persona a persona.	América Latina, Africa, Asia	384,000 por año	20,000
<i>Hepatitis A</i>	Virus que se trasmite por vía fecal-oral en agua contaminada, comida o por contacto de persona a persona.	todo el planeta	600,000 a 3 millones por año	2,400 a 12,000
<i>Paratifoidea y tifoidea</i>	Bacteria que se trasmite por vía fecaloral en agua contaminada, comida o por contacto de persona a persona.	80% en Asia; 20% en América, Africa	16 millones generalmente	600,000
<i>Polio</i>	Virus que se trasmite por vía fecal-oral en agua contaminada, comida o por contacto de persona a persona.	66% en India; 34% en Medio Oriente, Asia, Africa	82,000 generalmente	9,000
Enfermedades contagiosas transmitidas por agua				

<i>Ascariasis</i>	Huevos fertilizados presentes en el excremento humano. Larvas desarrolladas en suelos templados. Al ingerir tierra con desechos humanos en la comida la larva penetran a través de la pared del intestino donde llegan a maduración.	África, Asia, América Latina	250 millones generalmente	60,000
<i>Paragonimiasis</i>	Lombriz que se aloja y deposita sus huevos en los pulmones humanos. Los huevos se transmiten a través de las heces fecales y se rompen al entrar en contacto con el agua fresca. Las larvas encuentran una serpiente huésped donde se reproducen y luego se trasladan a cangrejos y otros crustáceos. Los humanos las ingieren en mariscos crudos.	Lejano Oriente, América Latina	5 millones generalmente	No reportado
Vectores contagiosos				
<i>Dengue</i>	Virus transportado por un mosquito que lo inyecta en la sangre humana.	Todas las zonas tropicales, principalmente Asia, Centro y Sudamérica	50-100 millones al año	24,000
<i>Filariasis (incluye elephantiasis)</i>	Lombriz que se desarrolla en un mosquito, el cual inyecta la larva al ser humano y se hospeda en el sistema linfático donde se reproduce.	África, Mediterráneo Oriental, Asia, Sudamérica	120 millones generalmente	No reportado
<i>Malaria</i>	Protozoario que se transmite a través de la saliva y la picadura de un mosquito portador. Los parásitos se transportan en el torrente sanguíneo hacia el hígado humano donde se reproduce.	África, Sudeste de Asia, India, Sudamérica	300-500 millones al año (casos clínicos)	2 millones

<i>Onchocerciasis</i>	Larvas de lombrices que se desarrollan en moscas negras, las cuales los transmiten a los humanos mediante picadura.	Africa subsahariana, América Latina	18 millones generalmente	No reportado**
------------------------------	---	-------------------------------------	--------------------------	----------------

^a Número de casos reportados como incidencia ("por año")—el número de nuevos casos ocurridos en un año —o como prevalencia ("generalmente")—el número de casos existentes en un periodo de tiempo.

* Incluida en diarrea contagiosa

** No causa muertes, pero unos 270,000 de los casos reportados producen ceguera anualmente.

NA = no disponible

Fuente: OMS 1996 (205) excepto disentería ambiásica, disentería por bacilo, dracunculiasis y dengue tomados de OSM 1998 (200); y clonorchiasis y paragonimiasis de Muller & Morera 1994

2.1.6. Parámetros de calidad del agua

Los parámetros de calidad del agua a evaluar guardan relación con los contaminantes potenciales, que pueden estar presentes en el agua superficial del manantial en estudio, y al uso de la misma. Tomando como referencia la composición química característica del agua y debido a que el área de estudio se encuentra dentro de una zona rural, los parámetros físicos y químicos que se determinan en cada sitio son: temperatura, pH, conductividad eléctrica, turbiedad, sólidos disueltos totales, dureza total, hierro, cloruro, sulfato, nitrito, nitrato, aluminio, plomo, cromo, cobre y zinc. Los parámetros bacteriológicos analizados incluyen coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* (Eaton *et al.* 2005).

Las razones por las cuales se analiza cada uno de estos parámetros se describen en las siguientes secciones.

2.1.7. Parámetros de Calidad Física del agua

Los parámetros físicos permiten determinar cualitativamente el estado y tipo de agua.

a) Temperatura (T)

La temperatura es una medida del grado de calor de un cuerpo, se expresa en unidades de grado centígrado (°C) y se mide con un termómetro de mercurio o digital (Hem, 1985).

b) Potencial de hidrógeno (pH)

La medida del pH es una de las pruebas más importantes y frecuentes utilizadas en el análisis químico del agua. Prácticamente todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual, como la neutralización ácido – base, suavizado, control de corrosión, precipitación, coagulación y desinfección depende del pH. A una temperatura determinada, la intensidad del carácter ácido o básico de una solución viene dada por la actividad de ión Hidrógeno o pH (Hem, 1985).

En aguas naturales el valor puede variar entre los rangos de 6.5 – 8.5 (Hem, 1985).

El pH es una medida del contenido de ion hidrogeno en medio acuoso. Las aguas que poseen un valor de pH superior a siete son alcalinas, y si es inferior son acidas. El agua de los ríos que no está afectada por la contaminación presenta un pH entre 6,5 y 8,5, dentro del cual los organismos acuáticos capturan y liberan dióxido de carbono durante la fotosíntesis y respiración, respectivamente (Hem, 1985).

c) Turbiedad

La turbiedad es una medida de la cantidad de materia en suspensión que interfiera con el paso de un haz de luz a través del agua. Se expresa en unidades de nefelometrías de turbiedad (UNT) y se mide en un turbidímetro (OMS, 1998).

Es producida por materias suspendidas como arcilla o materia orgánica e inorgánica finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton y otros microorganismos (APHA *et al.* 1995).

La turbidez es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales. Son difíciles de decantar y filtrar, y pueden dar lugar a la formación de depósitos en las conducciones de agua, equipos de proceso, etc. Además interfiere con la mayoría de procesos a que se pueda destinar el agua (APHA *et al.* 1995).

La medición se hace por comparación con la turbidez inducida por diversas sustancias. La medición en mg /l de SiO₂ fue la más utilizada (APHA *et al.* 1995).

El fundamento del turbidímetro de Jackson es la observación de una bujía a través de una columna de agua ensayada, cuya longitud se aumenta hasta que la llama desaparece. En el nefelómetro se mide la intensidad de luz difractada al incidir un rayo luminoso sobre las partículas en suspensión y recogida sobre una célula fotoeléctrica (APHA *et al.* 1995).

La turbidez se elimina mediante procesos de coagulación, decantación y filtración. (APHA *et al.* 1995).

d) Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad es una medida de la actividad eléctrica de los iones en una disolución. Se expresa en unidades de microsiemen por centímetro (uS/cm) y se mide con un conductímetro (APHA *et al.* 1995), las aguas nacientes de manantiales oscilan entre 39 y 294 uS/cm. (Tassi *et al.* 2005).

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Es indicativa de la materia ionizable total presente en el agua. El agua pura contribuye mínimamente a la conductividad, y casi en su totalidad es el resultado del movimiento de los iones de las impurezas presentes. La resistividad es la medida recíproca de la conductividad. El aparato utilizado es el conductivímetro cuyo fundamento es la medida eléctrica de la resistencia de paso de la electricidad entre las dos caras opuestas de un prisma rectangular comparado con la de una solución de KCl a la misma temperatura (Tassi *et al.* 2005).

La medida de la conductividad es buena forma de control de calidad de agua, siempre que:

- No se trate de contaminación orgánica por sustancias no ionizables
- Las mediciones se realizan a la misma temperatura
- La composición del agua se mantenga relativamente constante (Tassi *et al.* 2005).

e) Sólidos disueltos totales (SDT)

Los SDT es una medida de cantidad de solidos después de ser evaporado la fase acuosa a una temperatura superior a 100 °C. Se determinan por medio de la gravimetría (OMS, 1998). En el agua para consumo humano, la mayoría de la materia orgánica se encuentra en forma de solidos disueltos y consiste en sales y gases disueltos. Los iones predominantes son el bicarbonato, cloruro, sulfato, nitrato, sodio, potasio, calcio y

magnesio. Estas sustancias influyen sobre otras características del agua, tales como el sabor, dureza y tendencia a la incrustación (APHA *et al.* 1995). Este parámetro es un indicador de alguna filtración o descarga de aguas en manantiales superficiales.

Los sólidos totales son la sumatoria de los sólidos disueltos y de los sólidos en suspensión.

2.1.8. Parámetros de calidad química del agua

La calidad química está determinada por las sustancias de este tipo presentes en el agua recolectada en un punto específico y en un momento dado.

a) Aluminio

Es un componente natural del agua, debido principalmente a que forma parte de la estructura de las arcillas. Puede estar presente en sus formas solubles o en sistemas coloidales, responsable de la turbiedad del agua. El problema mayor lo constituyen las aguas que presentan concentraciones altas de aluminio, las cuales confieren al agua un pH bajo, debido a sus propiedades anfóteras, que hacen que sus sales se hidrolicen formando ácidos débiles. (APHA *et al.* 1995).

b) Alcalinidad

La alcalinidad significa la capacidad tapón del agua; la capacidad del agua de neutralizar. Evitar que los niveles de pH del agua lleguen a ser demasiado básico o ácido. Es también añadir carbón al agua. La alcalinidad estabiliza el agua en los niveles del pH alrededor de 7. Sin embargo, cuando la acidez es alta en el agua la alcalinidad disminuye, puede causar condiciones dañinas para la vida acuática (APHA *et al.* 1995).

En química del agua la alcalinidad se expresa en ppm o en mg/L de carbonato equivalente del calcio. La alcalinidad total del agua es la suma de las tres clases de alcalinidad; alcalinidad del carbonato, del bicarbonato y del hidróxido. La determinación de la alcalinidad no tiene importancia directa desde el punto de vista sanitario, pero es importante considerarla cuando se relaciona a los procesos de coagulación y corrección del poder corrosivo del agua (APHA *et al.* 1995).

Cuadro N° 02: Rangos de alcalinidad.

RANGO	ALCALINIDAD mg/L (CaCO₃)
Baja	< 75
Media	75 - 150
Alta	> 150

Fuente: Kevern (1989).

c) Cloruro (Cl⁻)

Las fuentes comunes de cloruro son la halita, fuentes termales y salmueras (Hounslow, 1995).

Las concentraciones elevadas de cloruro hacen que el agua tenga un sabor desagradable, el cual depende de la composición química del agua (OMS, 1995). Si el catión predominante es el sodio, una concentración de cloruro de 250 mg/L puede tener un sabor salado detectable, pero si prevalecen el calcio y magnesio, no se detecta (APHA *et al.* 1995).

d) Sulfato (SO₄²⁻)

La mayoría de Sulfatos son solubles en el agua, con excepción de los sulfatos de Plomo, Bario y Estroncio. El Sulfato disuelto se considera como un soluto permanente del agua. Sin embargo, se puede reducir a Sulfuro, volatilizado al aire como H₂, precipitado como una sal insoluble o incorporada en organismos vivos (Hounslow 1995).

Los Sulfatos llegan al medio acuático por los desechos provenientes de una multiplicidad de industrias. El Bióxido de Azufre atmosférico (SO₂), que se forma por la quemadura de combustibles fósiles y se emite por los métodos de calcinación metalúrgica puede también contribuir al contenido de sulfatos del agua superficial. El Trióxido de Azufre (SO₃), que se reduce por la oxidación fotocatalítica o catalítica del Bióxido de Azufre, se combina con el vapor del agua y forma el Ácido Sulfúrico, que se precipita como lluvia ácida o nieve (Hounslow, 1995).

En la superficie, las fuentes de sulfato son los minerales piritita (FeS₂), yeso y anhidrita (Hounslow, 1995).

Los gases azufrados como el sulfuro de hidrogeno (H_2S) y dióxido de azufre (SO_2) son abundantes en la atmosfera y su origen natural es la descomposición anaerobia de la materia orgánica (sedimentos y combustibles fósiles) y erupciones volcánicas. Los sulfatos llegan al medio acuático mediante la oxidación del SO_2 atmosférico o proveniente de desechos industriales (APHA *et al.* 1995); su concentración en la mayoría de las aguas dulces es muy baja en contraste con las aguas geotérmicas de origen profundo que es alta (entre 40 y 50 mg/L) (Orozco *et al.* 2005).

e) Cobre (Cu)

La exposición profesional al Cobre puede ocurrir. En el Ambiente de trabajo el contacto con Cobre puede llevar a coger gripe conocida como la fiebre del metal. Esta fiebre pasará después de dos días y es causada por una sobre sensibilidad (Hounslow, 1995).

Exposiciones de largo periodo al cobre pueden irritar la nariz, la boca y los ojos y causar dolor de cabeza, de estómago, mareos, vómitos y diarreas. Una toma grande de cobre puede causar daño al hígado y los riñones e incluso la muerte. Si el Cobre es cancerígeno no ha sido determinado aún (Hounslow, 1995).

Efectos ambientales del Cobre

La producción mundial de Cobre está todavía creciendo. Esto básicamente significa que más y más Cobre termina en el medioambiente. Los ríos están depositando barro en sus orillas que están contaminados con Cobre, debido al vertido de aguas residuales contaminadas con Cobre. El Cobre entra en el aire, mayoritariamente a través de la liberación durante la combustión de fuel (Orozco *et al.* 2005).

El Cobre puede ser liberado en el medioambiente tanto por actividades humanas como por procesos naturales. Ejemplo de fuentes naturales son las tormentas de polvo, descomposición de la vegetación, incendios forestales y aerosoles marinos. Unos pocos de ejemplos de actividades humanas que contribuyen a la liberación del Cobre han sido ya nombrados. Otros ejemplos son la minería, la producción de metal, la producción de madera y la producción de fertilizantes fosfatados (Orozco *et al.* 2005).

El Cobre puede interrumpir la actividad en el suelo, su influencia negativa en la actividad de microorganismos y lombrices de tierra. La descomposición de la materia orgánica puede disminuir debido a esto.

Cuando los suelos de las granjas están contaminados con Cobre, los animales pueden absorber concentraciones de Cobre que dañan su salud. Principalmente las ovejas sufren un gran efecto por envenenamiento con Cobre, debido a que los efectos del Cobre se manifiestan a bajas concentraciones. (Orozco *et al.* 2005).

f) Hierro (Fe)

La presencia de hierro es un problema de calidad del agua muy común, especialmente en aguas de pozos profundos. El agua que contiene cantidades pequeñas de hierro puede parecer clara cuando es extraída, pero podrá rápidamente tornarse roja, después de su exposición al aire. Este proceso es denominado oxidación, y envuelve la conversión de hierro disuelto (ferroso), que es altamente soluble, en hierro precipitado (férrico), que es muy insoluble (OMS 1995).

La concentración de hierro es medida en ppm o mg/l. La coloración en general se transforma en problema cuando la concentración es mayor que 0.3 ppm. La remoción puede ser hecha por medio de intercambio iónico (ablandador) o por oxidación/filtración. No se sabe de algún efecto que perjudique a la salud por tomar agua que contenga hierro, aunque en cantidades excesivas causa manchas en la ropa o utensilios de porcelana, provoca depósitos y proliferación, de color y turbiedad al agua, produce sabores metálicos y en general le da un aspecto desagradable e inapropiado para ciertos usos (OMS 1995).

El Hierro en las aguas superficiales, por lo general, se presenta en estado Férrico (Fe III). La concentración de Hierro en agua bien aireada rara vez es alta, pero bajo condiciones reductoras pueden existir en algunas aguas subterráneas, lagos o estanques, y en ausencia de Sulfuro y Carbonato, pueden encontrarse concentraciones de Hierro superiores a 1 mg/L en aguas subterráneas. La presencia de Hierro en las aguas naturales puede ser consecuencia de la disolución de rocas y minerales, del drenaje ácido de las minas, de lixiviaciones en rellenos, de sistemas de alcantarillados o industrias que elaboran Hierro (OMS 1995).

El hierro es un elemento abundante y usualmente esta como férrico (Fe^{3+}) o en estado oxidado en la superficie (Hounslow, 1995). El hierro férrico (producto de oxidación de hierro ferroso) da un color marrón rojizo desagradable al agua. En concentraciones superiores a 3,0 mg/L, mancha la ropa lavada y las instalaciones de fontanerías (OMS 1995).

g) Cadmio

No es un elemento esencial del hombre.

La contaminación de las aguas superficiales con este metal pesado puede provenir de la corrosión de los tubos galvanizados, de la erosión de depósitos naturales de los efluentes de refinerías de metales o de líquidos de escorrentía de baterías usadas o pinturas.

Este metal pesado es potencialmente toxico y su ingestión tiene efectos acumulativos en el tejido del hígado y los riñones.

La ingestión de agua y alimentos que contengan el metal representa de 5 a 10% del total de cadmio absorbido en el organismo. (Orozco *et al.* 2005).

h) Plomo

Aunque se ha venido utilizando en numerosos productos para el consumidor, el plomo es un metal tóxico y ahora se sabe que es peligroso para la salud de los humanos si se inhala o ingiere. Las fuentes del plomo más importantes son: el aire del ambiente, la tierra y el polvo (dentro y fuera de la casa), los alimentos (que pueden estar contaminados del plomo en el aire o en los envases) y el agua (debido a la corrosión en las tuberías). Por término medio, se calcula que el plomo en el agua potable contribuye del 10 al 20 por ciento a que los niños entren en contacto con este metal (Orozco *et al.* 2005).

En los últimos años, los controles del Gobierno federal con relación al plomo en la gasolina han reducido significativamente que las personas estén expuestas a este metal (Orozco *et al.* 2005).

El grado del daño que causa depende de la cantidad a la que se esté expuesto (considerando todas las fuentes). Los efectos conocidos varían de cambios bioquímicos

leves si el grado de exposición es bajo, a problemas neurológicos graves e intoxicación (o incluso la muerte) si el nivel de contacto es extremadamente alto. (Orozco et al. 2005).

i) Cromo

De las especies normalmente presentes en las aguas superficiales, el Cr (III) es esencial para los seres humanos, pues promueve la acción de la insulina (Gómez 2002).

En cambio el Cr (VI) es considerado toxico por sus efectos fisiológicos adversos. No se conocen de daños a la salud ocasionados por concentraciones menores de 0,05 mg/l de Cr (VI) en el agua (Gómez 2002).

El cromo metálico y los derivados del cromo (VI) usualmente son de origen antropogénico.

La erosión de depósitos naturales y los efluentes industriales que contienen cromo (principalmente de acero, papel y curtiembre) se incorporan a los cuerpos de agua superficiales (Gómez 2002).

j) Zinc

Las aguas naturales pueden contener zinc en concentraciones bastante bajas. En el agua de suministro, el zinc proviene generalmente del contacto con accesorios y estructuras galvanizadas o de bronce.

El zinc es un elemento esencial y benéfico para el metabolismo humano, ya que muchas enzimas dependen de el para la descomposición del ácido carbónico y la insulina, hormona esencial del metabolismo de los hidratos de carbono (OMS 1995).

La salubridad del zinc es variable y depende del pH y de la alcalinidad.

Diferentes estudios han demostrado que el zinc no tiene efectos sobre la salud en concentraciones tan altas como 40 mg/l, pero que tiene un marcado efecto sobre el sabor, por ello su contenido debe limitarse (OMS 1995).

k) Dureza Total

Es la propiedad del agua que evita que el jabón haga espuma y produce incrustaciones en los sistemas de agua caliente. Es debida principalmente a los iones metálicos Ca y Mg. No presenta riesgo para la salud, pero las desventajas económicas del agua dura incluyen un consumo excesivo de jabón y costos más altos de combustible. La dureza se expresa en términos de Carbonato de Calcio y se divide en dos formas: Dureza de Carbonato y de no Carbonato. (OMS, 1995).

Agua Dura

Se denomina agua dura simplemente quiere decir que contiene más minerales que agua normal. Hay especialmente minerales de calcio y magnesio. El grado de dureza de un agua aumenta, cuanto más calcio y magnesio hay disuelto. Magnesio y calcio son iones positivamente cargados. Debido a su presencia, otros iones cargados positivamente se disolverán menos fácil en el agua dura que en el agua que no contiene calcio y magnesio. Esta es la causa de hecho de que el jabón realmente no se disuelva en agua dura.

En muchos procesos industriales, tales como la preparación de agua potable, en cervecería y en sodas, pero también para el agua de refrigeración y de alimentación de la caldera del agua es muy importante. (APHA 1995)

Agua Blanda

Cuando el agua contiene una cantidad significativa de calcio y magnesio, es llamada agua dura. El agua dura es conocida por taponar las tuberías y complicar la discusión de detergentes en agua. El ablandamiento del agua es una técnica que sirve para eliminar los iones que hacen a un agua ser dura, en la mayoría de los casos iones de calcio y magnesio. En algunos casos iones de hierro también causan dureza del agua (APHA 1995).

Iones de hierro pueden también ser eliminados durante el proceso de ablandamiento. El mejor camino para ablandar un agua es usar una unidad de ablandamiento de aguas y conectarla directamente con el suministro de agua. Un ablandador de agua es una unidad que se utiliza para ablandar el agua, eliminando los minerales que hacen a dicha agua ser dura. (APHA 1995).

Clasificación del agua basada en su grado de pureza

<u>Dureza</u>	<u>Clasificación</u>
Menor de 15 ppm	Agua muy blanda
15 a 50 ppm	Agua blanda.
50 a a100 ppm	Agua de dureza media.
100 a 200 ppm	Agua dura
Mayor a 200 ppm	Agua muy dura

l) Nitratos y Nitritos

Los nitratos y nitritos son iones que existen de manera natural y que forman parte del ciclo del nitrógeno (OMS 1995).

Los niveles naturales de nitratos en aguas superficiales y subterráneas son generalmente de unos pocos miligramos por litro. En muchas aguas subterráneas, se ha observado un incremento de los niveles de nitratos debido a la intensificación de las prácticas agrícolas y ganaderas. Las concentraciones pueden alcanzar varios cientos de miligramos por litro. En algunos países, hasta un 10% de la población puede estar expuesta a niveles de nitratos en agua potable superiores a 50 mg/l (OMS 1995).

En general, cuando los niveles de nitratos en el agua potable se encuentran por debajo de los 10 mg/l, la fuente principal de toma de nitratos para los seres humanos son los vegetales. Cuando los niveles de nitratos en el agua potable superan los 50 mg/l, el agua potable será la fuente principal del consumo total de nitratos (OMS 1995).

Amplios datos epidemiológicos respaldan el valor pauta actual de 10 mg/l para el nitrato-nitrógeno propuesto por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Sin embargo, este valor no debe ser expresado en base al nitrato nitrógeno sino en base al nitrato en sí mismo, puesto que es la especie química que presenta peligro para la salud, y el valor pauta para el nitrato es por lo tanto 50 mg/l (OMS 1995).

Nitrificación

La nitrificación es la oxidación de un compuesto de amonio a nitrito, especialmente por la acción de la bacteria nitrificante llamada Nitrosomas. Los nitritos serán entonces oxidados a nitratos por la bacteria Nitrobacter (OMS 1995).

El nitrato es menos tóxico que el nitrito y es usado como una fuente de alimento por las plantas vivas. La nitrificación es más rápida a un pH de 7-8 y a temperaturas de 25-30°C. La nitrificación hace que el pH del agua baje (OMS 1995).

Ecotoxicología del nitrito y del nitrato

Niveles de nitrito superiores a 0,75 ppm en el agua pueden provocar stress en peces y mayores de 5 ppm pueden ser tóxicos (OMS 1995).

Niveles de nitrato de entre 0 y 40 ppm son generalmente seguros para los peces. Cualquier valor superior a 80 puede ser tóxico (OMS 1995).

2.1.9. Parámetros microbiológicos determinados en el agua

El agua destinada al consumo humano y uso doméstico debe estar libre de patógenos. La mayor parte de las enfermedades transmitidas a través del agua tienen su origen en la ingestión de agua contaminada por microorganismos de origen fecal (Henry y Heinke 1999)

Por lo tanto producen cuadros diarreicos en las personas. Existen muchas fuentes de contaminación, dentro de las más comunes se encuentra la ingestión de alimentos o agua contaminada con heces que provienen del tracto gastrointestinal del hombre y otros animales de sangre caliente. Los principales indicadores para la evaluación de la calidad bacteriológica del agua son los coliformes fecales y la bacteria *Escherichia coli*, ambos provienen de las heces de origen humano y animal. (Henry y Heinke 1999)

a) Coliformes totales

El grupo coliforme total se define como todos los bacilos anaerobios facultativos, gram-negativos, no formadoras de esporas, que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas en 48 horas de incubación a $35 \pm 0.2^\circ\text{C}$ (Henry y Heinke 1999).

b) Coliformes fecales (CF)

Se llaman bacterias coliformes termotolerantes y son bacterias que tienen las mismas propiedades de las coliformes totales. La bacteria que representa este grupo es la *Escherichia coli* (Cortes-Lara 2003).

Idealmente el agua potable no debe contener microorganismos considerados patógenos. De igual manera, debe estar libre de bacterias indicadoras de contaminación fecal. Para asegurarse de que un abastecimiento de agua potable satisfaga. Es importante que de manera regular se examinen muestras para detectar indicadores de contaminación fecal. El primer indicador bacteriano que se recomienda para este propósito es el grupo de organismos coliformes en su conjunto (Cortes-Lara 2003).

Aunque considerados como grupo estos organismos no son exclusivamente de origen fecal, ellos están siempre presentes en gran número en las heces del hombre y de otros animales de sangre caliente (Cortes-Lara 2003).

Las bacterias del grupo coliformes no son, normalmente, patógenas, pero están presentes en grandes cantidades en el intestino de los seres humanos y en consecuencia en la materia fecal. Se calcula que un ser humano adulto elimina de 50 a 400 billones de esas bacterias en cada evacuación. Su existencia permite detectar heces en el agua en concentraciones extremadamente diluidas, que son difíciles de detectar por los métodos químicos normales (Cortes-Lara 2003).

De esa forma, la existencia de estas bacterias en el agua nos sugiere que esa agua recibió excrementos o aguas fecales (Cortes-Lara 2003).

Por otra parte, son los excrementos de las personas enfermas que llevan al agua o para el suelo, los microbios que causan enfermedades. Por lo tanto, si el agua recibe excrementos, ella puede, también, estar recibiendo microbios patógenos. La detección de organismos coliformes fecales (termorresistentes), en particular de *Escherichia coli*, brinda una evidencia definitiva de contaminación fecal (Cortes-Lara 2003).

Cuadro 03. Valores máximos admitidos para parámetros microbiológicos

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. <i>E. Coli</i>	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Totales o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas.	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	N° org./L	0
6. Virus	UFC/mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadíos evolutivos	N°org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias. (*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8/100 ml.

Fuente: Reglamento de la Calidad de Agua para el Consumo Humano Perú-2010

Los coliformes fecales son un subgrupo de bacterias entéricas, que fermentan la lactosa a altas temperaturas de incubación (44,5 °C), por lo que también se les conocen como coliformes termo tolerantes. Este grupo consiste principalmente de bacterias como *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Citrobacter freundii* y *Enterobacter sp.* (Eaton *et al.* 2005).

Las bacterias coliformes fecales se localizan naturalmente en el aparato digestivo del hombre y de animales de sangre caliente; por lo tanto, se encuentran en las heces de estos orígenes, pero también algunas pueden hallarse en el ambiente. Las bacterias más frecuentes en las aguas contaminadas son los coliformes fecales (Ongley 1997). Las enfermedades de transmisión hídrica son causadas por bacterias, virus y parásitos

(protozoarios y helmintos) que se encuentran en las heces de los individuos infectados y de ahí son las fuentes de contaminación del agua. Se controlan los niveles de coliformes fecales debido a la correlación que existe entre estos y las bacterias patógenas (Cortes-Lara 2003).

Escherichia coli (E. Coli)

Escherichia coli es una bacteria que pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*, es un huésped constante del intestino del hombre y de los animales de sangre caliente, que puede causar infecciones gastrointestinales (APHA *et al.* 1995).

Por su especificidad, está considerada como un buen índice de contaminación fecal reciente, la cual está relacionada con las descargas de aguas residuales domesticas (OMS, 1995), por lo que su detección implica investigar las fuentes potenciales o el sistema de distribución (WHO 2001). Se considera el índice de contaminación fecal más adecuado.

Salmonella

Son bacterias gram negativas, aeróbicas facultativas, también pertenecientes a la familia *Enterobacteriaceae* y relacionadas con *Escherichia coli*, *Shigella spp.* Y otras bacterias entéricas. Estas bacterias pueden causar diferentes cuadros clínicos, como fiebre tifoidea y salmonelosis, que son enfermedades gastrointestinales transmitidas por los alimentos (Henry y Heinke, 1999). Normalmente habitan en el intestino de algunos animales y pueden encontrarse en las aguas residuales. El ser humano puede ingerir alimentos contaminados por parte de los manipuladores de alimentos (contaminación cruzada) o contaminarse de productos de origen animal, como los pollos y el ganado que pueden ser portadores de salmonellas, las cuales pueden pasar a los alimentos frescos tales como la leche, los huevos y productos derivados como natillas, lácticos y aquellos que incluyen huevos sin cocinar como la mayonesa. (Madigan *et al.* 2004).

Calidad microbiológica del agua

A causa de las enfermedades de origen hídrico y el interés de controlarlas, los estudios bacteriológicos del agua se han orientado, en su mayor parte, hacia sus aspectos sanitarios. Uno de los criterios, utilizado para determinar la calidad sanitaria del agua, es la clase y número de bacterias que se encuentran presentes. En general, los métodos

utilizados están diseñados para detectar el grado de contaminación del agua con desechos de origen humano y/o animal.

Clasificación de las aguas según el tratamiento para su potabilización

Las aguas superficiales limpias normalmente están saturadas con oxígeno disuelto, pero la demanda de oxígeno de los desechos orgánicos puede consumirlo rápidamente. Por lo que es necesario aplicar tratamientos de potabilización para hacerla apta para el consumo.

El objetivo de cualquier tratamiento es eliminar los componentes definidos como contaminantes, molestos o con efectos nocivos para el medio ambiente y ajustar la calidad del agua a las especificaciones normadas. (OMS 1995).

La selección del tratamiento a aplicar depende de una serie de factores tales como:

- Caudal
- Composición del Agua
- Concentración de los Contaminantes
- Calidad Requerida del Afluente
- Posibilidad de Reutilización

7.4 Evaluación de la calidad del agua

La evaluación de la calidad del agua es el proceso de valoración total de la naturaleza física, química y biológica del agua en relación a la calidad natural, a los efectos humanos y a los usos intencionales, particularmente usos que puedan afectar la salud humana, y a la de los sistemas acuáticos.

Esta incluye el monitoreo que define la condición del agua, provee las bases para detectar tendencias y suministra información disponible para establecer las relaciones causa-efecto. La importancia radica en la interpretación y reporte de los resultados del monitoreo y que sirvan de base para realizar recomendaciones para acciones futuras. Así, el manejo requiere inevitablemente del muestreo y de la evaluación, es decir, es una cadena de retroalimentación (Chapman 1996).

7.5 El monitoreo y muestreo

El monitoreo de la calidad del agua es la recolección actual de la información en un grupo de sitios y a intervalos regulares con el fin de proveer datos que puedan ser utilizados para definir condiciones recientes y tendencias establecidas, entre otras (Chapman, 1996).

Cuando se recolectan muestras directamente de un río, quebrada, lago, reservorio o manantial debe tenerse presente que el objetivo es obtener una muestra representativa del agua a analizar, de manera que no es conveniente recolectar muestras en puntos demasiado próximos a la orilla, muy distantes del punto de captación, del sedimento cerca del fondo o de lugares donde el agua se encuentra estancada (AyA, 2007). Se selecciona un punto en un tramo homogéneo del río, quebrada o manantial para recolectar la muestra, es decir, una parte donde haya mezcla. La botella se sumerge en el agua con el cuello hacia abajo, hasta una profundidad de 15 a 30 centímetros, con el fin de evitar los desechos flotantes, e inmediatamente se endereza colocando el cuello hacia arriba y la boca contra la dirección de la corriente, con el propósito de evitar que el agua toque la mano antes de entrar en la botella. Cuando no existe corriente, la botella se empuja horizontalmente a través del agua siguiendo las instrucciones anteriores (Aya 2007).

Además señala que al seleccionar los puntos de muestreo, cada sitio debe ser considerado individualmente. Sin embargo, en la mayoría de los casos pueden aplicarse ciertos criterios generales, los puntos de muestreo deben ser seleccionados de manera tal que, las muestras sean representativas de las diferentes fuentes que abastecen al sistema; estar distribuidos uniformemente a lo largo del sistema; y escogerse, generalmente, de manera que las muestras sean representativas del sistema en su conjunto, en este caso una microcuenca, y de sus principales componentes.

Calidad del agua

La calidad del agua se define en función de un conjunto de características variables fisicoquímicas o microbiológicas, así como de sus valores de aceptación o de rechazo. La calidad fisicoquímica del agua se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud, tras cortos o largos periodos de exposición (Rojas 2002).

Mientras que, la microbiológica se basa en la determinación de aquellos microorganismos que pueden afectar directamente al ser humano o que, por su presencia puedan señalar la posible existencia de otros, tal y como sucede con los coliformes fecales, *Escherichia coli* y *Salmonella* (Rojas 2002).

Aquellas aguas que cumplan con los estándares preestablecidos para el conjunto de parámetros indicadores considerados serán aptas para la finalidad a que se las destina. El agua para consumo humano (ACH) es aquella utilizada para la ingesta, preparación de alimentos, higiene personal, lavado de utensilios y otros menesteres domésticos (OPS 2003).

El agua para consumo humano se deriva de dos fuentes: aguas superficiales, como los ríos y reservorios, y subterráneas (Fawell y Nieuwenhuijsen 2003). Las primeras son aquellas que fluyen sobre la superficie de la Tierra, incluyen las que precipitan de las lluvias y las que brotan de los manantiales.

Las segundas son las que están situadas bajo el nivel freático y saturando completamente los poros y fisuras del terreno; fluyen a la superficie del suelo de forma natural a través de manantiales y pozos artesanales, o por medio de sistemas de bombeo (CIRA-UAEM 2005).

Los parámetros indicadores de contaminación o índices de calidad permiten medir los cambios percibidos en un cierto cuerpo de agua que puede ser afectado por distintos tipos de contaminación o degradación física (Custodio y Díaz 2001). Cualquier cambio significativo en la concentración de algún parámetro indicador es sospecha de algún grado de contaminación, ya sea físico, químico o bacteriológico (Fawell y Nieuwenhuijsen 2003).

Población, superficie y densidad

Según los datos del Censo Nacional de Población y Vivienda de 2007, el caserío de Huañambra cuenta con una población de 240 habitantes. Con una extensión territorial de $2,72 \text{ km}^2$, siendo su densidad poblacional de $88,24$ habitantes por km^2 y la tasa de crecimiento en los últimos 15 años es de 1,8%.

Cuadro 04: Población, superficie y densidad

Ámbito geográfico	Población	Superficie (km ²)	Densidad (hab/km ²)
Huañambra	240 Hab.	2,72	88,24

Fuente: INEI, 2007

Abastecimiento de agua en la vivienda

Es importante mencionar que solo un 68.57% se abastece de este servicio de agua entubada, el 28,57% se abastece de los pozos más cercanos a sus viviendas y el 2,86% de la quebrada Huañambra – José Gálvez (Langascocha).

Cuadro 05: Abastecimiento de agua

Abastecimiento	Huañambra (%)
Red publica	68.57
Pozo	28.57
Río, acequia o manantial	2.86
Vecino	0.00
Otro	0.00
Total	100.00

Fuente: Línea Base-Huañambra, 2013

Composición química del agua

La composición química de las aguas es variable y dependiente de su origen (Gherardi *et al.*2002). El agua del manantial Huañambra se caracteriza por su pH, y baja temperatura y salinidad (Cuadro 6). Las aguas separadas a presión atmosférica del manantial presentan características variadas.

Cuadro 06. Composición química del agua del manantial Huañambra.

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
Temperatura	°C	15,50
pH	-	7,78
Conductividad Eléctrica	dS/m	0,28
Calcio	meq/l	2,15
Magnesio	meq/l	0,16
Sodio	meq/l	0,52
Potasio	meq/l	0,02
Solidos Totales Disueltos	mg/l	214.20

Nota: Unidades: mg/l (ppm), SDT: solidos disueltos totales.

Fuente: Tassi *et al.* 2005.

Definición de términos básicos

Agua dura: Agua que contiene un gran número de iones positivos. La dureza está determinada por el número de átomos de calcio y magnesio presentes. El jabón generalmente se disuelve malamente en las aguas duras.

Agua potable: Agua que es segura para beber y para cocinar

Bacteria coliforme: Bacteria que sirve como indicador de contaminantes y patógenos cuando son encontradas en las aguas. Estas son usualmente encontradas en el tracto intestinal de los seres humanos y otros animales de sangre caliente.

Manantial: Agua subterránea que rezume de la tierra donde el nivel piezométrico del agua excede por encima de la superficie de la tierra.

Microorganismos: Organismos que son tan pequeño que sólo pueden ser observados a través del microscopio, por ejemplo bacterias, fungi, levaduras, etc.

Mg/l: Una de las unidades de medición más comunes en el análisis de agua, en soluciones muy diluidas como es el caso de las aguas naturales, es equivalente a partes por millón (ppm).

Parámetro: Una variable, propiedad medible cuyo valor está determinado por las características del sistema en el caso del agua por ejemplo, estas pueden ser la temperatura, la presión, la densidad, etc.

Turbidez: Medida de la no transparencia del agua debida a la presencia de materia orgánica suspendida.

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación

La investigación se llevó a cabo en el caserío de Huañambra, ubicado al sur oeste y a una distancia de 6,8 Km desde la plaza de armas de la provincia de Celendín siguiendo el curso de la carretera Celendín-Cajamarca, con un aproximado de 20 minutos utilizando vehículo motorizado, el acceso a dicho caserío también se realiza a pie con un tiempo aproximado de 45 minutos por el camino de herradura, que inicia en el caserío de Bellavista hasta Huañambra. Pertenece al distrito de José Gálvez.

Sus coordenadas geográficas en UTM son: Este 813940, Norte 9236103. Está situada a una altura de 2722 msnm y con un caudal de 0,26 l/s.

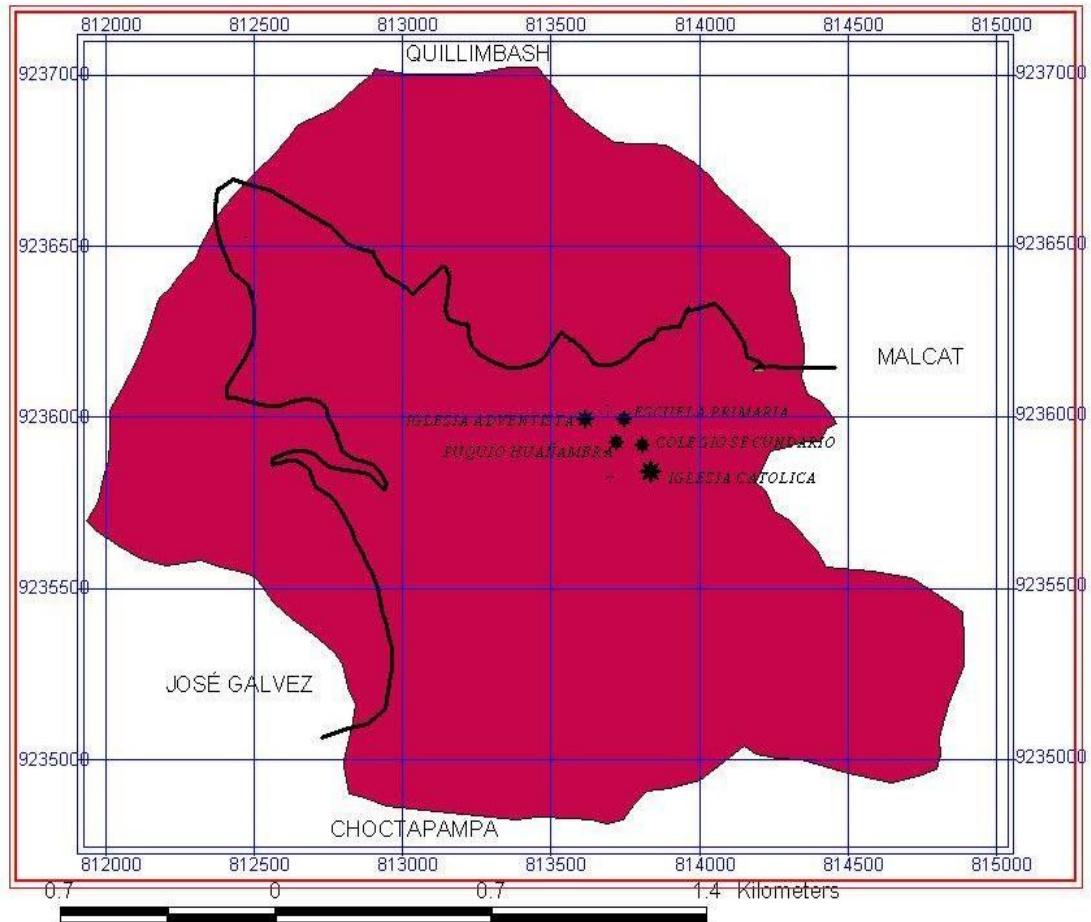


Figura 01: Mapa del caserío Huañambra

Sus límites son:

- Norte : Malcat (Cerro de la bella durmiente)
- Sur : Distrito de José Gálvez (Torno y Chaquil)
- Este : Caserío de Choctapampa y Teresaconga
- Oeste : Caserío de Quilimbash

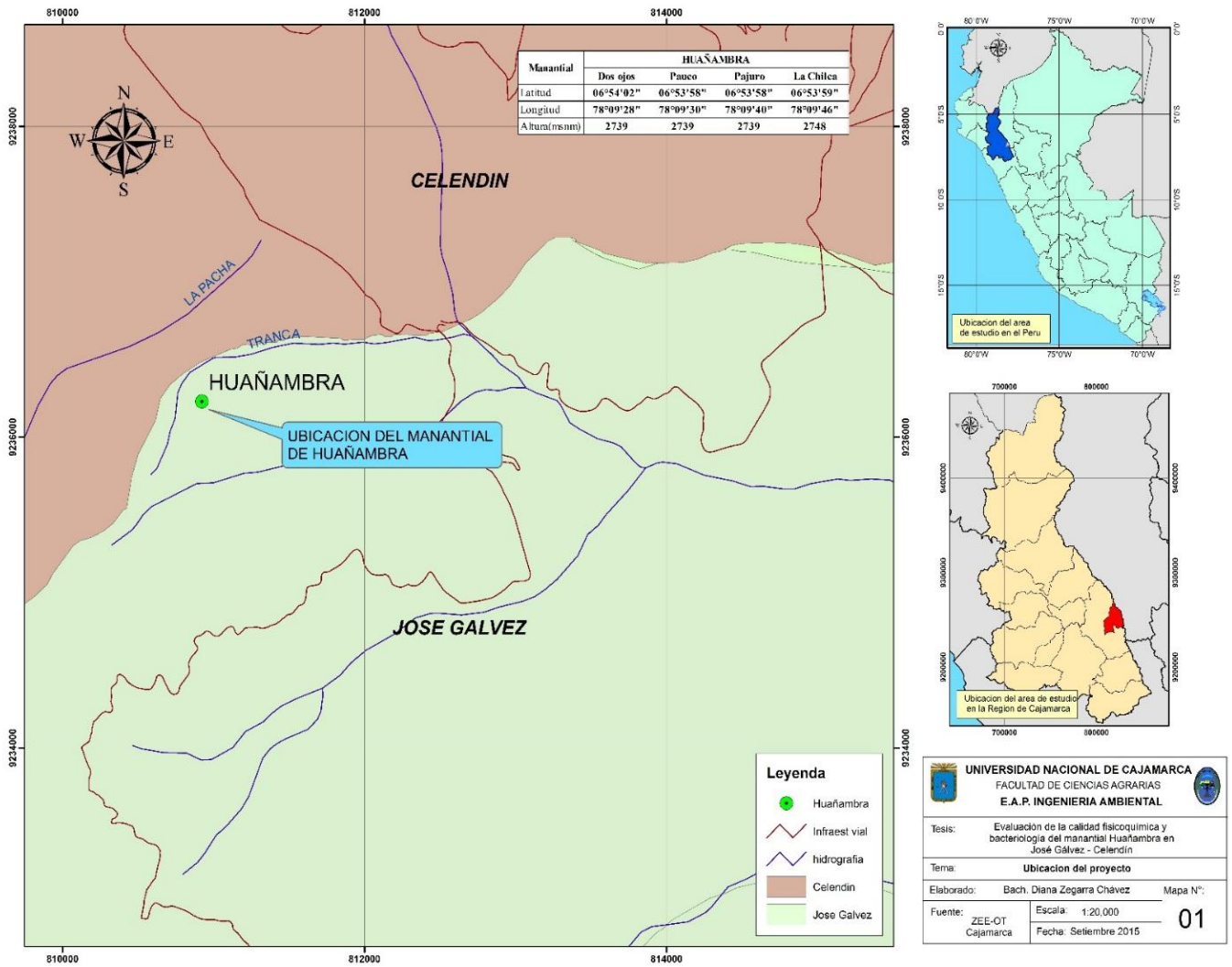


Figura N° 02: Mapa de ubicación del caserío de Huañambra

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material biológico

- Aguas de dilución
- Membranas filtrantes de 47 mm de diámetro y con una porosidad de 0,45 μm
- Medios de cultivo
- Pinzas de acero inoxidable con extremidades redondeadas
- Microscopio con cámara,
- Lupa
- Espátulas de plástico
- Pinzas de extremos redondeados para transportar las membranas de filtración.
- Asas de inoculación de platino, platino iridio o níquel y cromo con un aro de 3 mm de diámetro

- Mecheros de Bunsen

Equipos de esterilización

- Una estufa para esterilización y secado, con una temperatura de entre 170 y 180 °C, con termostato y termómetro.
- Una autoclave a 15 libras de presión y una temperatura de 121 °C a nivel del mar, con válvula de seguridad, un manómetro y un termómetro.

Incubadoras

- Una incubadora, con una temperatura de incubación de $35 \pm 0,5$ °C, con termostato y termómetro.
- Un equipo de baño María, con una temperatura de incubación de $44,5 \pm 0,2$ °C, con termostato y termómetro.

Refrigeradora

- Una refrigeradora para guardar los medios de cultivo preparados.
- Tubos Durham
- Placas de Petri de vidrio o de plástico no tóxico de 48 mm de diámetro x 8,5 mm de altura

3.2.2. Material de campo

- Fichas de registro de campo.
- Cinta adhesiva.
- Plumón indeleble.
- Frascos Winkler oscuro debidamente etiquetados.
- Cajas térmicas pequeñas.
- Cita de embalaje.
- Solución amortiguadora de pH.
 - Preservantes químicos a emplearse en el campo para la preservación de las muestras.
- GPS para identificación ubicación de la planta.
- pH-metro con función de medición de la temperatura.
- Cámara fotográfica.
- Guantes de látex descartables.
- Mascarillas
- Caja térmica para el transporte de muestras

3.2.3. Material y equipo de laboratorio

- Equipo Multiparametro (pH, TDS, OD, T°)
- Destilador
- Potenciómetro
- Un potenciómetro con una precisión de 0,1 unidades de pH. Tampones para calibrar pH: 4,0; pH: 6.86; 9,18 y solución buffer.
- Turbidímetro y comparador de cloro, con sus respectivos accesorios y reactivos.
- Una balanza de hasta 200 gramos con una exactitud de 0,0001 gramos o una balanza digital con igual exactitud.
- Equipo para filtración al vacío; es decir, una bomba de vacío u otro dispositivo que produzca una presión diferencial en la porta filtros.
- El material de la cristalería debe ser resistente al calor. En algunas pruebas se pueden usar frascos o vasos de polietileno.
- Frascos de muestreo
- Matraces
- Pipetas tipo Mohr de 1 y 10 mL con graduación 1/10, volumétricas tipo clínico y graduadas
- Tubos de ensayo de vidrio borosilicato de 12 mm x 120 mm y de 16 mm x 150 mm
- Probetas graduadas.

3.3. Metodología

3.3.1. Trabajo de campo

Se reunió con los representantes de la Junta Administradora de Servicio y Saneamiento (JASS) de Huañambra y líderes comunales, en la cual se les planteó los objetivos de la investigación y se obtuvo el apoyo necesario por parte de ellos para realizar la determinación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del Manantial Huañambra.

3.3.2. Selección de área de muestreo

Se realizó visita al manantial de Huañambra para ubicar y seleccionar el punto de muestreo más apropiado. Luego se realizaron diez visitas para la toma de las muestras las cuales se distribuyeron de la siguiente manera: 5 en época lluviosa (enero – mayo) y 5 en época seca (junio – octubre del 2015) y se obtuvieron 10 muestras para análisis fisicoquímicos y 10 muestras para análisis microbiológicos.

Se procesaron las muestras y se determinaron los siguientes parámetros fisicoquímicos: pH, conductividad eléctrica, turbidez, sólidos totales disueltos, alcalinidad, dureza total, cloruros, sulfatos, nitratos, nitritos, hierro, cobre, cromo, aluminio, cadmio, plomo y zinc., Además se determinaron los parámetros microbiológicos Coliformes Totales y Coliformes Fecales.

Se tabularon los resultados obtenidos y se compararon con los valores recomendados por los Estándares de Calidad de Agua y se hacen las respectivas recomendaciones para darle un tratamiento adecuado y así podrá obtener los mayores beneficios del manantial.

3.3.3. Trabajo de Laboratorio

Se determinaron los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con los siguientes equipos de laboratorio:

Espectrofotómetro MERCK SQ118, Turbidímetro Merck, pH-metro, Oxímetro, Conductivímetro (multiparametro), Mufla, Estufa, Desecador, Esterilizador. Utilizando el material de laboratorio necesario para realizar cada marcha analítica.

3.3.4. Métodos de investigación

Las metodologías aplicadas en esta investigación en el manantial Huañambra tuvieron como principio identificar el área a verificar y certificar la calidad del agua de consumo humano.

Para lo cual se necesitó del uso de las siguientes instalaciones

- Laboratorio Nacional de Salud Ambiental de la DESA (Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental) Cajamarca.
- Laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Cajamarca

Se estudiaron diez muestras, las que fueron llevadas al laboratorio de química de la Universidad Nacional de Cajamarca y la otra parte al laboratorio de la DESA. De esta forma se recolectaron muestras representativas para resultados útiles.

3.3.5. Periodicidad de Muestreo

Para cada punto de muestreo o sitio de muestreo se recolectaron dos muestras para análisis fisicoquímico y bacteriológico respectivamente. Este procedimiento se repite diez veces para cada muestreo.

Cuadro 07: Periodicidad de muestreo

MES	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Lugar de muestreo
Enero	29/01/2015	08:36am	Manantial Huañambra
Febrero	20/02/2015	08:00am	Manantial Huañambra
Marzo	18/03/2015	08:30am	Manantial Huañambra
Abril	20/04/2015	08:50 a.m.	Manantial Huañambra
Mayo	15/05/2015	09:00am	Manantial Huañambra
Junio	08/06/2015	08:00am	Manantial Huañambra
Julio	25/07/2015	08:30am	Manantial Huañambra
Agosto	20/08/2015	08:45am	Manantial Huañambra
Septiembre	14/09/2015	08:35am	Manantial Huañambra
Octubre	20/10/2015	10:00am	Manantial Huañambra

Fuente: Elaboración propia

3.3.6. Tipo de muestras

Fisicoquímicas

Se recolectaron muestras con recipientes de plástico de 1.0 L de capacidad, previamente esterilizados y tapados con papel y amarrados con cinta especial, para posteriormente determinar la temperatura, pH y conductividad Eléctrica. Antes de tomar la muestra se lava el recipiente tres veces y se llena a su capacidad previamente identificado, procediendo a anotar los datos del lugar, hora y temperatura. Luego, se traslada en refrigeración, al Laboratorio de Química de salud Ambiental, DESA, para determinar los parámetros físicos y químicos.

Examen Bacteriológico

Se recolectaron las muestras en recipientes de cristal 1.0 l de capacidad con tapón esmerilado, que será esterilizado previamente en un horno a una temperatura aproximada de 160 °C, durante media hora y se cubre con una capucha como protección elaborada con papel kraft. En el lugar donde se muestrea, se practicó la técnica de flamenco con mechero de alcohol para evitar una contaminación ajena a la muestra de agua y así evitar muestras no representativas.

3.3.7. Parámetros Analizados

Los parámetros que se analizaron en las muestras tomadas.

3.3.7.1. Análisis físico

- pH
- Turbiedad
- Conductividad eléctrica
- TDS

3.3.7.2. Análisis Químico

- Cloruros
- Nitratos
- Nitritos
- Sulfatos
- Cobre
- Cromo
- Plomo
- Dureza total
- Alcalinidad
- Aluminio
- Cadmio
- Hierro
- Zinc

3.3.7.3. Análisis bacteriológico

- Coliformes totales
- Coliformes fecales

3.4. Métodos utilizados para análisis de aguas

- **pH:** Método electrométrico. parte 4500-h-b SMEWW.APHA-AWWA-WEF.20 Ed.
- **Turbiedad:** Método nefelómetro
- **Conductividad eléctrica:** Método de laboratorio. Parte 2510B. SMEWW.APHA-AWWA-WEF.20 Edition.
- **Sólidos totales disueltos:** Gravimétrico. Parte 2540c.SMEWW.APHA-AWWA-WEF.20 Ed.
- **Cloruros:** Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
- **Nitratos:** cadmium Reduction Method (Powder Pillows or Accu Vac Ampuls).
- **Nitritos:** Diazotization Method (Powder Pillows or Accu Vac Ampuls).
- **Dureza total:** Titulometria con EDTA.APHA-AWWA-WEF (2005) Standard Methods for the examination of water and wastewater.

- **Alcalinidad:** APHA-AWWA-WEF (2005) Standard Methods for the examination of water and wastewater.
- **Aluminio:** Aluminon method. Adaptado de standard methods para análisis de aguas.
- **Sulfatos:** Sulfa ver 4 method. Adaptado de standard methods para análisis de aguas.
- **Cobre:** Bicinchoninate Methods Adaptado de nakano, s (chemical abstracts, 583390e: 1963).
- **Cromo:** 1,5 Diphenylcarbohydrazide Methods Adaptado de standard methods para análisis de aguas.
- **Hierro:** Ferro Ver Methods Adaptado de standard methods para análisis de aguas.

3.5. Método de ensayo para Análisis microbiológicos

- **Coliformes totales:** Filtro de membrana Cap. 9 Método 9222BD APHA, AWW, WEF 2th-ed-2005.
- **Coliformes fecales:** Filtro de membrana Cap. 9 Método 9222BD APHA, AWW, WEF 2th-ed-2005.

Los métodos de examen y análisis que se realizaron en cada muestra para obtener resultados y características físicas, químicas y bacteriológicas son recomendados y Aceptadas por las normas vigentes Ecas y el Laboratorio de Salud Ambiental de la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DESA) Cajamarca.

3.6. Procedimientos para la determinación de los parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos

Las determinaciones fueron realizadas en el Laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Cajamarca, y el laboratorio acreditado DESA, la cual tiene manuales revisados y basados en los Métodos Estándar para el análisis de Aguas.

3.6.1. Parámetros Físicoquímicos

a) Conductividad Eléctrica

- Capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica

Técnica

1. Lavar el electrodo con agua destilada
2. Encender el conductímetro, la pantalla mostrará 0.0 ms / cm

3. Introducir el electrodo en el manantial directamente, aparecerá el resultado de la conductividad, con unidades de milimhos /cm
4. Convertir estas unidades a $\mu\text{mho} / \text{cm}$.
5. Reportar el dato obtenido.

b) Turbiedad

Está determinada por la cantidad de sólidos presentes en una muestra de agua, la cual se determina usando el espectrofotómetro Merck SQ 118. El procedimiento es el siguiente:

Técnica

1. Colectar una muestra representativa en un recipiente limpio. Llene una de las celdas de muestra hasta la línea marcada (unos 10 mL), cuidando de manipular la celda por el cuello.
2. Calibrar el instrumento con el código 113 que corresponde a la medición de turbiedad, y hacer los ajustes correspondientes.
3. Colocar la muestra en blanco y ajustar el equipo.
4. Introducir la muestra en la celda de medición y presionar read. La pantalla mostrara la lectura correspondiente en unidades UNT

c) Sólidos Totales Disueltos

Es la sumatoria de todos los sólidos presentes en una muestra de agua.

Método Gravimétrico.

Técnica

1. Tarar una cápsula de la siguiente manera. Caliente la cápsula de porcelana limpia y seca a $103 - 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ por una hora, enfriar en un desecador y pesar hasta peso constante.
2. Repetir esto hasta obtener el peso constante o una variación de 1×10^{-4} de milígramo con respecto al peso anterior. Almacenar y enfriar la cápsula en el desecador hasta que sea necesario.
3. Pesar inmediatamente antes de usar la cápsula.
4. Pipetear 25 mL de la muestra bien mezclada y depositar en la cápsula de porcelana tarada y evaporar en un horno de secado hasta sequedad, aproximadamente de 1 a 2 horas.
5. Secar de $103 - 105^{\circ}\text{C}$, enfriar en el desecador y pesar cada 1 a 2 horas, hasta obtener un peso constante.

d) Determinación de la alcalinidad

Está determinada por sus contenidos en carbonatos y bicarbonatos. Eventualmente se puede deber a hidróxidos, boratos, silicatos, fosfatos. Las soluciones acuosas de boratos tienen un pH 8,3 y las de ácido carbónico 4,3 como indicadores de estos puntos se utilizan fenolftaleína (pH 8,3) y heliantina (pH 4,2).

Reactivos

- Ácido sulfúrico 0,02N
- Fenolftaleína 0,5%
- Heliantina 0,05%

Técnica

- Se añade 0,2 de fenolftaleína a 100 ml de agua.
- Coloración rosada indica presencia de carbonato, en este caso se agrega gota a gota solución de ácido sulfúrico 0,02 N hasta desaparición de color.
- Se designa como F la cantidad de ml gastados
- A la misma muestra se le agregan 2 gotas de heliantina y se añade gota a gota ácido sulfúrico 0,02 N hasta color salmón.
- Se designa por H la cantidad de ml usados en esta última determinación.

Expresión de resultados

- Alcalinidad de carbonatos en $\text{mg/l} = 2 \times H \times 10$
- Alcalinidad de bicarbonatos en $\text{mg/l} = (H - F) \times 10$.

e) Determinación de la Dureza Total

Es la determinación de iones de Calcio y Magnesio presentes en una muestra de agua mediante el método titrimétrico.

Técnica

1. En un Erlenmeyer de 250 mL pipetear 50 mL de muestra o una porción menos diluida con agua destilada hasta alcanzar un volumen de 50 mL.
2. Añadir 1 ó 2 mL de solución amortiguadora de acetato de amonio.
3. Agregar 2-3 gotas de la solución indicadora de Negro de Eriocromo T.
4. Colocar sobre un agitador magnético y se le agrega a la solución una barra agitadora forrada de teflón.

5. Agitar continuamente la solución, se titula con la solución de EDTA 0.02 N hasta el punto final de equivalencia, cuando la solución cambia de color rojo vino a azul.

Cálculos:

$$\text{Meq. CaCO}_3 = \frac{V \cdot x \cdot N \text{ EDTA} \times 1000 \times Fc.\text{EDTA}}{V \text{ muestra}}$$

$$\text{Ppm. CaCO}_3 = \text{Meq. CaCO}_3 \times \text{PM de CaCO}_3$$

$$\text{Dureza total}_{\text{ppm de CaCO}_3} = \frac{\text{ml gast.} \times \text{mg.equiv.} \times 1000}{V_{\text{muestra}}}$$

Dónde: 1 mg CaCO₃ _____ 1 mL EDTA.

X _____ ml. Gastados

X _____ 0.02 N

Y _____ 0.025 N

Y = mg. De Carbonatos

f) Determinación de cloruros

Si se agregan iones de plata a una solución de pH entre 7 y 9 que contenga cloruros y cromato, la precipitación de cloruro de plata está prácticamente terminada cuando se comienza a precipitar de cromato de plata. Este hecho permite considerar la aparición de un precipitado rojo de cromato de plata, como indicador del punto final.

Reactivos

- Solución 0,00282 N de nitrato de plata.
- Cromato de potasio 5%.

Técnica

- Se filtra el agua si contiene materias en suspensión.
- Se toman 100 ml de la muestra (si el pH es inferior a 7 se añade 1 gramo de bicarbonato).
- Se agrega 1 ml de cromato de potasio al 5% y se valora añadiendo gota a gota la solución de nitrato de plata hasta coloración apenas rojiza.
- Se resta 0,2 al número de ml empleados (gasto correspondiente al ensayo en blanco).

Calculo: $(n-2) \times 10 \times (100/v)$ mg/l de cloruros.

n= es el número de ml de la solución de nitrato de plata usada en la valoración.

v= volumen de muestra original.

g) Determinación de Sulfatos

1. Método

En solución acuosa los iones sulfato forman, con los iones bario, sulfato de bario difícilmente soluble. La turbidez que así se produce se mide en el fotómetro. El procedimiento es análogo a EPA 375.4 y US Standard Methods 4500-SO₄²⁻ E.

2. Intervalo de medida

Cuadro 08: Determinación de Sulfatos

Longitud de onda	Intervalo de medida mg/L de SO₄²⁻	Numero de determinaciones
525 nm	5 – 250.0	25

Fuente: Manual Merck

3. Campo de aplicación

Aguas subterráneas y superficiales, agua de mar, agua potable, aguas industriales, aguas residuales y de infiltración, aguas de calderas, soluciones nutritivas para fertilización.

4. Reactivos.

- Ácido clorhídrico 1,0 M
- Varillas indicadoras
- Hidróxido de sodio 1M

5. Preparación de la muestra

- Analizar las muestras inmediatamente después de la toma de muestras.
- El valor del pH debe encontrarse en el intervalo 2 – 10. Si es necesario ajustar con solución de ácido clorhídrico o hidróxido de sodio
- Filtrar las muestras turbias.

6. Técnica

- Pipetear en un tubo de ensayo 5 mL de la muestra preparada.
- Añadir 1 micro-cuchara verde rasa del reactivo $\text{SO}_4\text{-1K}$, luego agitar vigorosamente hasta que el reactivo se haya disuelto completamente.
- Dejar en reposo 2 min
- Luego introducir la muestra en el fotómetro.

7. Recomendaciones

- Ciertos fotómetros exigen una muestra en blanco.
- Para la medición fotométrica las cubetas deben estar limpias.
- Las turbideces después de acabada la reacción dan como resultado valores falsamente elevados.
- El valor de pH de la solución de medición debe encontrarse en el intervalo 1 – 2.

h) Determinación de Nitratos

1. Intervalo de medida.

El intervalo se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 09: Determinación de Nitratos

Longitud de onda	Intervalo de medida	Numero de determinaciones
338 nm	0,10 – 25.0 mg/l de $\text{NO}_3\text{-N}$ 0,45 – 11,0 mg/l de NO_3^-	90

Fuente: Elaboración propia

2. Campo de aplicación

Aguas subterráneas y superficiales, agua de manantiales y pozos, agua potable, aguas industriales, aguas residuales y de infiltración, aguas minerales y medicinales, suelos y fertilizantes.

3. Reactivos.

- Ácido amido sulfúrico
- Varillas indicadoras
- Hidróxido de sodio 1M
- Ácido sulfúrico al 25 %

4. Preparación de la muestra

- Analizar las muestras inmediatamente después de la toma de muestras. Caso contrario conservar con ácido nítrico (1 mL por cada litro)
- Comprobar el contenido de cloruros con Merckoquant test de cloruros. Deben diluirse con agua destilada las muestras con más de 1.000 mg/L de Cl⁻
- Comprobar el contenido de nitritos con Merckoquant test de nitritos. Si es necesario, eliminar los iones nitritos interferentes (las cantidades indicadas son válidas para contenidos en nitritos hasta 50 mg/L): tratar 10 mL de la muestra con aprox. 50 mg de ácido amido sulfúrico y disolver. El valor del pH debe encontrarse en el intervalo 1 – 3. Si es necesario ajustar con ácido sulfúrico, hervir brevemente y dejar enfriar.
- Comprobar el contenido de nitratos con merckoquant test nitratos. Deben diluirse con agua destilada las muestras con más de 111 mg/L de NO₃⁻
- Filtrar las muestras turbias.

5. Técnica

- Introducir con una jeringa de plástico en un tubo de ensayo 4 mL del reactivo NO₃-1
- Añadir con una pipeta 0,5 mL de la muestra preparada (5 – 25 °C) ¡**NO MEZCLAR!**
- Añadir con una pipeta 0,5 mL del reactivo NO₃-2. el tubo se calienta, luego mezclar.
- Dejar en reposo 10 minutos, luego introducir la muestra en el fotómetro.

6. Recomendaciones

- Ciertos fotómetros exigen una muestra en blanco.
- Para la medición fotométrica las cubetas deben estar limpias.
- Las turbideces después de acabada la reacción dan como resultado valores falsamente elevados.
- El color de la solución es estable durante 30 min. se recomienda observar exactamente el tiempo de reacción de 10 min.

i) Determinación de nitritos

1. Campo de aplicación

Aguas subterráneas y superficiales, agua de mar, agua potable, aguas industriales, aguas residuales y de infiltración, aguas de calderas, soluciones nutritivas para fertilización.

2. Reactivos.

- Ácido sulfúrico 0,5 M
- Varillas indicadoras
- Hidróxido de sodio 1M

3. Preparación de la muestra

- Analizar las muestras inmediatamente después de la toma de muestras.
- El valor del pH debe encontrarse en el intervalo 2 – 10. Si es necesario ajustar con solución de ácido sulfúrico o hidróxido de sodio
- Filtrarlas muestras turbias.

4. Técnica

- Pipetear en un tubo de ensayo 5 mL de la muestra preparada.
- Añadir 1 micro-cuchara azul rasa del reactivo NO₂-AN, luego agitar vigorosamente hasta que el reactivo se haya disuelto completamente.
- Dejar en reposo 10 min
- Luego introducir la muestra en el fotómetro.

5. Recomendaciones

- Ciertos fotómetros exigen una muestra en blanco.
- Para la medición fotométrica las cubetas deben estar limpias.
- Las turbideces después de acabada la reacción dan como resultado valores falsamente elevados.
- El valor de pH de la solución de medición debe encontrarse en el intervalo 2.0 – 2.5
- El color de la solución es estable durante 60 min como mínimo.

j) Determinación del Hierro

1. Método

Todos los iones hierro se reducen a iones hierro (II). Estos, en medio amortiguado con tioglicolato, forman con un derivado de triazina un complejo violeta rojizo que se determina fotométricamente.

2. Intervalo de medida

El intervalo de medida se observa en el cuadro N° 10

Cuadro 10. Determinación de Hierro.

Longitud de onda	Cubeta mm	Intervalo de medida mg/l de Fe	Numero de determinaciones
565 nm	50	0,005 – 1,000	1000
	20	0,03 – 2,5	
	10	0,05 – 5,00	

Fuente: Manual Merck

3. Campo de aplicación

Aguas subterráneas y superficiales, agua de mar, agua potable, aguas industriales, aguas residuales y de infiltración, alimentos tras preparación apropiada de la muestra.

4. Reactivos.

- Ácido nítrico 65%
- Varillas indicadoras
- Hidróxido de sodio 1M
- Ácido clorhídrico 1.0 M

5. Preparación de la muestra

- Analizar las muestras inmediatamente después de la toma de muestras. Caso contrario conservar con ácido nítrico (1 mL por cada litro)
- El valor del pH debe encontrarse en el intervalo 1 – 10. Si es necesario ajustar con solución de hidróxido sódico o con ácido clorhídrico.
- Filtrarlas muestras turbias.

6. Técnica

- Pipetear en un tubo de ensayo 5 mL de la muestra preparada.
- Añadir 3 gotas del reactivo Fe-AN luego mezclar
- Dejar en reposo 3 minutos, luego introducir la muestra en el fotómetro.
- Para cubetas de 50 mm, el volumen de la muestra y la cantidad de reactivos deben ser dobladas.

7. Recomendaciones

- Ciertos fotómetros exigen una muestra en blanco.
- Para la medición fotométrica las cubetas deben estar limpias.
- Las turbideces después de acabada la reacción dan como resultado valores falsamente elevados.
- El valor de pH de la solución de medición debe encontrarse en el intervalo 3,2 – 4,5

- El color de la solución es estable durante 60 min.

k) Determinación del Cobre

Juego de reactivos para el análisis fotométrico

Intervalo de medida 0,02 – 6,00 mg/l

La cantidad de muestra para fotometría depende del volumen de las cubetas previstas. Tratándose de cubetas rectangulares, se prepara la mezcla primero en tubos de ensayo, mientras que en el caso de las cubetas frasco y redondas se hace la mezcla directamente en estas. En este último caso se aconseja comprobar previamente si el volumen previsto es suficiente para cubrir el camino de los rayos del fotómetro.

En el cuadro 11 se muestra el procedimiento que se sigue en el espectrofotómetro de medición de la marca Merck, teniendo en cuenta que solamente se tomaron cantidades de 5 ml por cada muestra.

Cuadro 11: Determinación del Cobre

SISTEMA DE MEDIDA OPERACIÓN	SPECTROQUANT 1.14767.0001		
Numero de determinaciones	200		
a) Toma de muestras (T= 20 – 30 °C)	5 mL	10 mL	20 mL
b) Añadir Cu-1A, disolver	1 cucharada rasa (verde)		
c) Añadir Cu -2A, disolver	5 gotas		
Tiempo de espera	Dejar en reposo 5 minutos		
d) Medida	Colorimetría a 595 nm		

Fuente: Manual Merck

Observaciones

Cobre en aguas y soluciones acuosas.

Para los valores de pH superiores pH=3, existe el peligro de que el cobre esté presente en forma hidrolizada. Las aguas residuales contienen cobre frecuentemente en forma combinada de complejo (por ejemplo en forma de tetracianocuprato (I) a partir de electrolitos alcalinos de cobre). Ambas formas no son reactivas y deben primeramente mineralizarse por concentración y evaporación con ácido sulfúrico al 96%.

Mantenimiento del valor de pH.

Tras la adición del reactivo Cu-1A debería existir un pH de 7,8 – 8,2. En caso de soluciones con acidez o alcalinidad superiores se deben corregir las posibles desviaciones con solución de hidróxido sódico o ácido sulfúrico antes de la adición del reactivo Cu-2A. Para el análisis son adecuadas las varillas indicadoras especiales.

Cobre como algicida y bactericida

Para combatir las algas en las piscinas se utilizan dosificadores de 50 - 500 mL de una solución al 1% de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ por metro cubico. Se recomienda 80 – 160 mL/m³ como dosificación de Cu antibacteriana para acuarios de agua dulce. El contenido de Cu ionógeno activo a controlar analíticamente en ppm corresponde aproximadamente a 1/400 de la correspondiente adición ml/m³.

I) Determinación de cromo

Juego de reactivos para el análisis fotométrico

Intervalo de medida: 0,010 – 3,00 mg/l

La cantidad de muestra para fotometría depende del volumen de las cubetas previstas. Tratándose de cubetas rectangulares, se prepara la mezcla primero en tubos de ensayo, mientras que en el caso de las cubetas frasco y redondas se hace la mezcla directamente en estas. En este último caso se aconseja comprobar previamente si el volumen previsto es suficiente para cubrir el camino de los rayos del fotómetro.

Cuadro 12: Determinación del cromo

SISTEMA DE MEDIDA OPERACIÓN	SPECTROQUANT 1.14758.0001
Numero de determinaciones	650
a) Añadir Cr-1 ^a	1 Micro-cucharada rasa (gris)
b) Añadir Cr-2A, (*)	6 gotas
c) Adición de la muestra (20 – 35 °C)	5 mL
Tiempo de espera	5 – 10 min
d) Medida	Medición a 540 nm

Fuente: Manual Merck

(*) Después agitar intensamente el recipiente de ensayo herméticamente cerrado hasta Cr-1A, este disuelto completamente.

m) Determinación del Aluminio

Juego de reactivos para el análisis fotométrico.

Intervalo de medida: 0,020 – 1,20 mg/L (ppm).

La cantidad de la muestra para fotometría depende del volumen de las cubetas previstas. Para un volumen de muestra de 10 ml debe utilizarse el doble de la cantidad de reactivos, y para un volumen de muestra de 20 ml, 4 veces la cantidad de reactivos según el modo de empleo.

Tratándose de cubetas rectangulares se prepara la mezcla primero en tubos de ensayo, mientras que en el caso de las cubetas frasco y redondas se hace la mezcla directamente en estas. Los recipientes de vidrio deben lavarse primeramente con ácido clorhídrico diluido y agua destilada. Se recomienda un examen previo del volumen de la muestra para comprobar si el volumen previsto es suficiente para cubrir el camino de los rayos del fotómetro. El cuadro N° 13 nos detalla el procedimiento a seguir en el espectrofotómetro, previo a la calibración del equipo que se encuentra en el manual de operación consignando el código correspondiente, o sino buscando en el mismo equipo la determinación del aluminio, para luego ajustar con a cero y proceder a la lectura.

Cuadro 13: Determinación de Aluminio

SISTEMA DE MEDIDA	SPECTROQUANT
OPERACIÓN	1.14825.0001
Numero de determinaciones	350
a) Toma de muestras (15 – 40 °C)	5 mL
b) Añadir Al-1A, disolver	1 cucharada azul
c) Añadir Al-2A, mezclar	1 carga de jeringa (1.2mL)
d) Añadir Al-3A, mezclar	-
e) Añadir AL-4 ^a	6 gotas
Tiempo de espera	4 min
f) Medida	Medición a 545 nm frente a la muestra en blanco

Fuente: Manual Merck

n) Determinación de cadmio

1. **Método.**- En soluciones alcalinas los iones cadmio forman un derivado de cadión (cadión=nombre usual de 1-(4-nitrofenil)-3-(4-fenilazofenil) triazeno) un complejo rojo que se determina fotométricamente.

Cuadro 14: Intervalo de medida

Longitud de onda	Intervalo de medida	Numero de determinaciones
525 nm	0,025 – 1,000 mg/l de Cd	25

2. Campo de aplicaciones:

Aguas subterráneas y superficiales, agua de mar, agua potable, aguas industriales, aguas residuales y de infiltración.

3. Reactivos.

- Ácido nítrico 65%
- Varillas indicadoras
- Hidroxido de sodio 1M
- Ácido sulfúrico 0,5 M

4. preparación de la muestra

- Analizar la muestra inmediatamente después de la toma de muestra. En caso contrario conservar con ácido nítrico al 65 % (añadir 1 ml de ácido por cada litro de muestra)
- Disgregar o extraer los materiales de muestras solidas de acuerdo con un procedimiento adecuado.
- Las muestras con más de 1 mg/l de Cd deben diluirse con agua destilada antes de la disgregación.
- El valor del pH debe encontrarse en el intervalo 5 – 9.
- Si es necesario ajustar con solución de hidróxido de sodio o ácido sulfúrico.
- Filtrar las muestras turbias.

5. Técnica

- Pipetear en un tubo de ensayo 5 ml de la muestra preparada.
- Añadir 3 gotas del reactivo Cd-1K luego mezclar.
- Añadir 1 micro-cucharada verde al ras del reactivo Cd-2K, luego agitar vigorosamente el tubo de ensayo firmemente cerrada hasta que el reactivo se haya disuelto completamente.
- Dejar en reposo 2 minutos, luego medir la muestra en el fotómetro.

6. recomendaciones

- Para la medición fotométrica las cubetas deben estar limpias.
- Las turbideces después de acabada la reacción dan como resultado valores falsamente elevados.
- El valor del pH de la solución de medición debe encontrarse en el intervalo 10,1 – 10,4.
- El color de la solución permanece estable 10 minutos después de transcurrido el tiempo de reacción. Al cabo de 30 min el valor de medición habría disminuido en un 5%, al cabo de 60 min en un 10%.

o) Determinación de Plomo

1. Método

En solución alcalina los iones plomo (II) reaccionan con 4-(2-piridilazo)-resorcina (PAR) formando un complejo rojo que se determina fotométricamente.

2. Intervalo de medida

Está representado en el cuadro N° 15.

Cuadro 15: Determinación de plomo

Longitud de onda	Intervalo de medida mg/L de Pb	Numero de determinaciones
515 nm	0,10 – 5.0	25

Fuente: manual Merck

3. Campo de aplicación

Aguas subterráneas y superficiales, agua mineral y medicinal, agua potable, aguas industriales, aguas residuales y de infiltración, aguas de calderas, lodos de clarificación. Suelos.

4. Reactivos.

- Ácido nítrico 65% p.a.
- Varillas indicadoras
- Amoniacó en solución 25% p.a.
- Ácido nítrico 1 M

5. Preparación de la muestra

- Analizar las muestras inmediatamente después de la toma de muestras. En caso contrario conservar la muestra con ácido nítrico (1 mL por cada litro de muestra)
- Comprobar la dureza total del agua
- El valor del pH debe encontrarse en el intervalo 3 – 6. Si es necesario ajustar con solución diluida de amoniacó o con ácido nítrico.
- Filtrar las muestras turbias.

6. Técnica

6.1 Procedimiento A: Para determinaciones de plomo en aguas blandas hasta semiduras con contenidos de Ca^{2+} inferiores a 100 mg/L.

Atención: las cubetas de reacción contienen cianuro potásico, observar el orden de dosificación indicado.

- Introducir en un tubo de ensayo 5 gotas del reactivo Pb-1K, cerrar firmemente la cubeta y mezclar.
- Añadir con pipeta 5 mL de la muestra preparada, cerrar la cubeta inmediata y firmemente y mezclar.
- Medir la muestra en el fotómetro: valor de medición A

6.2 Procedimiento B: Para determinaciones de plomo en aguas duras hasta muy duras con contenido de Ca^{2+} entre 100 y 500 mg/L.

Determinación el valor de medición a, luego continuar como sigue usando la misma cubeta de reacción.

- Abrir cuidadosamente la cubeta de reacción.
- Añadir 1 micro-cucharada gris rasa del reactivo Pb-2K.

- Agitar la cubeta firmemente cerrada hasta que el reactivo se haya disuelto completamente.

- Medir la muestra nuevamente: **valor de medición B**

- **Contenido de plomo en mg/l= A – B**

7. Recomendaciones

- Para la medición fotométrica las cubetas deben estar limpias.

- Las turbideces después de acabada la reacción dan como resultado valores falsamente elevados.

- El valor de pH de la solución de medición debe encontrarse en el intervalo 8,0 – 10,0

- El color de la solución es estable durante 60 min como mínimo.

p) Determinación de Zinc

1. Intervalo de medida

Cuadro 16: Intervalo de medida del zinc

Longitud de onda	Intervalo de medida mg/L de Zn	Numero de determinaciones
565 nm	0.05 – 2.50	90

Fuente: Manual Merck

2. Campo de aplicación

Aguas subterráneas y superficiales, agua potable, aguas industriales, aguas residuales y de infiltración, aguas de calderas, soluciones nutritivas para fertilización.

3. Reactivos.

- Ácido sulfúrico 0.5 M
- Ácido clorhídrico 25%
- Varillas indicadoras
- Hidróxido de sodio 1M
- Medio extractor: Isobutilmetilcetona p.a.

4. Preparación de la muestra

- Analizar las muestras inmediatamente después de la toma de muestras.
- El valor del pH debe encontrarse en el intervalo 4 – 10. Si es necesario ajustar con solución de ácido sulfúrico o hidróxido de sodio

- Filtrar las muestras turbias.

5. Técnica

- Pipetear en un tubo de ensayo 5 mL de la muestra preparada.
- Añadir 5 gotas del reactivo Zn-1 y mezclar. El pH de la solución debe ser superior a 12. Comprobar con las varillas indicadoras si es necesario ajustar el pH con solución de hidróxido sódico.
- Añadir cuidadosamente 2 gotas de de reactivo Zn-2, cerrar firmemente y mezclar.
- Añadir 5 gotas del reactivo Zn-3. Cerrar firmemente el recipiente de ensayo y mezclar.
- Añadir cuidadosamente 3 gotas de reactivo Zn-4. Cerrar firmemente y mezclar.
- Dejar en reposo 3 min.
- Añadir 1 micro-cucharada gris rasa del reactivo Zn-5 y disolver por agitación vigorosa en el recipiente de ensayo firmemente cerrado
- Añadir 5 ml del medio extractor y cerrar el recipiente de ensayo
- Agitar vigorosamente el recipiente de ensayo 30 segundo, luego dejar en reposo 2 minutos (**tiempo de reacción B**)
- Aspirar la capa superior límpida (fase orgánica) con la pipeta de aspiración e introducirla en una cubeta de 10 mm.
- Dejar en reposo 3 minutos (**tiempo de reacción C**)
- Luego introducir la muestra en el fotómetro.

6. Recomendaciones

- Ciertos fotómetros exigen una muestra en blanco.
- Para la medición fotométrica las cubetas deben estar limpias.
- Las turbideces después de acabada la reacción dan como resultado valores falsamente elevados.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Análisis fisicoquímicos

Las concentraciones obtenidas de los parámetros fisicoquímicos nos indican que hay variación de datos entre la época de lluvia y la época seca, tal como podemos apreciar el cuadro 17, teniendo así los resultados que cumplen con los Límites Máximos Permisibles de la ECA Nacional.

Cuadro 17. Resultados de los parámetros Fisicoquímicos.

EPOCA			EPOCA LLUVIOSA				EPOCA SECA					
MES			Ene.	Febr.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.
Parámetro	Limite Perm.	unidad										
pH	6.5-8.5	pH	7.80	8.20	8.19	7.9	8.08	7.99	8.16	8.29	8.1	8.27
C.E	1500	uS / cm	660	882	998	972	608	489	484	434	389	496
Turbidez	5	UNT	2.1	1.4	2.9	2.8	3	2.1	2	3	1.9	2.6
S.T.D	1000	mg/l	600	635	609	700	400	300	391	208	300	442
Alcalinid.	150	mg/l	60	54	58	54.5	57	49	52	54	60	52
Durz. total	500	mg/l	167.1	155	163.8	157.5	158	154.5	109.6	108	107	106
Cloruros	250	mg/l	20	39	31	26	35	23.2	21	22.4	30	25
Sulfatos	250	mg/l	30	35	32	28	34	28	25	28	26	24
Nitratos	50	mg/l	0.4	0.2	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3
Nitritos	1	mg/l	0.02	0.06	0.08	0.04	0.06	0.04	0.06	0.03	0.02	0.02
Hierro	0.3	mg/l	0.025	0.028	0.026	0.022	0.015	0.024	0.011	0.013	0.015	0.016
Cobre	2	mg/l	0.001	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.001	0.002
romo	0,05	mg/l	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
Aluminio	0,2	mg/l	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cadmio	0.003	mg/l	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Plomo	0,01	mg/l	0.001	0.003	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001
Zinc	3	mg/l	0.002	0.001	0.002	0.003	0.006	0.003	0.005	0.002	0.005	0.002

Fuente: Elaboración propia

4.1.1. pH

En los datos obtenidos del parámetro pH se registraron mayor concentración, en agosto y octubre un valor de 8.29 y 8.27, el cual en esos meses se tiene un agua alcalina ya que existen lluvias en esa zona, por motivos que arrastran carbonatos y bicarbonatos (HCO₃, CO₃). O que existen rocas carbonatadas. Por lo que son llamados aguas naturales.

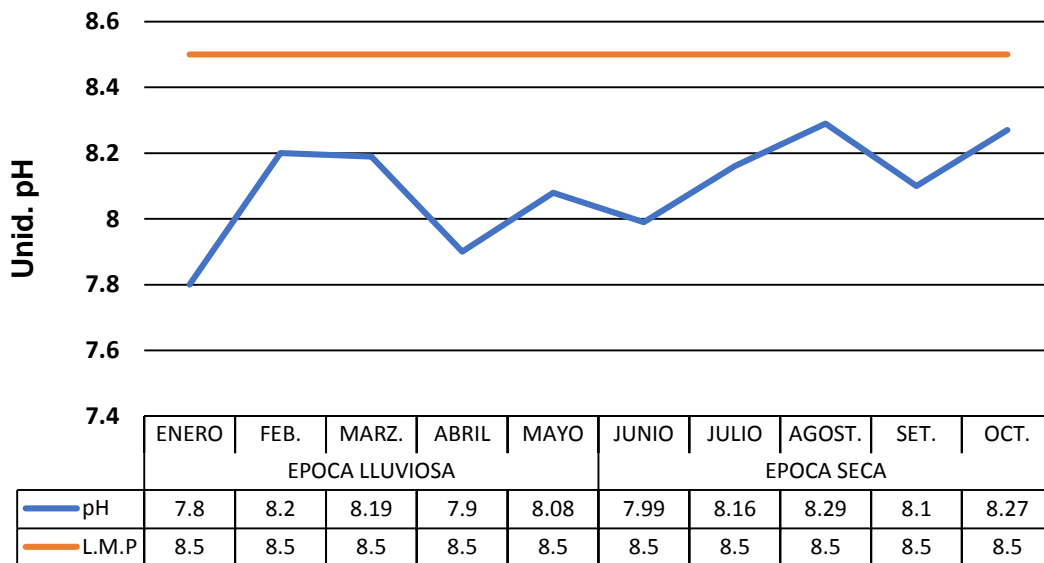


Figura 03: Concentración del Parámetro – pH.

Conductividad Eléctrica

La concentración máxima de la conductividad eléctrica del manantial Huañambra es de 998 uS/cm en el mes marzo, tomando como referencia la ECA Nacional podemos decir que la conductividad se encuentra muy por debajo del estándar que estable, al igual que los demás meses del año.

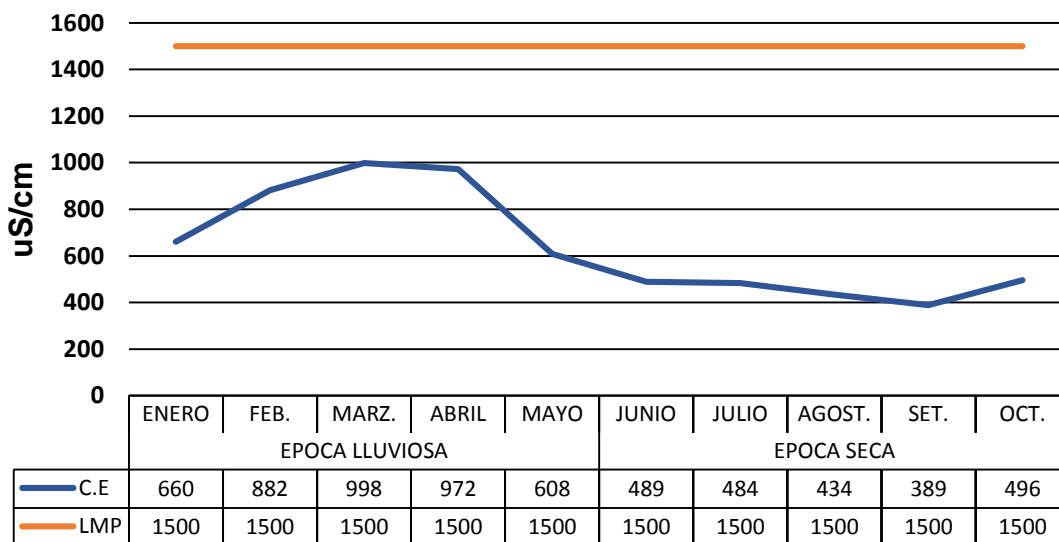


Figura 04: Concentración de la Conductividad Eléctrica.

Turbidez

La concentración de la turbidez el valor máximo es 3 UNT en los meses de mayo y agosto ya que pueden contener partículas en suspensión y el valor mínimo es 1.4 UNT en el mes de febrero. Estos valores se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles de la ECA Nacional.

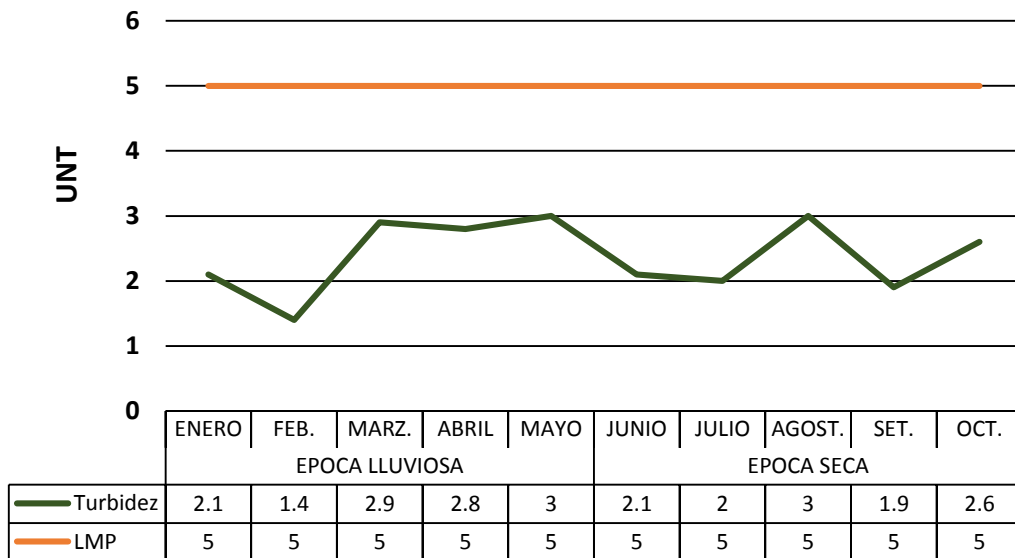


Figura 05: Concentración de la turbidez.

Sólidos Totales Disueltos

Para los STD se presentan valores altos de 635 y 700 mg/l en los meses de febrero y abril y con valor mínimo en el mes de agosto con 208 mg/l. según este parámetro el agua es apta para consumo humano con tratamiento simple ya que está por debajo de límite máximo permisible que indica la ECA Nacional.

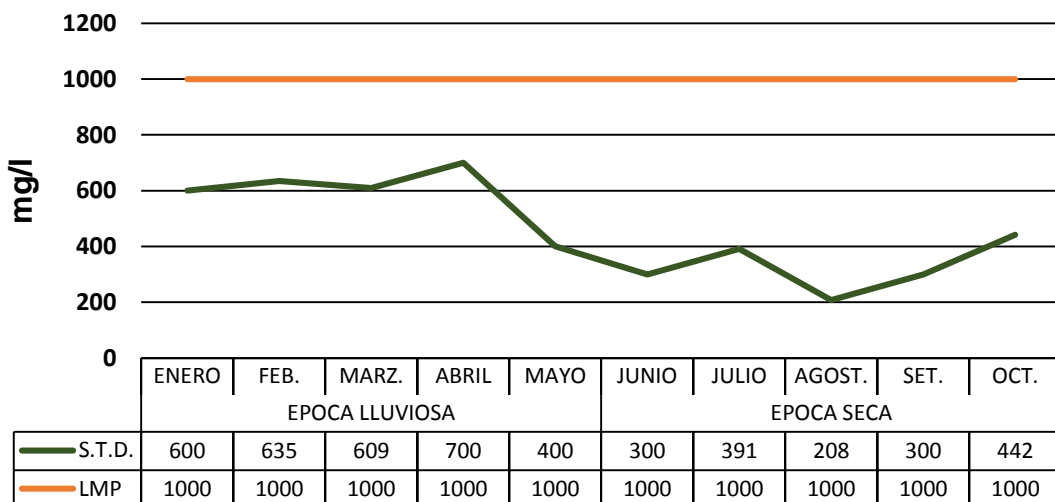


Figura 06: Concentración de los sólidos totales disueltos.

Alcalinidad

La concentración de la alcalinidad en el manantial tiene un valor máximo de 60 mg/l en los meses de enero y setiembre. Por lo que pueden contener calcio y magnesio. Pero están por debajo de los límites máximos el cual se considera una alcalinidad baja.

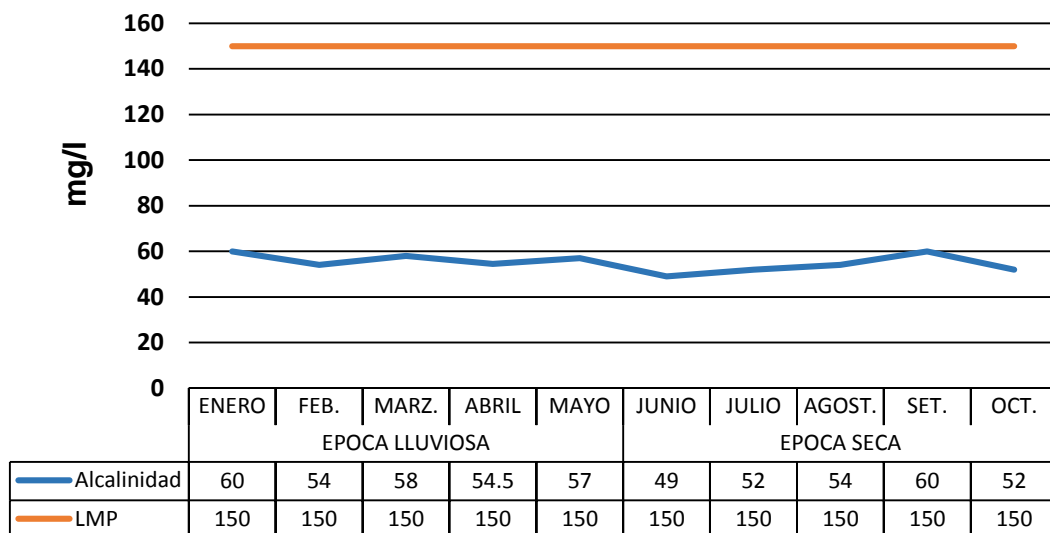


Figura 07: Concentración de la alcalinidad

Dureza Total

La mayor concentración de la dureza se encuentra en los meses de enero y marzo con valor de 167.1 y 163.8 mg/l y el valor mínimo de 106 mg/l en el mes de octubre en la época seca el cual no sobrepasan los límites establecidos.

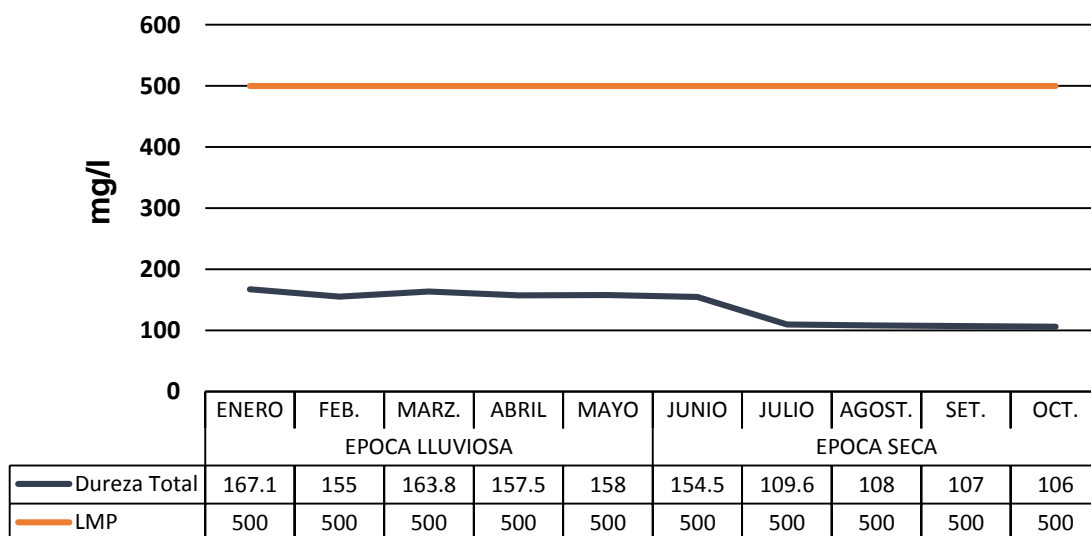


Figura 08: Concentración del parámetro- Dureza Total

Cloruros

Los cloruros presentan un máximo valor de 39 mg/l en el mes de febrero y el valor mínimo es de 20 mg/l. según este parámetro el agua es apta para consumo humano con tratamiento simple ya que presenta un contenido por debajo del límite establecido.

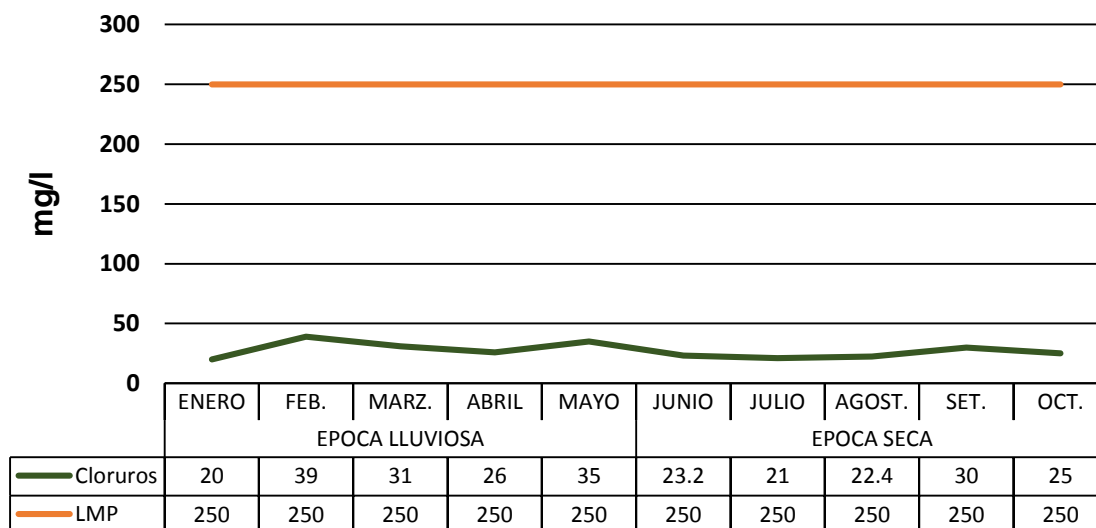


Figura 09: concentración del parámetro- cloruros

Sulfatos

La concentración máxima de sulfatos es 35 mg/l en el mes de febrero y un valor mínimo de 24 mg/l en el mes de octubre. Todos estos valores se encuentran lejos de alcanzar el estándar establecido. Por lo que este parámetro el agua es apta para consumo humano.

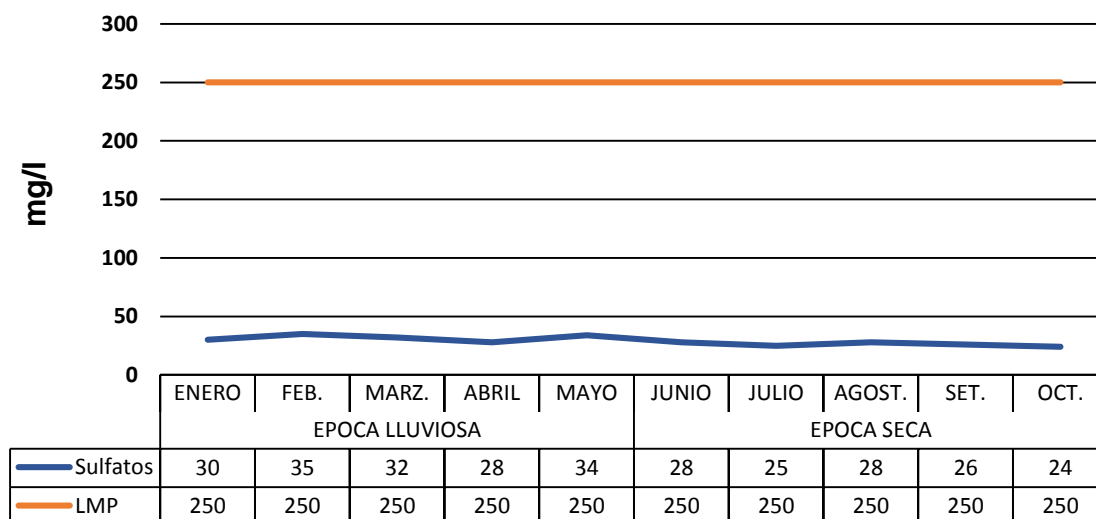


Figura 10: Concentración del Parámetro- Sulfatos

Nitratos

Las concentraciones de nitratos en todos los meses se encuentran muy por debajo del límite establecido. El cual el valor máximo de 0.4 mg/l en el mes de enero y el valor mínimo de 0.1mg/l de los meses de abril, mayo y agosto. Para este parámetro se considera un agua apta para consumo humano.

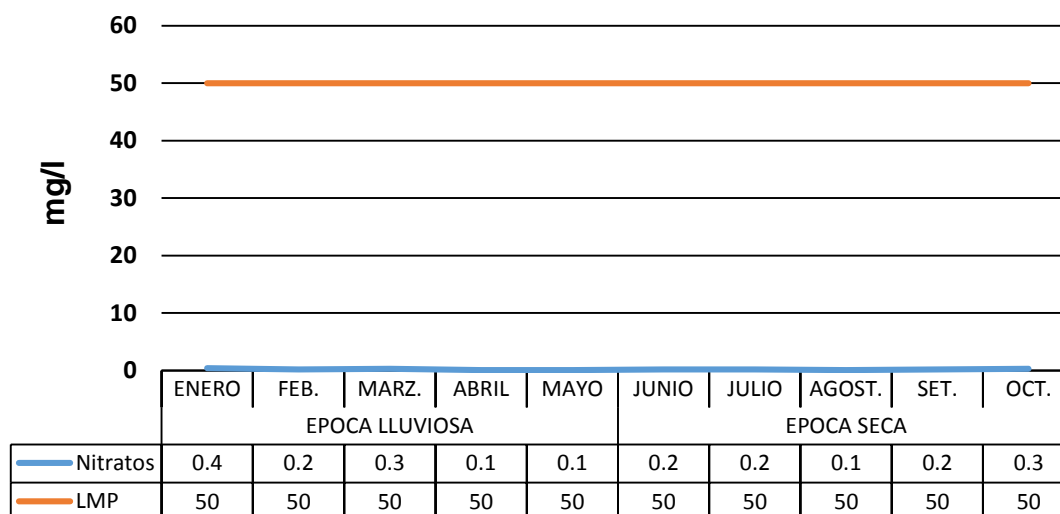


Figura 11: concentración del parámetro- Nitratos

Nitritos

La concentración máxima de nitritos es de 0.08 mg/l en el mes de marzo y el valor mínimo es de 0.02mg/l en los meses de enero, setiembre y octubre. El cual el agua del manantial no presenta riesgo de contaminación por nitritos ya que su concentración está por debajo de 1 mg/l que lo establece la ECA Nacional.

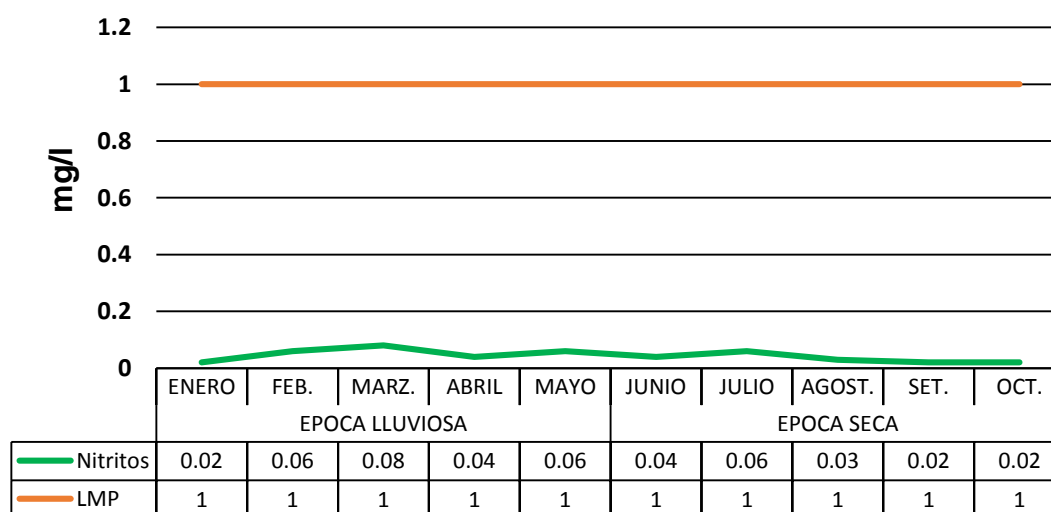


Figura 12: Concentración del parámetro- Nitritos

Hierro

Durante la época de lluvia la concentración máxima de hierro es de 0.028 mg/l en el mes de febrero y una concentración mínima de 0.011 mg/l en el mes de julio en la época seca. Por lo que las concentraciones de hierro se encuentran por debajo del límite máximo permisible de 0.3 mg/l establecidas.

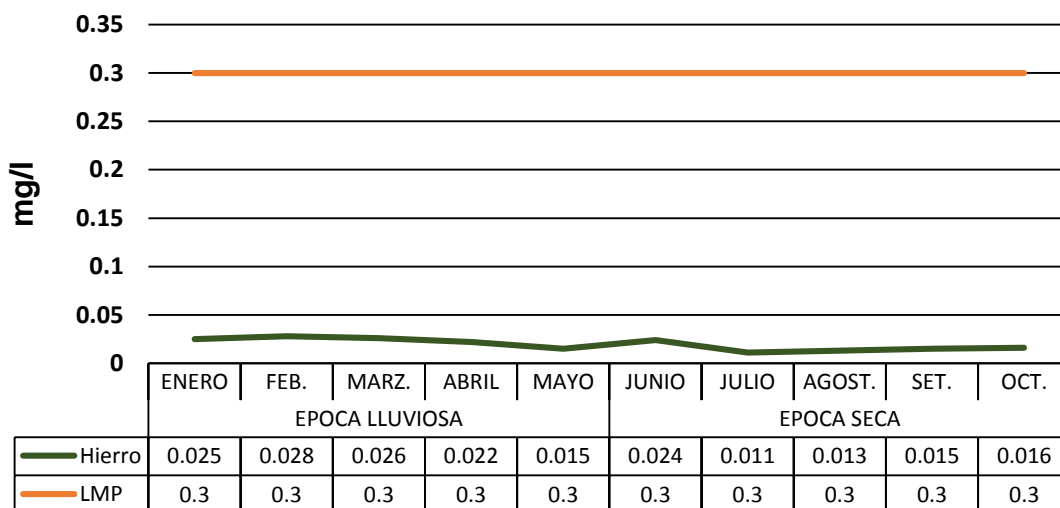


Figura 13: concentración del parámetro- Hierro

Cobre

La concentración máxima de cobre es de 0.003 mg/l en los meses de marzo y julio y el valor mínimo es 0.001 mg/l en los meses de enero y setiembre ya que estos valores están lejos de la ECA Nacional establecida con 2 mg/l.

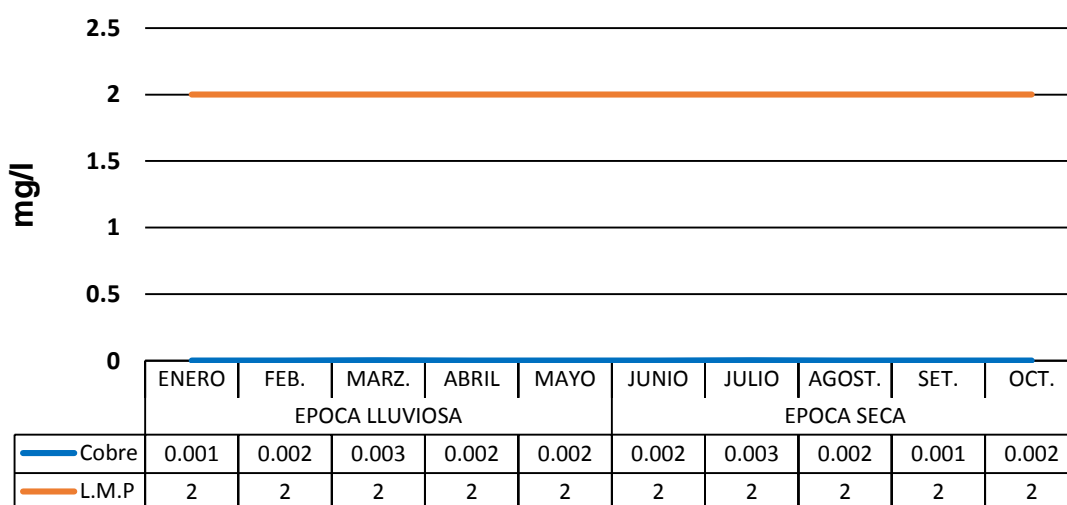


Figura 14: Concentración del parámetro- Cobre

Cromo

El cromo se encuentra en pequeñas cantidades de 0.001 mg/l a diferencia del mes de junio que su valor máximo esta 0.002 mg/l. Estos valores están muy lejos de alcanzar el estándar establecido por la ECA Nacional.

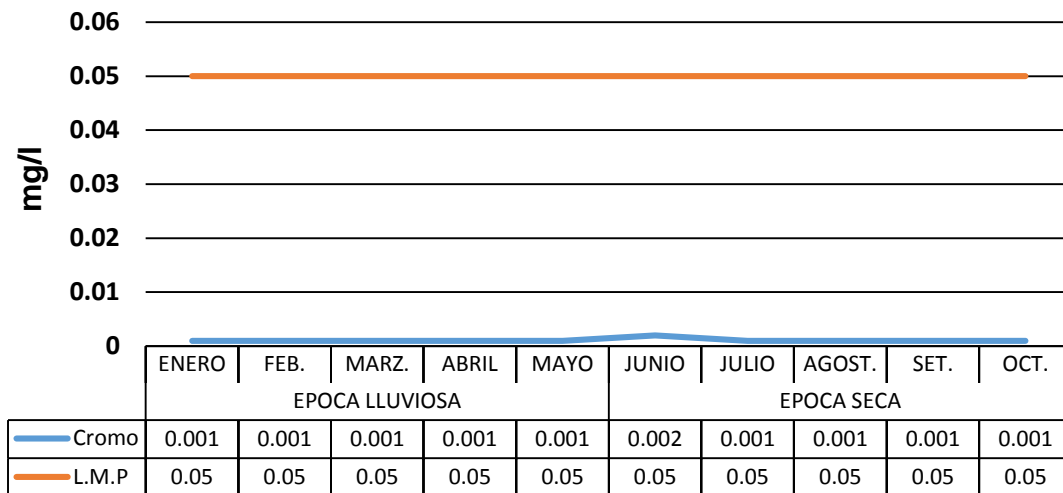


Figura 15: Concentración del parámetro- Cromo.

Aluminio

El aluminio presenta concentraciones mínimas en todos los meses del año con un valor de 0.01 mg/l. Todos estos valores se encuentran por debajo del límite establecido por la ECA Nacional.

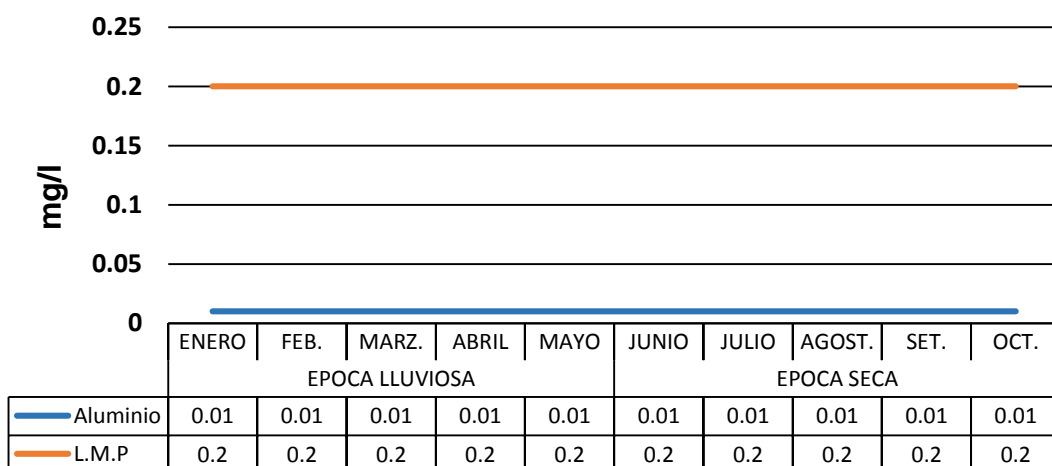


Figura 16: Concentración del parámetro- Aluminio

Cadmio

El cadmio presenta concentraciones mínimas en todos los meses del año con un valor de 0.001 mg/l. Todos estos valores se encuentran por debajo del límite establecido por la ECA Nacional. Por lo cual no hay riesgo contaminación en el agua para su potabilización.

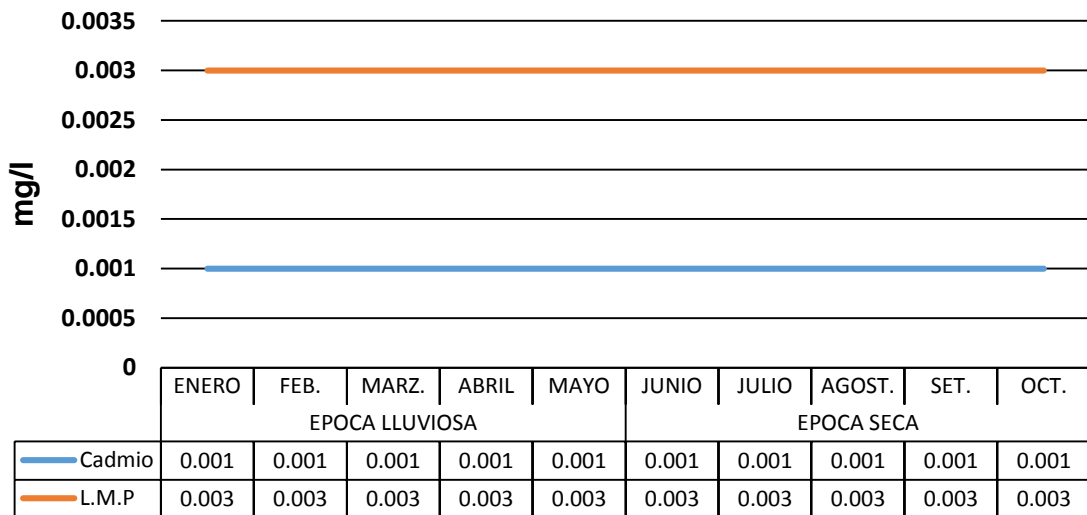


Figura 17: Concentración del parámetro- Cadmio

Plomo

La concentración máxima de plomo tiene un valor de 0.003 mg/l solo en el mes de febrero y la mínima concentración tiene un valor constante de 0.001 mg/l en los meses de enero, marzo, junio, julio, setiembre y octubre. Todos estos valores se encuentran muy por debajo de los valores estándar establecido por la ECA Nacional. Lo cual no presenta riesgo de contaminación.

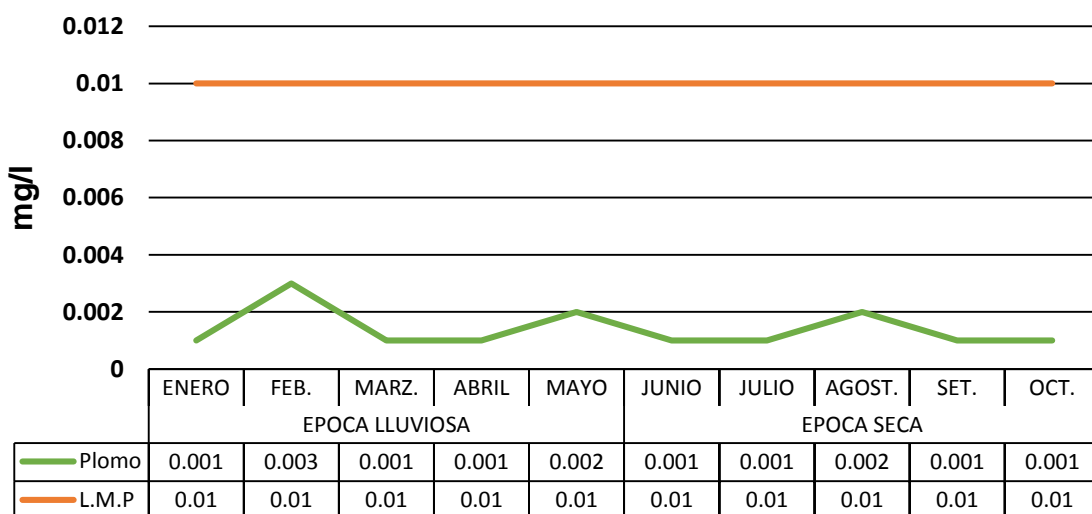


Figura 18: Concentración del parámetro- Plomo

Zinc

El zinc alcanza su máximo valor de 0.006 mg/l en el mes de mayo y el mínimo valor registrado en 0.001 mg/l en el mes de febrero. Ya que estas concentración de todos los meses presentan valores por muy debajo de los límites máximos permisibles que la Norma Peruana exige.

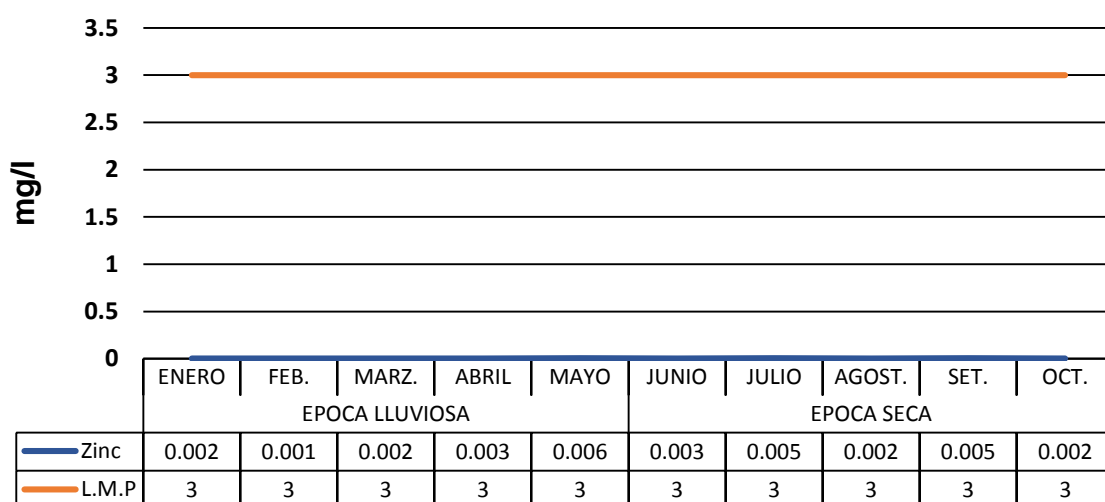


Figura 19: Concentración del parámetro- Zinc.

4.2. Análisis microbiológicos

Los valores obtenidos de los coliformes totales y coliformes fecales sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en la ECA nacional, siendo el manantial un agua que contiene microorganismos patógenos, haciendo que el manantial en su estado natural no sea apta para el consumo humano, ya que puede causar efectos negativos en la salud como infecciones y enfermedades gastrointestinales.

Cuadro 18: Evaluación de la Calidad Bacteriológica para coliformes totales y coliformes fecales comparándolos con los parámetros de la Norma Nacional.

Nro	Periodo	Coliformes Totales UFC/100 ml	Coliformes Fecales UFC/100 ml	Normas de Calidad UFC/100ml	Calidad Bacteriológica - Coliformes Totales (Apta - No apta)
1	Enero	1200	1000	0 (*)	No apta
2	Febrero	1540	1120	0 (*)	No apta
3	Marzo	1760	1060	0 (*)	No apta
4	Abril	980	900	0 (*)	No apta

5	Mayo	720	820	0 (*)	No apta
6	Junio	630	615	0 (*)	No apta
7	Julio	880	650	0 (*)	No apta
8	Agosto	470	642	0 (*)	No apta
9	Setiembre	610	520	0 (*)	No apta
10	Octubre	700	514	0 (*)	No apta

UFC = Unidad formadora de colonias. (*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8/100 ml.

Fuente: Elaboración propia

Coliformes totales y coliformes fecales

En los análisis de los coliformes totales se mostraron valores máximos en el mes de marzo con (1760 UFC/100ml), y los valores mínimos en el mes de agosto con (470 UFC/100ml). El cual nos indica que en la época seca hay una disminución de bacterias coliformes totales por la carencia de micronutrientes.

Los valores máximos de coliformes fecales se registraron en el mes de febrero con (1120 UFC/100ml), y los valores mínimos se registraron en el mes de octubre con (514 UFC/100ml). Este problema de la variación de concentraciones se debe a las épocas de lluvia y seca.

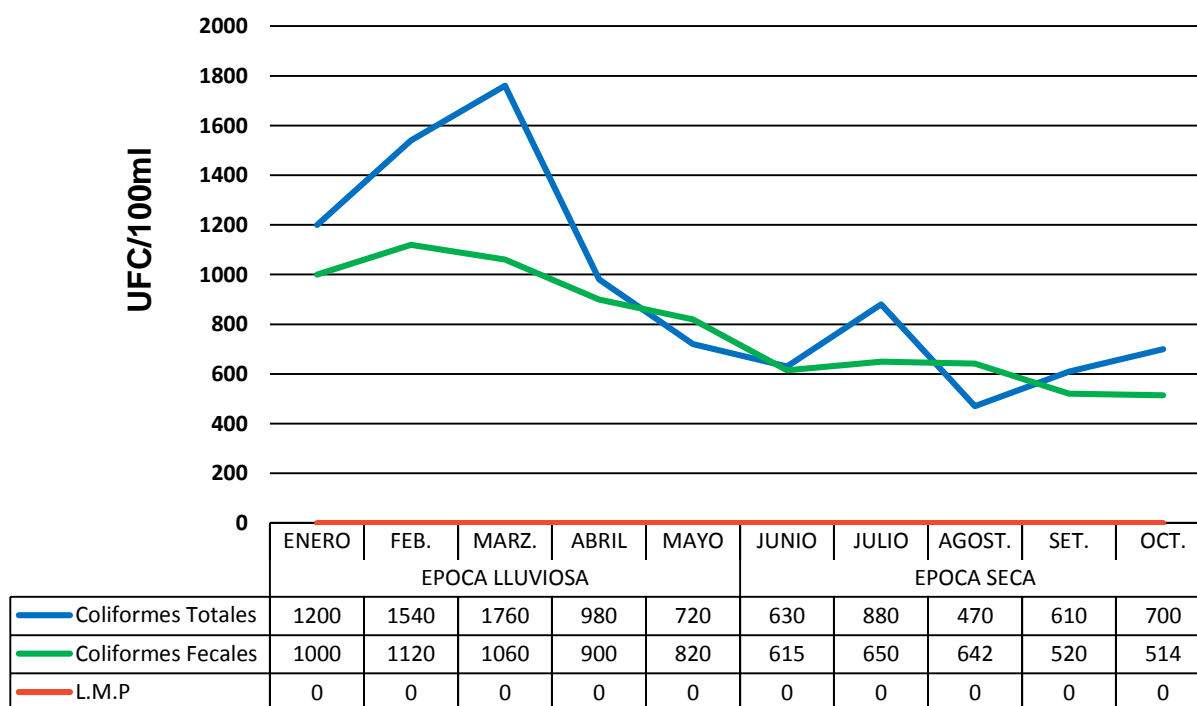


Figura 20: Calidad bacteriológica-coliformes totales y coliformes fecales.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los análisis fisicoquímicos (pH, conductividad eléctrica, turbidez, sólidos totales disueltos, alcalinidad, dureza total, cloruros, sulfatos, nitratos, nitritos, hierro, cobre, cromo, aluminio, cadmio, plomo y zinc), que se realizaron en las aguas del manantial Huañambra, mostraron que no existe contaminación debido, a que sus concentraciones están por muy debajo de la ECA Nacional.
- Existe contaminación microbiológica en las aguas del manantial Huañambra, debido a que superan los límites máximos permisibles como indica el reglamento: En los coliformes totales se registró una mayor concentración de bacterias, en el mes de marzo con un valor de 1760 UFC/100ml y en los coliformes fecales se registró un valor máximo de 1120 UFC/100ml, en el mes de febrero.
- Realizar la protección del manantial Huañambra, para evitar el contacto con la escorrentía superficial en temporadas de lluvias, el acceso de animales a la fuente y para evitar el contacto con residuos o partículas en suspensión que pueden ser acarreados por los vientos.
- Continuar con los muestreos de agua del manantial más continuos para obtener una línea de base más consolidada que nos permita conocer más exacto de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.
- Realizar el monitoreo de la calidad del agua para verificar si esta apta para consumo humano
- Gestionar una capacitación en administración, operación y mantenimiento de sistemas de agua potable por gravedad, para mejorar la dotación del servicio y proteger la infraestructura hidráulica.

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFIA

APHA-AWWA-WBCF. 1992. Métodos normalizados para el análisis de agua potable y residual. 1 ed. Editorial Santos S.A. Madrid, España. Pág. 5-48, 5-49, 5-52, 5-54.

Aquino *et al.* 2000. Análisis de agua de pozos en La Paz y San Vicente afectados por la tormenta tropical Mitcht. Trabajo de graduación Facultad de Química y Farmacia. Universidad de El Salvador.

Aya, G. 2007. Manual de Calidad. Laboratorio Nacional de Aguas. Versión 3. San José, Costa Rica, 36 pp.

Berger, A.R. 1998. Environmental Change, Geoindicators, and the Autonomy of Nature (en línea). GSA TODAY, January 1998. Consultado 8 jul. 2007. Disponible en <http://www.lgt.lt/geoin/files/ARBGSAToday.pdf>

Berger, T. 2005. Rapid landscape change and its human effects. Weathering Change. Newsletter of the Northern Climate Change (en línea). Summer 2005. Consultado 8 jul 2007. Disponible en http://www.lgt.lt/geoin/files/weathering_change_nltr-1.pdf

Chica-Olmo, M. *et al.* 2005. Una aproximación geo estadística al análisis espacial de la calidad del agua subterránea. 5: 79-93.

Colocho, M. E. *et al.* 1983. Evaluación Fisicoquímica del agua potable que abastece San Salvador y las Ciudades Principales de la Zona Central y Occidental del País. Trabajo de graduación Facultad de Química y Farmacia. Universidad de El Salvador.

Cortes-Lara, M.C. 2003. Importancia de los coliformes fecales como indicadores de contaminación en la Franja Litoral de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. Rev. Biomed 14: 121- 123.

Díaz. 1995. Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Madrid. S.A.

Dueñas, I. C. 1995. Determinación Fisicoquímica y Bacteriológica en el agua del río Suquiapa de la ciudad de Santa Ana y zonas periféricas. Trabajo de graduación. Facultad de Química y Farmacia. Universidad de El Salvador.

Eaton, A.D.; Clesceri, L.S.; Rice, E.W.; Greenberg, A.E. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21 ed. Estados Unidos, Centennial Edition. 167 pp.

Espinal, A. M. 1993. Análisis Bacteriológico y Fisicoquímico de agua de consumo del Municipio de San Miguel”. Trabajo de graduación. Facultad de Química y Farmacia .Universidad de El Salvador.

ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.). 2000. ArcView GIS. (Programa de cómputo). Version 3,3. New Delhi, India. 1 disco compacto, 13 cm.

Fawell, J.; Nieuwenhuijsen, M.J. 2003. Contaminants in Drinking Water. British Medical Bulletin 68:199-208.

Gámez, L. 2002. Agua transparente...deuda invisible. En Octavo Informe del Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José, Costa Rica, Litrografia e imprenta Lil, S.A., 40 p.

García, F. J. “Análisis Bacteriológico y Fisicoquímico de las aguas de pozos del cantón Tecualuya departamento de La Paz”. Facultad de Ciencias Agronomicas. Universidad de El Salvador. 1993.

Gherardi, F.; Panichi, C.; Yock, A.; Gerardo-Abaya, J. 2002. Geochemistry of the Surface and Deep Fluids of the Miravalles Volcano Geothermal System (Costa Rica). Geothermics 31: 91-128.

Gómez, A. 2002. Monitoreo y atención de intoxicación con arsénico en El Zapote, Municipio de San Isidro, Departamento de Matagalpa, Nicaragua (en línea). Nicaragua, UNICEF. Consultado 18 nov. 2006. Disponible en <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacd/arsenico/monitoreo.pdf>

Henry, J.G.; Heinke, G.W. 1999. Ingeniería Ambiental. México, Prentice Hall. 283-284.
Hounslow, A. W. 1995. Water Quality Data. New York, USA, CRC Lewis Publishers. 49-59.

ICE (Instituto Costarricense de Electricidad, CR). 2000. Delimitación de 22 cuencas hidrográficas en el territorio nacional. San José, Costa Rica, Escala 1:200 000. 1 Shape.
INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos, CR). 2002. IX Censo Nacional de Población: Características Sociales y Demográficas. 9 ed. San José, Costa Rica: INEC. p. 307.

NSF. 2007. Water quality index. Michigan. US. Consultado el 1 de Julio del 2007. Disponible en: http://www.nfs.org/consumer/just_for_kids/wqi.asp.

OMS (Organización Mundial de la Salud) / OPS (Organización Panamericana de la Salud). “Guías para la calidad del agua potable”. Washington D.C. 1995.

OMS (Organización Mundial de la Salud, US). 1995. Guías para la calidad del agua potable. Recomendaciones. 2 ed. Ginebra: OMS. V. 1, 195 p.

OMS (Organización Mundial de la Salud, US). 1998. Guías para la calidad del agua potable. Vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad. 2 ed. Ginebra: OMS. V. 3, 255 p.

OMS (Organización Mundial de la Salud, US). 1999. Guías para la calidad del agua potable. Addendum al volumen 1 Recomendaciones. 2 ed. Ginebra. 40 p.

OMS (Organización Mundial de la Salud, US). 2006. Agua, saneamiento y salud: Enfermedades relacionadas con el agua (en línea). Consultado 20 oct. 2006. Disponible en http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/diseasefact/es/index.html.

OMS. 2004. Guías para la calidad del agua potable. 3ed. Ginebra. 515 p.

Ongley, E.D. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. En: Estudios FAO: Riego y drenaje - 55 1997 W2598/S (en línea). Canadá, Departamento de Agricultura. Consultado 28 jul. 2007. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/W2598S/w2598s05.htm>

OPS (Organización Panamericana de la Salud, US). 2003. Calidad del Agua Potable en Costa Rica: Situación actual y perspectiva. San José, C.R., OPS. 40 p.

OPS (Organización Panamericana de la Salud, US). 2004. Salud y Agua (en línea). Consultado 18 nov. 2006. Disponible en <http://www.cor.opsoms.org/TextoCompleto>.

Orozco, B.C.; Pérez, S.A.; González, D.M.N.; Rodríguez, V.F.; Alfayate, B.J.M. 2005. Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química. Madrid, España, Thomson. 97-100.

Vergara, M.S. 2001. Índices de calidad de agua como indicador de contaminación y su distribución espacio-temporal en el Rio Rocha. Tesis Maestría Profesional en Levantamiento de Recursos Hídricos, Manejo y Conservación de Cuencas. Universidad Mayor de San Simón. Bolivia, 64 p. Consultado 1 jul 2007. Disponible en www.umss.edu.bo/epubs/earts/downloads/72.pdf

ANEXOS



ANEXO I

ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA

CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
FÍSICOS Y QUÍMICOS						
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	1	1,00	1,00	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,005	0,022	0,022	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,08	**
Cloruros	mg/L	250	250	250	**	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	15	100	200	sin cambio normal	sin cambio normal
Conductividad	us/cm ²⁵	1 500	1 600	**	**	**
D.B.O. ₅	mg/L	3	5	10	5	10
D.Q.O.	mg/L	10	20	30	30	50
Dureza	mg/L	500	**	**	**	**
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	0,5	na	0,5	Ausencia de espuma persistente
Fenoles	mg/L	0,003	0,01	0,1	**	**
Fluoruros	mg/L	1	**	**	**	**
Fósforo Total	mg/L P	0,1	0,15	0,15	**	**
Materiales Flotantes		Ausencia de material flotante	**	**	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos	mg/L N	10	10	10	10	**
Nitritos	mg/L N	1	1	1	1(5)	**
Nitrógeno amoniacal	mg/L N	1,5	2	3,7	**	**
Olor		Aceptable	**	**	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	>= 6	>= 5	>= 4	>= 5	>= 4
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 – 9,0	6-9 (2,5)	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500	**	**
Sulfatos	mg/L	250	**	**	**	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**	**	0,05	**
Turbiedad	UNT ⁹⁰	5	100	**	100	**
INORGÁNICOS						
Aluminio	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	0,006	0,006	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,05	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	0,7	**
Berilio	mg/L	0,004	0,04	0,04	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	0,5	0,75	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,003	0,003	0,01	0,01	**
Cobre	mg/L	2	2	2	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	1	1	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	0,4	0,5	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	0,025	0,025	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	5	5	3	**
ORGÁNICOS						
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES						
Hidrocarburos totales de petróleo, HTPP	mg/L	0,05	0,2	0,2		
Trihalometanos	mg/L	0,1	0,1	0,1	**	**
Compuestos Orgánicos Volátiles, COVs						
1,1,1-Tricloroetano -- 71-55-6	mg/L	2	2	**	**	**
1,1-Dicloroetano -- 75-35-4	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1,2-Dicloroetano -- 107-06-2	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1,2-Diclorobenceno -- 95-50-1	mg/L	1	1	**	**	**
Hexaclorobutadieno -- 87-68-3	mg/L	0,0006	0,0006	**	**	**
Tetracloroetano -- 127-18-4	mg/L	0,04	0,04	**	**	**
Tetracloruro de Carbono -- 56-23-5	mg/L	0,002	0,002	**	**	**
Tricloroetano -- 79-01-6	mg/L	0,07	0,07	**	**	**
BETX						



"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

**LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS
INFORME DE ENSAYO N° 010 – 2015**

Solicitante: Diana Zegarra Chávez
Dirección: Celendín

<u>DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)</u>	<u>CONTROL DE LABORATORIO</u>
Procedencia de la muestra: Manantial Huañambra	Fecha/hora de recepción: 29/01/15 – 15:50 h.
Fecha/hora de muestreo: 29/01/15 – 08:36 h.	Fecha de inicio del ensayo: 30/01/15 – 08:20 h.
Muestreado por: Diana Zegarra Chávez	Comprobante de pago:
Localidad: Huañambra	
Distrito: Celendín	<u>DATOS DE LA MUESTRA</u>
Provincia: Celendín	Código de Laboratorio: 0
Departamento: Cajamarca	Código dado por el Solicitante: -----

Ensayos	Resultados	LMP del D.S. N°031-2010-SA Reglamento de la calidad del agua para Consumo Humano	Método de ensayo
pH (18.6 °C)	7.60	6.5 – 8.5	Método electrométrico. Parte 4500-H-B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 20 TH Ed.
Conductividad (uS/cm ²)	490	1500	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 20 TH Edition.
Sólidos Totales Disueltos: STD (mg/l)	501	1000	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 20 TH Ed.
Turbidez: (UNT)	2.05	5	Método Nefelométrico.
Cloro: Cl (mg/l)	0.00	0.5 – 1.0	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos: SO ²⁻ ₄ (mg/l)	68.0	250	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro: Fe (mg/l)	0.003	0.3	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	0.009	2	Bicinchoninate Method. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo: Cr ⁶⁺ (mg/l)	0.001	0.05	1,5 Diphenylcarbohydrazide Method Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO ₂ ⁻ (mg/l)	—	1	Diazotization Method (Powder Pillows or Accu Vac Ampuls)
Nitrato: NO ₃ ⁻ (mg/l)	0.5	10	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or Accu Vac Ampuls)
Aluminio: Al (mg/l)	0.001	0.2	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas



Lic. Esperanza G. Vargas Díaz
Bióloga - Microbióloga - Parasitóloga
C. F. P. 5267

Cajamarca, 06 de febrero de 2015.

Parámetros para la determinación de la calidad de las aguas de cuerpos Superficiales

Parámetro	Unidad	DS 031-2010 Calidad del agua para consumo humano	ECAS Categoría 1 A1 (Agua que puede ser potabilizada con desinfección)	1999 DIGESA (propuesta)	OMS Valores Guía
Conductividad	umhos/cm	1500	1500	1500	-
Cloruros	mg Cl-/L	250	250	400	250
Nitritos	mg/L	0.2	1		
Nitratos	mg/L	50	10		
Solidos Totales Disueltos	mg/L	1000	1000		
Turbidez	NTU	5	5	3	5
Color	UC	15			
Sulfatos	mg/L	250			
Manganeso	mg Mn/L	0.4	0.1	0.5	0.5
Magnesio Total	mg/L				
Hierro Total	mg Fe/L	0.3	0.3	0.3	0.3
Arsénico Total	mg/L	0.01	0.01	0.05	0.01
Bario Total	mg/L	0.7	0.7	1	0.7
Aluminio Total	mg/L	0.2	0.2	0.2	0.2
Antimonio Total	mg/L	0.02			
Calcio Total	mg/L				
Cadmio Total	mg/L	0.003	0.003	0.005	0.003
Mercurio Total	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.001
Molibdeno Total	mg/L				
Niobio Total	mg/L				
Potasio Total	mg/L				
Rubidio Total	mg/L				
Selenio Total	mg/L	0.01	0.01		
Sodio Total	mg/L				
Níquel Total	mg/L	0.02	0.02		
Titanio Total	mg/L				
Bismuto Total	mg/L				
Uranio Total	mg/L	0.015	0.02		
Vanadio Total	mg/L	0.1			
Wolframio	mg/L				
Yterbio Total	mg/L				
Estroncio Total	mg/L				
Boro Total	mg/L	1.5			
Fosforo Total	mg/L				
Plomo	mg Pb/L		0.01	0.05	0.01
Zinc Total	mg/L	3.0	3.0		
Zirconio Total	mg/L				
Cobalto Total	mg/l				
Cromo Total	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05
Cesio Total	mg/L				
Cobre Total	mg/L	2.0	2.0	1	2
Coliformes fecales	UFC/100 ml	0 (*)	50.0		

Fuente: Laboratorio SGS del Perú

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 21: Vista panorámica del caserío Huañambra



Figura 22: Punto del Manantial Huañambra



Figura 23. Poza utilizada como agua potable



Figura 24. Poza utilizada para lavar ropa y regadío



Figura 25: Captación de agua del manantial



Figura 26. Etiquetado de los recipientes, conteniendo la muestra de agua



Figura 27: kit de reactivos de los parámetros fisicoquímicos



Figura 28. Equipos de laboratorio



Figura 29. Ubicación del punto de muestreo del manantial Huañambra.