

## 1. INTRODUCCION

El agua es un elemento de la naturaleza, integrante de los ecosistemas naturales, fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta ya que constituye un factor indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos que la hacen posible. (ALICK B. 2013)

Es un compuesto más abundante del planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida. Está formado por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, y su fórmula química es H<sub>2</sub>O, en la naturaleza se encuentra en estado sólido, líquido o gaseoso. Y es el fundamento de la vida, un recurso crucial para la humanidad y para el resto de los seres vivos. Todos la necesitamos, y no solo para beber. Nuestros ríos y lagos, nuestras aguas costeras, marítimas y subterráneas, constituyen recursos valiosos que es preciso proteger. (ALICK B. 2013)

Asimismo, contribuye a la estabilidad del funcionamiento del ecosistema y de los seres y organismos que habitan, por tanto, es un elemento indispensable para la subsistencia de la vida animal y vegetal del planeta. Es decir, que "el agua es un bien de primera necesidad para los seres vivos y un elemento natural imprescindible en la configuración de los sistemas medioambientales". En este aspecto, este líquido vital constituye más del 80% del cuerpo de la mayoría de los organismos e interviene en la mayor parte de los procesos metabólicos que se realizan en los seres vivos; además interviene de manera fundamental en el proceso de fotosíntesis de las plantas y es el hábitat de una gran variedad de seres vivos. (ALICIA F. C. 2012)

Los años 2009 y 2010, el Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR), con el apoyo del Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable de la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ/PROAGRO), realizó el primer Inventario de Presas de Bolivia, mediante el cual se determinó que el país cuenta con más de 300 presas construidas, con capacidades de almacenamiento variables entre 10 mil y 142 millones de metros cúbicos (m<sub>3</sub>). (PERTT, 2008)

La presa Pajchani fue construida por el PERTT (Programa Ejecutivo de Rehabilitación de Tierras Tarija) por la modalidad de administración directa, la construcción dio inicio el 01 de septiembre de 2006 y concluyó el 15 de diciembre de 2008, haciendo un total de 208 días calendario de periodo total de construcción. El material para el cuerpo de la presa fue extraído de un banco ubicado en el estribo izquierdo, y del vaso de almacenamiento. (PERTT, 2008)

La presa de Pajchani almacena un agua natural, que a través de un análisis físico-químico y bacteriológico, se determinará su calidad y podría ser potabilizada y de esta manera ayudaría en el abastecimiento de agua potable en la ciudad de San Lorenzo en el tiempo de estiaje.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

La carencia de agua para consumo humano proveniente de Falda de la Queñua no es suficiente en la ciudad de San Lorenzo en los meses de Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre hasta que retornan las lluvias, esto hace que se tome en cuenta otras alternativas para captar agua y potabilizar para el abastecimiento de la población.

San Lorenzo cuenta con dos captaciones de agua una de Falda la Queñua y otra de la comunidad de Pajchani para el sistema de agua potable que beneficia a la población, el cual no es suficiente en el tiempo de estiaje ya que esto provoca un problema, posiblemente por el crecimiento de la población ya que es de 1,52% según la Revista Nacional de Desarrollo y posiblemente por falta de agua en las captaciones del sistema de agua potable ya que es el periodo de estiaje, por lo tanto la precipitación es casi nula. Por lo que se justifica el presente trabajo de investigación, del agua de la presa de Pajchani, ya que mediante su análisis de control básico de los parámetros establecidos en la Normativa Boliviana 512, se va a determinar su calidad y aprovechamiento.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La escasez del agua potable para la ciudad de San Lorenzo, debido seguramente al crecimiento de la población ya que es de 1,52% según la Revista Nacional de Desarrollo, a medida que crece la población, provoca mayor demanda de la calidad y cantidad de la misma y también puede ser por falta de agua en las captaciones de los sistemas debido al periodo de estiaje y por lo tanto la precipitación es casi nula.

San Lorenzo cuenta actualmente con dos captaciones de agua una de ellas es de Falda la Queñua y otra de la comunidad de Pajchani, pero este caudal no satisface las necesidades del agua potable de la población, para resolver este problema es necesario identificar nuevas fuentes agua, como por ejemplo de la presa de Pajchani que tiene un volumen de almacenamiento de 1.187 hm<sup>3</sup> según PERTT 2008.

### **4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿La población de la ciudad de san lorenzo, tiene escasez de agua potable en tiempos de estiaje?

### **5. HIPÓTESIS**

EL agua de la presa Pajchani cumplirá con los parámetros básicos de calidad para el consumo humano.

### **6. OBJETIVOS**

#### **6.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la calidad de agua de la presa Pajchani para consumo humano de acuerdo a la Norma Boliviana NB 512 estableciendo los parámetros de control básico, para satisfacer la demanda insatisfecha de agua potable para la ciudad de San Lorenzo

## **6.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS**

- ❖ Determinar la calidad del agua de la presa Pajchani, mediante un análisis físico-químico y microbiológico.
- ❖ Determinar la demanda de consumo de agua potable de la población de San Lorenzo mediante información secundaria y una encuesta estructurada.
- ❖ Evaluar los parámetros de control básico de agua de la presa de Pajchani mediante la NB 512.
- ❖ Interpretar el análisis de los Coliformes Termoresistentes realizados en laboratorio.
- ❖ Proponer una alternativa de tratamiento del agua para potabilizarla proveniente de la presa Pajchani, para satisfacer la demanda insatisfecha, en época de estiaje.

## CAPÍTULO I

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 1.1. MARCO TEÓRICO

##### 1.1.1. Calcio

El Calcio (Ca) es el catión divalente más abundante en el organismo humano y aporta cerca de 1,5 a 2,0% del peso total. Es responsable de funciones estructurales que afectan el esqueleto y los tejidos blandos; además, juega un papel importante en la transmisión neuromuscular de estímulos químicos y eléctricos, en el buen funcionamiento del sistema de conducción miocárdica, en la transmisión de información intracelular y la coagulación de la sangre. Más del 99% del contenido de calcio se encuentra en el esqueleto, en la estructura de huesos y dientes. Debido a su función en la transmisión neuromuscular ejerce un papel importante en la contracción muscular y cardíaca, aumentando la amplitud del latido cardíaco a medida que su concentración se eleva. La osteoporosis y la osteomalacia son las manifestaciones más comunes de la deficiencia de calcio, y en menor grado, pero no menos importante, se ha comprobado que una deficiencia de calcio en el organismo puede causar hipertensión. El consumo diario de calcio recomendado para un adulto está entre el rango de 1000 a 1300 mg/día, siendo estos valores diferentes en otros grupos de población. (Ver Anexo 2). Considerando un consumo de 2 litros de agua con una concentración de 100 mg/L de calcio, esta aportaría aproximadamente el 20% del calcio recomendado para el adulto (1000 mg/día), aumentando este porcentaje para los niños e infantes. (MARCO A. NEIRA G. 2006)

##### 1.1.2. Color del agua

Se debe a la presencia de minerales como hierro y manganeso, materia orgánica y residuos coloridos de las industrias. El color en el agua doméstica puede manchar los accesorios sanitario y opacar la ropa. Las pruebas se llevan a cabo por comparación

con un conjunto estándar de concentraciones de una sustancia química que produce un color similar al que presenta el agua. (Jorge Orellana 2005)

Idealmente, el agua de uso y consumo humano no debe tener ningún color visible. Por lo general, el color en el agua de uso y consumo humano se debe a la presencia de materia orgánica coloreada (principalmente ácidos húmicos y fúlvicos) asociada al humus del suelo. Asimismo, la presencia de hierro y otros metales, ya sea como impurezas naturales o como resultado de la corrosión, también tiene una gran influencia en el color del agua. También puede proceder de la contaminación de la fuente de agua con efluentes industriales y puede ser el primer indicio de una situación peligrosa. Si el agua de un sistema de abastecimiento tiene color, se debe investigar su origen, sobre todo si se ha producido un cambio sustancial. (OMS 2011)

La mayoría de las personas puede percibir niveles de color por encima de 15 unidades de color verdadero (UCV) en un vaso de agua. Los consumidores suelen considerar aceptables niveles de color por debajo de 15 UVC. Un nivel de color alto proveniente del carbono orgánico natural (p. ej., ácidos húmicos) también podría indicar una gran propensión a la generación de subproductos en los procesos de desinfección. No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el color en el agua de uso y consumo humano. (OMS 2011)

Hay varios parámetros que influyen en la turbidez y color del agua. Algunos de estos son: Presencia de fitoplancton, y / o crecimiento de las algas; Presencia de sedimentos procedentes de la erosión; Presencia de sedimentos suspendidos del fondo (frecuentemente revueltos por peces que se alimentan por el fondo, como la carpa). (TURBIDEZ DEL AGUA)

### **1.1.3. Coliformes Totales**

Las bacterias Coliformes Fecales forman parte del total del grupo Coliformes. Son definidas como bacilos Gram-negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con

producción de ácido y gas a  $44.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$  dentro de las  $24 \pm 2$  horas. La mayor especie en el grupo de coliforme fecal es el *Escherichia coli*. La presencia de coliformes en el suministro de agua es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminado con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo. (OPS, 2012)

Los microorganismos se encuentran presentes en todas partes, desde los ecosistemas hasta las partes más internas de nuestro cuerpo, el estudio de estos organismos resulta prioritario debido a la gran importancia de las funciones que llevan a cabo, sin embargo, es de alto interés determinar la nocividad de estos para el humano. (Salcido-Usela et al., 2017)

La determinación de presencia de la bacteria *Escherichia coli* es una alternativa para realizar un control de la calidad microbiológica del agua ya que esta bacteria es un indicador de que existen fuentes contaminadas con materia fecal. La mayoría de las cepas de *E. coli* son inocuas, pero algunas pueden causar graves intoxicaciones alimentarias. (Salcido-Usela et al, 2017)

En términos del análisis microbiológico del agua potable suministrado a la población se considera que el objetivo en general fue alcanzado, a pesar de ser un análisis limitado al ejercicio académico se logró realizar un diagnóstico general del agua potable y se identificaron vectores de enfermedad que están siendo consumidos a diario por la población en una concentración mayor a lo establecido por la NOM- 127-SSA1-1994 (2 UFC/100 ml) y según lo obtenido mediante la prueba confirmatoria (placas petrifilm) en la muestra proveniente de la potabilizadora “Los Chorros” se encontraron alrededor de 1000 UFC/100 ml, este resultado es de gran relevancia debido a la injusticia social que representa ya que los pobladores realizan una inversión por una fuente de agua potable que no es inocua ni sanitaria; para que este resultado obtenga mayor contundencia sin duda alguna se tiene que ir al origen de agua, realizando una

visita a la planta potabilizadora para determinar en qué parte del proceso se ve expuesta el agua a contaminación. Sin duda alguna el diagnóstico puede ocasionar gran impacto en la población debido a que confirma las sospechas de pobladores que presentaron observaciones negativas respecto a la calidad y el servicio que les presentaba la potabilizadora “Los Chorros” localizada en Acatlán. (Salcido-Usela et al, 2017)

En relación a la presa y represa, se obtuvo la presencia de materia fecal. Lo cual indica un mal manejo de las descargas residuales a estos embalses. Es importante mencionar que se buscó realizar la determinación de las unidades formadoras de colonias mediante la metodología establecida por la NMX-AA-102-SCFI-2006 pero debido a la gran cantidad de coliformes en las muestras de agua superficial este método resultó obsoleto para el conteo y no se pudo realizar la correcta comparativa con la norma donde se especifica que el promedio mensual y diario de una muestra de 100 ml no puede sobrepasar de un rango de 1,000 – 2,000 UFC<sub>2</sub>. Este resultado es relevante debido a que este cuerpo de agua es el principal proveedor de alimento (para consumo y venta) y es utilizado para riego de sembradíos aledaños. El consumo de agua y alimentos contaminados por materia fecal tiene un alto impacto en la salud de la población vulnerable (niños y adultos mayores) debido a las enfermedades diarreicas previamente mencionadas. (Salcido-Usela et al, 2017)

### **1.1.3. Cloruro**

El cloruro presente en el agua de consumo procede de fuentes naturales, aguas residuales y vertidos industriales, escorrentía urbana con sal de deshielo, e intrusiones salinas. La fuente principal de exposición de las personas al cloruro es la adición de sal a los alimentos y la ingesta procedente de esta fuente generalmente excede en gran medida a la del agua de consumo. (OMS 2006)

Las concentraciones de cloruro excesivas aumentan la velocidad de corrosión de los metales en los sistemas de distribución, aunque variará en función de la alcalinidad del agua, lo que puede hacer que aumente la concentración de metales en el agua. No se

propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el cloruro en el agua de consumo. No obstante, las concentraciones de cloruro que excedan de unos 250 mg/l pueden conferir al agua un sabor perceptible. (OMS 2006)

#### **1.1.4. Dureza del agua**

La dureza del agua se debe al contenido de calcio y, en menor medida, de magnesio disueltos. Suele expresarse como cantidad equivalente de carbonato cálcico.

En función del pH y de la alcalinidad, una dureza del agua por encima de 200 mg/l aproximadamente puede provocar la formación de incrustaciones, sobre todo en las calefacciones. Las aguas blandas con una dureza menor que 100 mg/l aproximadamente tienen una capacidad de amortiguación baja y pueden ser más corrosivas para las tuberías. (OMS 2006)

Varios estudios epidemiológicos ecológicos y analíticos han demostrado la existencia de una relación inversa estadísticamente significativa entre la dureza del agua de consumo y las enfermedades cardiovasculares. Existen algunos indicios de que las aguas muy blandas pueden producir un efecto adverso en el equilibrio mineral, pero no se disponía de estudios detallados para su evaluación.

No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la dureza. No obstante, el grado de dureza del agua puede afectar a su aceptabilidad por parte del consumidor en lo que se refiere al sabor y a la formación de incrustaciones. (OMS 2006)

Las Normas internacionales de 1971 señalaron que el grado máximo permisible de dureza del agua de consumo era de 10 mEq/l (500 mg de carbonato cálcico por litro), basado en la aceptabilidad del agua para el uso doméstico. La primera edición de las Guías para la calidad del agua potable, publicadas en 1984, concluyó que no existían pruebas sólidas de que el consumo de agua dura provocará efectos adversos en la salud de las personas y que, por tanto, no era necesaria ninguna recomendación relativa a la

restricción del ablandamiento de las aguas municipales ni al mantenimiento de una concentración residual mínima de calcio o magnesio. Se estableció un valor de referencia de 500 mg/l (como carbonato cálcico) para la dureza, basado en consideraciones sobre el sabor y el uso doméstico. (OMS 2006)

### **Clasificación de aguas según grado de dureza**

En el mundo existen una serie de clasificaciones del agua respecto a su contenido de dureza, siendo una de las más utilizadas la de la Organización Mundial de la Salud. (OMS 2006)

## **CUADRO 1**

### **CLASIFICACIÓN DE AGUAS SEGÚN EL GRADO DE DUREZA**

| CaCO <sub>3</sub> (mg/l) | Tipo de Agua       |
|--------------------------|--------------------|
| 0 - 60                   | Blanda             |
| 61 - 120                 | Moderadamente dura |
| 121 - 180                | Dura               |
| >180                     | Muy dura           |

Fuente: OMS, 2006.

### **1.1.5. Fitoplancton**

El fitoplancton solo es capaz de crecer en la superficie del océano a profundidades hasta las que penetra la luz solar. La materia orgánica creada por el fitoplancton y su detritus es respirada por otros organismos. Es el primer eslabón de la cadena trófica y es el conjunto de organismos acuáticos autótrofos que tienen capacidad fotosintética, y que viven dispersos en el agua. (Karia S.C. 2015)

### **1.1.6. Hierro**

En las aguas subterráneas anaerobias puede haber concentraciones de hierro ferroso de hasta varios miligramos por litro sin que se manifieste alteración alguna del color ni turbiedad al bombearla directamente desde un pozo. Sin embargo, al entrar en contacto

con la atmósfera, el hierro ferroso se oxida a férrico, tiñendo el agua de un color marrón rojizo no deseable. El hierro también promueve la proliferación de “bacterias ferruginosas”, que obtienen su energía de la oxidación del hierro ferroso a férrico y que, en su actividad, depositan una capa viscosa en las tuberías. En niveles por encima de 0.3 mg/l, el hierro mancha la ropa lavada y los accesorios de fontanería. Por lo general, no se aprecia ningún sabor en aguas con concentraciones de hierro por debajo de 0.3 mg/l, aunque pueden aparecer turbiedad y coloración. No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el hierro. (OMS 2011)

Se trata de un contaminante bastante común en el agua de pozo, no es de alta toxicidad, pero su presencia puede ser detectada ya que en altas concentraciones le confiere al agua un particular gusto "metálico". Otra de las formas posibles de detección es colocar unas gotas de lavandina en un vaso con agua, esperar unos minutos y observar si en esta se presenta una turbidez de color ámbar o rojizo, la cual estaría evidenciando la presencia de hierro. (Oswaldini Hidalgo C. 2020)

Si tu ropa de cama, una vez lavada, queda amarillenta, estás bajo la presencia de altas concentraciones de hierro en el agua. Los sanitarios también son buenos marcadores de la presencia de agua ferrosa, ya que la misma mancha las paredes de los sanitarios con una coloración rojiza. (Oswaldini Hidalgo C. 2020)

### **1.1.7. Manganeseo**

La presencia de manganeso a concentraciones mayores a 0.1 mg/l en sistemas de abastecimiento de agua puede producir un sabor indeseable en bebidas, y mancha la ropa lavada y los aparatos sanitarios. Al igual que sucede con el hierro, la presencia de manganeso en el agua de uso y consumo humano puede dar lugar a la acumulación de depósitos en el sistema de distribución. Las concentraciones menores a 0.1 mg/l suelen ser aceptables para los consumidores. Incluso en una concentración de 0.2 mg/l, el manganeso formará con frecuencia una capa en las tuberías, que puede desprenderse en forma de precipitado negro. El valor de referencia basado en efectos sobre la salud

de 0.4 mg/l para el manganeso es mayor que el mencionado umbral de aceptabilidad de 0.1 mg/l. (OMS, 2011)

Sin embargo, en algunas condiciones, el manganeso puede estar en concentraciones por encima de 0,1 mg/L y puede permanecer en solución durante un período más largo comparado con su solubilidad habitual en el agua potable. (OMS, 2011)

#### **1.1.8. pH**

No se propone ningún valor de referencia basado en la salud para el pH. Aunque el pH no suele afectar directamente a los consumidores, es uno de los parámetros operacionales más importantes de la calidad del agua. (OMS, 2006)

La gama de pH es de 0 a 14, siendo 7 la neutralidad. El pH indica el balance entre los ácidos y bases en el agua, y es la medida de la concentración de ión hidrógeno en solución. Los valores de pH reflejan el poder solvente del agua, indicando, de ese modo, sus posibles reacciones químicas sobre las rocas y suelos. Los constituyentes responsables son los sólidos disueltos y gases disueltos. La disolución de rocas, la absorción de gases de la atmósfera, la oxidación de la materia orgánica y la fotosíntesis son orígenes naturales de alteración del pH. (MOACYR, CALIDAD DE AGUA EN EMBALSES)

Los valores de pH muestran:

- Condiciones ácidas: cuando  $\text{pH} < 7$
- Neutralidad: cuando  $\text{pH} = 7$ ;
- Condiciones básicas: cuando  $\text{pH} > 7$

#### **1.1.9. Sodio**

La concentración correspondiente al umbral gustativo del sodio en el agua depende del anión asociado y de la temperatura de la solución. A temperatura ambiente, el umbral gustativo promedio del sodio es de 200 mg/l aproximadamente. No se ha calculado ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud. (OMS, 2011)

Las sales de sodio (Por ejemplo, el cloruro sódico) se encuentran en casi todos los alimentos (La principal fuente de exposición diaria) y en el agua de consumo. Aunque

las concentraciones de sodio en el agua potable normalmente son inferiores a 20 mg/l, en algunos países pueden superar en gran medida esta cantidad. Las concentraciones de sales de sodio en el aire son normalmente bajas con respecto a las presentes en los alimentos o el agua. Se debe señalar que algunos ablandadores del agua pueden incrementar notablemente el contenido de sodio del agua de consumo (OMS 2011)

No se pueden extraer conclusiones definitivas con respecto a la posible asociación entre la presencia de sodio en el agua de consumo y la hipertensión. Por consiguiente, no se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud. No obstante, si las concentraciones rebasan los 200 mg/l, el agua podría tener un gusto inaceptable (OMS 2011)

Antecedentes de la determinación del valor de referencia: Las Normas internacionales para el agua potable de la OMS de 1958, 1963 y 1971 no hicieron referencia al sodio. En la primera edición de las Guías para la calidad del agua potable, publicada en 1984, se concluyó que no había pruebas suficientes para justificar el establecimiento de un valor de referencia para el sodio en el agua basándose en consideraciones relativas al riesgo para la salud, pero se señaló que la ingesta de sodio en el agua de consumo puede afectar más a las personas que requieren una dieta baja en sodio y a los lactantes alimentados con biberón. Se estableció un valor de referencia para el sodio de 200 mg/l, basado en consideraciones gustativas. En las Guías de 1993 no se propuso ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el sodio, puesto que no se pudieron extraer conclusiones definitivas con respecto a la posible asociación entre la presencia de sodio en el agua de consumo y la hipertensión. No obstante, si las concentraciones rebasan los 200 mg/l, el agua podría tener un gusto inaceptable. (OMS 2006)

#### **1.1.10. Sólidos disueltos totales (SDT)**

Los sólidos disueltos totales (SDT) comprenden las sales inorgánicas (Principalmente de calcio, magnesio, potasio, sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua. Los SDT presentes en el

agua de consumo proceden de fuentes naturales, aguas residuales, escorrentía urbana y aguas residuales industriales. Las sales empleadas en algunos países para eliminar el hielo de las carreteras también contribuyen a aumentar el contenido de SDT en el agua de consumo. Debido a las diferentes solubilidades de diferentes minerales, las concentraciones de SDT en el agua varían considerablemente de unas zonas geológicas a otras. (OMS 2006)

#### **1.1.11. Sulfato**

La presencia de sulfato en el agua de uso y consumo humano puede generar un sabor perceptible en niveles muy altos podría provocar un efecto laxante en consumidores no habituados. El deterioro del sabor varía en función de la naturaleza del catión asociado; se han determinado umbrales gustativos que van de 250 mg/l para el sulfato de sodio a 1000 mg/l para el sulfato de calcio. Por lo general, se considera que el deterioro del sabor es mínimo cuando la concentración es menor a 250 mg/l. No se ha calculado ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el sulfato. (OMS 2011)

Los sulfatos están presentes de forma natural en muchos minerales y se utilizan comercialmente, sobre todo en la industria química. Se liberan al agua procedentes de residuos industriales y mediante precipitación desde la atmósfera; no obstante, las concentraciones más altas suelen encontrarse en aguas subterráneas y provienen de fuentes naturales. En general, la ingesta diaria media de sulfato procedente del agua de consumo, el aire y los alimentos es de aproximadamente 500 mg, siendo los alimentos la principal fuente. Sin embargo, en regiones cuyas aguas de consumo contienen concentraciones altas de sulfato, el agua de consumo puede ser la principal fuente de ingesta.

Los datos existentes no permiten determinar la concentración de sulfato en el agua de consumo que probablemente ocasiona efectos adversos para la salud de las personas. Los datos de un estudio en lechones con una dieta líquida y estudios con agua de grifo en voluntarios muestran un efecto laxante con concentraciones de 1000 a 1200 mg/l,

pero sin aumento la diarrea, la deshidratación o la pérdida de peso. No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el sulfato.

No obstante, debido a los efectos gastrointestinales de la ingestión de agua de consumo con concentraciones altas de sulfato, se recomienda notificar a las autoridades de salud las fuentes de agua de consumo en las que las concentraciones de sulfato rebasen los 500 mg/l. La presencia de sulfato en el agua de consumo también puede producir un sabor apreciable y contribuir a la corrosión de los sistemas de distribución. (OMS 2006)

Antecedentes de la determinación del valor de referencia: Las Normas internacionales para el agua potable de la OMS de 1958 sugirieron que concentraciones de sulfato mayores que 400 mg/l afectarían notablemente a la potabilidad del agua. Las Normas internacionales de 1963 y 1971 mantuvieron este valor como concentración máxima admisible o permisible. (OMS 2006)

El sulfato es uno de los aniones menos tóxicos; sin embargo, en grandes concentraciones, se han observado catarsis, deshidratación e irritación gastrointestinal. Los niños son a menudo más sensibles al sulfato que los adultos. Como precaución, aguas con un nivel de sulfatos superior a 400 mg/L no deben ser usadas en la preparación de alimentos para niños. Niños mayores y adultos se acostumbran a los niveles altos de sulfato después de unos días. Si el sulfato en el agua supera los 250 mg/L, un sabor amargo o medicinal puede hacer que sea desagradable beber esa agua. (Oswaldini Hidalgo C. 2020)

## **1.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **1.2.1. Análisis bacteriológico**

Aplicación de métodos analíticos de laboratorio que permiten determinar las características bacteriológicas del agua. (VSB, 2005. NB-495)

### **1.2.2. Análisis físico-químico**

Aplicación de métodos analíticos de laboratorio que permiten determinar las características físico químicas del agua en forma cualitativa y cuantitativa,

incluyéndose las organolépticas como parte de las características físicas. (VSB, 2005. NB-495)

### **1.2.3. Atajado**

Es una obra hidráulica simple y construida en terrenos naturales, que tiene por objeto almacenar pequeños volúmenes (En comparación con las presas), de agua procedente de la lluvia, vertientes u otras fuentes, y usados para el uso agrícola, consumo animal. (Tames B.L. Ed 2000)

### **1.2.4. Color**

Impresión visual producida por las materias en solución y/o suspensión contenidas en el agua. (VSB, 2005. NB-495)

### **1.2.5. Contaminación**

Alteración de cualquiera de las siguientes características: Físicas, químicas, biológicas y/o radiológicas en el agua, que deterioran su calidad de modo tal que llegue a constituir un riesgo para la salud o a reducir su utilización. (VSB, 2005. NB-495)

### **1.2.6. Ciclo Hidrológico**

Sucesión de estados físicos de las aguas naturales: evaporación, condensación, precipitación pluvial, escorrentía superficial, infiltración subterránea, depósito en cuerpos superficiales y nuevamente evaporación. (RMCH)

### **1.2.7. Cuenca**

Zona geográfica que contribuye con la escorrentía de las aguas pluviales hacia un cauce natural. (RMCH)

### **1.2.8. Cuerpo De Agua**

Arroyos, ríos, lagos y acuíferos, que conforman el sistema hidrográfico de una zona geográfica. (RMCH)

**1.2.9. Dureza**

Característica del agua que representa la concentración de iones de calcio, magnesio y otros metales, expresado bajo la forma de carbonato de calcio, en miligramos por litro (mg/l). (NB 495,2005)

**1.2.10. Fuentes de abastecimiento de agua**

Depósitos o cursos naturales de agua, superficiales o subterráneos. (VSB- NB 512)

**1.2.11. Floculación**

La adición de sustancias químicas, para producir un "flóculo", que es un compuesto insoluble que adsorbe materia coloidal y permite su fácil sedimentación. (VSB, 2005. NB-495)

**1.2.12. Floculante**

Agente químico capaz de acelerar la unión y sedimentación de partículas en suspensión y coloidales. También se conoce con el nombre de coagulante. (VSB, 2005. NB-495)

**1.2.13. Insumos químicos**

Productos químicos utilizados en el tratamiento y desinfección del agua. (VSB- NB 512)

**1.2.14. Laboratorio acreditado por el OBA**

Centro o lugar donde se realizan los análisis fisicoquímicos y microbiológicos con procedimientos normalizados aceptados y que cuente con certificación de "Buenas Prácticas de Laboratorio" otorgada por el OBA. (VSB- NB 512)

**1.2.15. Limite Permisible**

Concentración máxima o mínima permitida, según corresponda, de un elemento, compuesto o microorganismo en el agua, para preservar la salud y el bienestar humanos y el equilibrio ecológico, en concordancia con las clases establecidas. (RMCH)

**1.2.16. Muestra de agua**

La fracción significativa y representativa de una masa mayor de agua que conserva sus propiedades y características.

**1.2.17. Muestreo**

Acción que consiste en tomar muestras con el objeto de analizar sus propiedades y características. (VSB, 2005. NB-495)

**1.2.18. pH**

$\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$  Cologaritmo de la concentración de iones hidrogeno en solución. Indica el carácter ácido ( $\text{pH} < 7$ ), neutro ( $\text{pH} = 7$ ) o básico ( $\text{pH} > 7$ ) de la solución. (VSB, 2005. NB-495)

**1.2.19. Parámetro**

Nombre del elemento o variable a medirse mediante un procedimiento analítico de laboratorio, variable a medirse mediante un procedimiento analítico de laboratorio de uno o varios elementos. (VSB- NB 512)

**1.2.20. Presa**

En ingeniería se denomina presa o represa a una barrera fabricada de piedra, hormigón o materiales sueltos, que se construye habitualmente en una cerrada o desfiladero sobre un río o arroyo.

Son estructuras hidráulicas diseñadas y construidas para cumplir una doble exigencia: Producir una estructura impermeable para almacenar y regular el agua, y resistir el empuje del agua, y a su vez evacuarla cuando sea preciso. (MMAyA INVENTARIO NACIONAL DE PRESAS, 2010)

**1.2.21. Represa**

En términos ingenieriles, es sinónimo de presa, pero en algunas ocasiones está referido más al propósito múltiple del uso de agua almacenada, es decir, para uso de riego,

generación de energía eléctrica, agua potable u otro. (MMAyA INVENTARIO NACIONAL DE PRESAS, 2010)

#### **1.2.22. Punto de muestreo**

Lugar físico de donde se extrae una muestra representativa. (VSB- NB 512)

#### **1.2.23. Riesgo en salud**

Probabilidad de ocasionar daño a la salud de los consumidores, debido a una operación defectuosa o contaminación en el sistema de abastecimiento de agua. (VSB-NB 512)

#### **1.2.24. Sólidos Suspendidos Totales**

Peso de las partículas sólidas suspendidas en un volumen de agua, retenidas en papel filtro N° 42 (VSB- NB 512)

#### **1.2.25. Sedimentación**

Es la remoción de partículas más pesadas que el agua por acción de la fuerza de gravedad. Mediante este proceso se eliminan materiales en suspensión empleando un tiempo de retención adecuado. Estos sólidos están constituidos generalmente por arenas, limos y coloides agrupados mediante las etapas anteriores de coagulación y floculación. (Puerta D; 2014)

#### **1.2.26. Usuario (consumidor)**

Toda persona natural o jurídica, pública o privada que utiliza los servicios de agua para realizar sus actividades. (VSB- NB 512)

#### **1.2.27. Valor máximo aceptable**

Valor máximo de concentración permitido para los parámetros definidos en la NB 512 y el presente Reglamento. (VSB- NB 512)

### **1.3. MARCO LEGAL**

#### **1.3.1. Constitución Política Del Estado**

Según los artículos 373 y 376 establece.

**Artículo 373.** El agua constituye un derecho fundamentalísimo para la vida, en el marco de la soberanía del pueblo. El Estado promoverá el uso y acceso al agua sobre la base de principios de solidaridad, complementariedad, reciprocidad, equidad, diversidad y sustentabilidad.

Los recursos hídricos en todos sus estados, superficiales y subterráneos, constituyen recursos finitos, vulnerables, estratégicos y cumplen una función social, cultural y ambiental. Estos recursos no podrán ser objeto de apropiaciones privadas y tanto ellos como sus servicios no serán concesionados y están sujetos a un régimen de licencias, registros y autorizaciones conforme a Ley.

**Artículo 376.** Los recursos hídricos de los ríos, lagos y lagunas que conforman las cuencas hidrográficas, por su potencialidad, por la variedad de recursos naturales que contienen y por ser parte fundamental de los ecosistemas, se consideran recursos estratégicos para el desarrollo y la soberanía boliviana. El Estado evitará acciones en las nacientes y zonas intermedias de los ríos que ocasionen daños a los ecosistemas o disminuyan los caudales, preservará el estado natural y velará por el desarrollo y bienestar de la población.

### **1.3.2. Ley 1333 Del Medio Ambiente de 27 de abril de 1992**

(según los artículos 32, 33, 36, 37, 38 y 39 establece lo siguiente)

De los Recursos Naturales Renovables.

**Artículo 32º.** Es deber del Estado y la sociedad preservar, conservar, restaurar y promover el aprovechamiento de los recursos naturales renovables, entendidos para los fines de esta Ley, como recursos bióticos, flora y fauna, y los abióticos como el agua, aire y suelo con una dinámica propia que les permite renovarse en el tiempo.

**Artículo 33°.** Se garantiza el derecho de uso de los particulares sobre los recursos naturales renovables, siempre que cumplan lo dispuesto en el artículo 34 de la presente Ley.

Del Recurso Agua.

**Artículo 36°.** Las aguas en todos sus estados son de dominio originario del Estado y constituyen un recurso natural básico para todos los procesos vitales. Su utilización tiene relación e impacto en todos los sectores vinculados al desarrollo, por lo que su protección y conservación es tarea fundamental del Estado y la sociedad.

**Artículo 37°.** Constituye prioridad nacional la planificación, protección y conservación de las aguas en todos sus estados y el manejo integral y control de las cuencas donde nacen o se encuentran las mismas.

**Artículo 38°.** El Estado promoverá la planificación, el uso y aprovechamiento integral de las aguas, para beneficio de la comunidad nacional con el propósito de asegurar su disponibilidad permanente, priorizando acciones a fin de garantizar agua de consumo para toda la población.

**Artículo 39°.** El Estado normará y controlará el vertido de cualquier sustancia o residuo líquido, sólido y gaseoso que cause o pueda causar la contaminación de las aguas o la degradación de su entorno. Los organismos correspondientes reglamentarán el aprovechamiento integral, uso racional, protección y conservación de las aguas. (MDSMA, 1992)

### **1.3.3. NB (Norma Boliviana) 512 Control De La Calidad Del Agua Para Consumo Humano**

**PARÁMETROS DE CONTROL BÁSICO.** Los parámetros de Control Básico de la calidad del agua para consumo humano que deben realizar las EPSA, se presentan en los siguientes cuadros.

**CUADRO 2**  
**PÁRAMETROS DE CONTROL BÁSICO**

| Parámetro                        | Valor máximo aceptable          |
|----------------------------------|---------------------------------|
| Físicos                          |                                 |
| <b>Color</b>                     | 15 UCV                          |
| Químicos                         |                                 |
| <b>Sólidos totales disueltos</b> | 1.000 mg/l                      |
| Químicos inorgánicos             |                                 |
| <b>Alcalinidad total</b>         | 370,0 mg/l de CaCO <sub>3</sub> |
| <b>Calcio</b>                    | 200,0 mg/l                      |
| <b>Cloruros</b>                  | 250,0 mg/l                      |
| <b>Dureza</b>                    | 500,0 mg/l de CaCO <sub>3</sub> |
| <b>Hierro total</b>              | 0,3 mg/l                        |
| <b>Magnesio</b>                  | 150,0 mg/l                      |
| <b>Manganeso</b>                 | 0,1 mg/l                        |
| <b>Sodio</b>                     | 200,0 mg/l                      |
| <b>Sulfatos</b>                  | 400,0 mg/l                      |

Fuente: NB 512, 2005.

**CUADRO 3**  
**PARÁMETRO DE CONTROL MÍNIMO**

| Parámetro                          | Valor máximo aceptable |
|------------------------------------|------------------------|
| <b>Coliformes Termoresistentes</b> | 0 UFC/100 ml           |

Fuente: NB 512, 2005.

## CAPÍTULO II

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se desarrolló en el País de Bolivia que está situado en la zona central de América del Sur, con una superficie de 1.098.581 km<sup>2</sup>, entre los meridianos 57°26' y 69°38' de longitud occidental del meridiano de Greenwich y los paralelos 9°38' y 22°53' de latitud Sur.

#### IMAGEN 1

#### MAPA DE UBICACIÓN DE BOLIVIA Y EL DEPARTAMENTO DE TARIJA



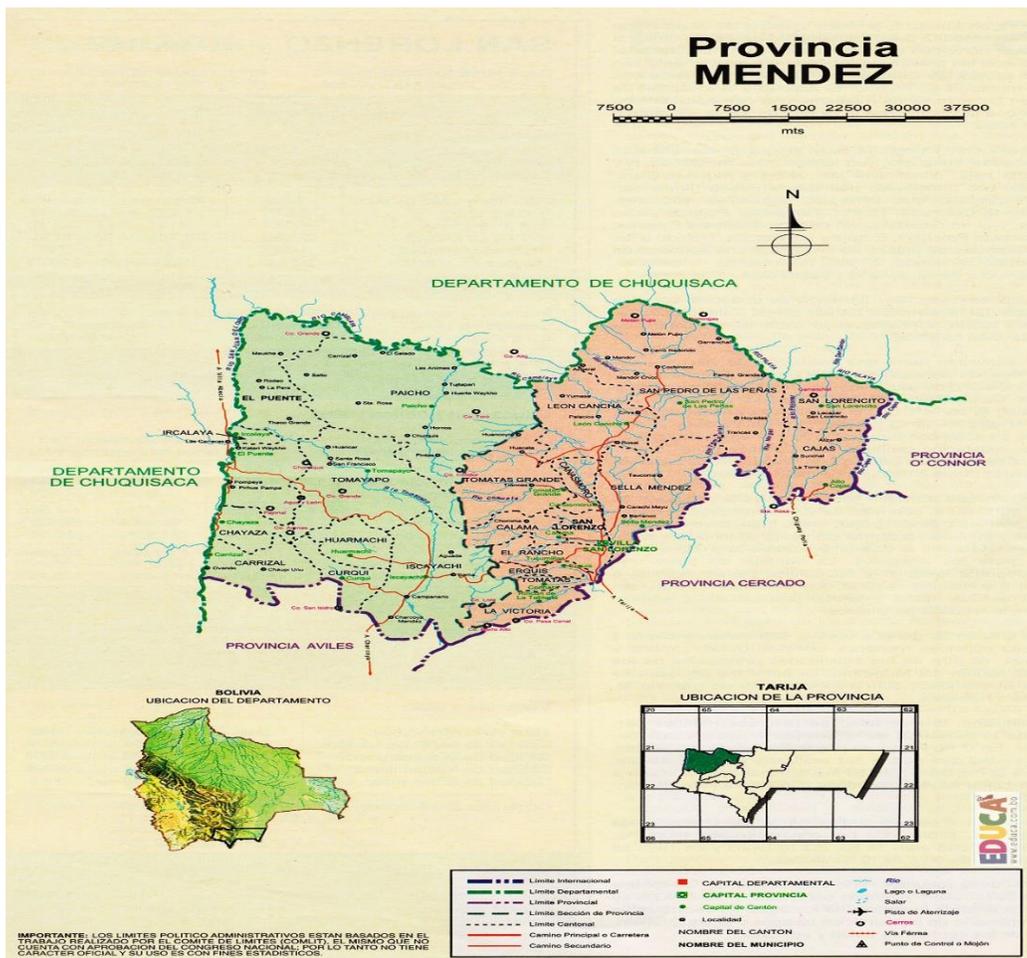
Fuente: PROMETA, IYA y Grupo DRU, (1998)

El departamento de Tarija se encuentra ubicado al sur del país.

El municipio de San Lorenzo pertenece a la provincia Méndez, del Departamento de Tarija, siendo la primera sección y única sección municipal, limitando al norte con el departamento de Chuquisaca, al sur con las provincias Cercado y Avilez, al este con las provincias Cercado y O'Connor, y al Oeste con el municipio El Puente.

**IMAGEN 2**

**MAPA DE UBICACIÓN DE LA PROVINCIA MÉNDEZ**



Fuente: Educa-Geografía

**CUADRO 4**  
**COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO**

| PUNTOS DE MUESTREO | COORDENADAS GEOGRÁFICAS |              | COORDENADAS UTM |        |
|--------------------|-------------------------|--------------|-----------------|--------|
|                    |                         |              |                 |        |
| Muestra N°1        | 21°22'41.2"S            | 64°47'18.8"O | 7634949         | 314567 |
| Muestra N°2        | 21°22'50.6"S            | 64°47'02.6"O | 7634666         | 315037 |
| Muestra N°3        | 21°22'57.1"S            | 64°47'12.7"O | 7634462         | 314749 |

Fuente: Elaboración propia, 2019

El área de estudio del presente trabajo “la presa Pajchani” se encuentra ubicada en el departamento de Tarija, Provincia Méndez, Municipio de San Lorenzo, Distrito de Choroma, en la comunidad de Pajchani, a una distancia aproximadamente 25 km de la ciudad de Tarija.

Geográfica el área se estudió se encuentra ubicada entre las coordenadas de 21°22' 79" S 64°47'10" W y una altitud de 2100 msnm.

Se tomo los tres puntos de muestreo tomando los siguientes criterios, P1 porque son aguas que bajan de las montañas, P2 y P3 porque son los posibles puntos de potabilización y el control la calidad.

**IMAGEN 3**  
**MAPA DEL ÁREA DE ESTUDIO**



Fuente: Google Earth.

### **2.1.1. Accesos**

Las vías de acceso a la presa Pajchani desde la ciudad de Tarija, en los primeros 22 km se encuentra en la ruta principal asfaltada hacia al Norte (Variante Falda de la Queñua), y luego un desvío de 3.4 km de camino ripiado hasta el mismo cierre de la presa.

## IMAGEN 4

### MAPA DE ACCESOS AL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: PERTT, 2008

## 2.2. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE BIOFÍSICO

### 2.2.1. Clima

La comunidad de Pajchani tiene un clima templado semi árido, con una temperatura aproximada de 14° C, (PDM DEL MUNICIPIO DE SAN LORENZO 2013-2017)

### 2.2.2. Viento

La comunidad de Pajchani presenta vientos débiles a moderados de dirección variable de origen local, el régimen normal de vientos en la comunidad de Pajchani, que corresponde en gran parte a los Valles interandinos, está determinado por el ingreso de masas de aire denso a través de la formación geológica de la Falda de la Queñua, razón

por la cual, la intensidad, así como la dirección predominante se modifica al distribuirse tanto hacia el norte como al sur. (PDM DEL MUNICIPIO DE SAN LORENZO 2013-2017)

### **2.2.3. Suelo**

El suelo es un componente muy importante en el medio físico de un sistema, es el soporte de la vegetación natural, actividades productivas del hombre a través de los cultivos agrícolas, riego o ganadería. De tal forma que el suelo se constituye en la interface entre los componentes abióticos y bióticos de los ecosistemas. El tipo de suelo que presenta en la comunidad de Pajchani es franco arcilloso. (PDM DEL MUNICIPIO DE SAN LORENZO 2013-2017)

### **2.2.4. Vegetación**

La comunidad de Pajchani se caracteriza por presentar, matorrales, esta diseminado en las colinas y serranías bajas, su cobertura es ralo y abierto, están formados por plantas deciduas, xerofíticas, compuesto por: Churqui, Taquillo, Molle y Algarrobo estas especies, de manera especial el Churqui. (PDM DEL MUNICIPIO DE SAN LORENZO 2013-2017)

### **2.2.5. Uso de Tierra**

En la comunidad de Pajchani la principal actividad de los pobladores es la agricultura, consistente en la explotación de cultivos tales como: hortalizas, maíz, papa, arveja, y forraje (Avena, alfalfa. etc.) destinadas a las existencias pecuarias del lugar. (PDM DEL MUNICIPIO DE SAN LORENZO 2013-2017)

## **2.3. RIESGOS AMBIENTALES**

### **2.3.1. Heladas**

Ocurren en los meses de junio a septiembre, con ocurrencia de heladas hasta 26 días al año. Considerando la información de 30 años de registro, se puede llegar a estimar la probabilidad del régimen de heladas. El periodo libre de heladas está alrededor de 273

días, quedando un periodo medio con heladas de 92 días comprendidas entre el 25 de mayo y el 25 de agosto. Los efectos negativos se presentan generalmente en toda la cuenca, limitando el desarrollo de cultivos agrícolas. (PDM DEL MUNICIPIO DE SAN LORENZO 2013-2017)

### **2.3.2. Granizada**

Es muy difícil pronosticar la ocurrencia de la granizada. Normalmente se presenta entre octubre y marzo. Se origina principalmente debido a la presencia de corrientes convectivas de aire húmedo, que forman las nubes de tipo cumulonimbus, se observa más de 5 días con granizadas al año. Los meses más probables son octubre y noviembre. Debido al fuerte impacto físico, que produce daños muy severos a la agricultura. Ocurre en las partes bajas. (PDM DEL MUNICIPIO DE SAN LORENZO 2013-2017)

### **2.3.3. Sequías**

Ocasionalmente se presenta este fenómeno, dando lugar a una deficiencia de agua, situación que afecta a sector agropecuario y al déficit de agua potable. (PDM DEL MUNICIPIO DE SAN LORENZO 2013-2017)

### **2.3.4. Inundaciones**

Son debido a la gran concentración de las lluvias y la disminución de la cubierta vegetal, que origina grandes descargas del río Guadalquivir, dando lugar, desbordes y daños materiales aguas abajo. Se generan inundaciones en varias zonas del municipio. Considerando los niveles de pendiente de varias cabeceras de ríos y quebradas sus torrentes con fuertes y caudalosos, generando turbiones que arrasan con lo que se encuentra a su paso. (PDM DEL MUNICIPIO DE SAN LORENZO 2013-2017)

### **2.3.5. Erosión**

La Cuenca es afectada severamente por procesos de erosión hídrica. Este fenómeno por su magnitud e intensidad, constituye uno de los problemas en la disminución del desarrollo productivo del Valle.

La erosión que se presenta en todas partes de la cuenca, de acuerdo a sus manifestaciones, son tipificadas como erosión: laminar, surcos, barrancas y cárcavas.

La erosión en barrancas y cárcavas, se presenta especialmente en la zona del fluviolacustre y en la parte del paleozoico, cuyos suelos se encuentran en franco proceso de desintegración, a esto se suma el sobrepastoreo, deforestación y agricultura no adecuada que existe en la zona. Los perfiles que presenta son en “V”, propia del proceso erosivo iniciado en surcos. Ejemplos típicos tenemos en la subcuenca El Monte y San Pedro, y la parte alta de Corana, Pajchani. (PDM DEL MUNICIPIO DE SAN LORENZO 2013-2017).

### **2.3. MATERIALES**

Los materiales que se utilización para la realización de encuesta y toma de muestras son los siguientes:

- GPS.
- Material de escritorio (Libreta de campo, bolígrafo)
- Tablero.
- Cámara fotográfica.
- Conservadora.
- Botella de pet esterilizada (Análisis físico/químico)
- Frascos de plástico esterilizados de 20ml. (Análisis microbiológico)
- Cinta adhesiva.
- Hielo.
- EPP (Equipo de Protección Personal)

## **2.4. METODOLOGÍA**

El presente trabajo de investigación se realizó bajo el enfoque cuantitativo, cualitativo ya que en este se determinó la calidad del agua de la presa de Pajchani, en la comunidad de Pajchani Provincia Méndez-Tarija.

### **Cualitativa**

Utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación. (Sampieri R.H. 2014)

### **Cuantitativa**

Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías. (Sampieri R.H. 2014)

La metodología cuantitativa recoge información empírica, de cosas o aspectos que se pueden contar, pesar o medir y que por su naturaleza siempre arroja números como resultado. (Behar D, 2008)

Este enfoque se utilizó porque se realizó muestreos y se tendrán resultados numéricos, donde se puede cuantificar los datos obtenidos en el presente trabajo.

Para el presente trabajo se tomó en cuenta la NB 512, basándose en los parámetros de control básico (Color, sólidos totales disueltos, alcalinidad total, calcio, cloruros, dureza, hierro total, magnesio, manganeso, sodio y sulfatos) de control mínimo. (Coliformes termoresistentes)

### **2.4.1. Método de investigación**

#### **❖ Analítico**

Este método permite el análisis de los resultados obtenidos en laboratorio, a través de los distintos resultados de las muestras llevadas a laboratorio.

El Método analítico es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular. Es necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia para comprender su esencia. Este método nos permite conocer más del objeto de estudio, con lo cual se puede: explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías. (RUIZ, 2007)

#### **2.4.2. Técnicas de Investigación**

- ❖ **Técnica de la Encuesta.** con esta técnica de investigación permite recolectar información testimonial de la situación real la ciudad de San Lorenzo con respecto a la demanda de consumo de agua mediante un cuestionario, confrontando la teoría en busca de la verdad, debiendo permitir aproximarse a los hechos reales.

Las encuestas recogen información de una porción de la población de interés, dependiendo el tamaño de la muestra en el propósito del estudio. La información es recogida usando procedimientos estandarizados de manera que a cada individuo se le hacen las mismas preguntas en más o menos la misma manera. La intención de la encuesta no es describir los individuos particulares quienes, por azar, son parte de la muestra, sino obtener un perfil compuesto de la población. (BEHAR R. D, 2008)

Un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto a una o más variables a medir. El contenido de las preguntas de un cuestionario puede ser tan variado como los aspectos que mida, y básicamente podemos hablar de dos tipos de preguntas: cerradas y abiertas. (BEHAR R. D, 2008)

- ❖ **Técnica de comparación.** Con esta técnica permite determinar las similitudes o diferencias entre los hechos que existe entre los datos que se obtuvieron en el presente trabajo de con los límites máximos permisibles estipulados en la NB 512. Es un conjunto de herramientas que nos permitió observar y determinar las

similitudes o diferencias entre los hechos realizados en una operación o actividad, se trata de comparar documentos, transacciones y situaciones concretas de la sociedad dentro de un objeto de investigación, con referencia se compara normas con las actividades realizadas. (Avendaño, 2008)

### **2.4.3. Estructura de la Metodología**

El presente trabajo de investigación para el control de la calidad del agua para consumo humano se realizaron las siguientes fases:

#### **a) Fase de Gabinete**

- Revisión de información secundaria relacionada al tema de investigación.
- Elaboración de encuesta.

#### **b) Fase de Campo**

Se realizó de acuerdo a los siguientes puntos.

- Identificación de los puntos de muestreo.
- Preparación de materiales.
- Toma de muestras. La toma de muestra consiste en la recolección de cierta cantidad de agua en distintos recipientes, para los análisis físico, químico y microbiológico.
- Transporte y conservación de muestras.

#### **c) Fase de Pos Campo**

- Análisis y discusión de los datos de laboratorio.
- Sistematización de información.
- Elaboración del documento final en base a observaciones y correcciones.

#### 2.4.4. Determinación del Tamaño Muestra

Para determinar el tamaño de muestra se utilizó el método de población finita, el cual se considera que todos los individuos están susceptibles a ser elegidos, para esto se tomó en cuenta el número de familias.

$$n = \frac{Z \alpha^2 * N * p * q}{i^2 (N - 1) + Z \alpha^2 * p * q}$$

#### Dónde:

n= Tamaño de la muestra.

N= Tamaño de la población.

Z $\alpha$ =Valor correspondiente a la distribución de gauss, Z $\alpha$ = 0, 05=1,96 y Z $\alpha$ = 0,01=2,58, para ciertos nivel es de confianza.

p= Prevalencia esperada del parámetro a evaluar, en caso de desconocerse. (P= 0,5).

q= 1-p (si p= 70%, q= 30%)

i= Error que se prevé cometer si es del 10%, i= 0,1

$$n = \frac{1,96^2 \times 721 \times 0,5 \times (1 - 0,5)}{0,1^2 \times (721 - 1) + 1,96^2 \times 0,5 \times (1 - 0,5)} = \frac{692,45}{8,16}$$

$$n = 84$$

#### 2.4.5. Parámetros considerados para el análisis físico, químico y microbiológico

Para determinar la calidad del agua de la presa Pajchani, se realizará un análisis físico, químico y microbiológico en el laboratorio de CEANID tomando en cuenta los parámetros de control básico y un parámetro del control mínimo. (Coliformes termoresistentes) de la Norma Bolivia 512 como se menciona en el cuadro N° 5 y cuadro N° 6

**CUADRO 5**  
**PARÁMETROS DE CONSIDERADOS PARA EL ANÁLISIS FÍSICO-  
 QUÍMICO**

| <b>PARAMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS</b> |                        |                          |
|------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| <b>Parámetros</b>                  | <b>Unidad</b>          | <b>Límites de NB 512</b> |
| Color                              | UCV                    | 15                       |
| Sólidos totales disueltos          | mg/l                   | 1000                     |
| Alcalinidad Total                  | mg/l CaCO <sub>3</sub> | 370                      |
| Calcio                             | mg/l                   | 200                      |
| Cloruros                           | mg/l                   | 250                      |
| Dureza                             | mg/l CaCO <sub>3</sub> | 500                      |
| Hierro Total                       | mg/l                   | 0.3                      |
| Magnesio                           | mg/l                   | 150                      |
| Manganeso                          | mg/l                   | 0.1                      |
| Sodio                              | mg/l                   | 200                      |
| Sulfatos                           | mg/l                   | 400                      |

Fuente: NB 512, 2005

## CUADRO 6

### PARÁMETRO CONSIDERADO PARA EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

| <b>PARÁMETROS MICROBIOLÓGICO</b> |               |                      |
|----------------------------------|---------------|----------------------|
| <b>Parámetro</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Límite NB 512</b> |
| Coliformes<br>Termoresistentes   | UFC/100 ml    | 0                    |

Fuente: NB 512, 2005

Una vez analizado los parámetros a tomarse en cuenta para el análisis físico, químico y microbiológico del agua de la presa, se procedió a realizar gestión por parte de coordinador de la Carrera IMA y vice decano de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de esta manera poder tener el descuento del 40% como está establecido en el convenio con el laboratorio de CEANID.

Para la toma de las muestras se consideró tres puntos de muestreo, P<sub>1</sub> en la entrada del caudal de agua a la presa, P<sub>2</sub> y P<sub>3</sub> donde se podría dar la posible aducción.

#### **2.4.5.1. Toma De Muestras**

**Punto N° 1:** La muestra para el análisis físico-químico y microbiológico fue tomada en los meses de: agosto a horas 09:00 am. Septiembre a horas 10:00 am. y octubre a horas 10:30 am. En una altura de 2117 m.s.n.m.

✓ Coordenadas

X: 64°47'18.8"

Y: 21°22'41.2"

✓ Procedimiento

- Primeramente, se procedió a hacer el triple enjuagado al envase de la botella PET de dos litros que es para la toma de muestra para el análisis físico-químico, luego se procedió a la obtención de la muestra alzando agua con una jarra para no contaminar la muestra, dado a que en la orilla de la presa existe sedimentos.
- La toma de muestra para el análisis microbiológico, se realizó en un frasco esterilizado de plástico que fueron prestados del laboratorio, donde se procedió a la obtención de la muestra con mucho cuidado como explicaron los técnicos del laboratorio CEANID (Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo)

**Punto N° 2:** La muestra para el análisis físico, químico y microbiológico fue tomada en los meses de: agosto a horas 09:30 am, septiembre a horas 10:05 am. y octubre a horas 10:35 am. A una altura de 2112 m.s.n.m.

✓ Coordenadas

X: 64°47'02.6"

Y: 21°22'50.6"

✓ Procedimiento

- Primeramente, se procedió a hacer el triple enjuagado al envase de la botella PET de dos litros que es para la toma de muestra para el análisis físico-químico, luego se procedió a la obtención de la muestra alzando agua con una jarra para no contaminar la muestra, dado a que en la orilla de la presa existe sedimentos.
- La toma de muestra para el análisis microbiológico, se realizó en un frasco esterilizado de plástico que fueron prestados del laboratorio, donde se procedió a la obtención de la muestra con mucho cuidado como explicaron

los técnicos del laboratorio CEANID (Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo)

**Punto N° 3:** La muestra para el análisis físico, químico y microbiológico fue tomada en los meses de: agosto a horas 10:00 am, septiembre a horas 10:15 am. y octubre a horas 11:15 am. A una altura de 2107 m.s.n.m.

✓ Coordinadas

X: 64°47'12.7"

Y: 21°22'57.1"

✓ Procedimiento

- Primeramente, se procedió a hacer el triple enjuagado al envase de la botella PET de dos litros que es para la toma de muestra para el análisis físico-químico, luego se procedió a la obtención de la muestra alzando agua con una jarra para no contaminar la muestra, dado a que en la orilla de la presa existe sedimentos.
- La toma de muestra para el análisis microbiológico, se realizó en un frasco esterilizado de plástico que fueron prestados del laboratorio, donde se procedió a la obtención de la muestra con mucho cuidado como explicaron los técnicos del laboratorio CEANID (Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo)

## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1. RESULTADOS DEL ESTADO ACTUAL DEL AGUA DE LA PRESA**

Para llegar a determinar el estado actual de las aguas de la presa Pajchani se recurrió a la NB 512 para control de esta agua y conocer su calidad para el consumo humano, basando en el análisis de control básico, también se tomó en cuenta un parámetro de control mínimo por el motivo de determinar su calidad.

De acuerdo a los resultados de los parámetros de color y coliformes termoresistentes, no cumplen con los límites máximos permisibles, por lo tanto, no es apta para consumo humano. Pero de acuerdo a las figuras N° 2 y N° 3 se propone un tratamiento para hacerla apta para consumo humano, y de esta manera puedan ser potabilizadas y distribuidas en la ciudad de San Lorenzo.

#### **3.2. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS ENCUESTAS**

A continuación, se presentan los resultados de las encuestas realizadas en la ciudad de San Lorenzo, como resultados de la demanda de consumo de agua potable por parte los habitantes en dicha ciudad, el agua que se consume proviene de fuente superficial. Los resultados de las encuestas se detallan seguidamente a través de cuadros y gráficas.

❖ ¿Cuántas personas habitan en su vivienda?

**CUADRO 7**

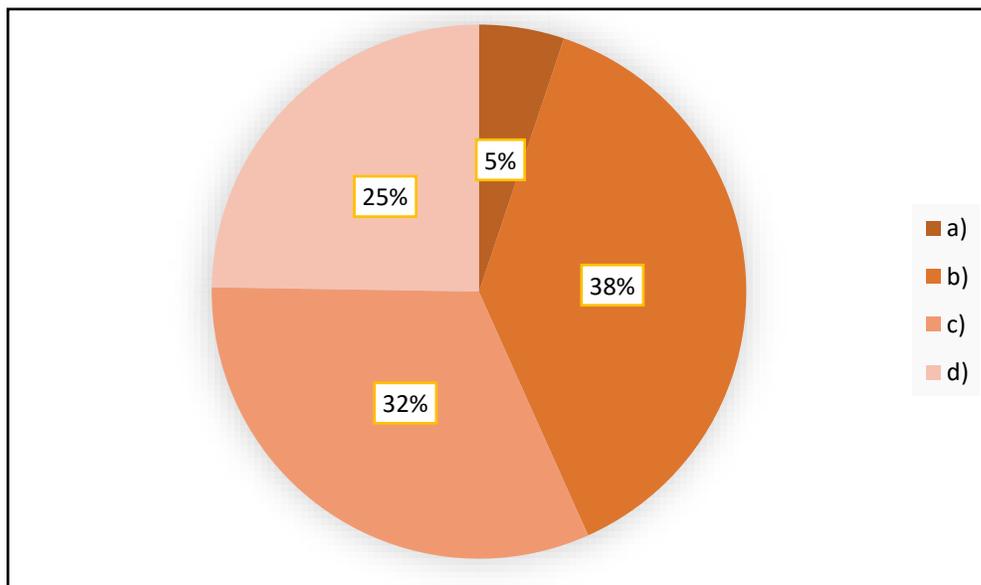
**PERSONAS QUE HABITAN EN SU VIVIENDA**

| <b>Inciso</b> | <b>Rango</b> | <b>Familias</b> | <b>Porcentaje</b> |
|---------------|--------------|-----------------|-------------------|
| a)            | 2            | 5               | 6%                |
| b)            | 3            | 37              | 38%               |
| c)            | 5            | 31              | 32%               |
| d)            | 6            | 11              | 25%               |

Fuente: Elaboración Propia, 2019

**GRÁFICA 1**

**CUANTAS PERSONAS HABITAN EN SU VIVIENDA**



Fuente: Elaboracion Propia, 2019

De acuerdo al cuadro N° 7 y a la gráfica N° 1 en la población de San Lorenzo cada familia está compuesta mayormente de 3 y 5 miembros.

❖ ¿Cuántos litros de agua gasta en la cocina al día?

### CUADRO 8

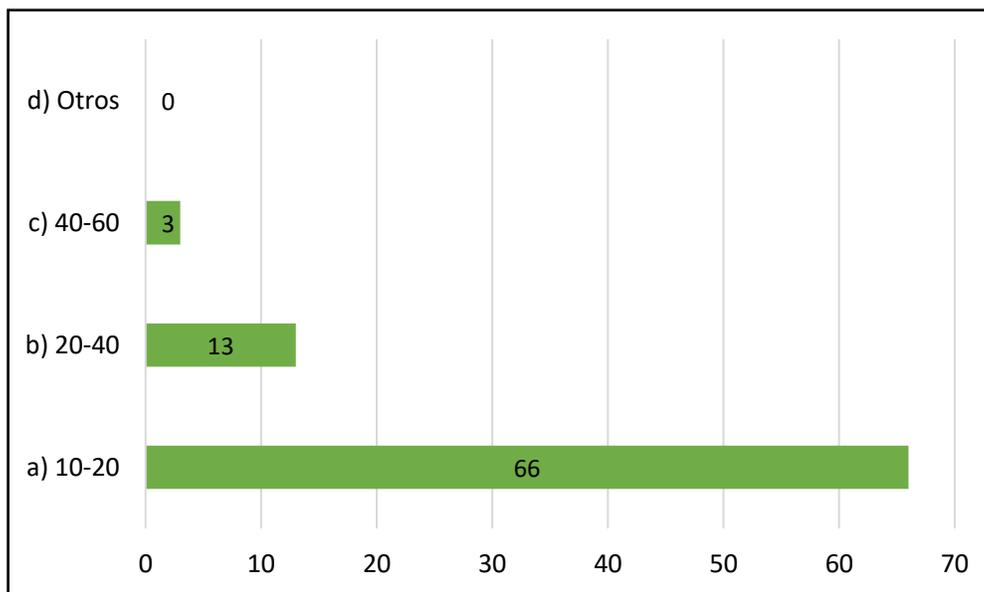
#### LITROS DE AGUA QUE GASTA EN LA COCINA AL DÍA

| <b>Inciso</b> | <b>Rango</b> | <b>Total</b> | <b>Porcentaje</b> |
|---------------|--------------|--------------|-------------------|
| a)            | 10-20        | 66           | 80%               |
| b)            | 20-40        | 13           | 16%               |
| c)            | 40-60        | 3            | 4%                |
| d)            | Otros        | 0            | 0                 |

Fuente: Elaboración Propia, 2019

## GRÁFICA 2

### LITROS DE AGUA QUE GASTA EN LA COCINA AL DÍA



Fuente: Elaboración Propia, 2019

De acuerdo al cuadro N° 8 y la gráfica N° 2 se puede observar que el 80% de la población de San Lorenzo usa de 10-20 litros de agua en la cocina al día, el 16% usa de 20-40 litros y el 3% de 40-60 litros día.

❖ ¿Cuántas veces al día usa el inodoro?

## CUADRO 9

### USO DEL INODORO

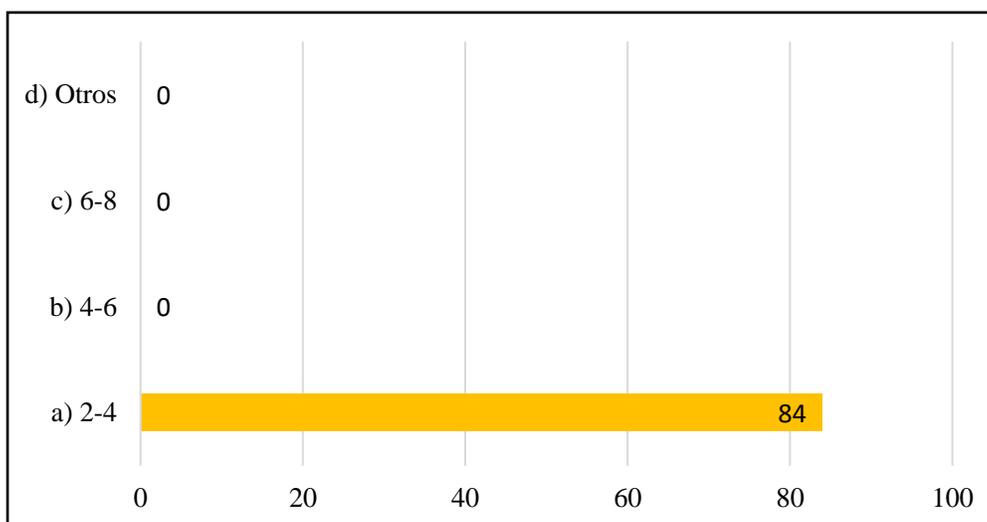
| Inciso | Rango | Total | Porcentaje |
|--------|-------|-------|------------|
| a)     | 2-4   | 84    | 100%       |

|    |       |   |    |
|----|-------|---|----|
| b) | 4-6   | 0 | 0% |
| c) | 6-8   | 0 | 0% |
| d) | Otros | 0 | 0% |

Fuente: Elaboración Propia, 2019

### GRÁFICA 3

#### USO DEL INODORO



Fuente: Elaboración Propia, 2019

De acuerdo al cuadro N° 9 y a la gráfica N° 3 se puede observar que el 100% de la población usa de 2-4 veces al día el inodoro.

❖ ¿Cuántas veces al día usa la ducha?

**CUADRO 10**

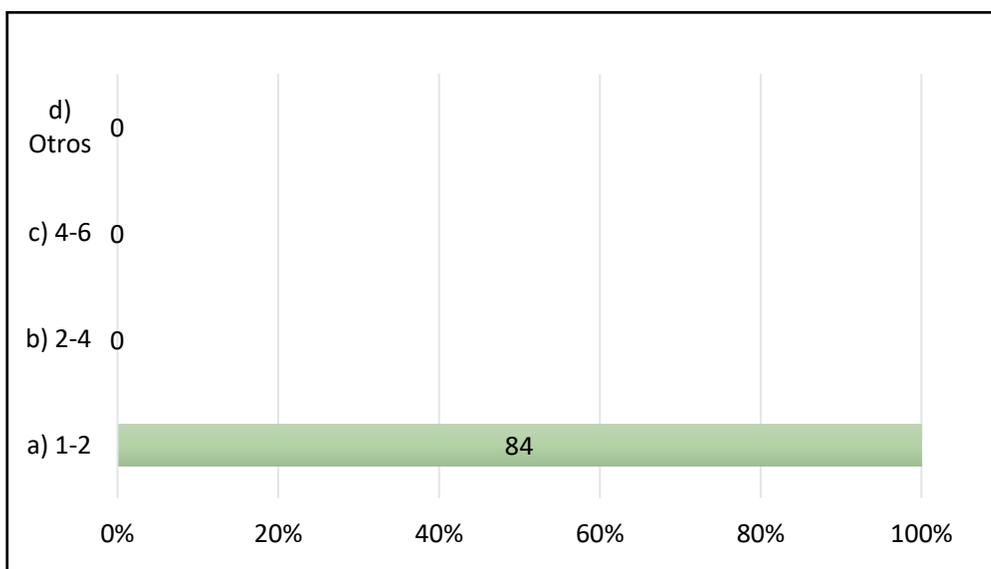
**USO DE DUCHA**

| <b>Inciso</b> | <b>Rango</b> | <b>Total</b> | <b>Porcentaje</b> |
|---------------|--------------|--------------|-------------------|
| a)            | 1-2          | 84           | 100%              |
| b)            | 2-4          | 0            | 0%                |
| c)            | 4-6          | 0            | 0%                |
| d)            | Otros        | 0            | 0%                |

Fuente: Elaboración Propia, 2019

**GRÁFICA 4**

**USO DE DUCHA**



Fuente: Elaboración Propia, 2019

De acuerdo al cuadro N° 10 y a la gráfica N° 4 la población de San Lorenzo dando un total del 100% usan de 1-2 veces la ducha al día.

❖ ¿Usted lava su ropa manualmente o en máquina?

**CUADRO 11**

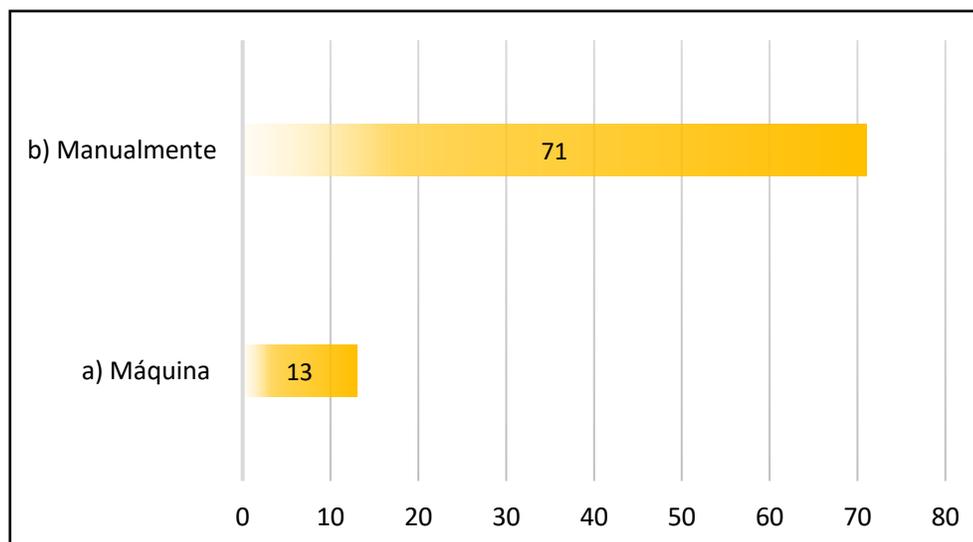
**LAVADO DE ROPA MÁQUINA O MANUAL**

| <b>Inciso</b> | <b>Rango</b> | <b>Total</b> | <b>Porcentaje</b> |
|---------------|--------------|--------------|-------------------|
| a)            | Manualmente  | 71           | 85%               |
| b)            | Máquina      | 13           | 15%               |

Fuente: Elaboración Propia, 2019

**GRÁFICA 5**

**LAVADO DE ROPA MÁQUINA O MANUAL**



Fuente: Elaboración Propia, 2019

Como se observa en el cuadro N° 11 y en la gráfica N° 5 que el 85% de la población de San Lorenzo lava su ropa manualmente y el 15% de la población lava en máquina.

❖ ¿Tiene plantas ornamentales en el interior?

**CUADRO 12**

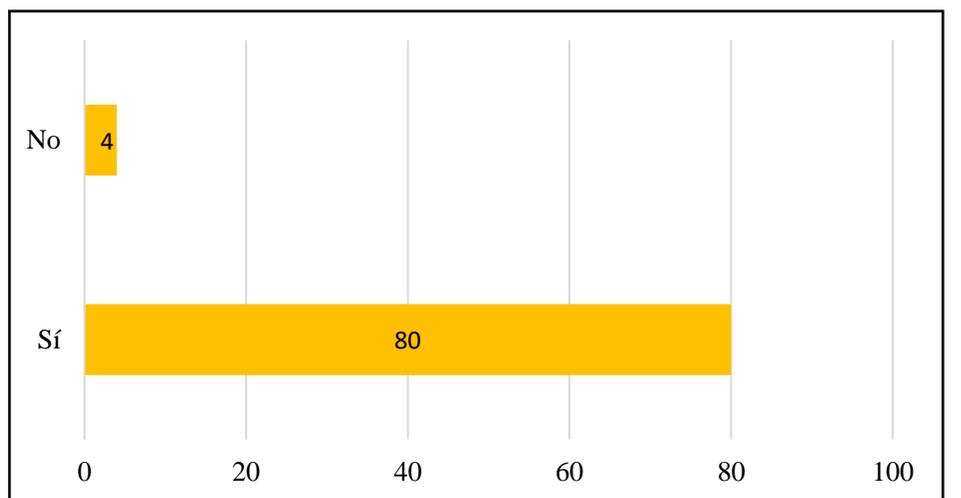
**TIENE PLANTAS ORNAMENTALES EN EL INTERIOR**

|                      | <b>Sí</b> | <b>No</b> | <b>Total</b> |
|----------------------|-----------|-----------|--------------|
| <b>Pregunta N° 7</b> | 80        | 4         | 84           |
| <b>Porcentaje</b>    | 95%       | 5%        | 100%         |

Fuente: Elaboración Propia, 2019

**GRÁFICA 6**

**TIENE PLANTAS ORNAMENTALES EN EL INTERIOR**



Fuente: Elaboración Propia, 2019

Como se observa en el cuadro N° 12 y en la gráfica N° 6 que el 95% de la población tienen plantas ornamentales en el interior y el 5% de la población no tiene.

❖ ¿Cuántas plantas ornamentales tiene?

**CUADRO 13**

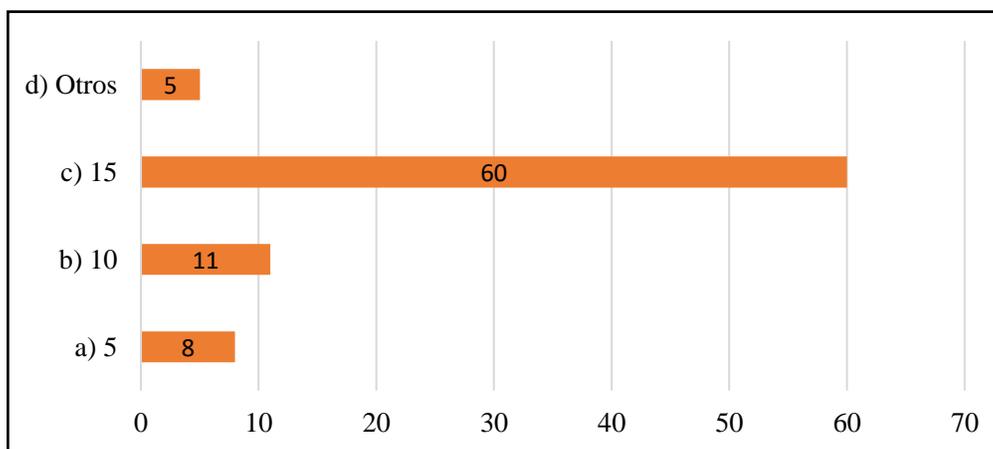
**NÚMERO DE PLANTAS ORNAMENTALES**

| <b>Inciso</b> | <b>Rango</b> | <b>Total</b> | <b>Porcentaje</b> |
|---------------|--------------|--------------|-------------------|
| a)            | 5            | 8            | 10%               |
| b)            | 10           | 11           | 13%               |
| c)            | 15           | 60           | 71%               |
| d)            | Otros        | 5            | 6%                |

Fuente: Elaboración Propia, 2019

**GRÁFICA 7**

**NÚMERO DE PLANTAS ORNAMENTALES**



Fuente: Elaboración Propia, 2019

Como se observa en el cuadro N° 13 y en la gráfica N° 7 la población de San Lorenzo, un 71% tiene 15 plantas ornamentales, un 13% tiene 10, un 10% tiene 5 y un 6% tiene mayor a 15 plantas ornamentales

❖ ¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?

**CUADRO 14**

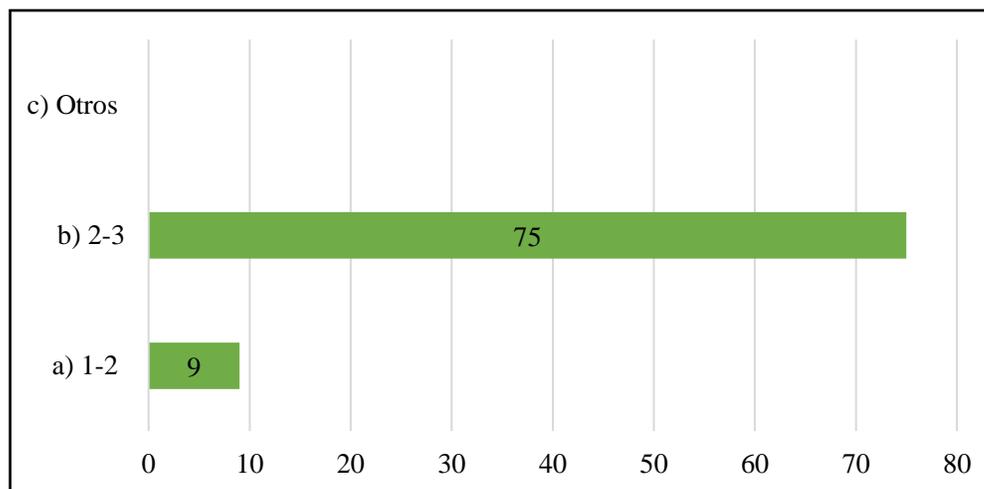
**REGADO DE PLANTAS**

| <b>Inciso</b> | <b>Rango</b> | <b>Total</b> | <b>Porcentaje</b> |
|---------------|--------------|--------------|-------------------|
| a)            | 1-2          | 75           | 89%               |
| b)            | 2-3          | 9            | 11%               |
| c)            | Otros        | 0            | 0                 |

Fuente: Elaboración Propia, 2019

**GRÁFICA 8**

**REGADO DE PLANTAS**



Fuente: Elaboración Propia, 2019

Como se observa en el cuadro N° 14 y en la gráfica N° 8 que la población de San Lorenzo un 89% riega sus plantas de 1-2 veces a la semana y un 11% riega 2 a 3 veces a la semana.

| <b>RESULTADOS DE ENCUESTA APLICADA A LOS BENEFICIADOS</b> |                   |                        |   |                              |
|---|-------------------|------------------------|---|------------------------------|
| <b>N° de preguntas</b>                                    | <b>Actividad</b>  | <b>N° de veces día</b> | <b>N° de miembros por familia Nivel Bolivia</b> | <b>Consumo l/día familia</b> |
| Pregunta 2  | Cocina            | 1                      |   | 20                           |
| Pregunta 3  | Inodoro           | 4                      | 5   | 140                          |
| Pregunta 4  | Ducha             | 2                      | 5   | 150                          |
| Pregunta 5  | Lavado de ropa    | 1                      |   | 150                          |
| Pregunta 8  | Regado de plantas | 15 plantas             |   | 90                           |
|   |                   | 2/semana               |   |                              |
| Total, Consumo de agua l/día/familia                      |                   |                        |   | 550                          |

Fuente: Elaboración Propia, 2019

\*En el uso la ducha se tomo en cuenta 15 litros de agua para bañarse, inodoro 7 litros por descarga; en el regado de plantas 3 litros de agua por cada una de ellas.

La demanda de consumo del agua potable en la ciudad de San Lorenzo según los datos obtenidos a través de una encuesta se obtuvo resultados que cada familia consume un

aproximado 550 l/día; por otro lado se tiene información secundaria recabada de la EPSA que en época de lluvia brinda 400 l/día para consumo a nivel familiar y en la época de estiaje es de 266 l/día, por lo tanto la oferta del agua que brinda la EPSA no es satisfactoria a la demanda de consumo que tiene las familias de San Lorenzo

### **3.3. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO**

Para la realización de los análisis en los diferentes puntos de muestreo se empleó el método de la contratación de los servicios del laboratorio CEANID (Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo), en el cual se solicitó los análisis de: parámetros de control básico (Color, Sólidos Disueltos Totales, Alcalinidad Total, Calcio, Cloruros, Dureza, Hierro, Magnesio, Manganeso, Sodio, Sulfatos) y se tomó en cuenta un parámetro de control mínimo (Coliformes Termoresistentes)

#### **3.3.1. Resultados de análisis físico-químico del agua de la presa Pajchani muestreados en los meses de agosto, septiembre y octubre en año 2019**

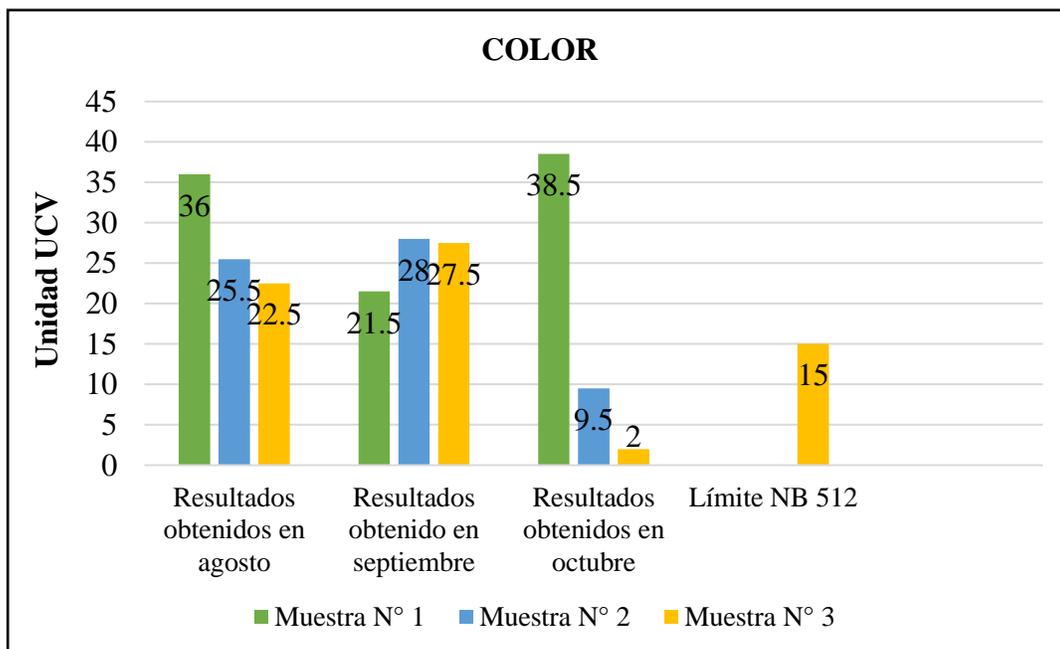
El muestreo del agua se realizó tomando una vez al mes, durante tres meses con el propósito de encontrar una diferencia en los resultados de los parámetros muestreados en diferentes puntos y diferente mes. Estas muestras fueron tomadas en la mañana y llevadas al laboratorio CEANID, donde se llevó a cabo el análisis físico-químico del agua, por lo que se muestra los resultados a través de cuadros y gráficas, donde se explicará el cumplimiento de la Norma Boliviana 512 en relación a los resultados obtenidos de los respectivos análisis. A continuación, se detalla cada uno de los parámetros del análisis físico químico.

**CUADRO 15**  
**RESULTADOS OBTENIDOS DEL COLOR**

| <b>Parámetro</b> | <b>Unidad</b> | <b>Método Utilizado</b> | <b>Resultados</b>                               | <b>Límite de NB 512</b> | <b>Cumplimiento NB 512</b> |           |
|------------------|---------------|-------------------------|---|-------------------------|----------------------------|-----------|
| Color            | UCV           |                         | Resultados obtenidos en agosto.                 | M <sub>1</sub> =36      | 15                         | No Cumple |
|                  |               |                         |   | M <sub>2</sub> =25,5    | 15                         | No Cumple |
|                  |               |                         |   | M <sub>3</sub> =22,5    | 15                         | No Cumple |
|                  |               |                         | Resultados obtenidos en septiembre.             | M <sub>1</sub> =21,5    | 15                         | No Cumple |
|                  |               |                         |   | M <sub>2</sub> =28      | 15                         | No Cumple |
|                  |               |                         |   | M <sub>3</sub> =27,5    | 15                         | No Cumple |
|                  |               |                         | Resultados obtenidos en octubre.                | M <sub>1</sub> =38,5    | 15                         | No Cumple |
|                  |               |                         |   | M <sub>2</sub> =9,5     | 15                         | Cumple    |
|                  |               |                         |   | M <sub>3</sub> =2       | 15                         | Cumple    |
| Color            | UCV           |                         | Resultados obtenidos en octubre de la quebrada. | M <sub>0</sub> <1       | 15                         | Cumple    |

Fuente: Elaboración Propia, 2019

**GRÁFICA 9**  
**RESULTADOS OBTENIDOS DE COLOR**



Fuente: Elaboración Propia, 2019

Como lo menciona el documento de PERTT 2008 sobre los estudios y ejecución de la presa Pajchani esta fue creada principalmente como fuente de riego para las comunidades de Pajchani y Tarija Cancha Norte y como impactos secundarios generar turismo en la región, con el tema de siembra de peces carpa. El color de las aguas está dado por diferentes factores como por ejemplo de: algas, fitoplancton, y sólidos suspendidos principalmente. La presa de Pajchani tiene una alta siembra de peces carpa por lo que la afluencia de pescadores es grande durante todo el año, y es así que este pez al ser detritívoro busca su alimento en el fondo de la presa revolviendo los sedimentos y aumentando el color natural de su agua de la presa.

Como podemos apreciar en el cuadro N° 15 y la gráfica N° 9 la mayor cantidad los parámetros que corresponden a la variable color sobrepasan el límite máximo

permisible de la NB 512, como se puede observar en la parte inferior en el cuadro N° 15 cuya muestra fue tomada aproximadamente 50 metros aguas arriba en el afluente principal que alimenta la presa, reflejó un valor menor a uno ( $<1$ ) muy por debajo del límite máximo permisible de la NB 512. Lo cual quiere decir que el problema que altera el parámetro color se da exclusivamente en la presa. Comparando datos del mes de octubre de la presa con la quebrada, se tiene de como resultado de la presa  $P1=22,5$   $P2=27,5$  y el  $P3=2$  y de la quebrada como muestra única  $M_0=<1$ , en conclusión, el resultado de la quebrada esta por muy debajo de los demás resultados y cumple con los límites máximos permisibles estipulados en la NB 512.

Como se mencionó en el marco teórico que la presencia de sedimentos re suspendidos del fondo, que estos son frecuentemente removidos por el pez carpa, en tonces probablemente las causas de la alteración del color se debe a la presencia del pez carpa en la presa.

La OMS dice que el agua de uso y consumo humano no debe tener ningún color visible, no se propone ningún valor de referencia basados en efectos sobre la salud para el color en el agua de uso y consumo humano.

## CUADRO 16

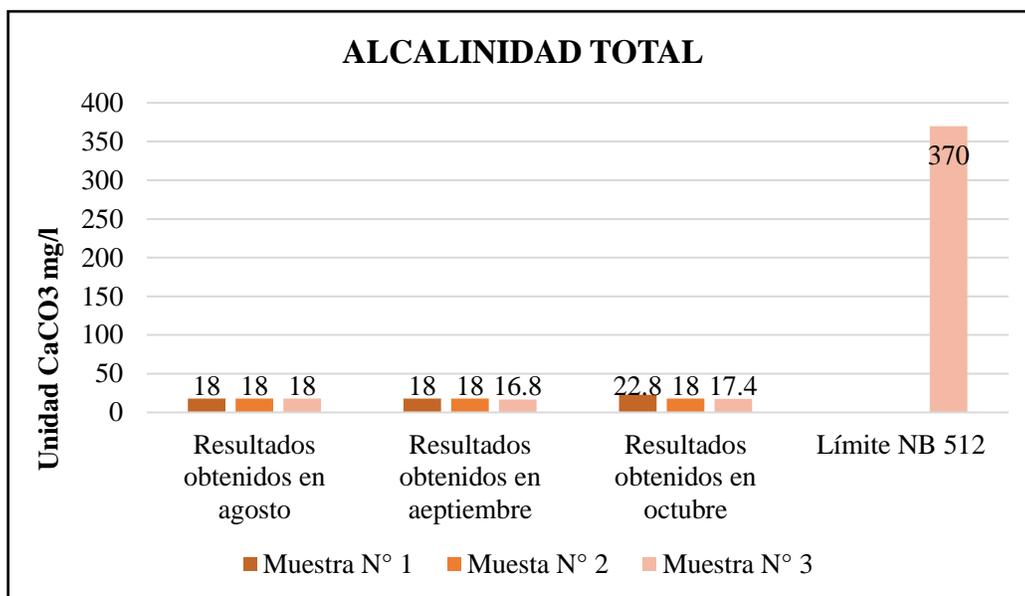
## RESULTADOS OBTENIDOS DE ALCALINIDAD TOTAL

| Parámetro         | Unidad                   | Método Utilizado | Resultados                          | Límite de NB 512     | Cumplimiento NB 512 |        |
|-------------------|--------------------------|------------------|-------------------------------------|----------------------|---------------------|--------|
| Alcalinidad Total | mg/l deCaCO <sub>3</sub> | Volumetría       | Resultados obtenidos en agosto.     | M <sub>1</sub> =18   | 370                 | Cumple |
|                   |                          |                  |                                     | M <sub>2</sub> =18   | 370                 | Cumple |
|                   |                          |                  |                                     | M <sub>3</sub> =18   | 370                 | Cumple |
|                   |                          |                  | Resultados obtenidos en septiembre. | M <sub>1</sub> =18   | 370                 | Cumple |
|                   |                          |                  |                                     | M <sub>2</sub> =18   | 370                 | Cumple |
|                   |                          |                  |                                     | M <sub>3</sub> =16,8 | 370                 | Cumple |
|                   |                          |                  | Resultados obtenidos en octubre.    | M <sub>1</sub> =22,8 | 370                 | Cumple |
|                   |                          |                  |                                     | M <sub>2</sub> =17,4 | 370                 | Cumple |
|                   |                          |                  |                                     | M <sub>3</sub> =2    | 370                 | Cumple |

Fuente: Elaboración Propia,2019

### GRÁFICA 10

#### RESULTADOS OBTENIDOS DE ALCALINIDAD TOTAL



Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede apreciar en el cuadro N°16 y la gráfica N° 10 el parámetro de alcalinidad total cumple con los límites máximos permisibles estipulados en la NB 512 es de 370 mg/l, en todos los puntos de muestreo es decir en los nueve resultados están por debajo de lo estipulado.

### CUADRO 17

#### RESULTADOS OBTENIDOS DE pH

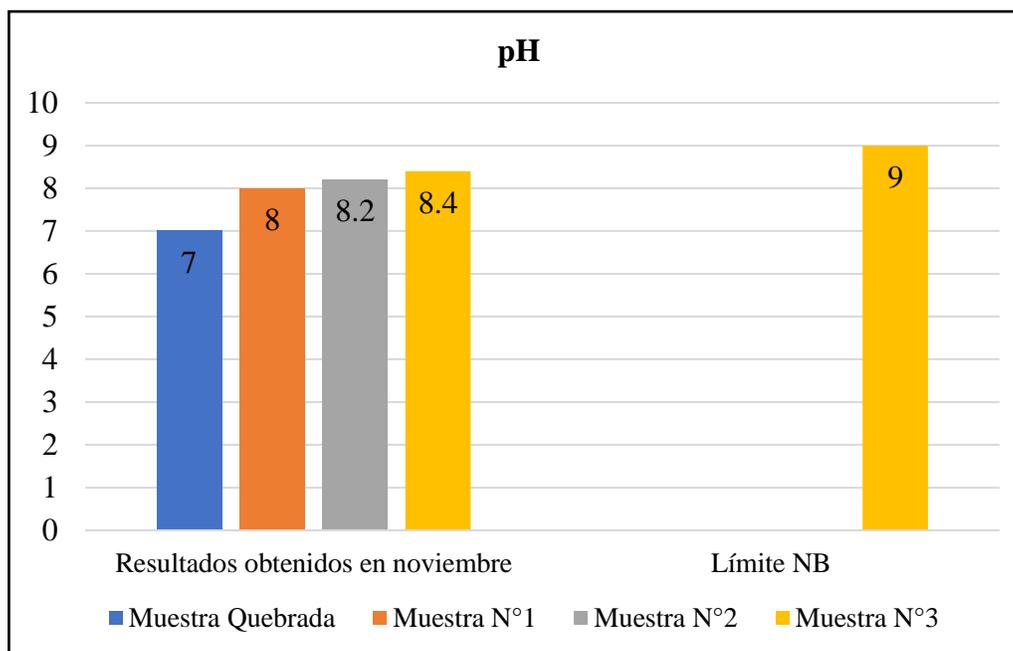
| Parámetro                 | Resultados | Límite de NB 512 | Cumplimiento NB 512 |
|---------------------------|------------|------------------|---------------------|
| Resultados de la quebrada | 7          | 6,5-9            | Cumple              |

|    |              |     |       |        |
|----|--------------|-----|-------|--------|
| pH | Resultado P1 | 8,6 | 6,5-9 | Cumple |
|    | Resultado P2 | 8,2 | 6,5-9 | Cumple |
|    | Resultado P3 | 8,4 | 6,5-9 | Cumple |

Fuente: Elaboración Propia, 2019

### GRÁFICA 11

#### RESULTADOS OBTENIDOS DE pH



Fuente: Elaboración Propia, 2019

Como se puede observar en el cuadro N° 17 y en la gráfica N° 11 donde se midió pH con un pH-metro, para saber la acidez o alcalinidad de estas aguas, como se puede observar en función de pH si estamos dentro de la NB 512 por lo tanto cumple con los límites máximos permisibles.

Según la OMS no se propone ningún valor de referencia basado en la salud para el pH, aunque el pH no suele afectar directamente a los consumidores, es uno de los parámetros opcionales más importantes en la calidad del agua.

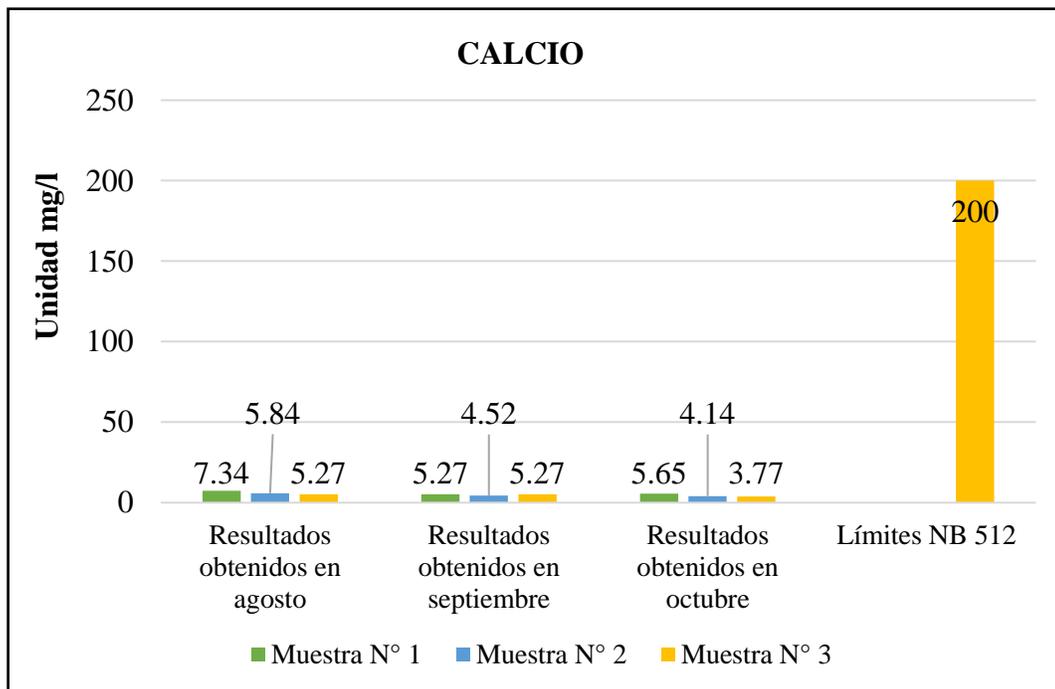
### CUADRO 18

#### RESULTADOS OBTENIDOS DE CALCIO

| Parámetro | Unidad | Método Utilizado | Resultados                          | Límite de NB 512     | Cumplimiento NB 512 |        |
|-----------|--------|------------------|-------------------------------------|----------------------|---------------------|--------|
| Calcio    | mg/l   | Volumetría       | Resultados obtenidos en agosto.     | M <sub>1</sub> =7,34 | 200                 | Cumple |
|           |        |                  |                                     | M <sub>2</sub> =5,84 | 200                 | Cumple |
|           |        |                  |                                     | M <sub>3</sub> =5,27 | 200                 | Cumple |
|           |        |                  | Resultados obtenidos en septiembre. | M <sub>1</sub> =5,27 | 200                 | Cumple |
|           |        |                  |                                     | M <sub>2</sub> =4,52 | 200                 | Cumple |
|           |        |                  |                                     | M <sub>3</sub> =5,27 | 200                 | Cumple |
|           |        |                  | Resultados obtenidos en octubre.    | M <sub>1</sub> =5,65 | 200                 | Cumple |
|           |        |                  |                                     | M <sub>2</sub> =4,14 | 200                 | Cumple |
|           |        |                  |                                     | M <sub>3</sub> =3,77 | 200                 | Cumple |

Fuente: Elaboración Propia, 2019

**GRÁFICA 12**  
**RESULTADOS OBTENIDOS DE CALCIO**



Fuente: Elaboración Propia, 2019

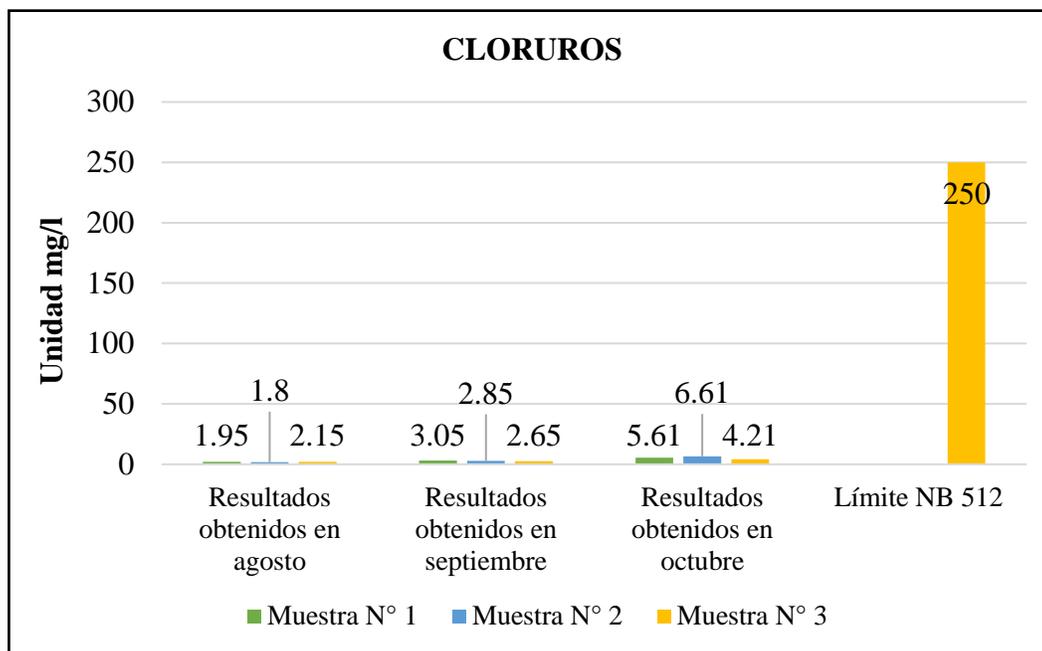
De acuerdo a los resultados obtenidos del laboratorio CEANID en el cuadro N° 18 y a la gráfica N° 12 el parámetro calcio cumple con los límites máximos permisibles estipulados en la NB es de 200 mg/l y en los resultados obtenidos en el laboratorio el mayor valor es de 7,34 mg/l.

**CUADRO 19**  
**RESULTADOS OBTENIDOS DE CLORUROS**

| <b>Parámetro</b> | <b>Unidad</b> | <b>Método Utilizado</b> | <b>Resultados</b>                   | <b>Límite de NB 512</b> | <b>Cumplimiento NB 512</b> |        |
|------------------|---------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------|----------------------------|--------|
| Cloruros         | mg/l          | Volumetría              | Resultados obtenidos en agosto.     | M <sub>1</sub> =1,95    | 250                        | Cumple |
|                  |               |                         |                                     | M <sub>2</sub> =1,80    | 250                        | Cumple |
|                  |               |                         |                                     | M <sub>3</sub> =2,15    | 250                        | Cumple |
|                  |               |                         | Resultados obtenidos en septiembre. | M <sub>1</sub> =3,05    | 250                        | Cumple |
|                  |               |                         |                                     | M <sub>2</sub> =2,85    | 250                        | Cumple |
|                  |               |                         |                                     | M <sub>3</sub> =2,65    | 250                        | Cumple |
|                  |               |                         | Resultados obtenidos en octubre.    | M <sub>1</sub> =5,65    | 250                        | Cumple |
|                  |               |                         |                                     | M <sub>2</sub> =6,61    | 250                        | Cumple |
|                  |               |                         |                                     | M <sub>3</sub> =4,21    | 250                        | Cumple |

Fuente: Elaboración Propia, 2019

**GRÁFICA 13**  
**RESULTADOS OBTENIDOS DE CLORUROS**



Fuente: Elaboración Propia, 2019

En el cuadro N° 19 y en la gráfica N° 13 se puede observar que los resultados obtenidos del laboratorio CEANID del parámetro de cloruros de las muestras tomadas, cumple con lo estipulado en la NB 512, ya que en la normativa el límite máximo permisible es de 250mg/l.

Según la OMS no se propone ningún valor de referencia basado en los efectos sobre la salud en el agua de consumo humano, no obstante, las concentraciones de cloruro que excedan de los 250mg/l pueden conferir al agua en su sabor perceptible.

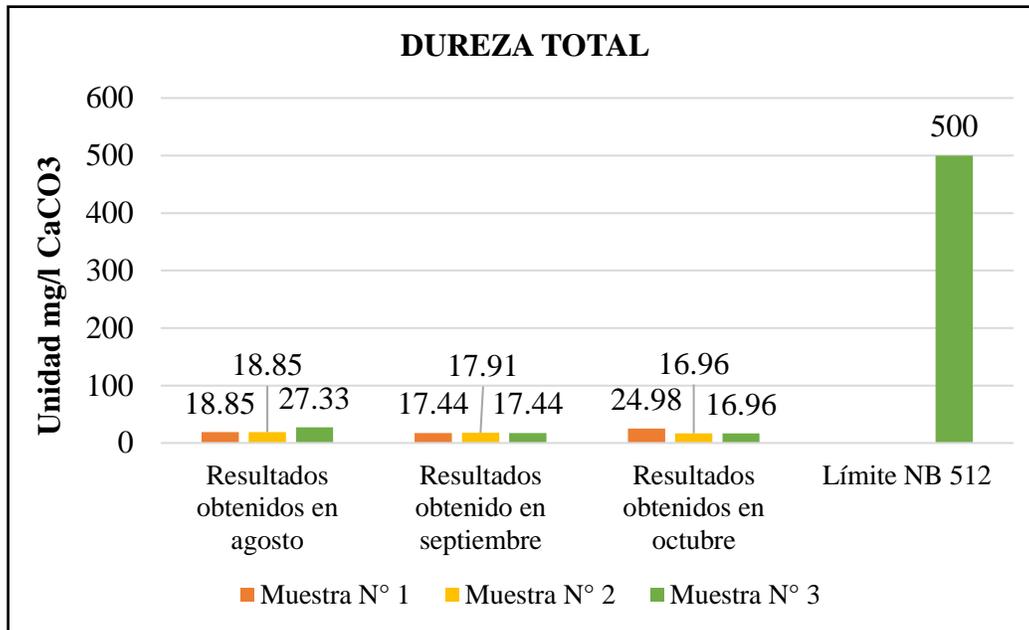
**CUADRO 20****RESULTADOS OBTENIDOS DE DUREZA TOTAL**

| <b>Parámetro</b> | <b>Unidad</b>             | <b>Método Utilizado</b> | <b>Resultados</b>                   | <b>Límite de NB 12</b> | <b>Cumplimiento NB 512</b> |        |
|------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------------------|------------------------|----------------------------|--------|
| Dureza Total     | mg/l de CaCO <sub>3</sub> | Volumetría              | Resultados obtenidos en agosto.     | M <sub>1</sub> =18,85  | 500                        | Cumple |
|                  |                           |                         |                                     | M <sub>2</sub> =18,85  | 500                        | Cumple |
|                  |                           |                         |                                     | M <sub>3</sub> =27,33  | 500                        | Cumple |
|                  |                           |                         | Resultados obtenidos en septiembre. | M <sub>1</sub> =17,44  | 500                        | Cumple |
|                  |                           |                         |                                     | M <sub>2</sub> =17,91  | 500                        | Cumple |
|                  |                           |                         |                                     | M <sub>3</sub> =17,44  | 500                        | Cumple |
|                  |                           |                         | Resultados obtenidos en octubre.    | M <sub>1</sub> =24,98  | 500                        | Cumple |
|                  |                           |                         |                                     | M <sub>2</sub> =16,96  | 500                        | Cumple |
|                  |                           |                         |                                     | M <sub>3</sub> =16,96  | 500                        | Cumple |

Fuente: Elaboración Propia, 2019

## GRÁFICA 14

### RESULTADOS OBTENIDOS DE DUREZA TOTAL



Fuente: Elaboración Propia, 2019

La dureza del agua se debe al contenido de calcio y, en menor medida, de magnesio disueltos. Suele expresarse como cantidad equivalente de carbonato cálcico. No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la dureza. (OMS 2006)

Según los resultados obtenidos en el laboratorio, como se puede observar en el cuadro N° 20 y en la gráfica N° 14 la dureza total del agua de la presa cumple con los límites máximos permisibles estipulados en la NB 512 es de 500 mg/l CaCO<sub>3</sub>

## CUADRO 21

## RESULTADOS OBTENIDOS DE HIERRO DISUELTO

Fuente: Elaboración Propia, 2019

| Parámetro       | Unidad | Método Utilizado                    | Resultados                          | Límite de NB 512     | Cumplimiento NB 512 |        |
|-----------------|--------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|---------------------|--------|
| Hierro Disuelto | mg/l   | Espectrometría de Absorción Atómica | Resultados obtenidos en agosto.     | M <sub>1</sub> =0,01 | 0,3                 | Cumple |
|                 |        |                                     |                                     | M <sub>2</sub> =0,01 | 0,3                 | Cumple |
|                 |        |                                     |                                     | M <sub>3</sub> =0,01 | 0,3                 | Cumple |
|                 |        |                                     | Resultados obtenidos en septiembre. | M <sub>1</sub> =0,01 | 0,3                 | Cumple |
|                 |        |                                     |                                     | M <sub>2</sub> =0,01 | 0,3                 | Cumple |
|                 |        |                                     |                                     | M <sub>3</sub> =0,01 | 0,3                 | Cumple |
|                 |        | Resultados obtenidos en octubre.    | M <sub>1</sub> =0,53                | 0,3                  | No Cumple           |        |
|                 |        |                                     | M <sub>2</sub> =0,01                | 0,3                  | Cumple              |        |
|                 |        |                                     | M <sub>3</sub> =0,01                | 0,3                  | Cumple              |        |

## CUADRO 22

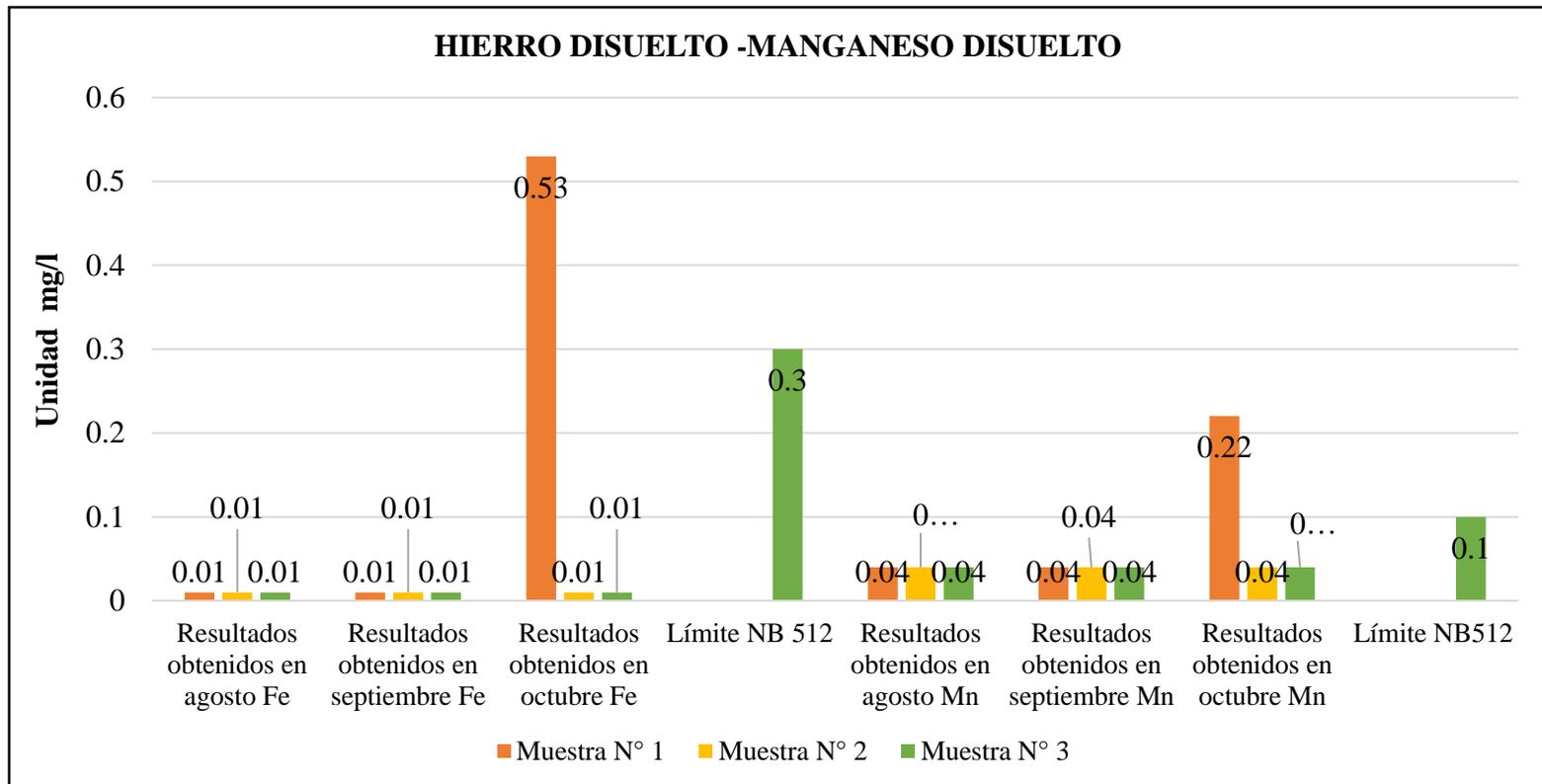
## RESULTADOS OBTENIDOS DE MANGANESO DISUELTO

Fuente: Elaboración Propia, 2019

| Parámetro          | Unidad | Método Utilizado                    | Resultados                          | Límite de NB 512     | Cumplimiento NB 512 |           |
|--------------------|--------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|---------------------|-----------|
| Manganeso Disuelto | mg/l   | Espectrometría de Absorción Atómica | Resultados obtenidos en agosto.     | M <sub>1</sub> =0,04 | 0,1                 | Cumple    |
|                    |        |                                     |                                     | M <sub>2</sub> =0,04 | 0,1                 | Cumple    |
|                    |        |                                     |                                     | M <sub>3</sub> =0,04 | 0,1                 | Cumple    |
|                    |        |                                     | Resultados obtenidos en septiembre. | M <sub>1</sub> =0,04 | 0,1                 | Cumple    |
|                    |        |                                     |                                     | M <sub>2</sub> =0,04 | 0,1                 | Cumple    |
|                    |        |                                     |                                     | M <sub>3</sub> =0,04 | 0,1                 | Cumple    |
|                    |        |                                     | Resultados obtenidos en octubre.    | M <sub>1</sub> =0,22 | 0,1                 | No Cumple |
|                    |        |                                     |                                     | M <sub>2</sub> =0,04 | 0,1                 | Cumple    |
|                    |        |                                     |                                     | M <sub>3</sub> =0,04 | 0,1                 | Cumple    |

**GRÁFICA 15**

**RESULTADOS OBTENIDOS DE HIERRO DISUELTO -MANGANESO DISUELTO**



Fuente: Elaboración Propia, 2019

Como se puede observar en los cuadros N° 21 y N° 22 como así mismo en la gráfica N° 15 los parámetros de manganeso y de hierro, del total de las muestras tomadas para el hierro y para el manganeso que serían 18 resultados obtenidos solo uno de cada parámetro, están por encima de los límites máximos permisibles, cabe recalcar que estos resultados sobrepasaron en la tercera muestra obtenida en el mes de octubre en el P1, es decir en el extremo oeste de la presa. Dado que los puntos dos y tres contienen baja cantidad de manganeso y hierro, entonces son los dos puntos más adecuados para hacer la posible aducción del canal respecto de potabilización.

Una de las posibles causas que pudo ocasionar la elevación de los resultados de hierro y manganeso puede ser porque alguna persona que va a pescar arrojó un metal y se quedó ahí, y de esta manera probablemente ocasionó la alteración en los resultados.

### CUADRO 23

#### RESULTADOS OBTENIDOS DE MAGNESIO

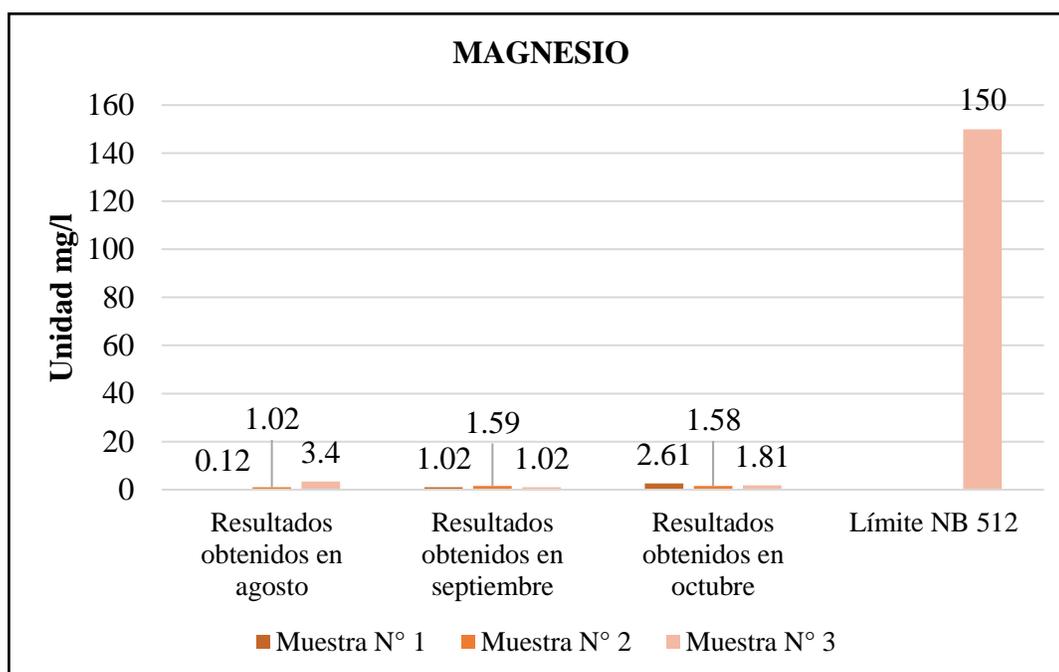
| Parámetro | Unidad | Método Utilizado | Resultados                          | Límite de NB 12      | Cumplimiento NB 512 |        |
|-----------|--------|------------------|-------------------------------------|----------------------|---------------------|--------|
| Magnesio  | mg/l   | Cálculo          | Resultados obtenidos en agosto.     | M <sub>1</sub> =0,12 | 150                 | Cumple |
|           |        |                  |                                     | M <sub>2</sub> =1,02 | 150                 | Cumple |
|           |        |                  |                                     | M <sub>3</sub> =3,40 | 150                 | Cumple |
|           |        |                  | Resultados obtenidos en septiembre. | M <sub>1</sub> =1,02 | 150                 | Cumple |
|           |        |                  |                                     | M <sub>2</sub> =1,59 | 150                 | Cumple |
|           |        |                  |                                     | M <sub>3</sub> =1,02 | 150                 | Cumple |

|  |  |  |                                  |                      |     |        |
|--|--|--|----------------------------------|----------------------|-----|--------|
|  |  |  | Resultados obtenidos en octubre. | M <sub>1</sub> =2,61 | 150 | Cumple |
|  |  |  |                                  | M <sub>2</sub> =1,58 | 150 | Cumple |
|  |  |  |                                  | M <sub>3</sub> =1,81 | 150 | Cumple |

Fuente: Elaboración Propia, 2019

### GRÁFICA 16

#### RESULTADOS OBTENIDOS DE MAGNESIO



Fuente: Elaboración Propia, 2019

Como se observa el cuadro N° 23 y la gráfica N° 16 los resultados obtenidos del laboratorio de CEANID del parámetro de magnesio en el agua, en las tres muestras tomadas con un total de nueve resultados cumplen con lo con los límites máximos permisibles estipulados en la NB 512 es de 150 mg/l.

## CUADRO 24

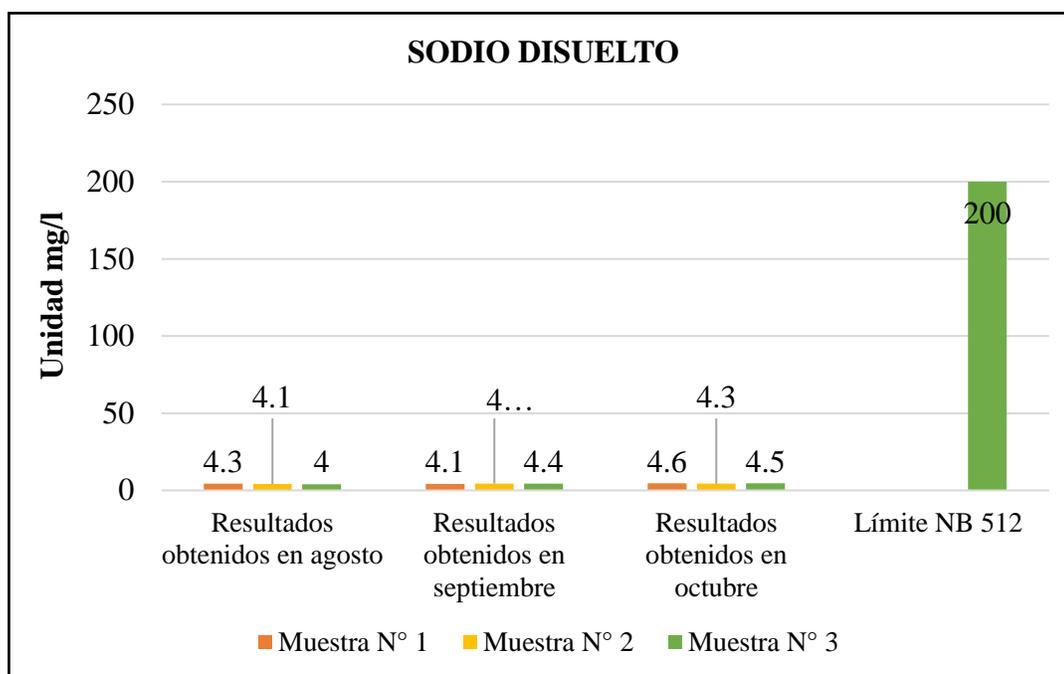
## RESULTADOS OBTENIDOS DE SODIO DISUELTO

Fuente: Elaboración Propia, 2019

| Parámetro      | Unidad | Método Utilizado                    | Resultados                          | Límite de NB 512    | Cumplimiento NB 512 |        |
|----------------|--------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------|--------|
| Sodio Disuelto | mg/l   | Espectrometría de Absorción Atómica | Resultados obtenidos en agosto.     | M <sub>1</sub> =4   | 200                 | Cumple |
|                |        |                                     |                                     | M <sub>2</sub> =4,1 | 200                 | Cumple |
|                |        |                                     |                                     | M <sub>3</sub> =4   | 200                 | Cumple |
|                |        |                                     | Resultados obtenidos en septiembre. | M <sub>1</sub> =4,1 | 200                 | Cumple |
|                |        |                                     |                                     | M <sub>2</sub> =4,4 | 200                 | Cumple |
|                |        |                                     |                                     | M <sub>3</sub> =4,4 | 200                 | Cumple |
|                |        |                                     | Resultados obtenidos en octubre.    | M <sub>1</sub> =4,6 | 200                 | Cumple |
|                |        |                                     |                                     | M <sub>2</sub> =4,3 | 200                 | Cumple |
|                |        |                                     |                                     | M <sub>3</sub> =4,5 | 200                 | Cumple |

## GRÁFICA 17

### RESULTADOS OBTENIDOS DE SODIO DISUELTO



Fuente: Elaboración Propia, 2019

Los resultados que se muestra en el cuadro N° 24 y en la gráfica N° 17 el parámetro de sodio cumple con los límites máximos permisibles estipulados, en todas las muestras obtenidas, del mes de agosto, septiembre y octubre, haciendo comparación con la NB 512 tiene como valor límite de 200 mg/l.

Según la Organización Mundial de Salud, indica que no se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud. No obstante, si las concentraciones rebasan los 200 mg/l, el agua podría tener un gusto inaceptable.

CUADRO 25

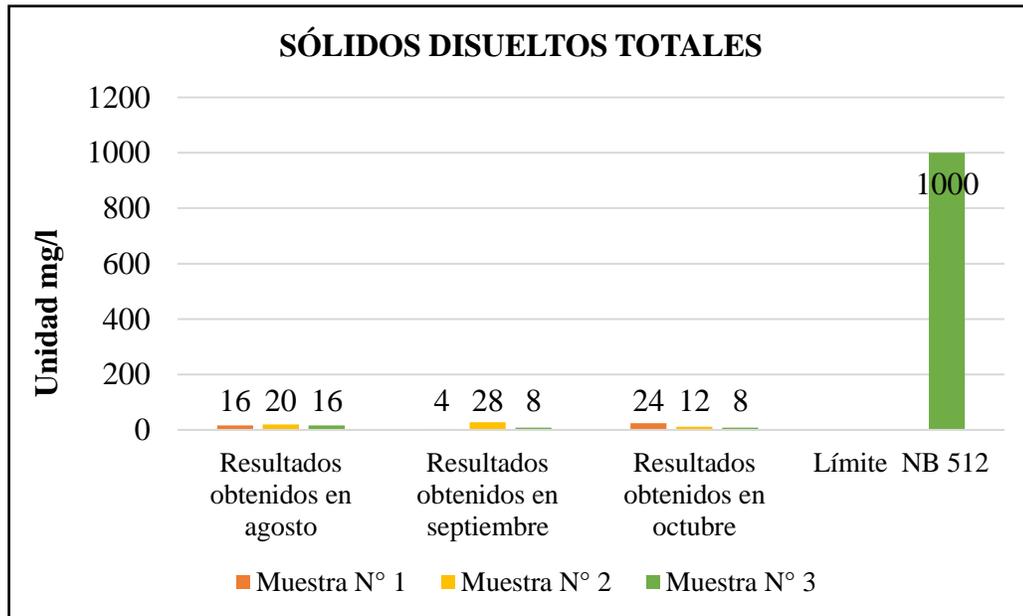
## RESULTADOS OBTENIDOS DE SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES

| Parámetro                 | Unidad | Método Utilizado | Resultados                          | Límite de NB 12    | Cumplimiento NB 512 |        |
|---------------------------|--------|------------------|-------------------------------------|--------------------|---------------------|--------|
| Sólidos Disueltos Totales | mg/l   | Gravimetría      | Resultados obtenidos en agosto.     | M <sub>1</sub> =16 | 1000                | Cumple |
|                           |        |                  |                                     | M <sub>2</sub> =20 | 1000                | Cumple |
|                           |        |                  |                                     | M <sub>3</sub> =16 | 1000                | Cumple |
|                           |        |                  | Resultados obtenidos en septiembre. | M <sub>1</sub> =4  | 1000                | Cumple |
|                           |        |                  |                                     | M <sub>2</sub> =28 | 1000                | Cumple |
|                           |        |                  |                                     | M <sub>3</sub> =8  | 1000                | Cumple |
|                           |        |                  | Resultados obtenidos en octubre.    | M <sub>1</sub> =24 | 1000                | Cumple |
|                           |        |                  |                                     | M <sub>2</sub> =12 | 1000                | Cumple |
|                           |        |                  |                                     | M <sub>3</sub> =8  | 1000                | Cumple |

Fuente: Elaboración Propia, 2019

## GRÁFICA 18

### RESULTADOS OBTENIDOS DE SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES



Fuente: Elaboración Propia, 2019

Como se puede observar en el cuadro N° 25 y en la gráfica N° 18 los resultados obtenidos del laboratorio CEANID para el parámetro de sólidos totales disueltos en las tres muestras realizadas, tanto en el P1, P2 y P3 cumple con los límites máximos permisibles estipulados en la NB 512 es de 1000 mg/l.

## CUADRO 26

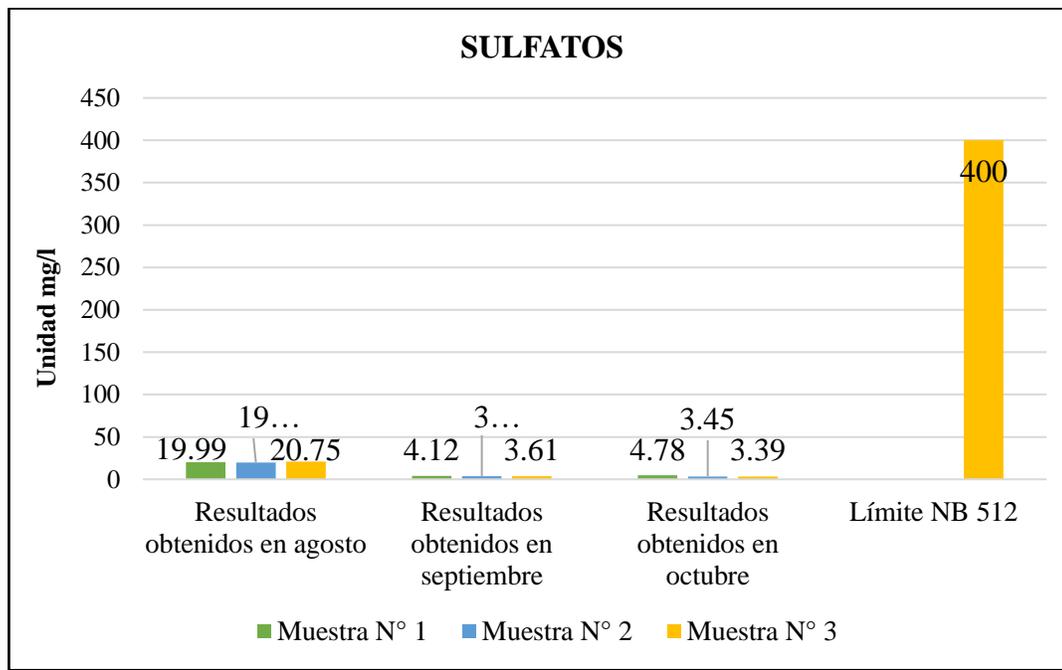
## RESULTADOS OBTENIDOS DE SULFATOS

| Parámetro | Unidad | Método Utilizado | Resultados                          | Límite de NB 512      | Cumplimiento NB 512 |        |
|-----------|--------|------------------|-------------------------------------|-----------------------|---------------------|--------|
| Sulfatos  | mg/l   | Nefelometría     | Resultados obtenidos en agosto.     | M <sub>1</sub> =19.99 | 400                 | Cumple |
|           |        |                  |                                     | M <sub>2</sub> =19.85 | 400                 | Cumple |
|           |        |                  |                                     | M <sub>3</sub> =20.75 | 400                 | Cumple |
|           |        |                  | Resultados obtenidos en septiembre. | M <sub>1</sub> =4.12  | 400                 | Cumple |
|           |        |                  |                                     | M <sub>2</sub> =3.73  | 400                 | Cumple |
|           |        |                  |                                     | M <sub>3</sub> =3.61  | 400                 | Cumple |
|           |        |                  | Resultados obtenidos en octubre.    | M <sub>1</sub> =4.78  | 400                 | Cumple |
|           |        |                  |                                     | M <sub>2</sub> =3.45  | 400                 | Cumple |
|           |        |                  |                                     | M <sub>3</sub> =3.39  | 400                 | Cumple |

Fuente: Elaboración Propia, 2019

## GRÁFICA 19

## RESULTADOS OBTENIDOS DE SULFATOS



Fuente: Elaboración Propia, 2019

Como se puede observar en el cuadro N° 25 como así mismo en la gráfica N° 19, los resultados obtenidos del laboratorio, para el parámetro de sulfatos muestra que cumple con los límites máximos permisibles estipulados en la NB 512 es de 400mg/l. La presencia de sulfato en el agua de uso y consumo humano puede generar un sabor perceptible en niveles muy altos podría provocar un efecto laxante en consumidores no habituados.

### 3.3.2. Resultados de análisis microbiológico del agua de la presa PajchanI muestreados en los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2019

De igual manera este muestreo para el parámetro de coliformes termoresistentes realizó tomando una muestra una vez al mes, durante tres meses con el propósito de encontrar una diferencia en los resultados de los parámetros muestreados en diferentes puntos y diferente mes. Estas muestras fueron tomadas en la mañana y llevadas al laboratorio

CEANID para su respectivo análisis, los resultados se pueden observar a continuación en el cuadro N° 27 y en la gráfica N° 20

### CUADRO 27

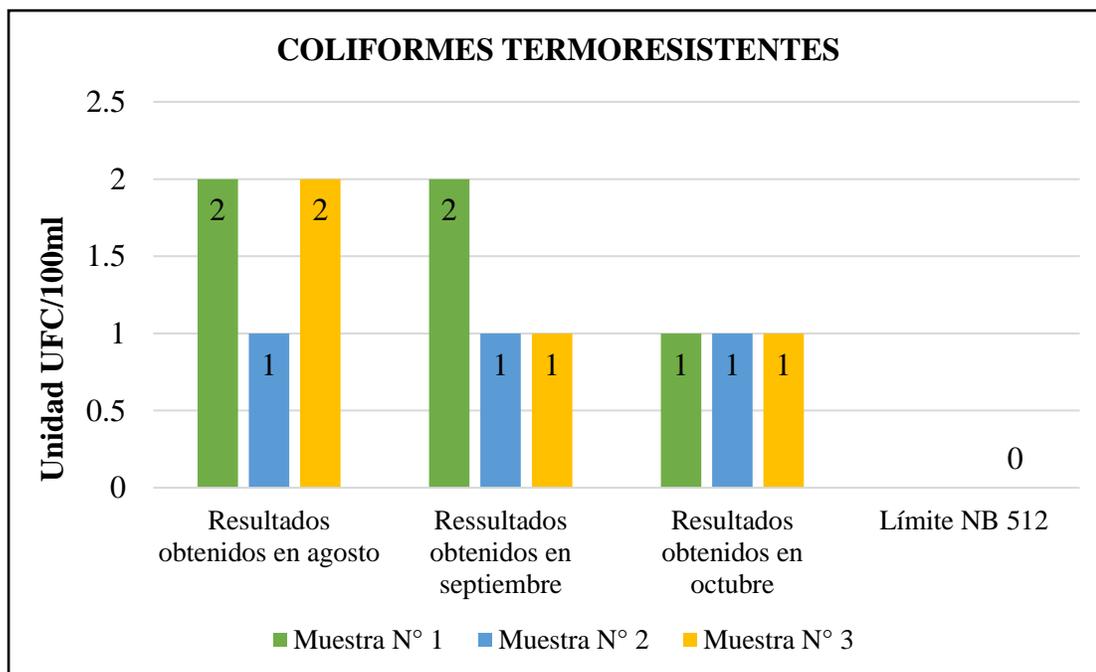
#### RESULTADOS OBTENIDOS DE COLIFORMES TERMORESISTENTES

Fuente: Elaboración Propia, 2019

| Parámetro                   | Unidad    | Método Utilizado   | Resultados                          | Límite de NB 512  | Cumplimiento NB 512 |           |
|-----------------------------|-----------|--------------------|-------------------------------------|-------------------|---------------------|-----------|
| Coliformes Termoresistentes | UFL/100ml | Membrana Filtrante | Resultados obtenidos en agosto.     | M <sub>1</sub> =2 | 0                   | No Cumple |
|                             |           |                    |                                     | M <sub>2</sub> <1 | 0                   | No Cumple |
|                             |           |                    |                                     | M <sub>3</sub> =2 | 0                   | No Cumple |
|                             |           |                    | Resultados obtenidos en septiembre. | M <sub>1</sub> =2 | 0                   | No Cumple |
|                             |           |                    |                                     | M <sub>2</sub> <1 | 0                   | No Cumple |
|                             |           |                    |                                     | M <sub>3</sub> <1 | 0                   | No Cumple |
|                             |           |                    | Resultados obtenidos en octubre.    | M <sub>1</sub> <1 | 0                   | No Cumple |
|                             |           |                    |                                     | M <sub>2</sub> <1 | 0                   | No Cumple |
|                             |           |                    |                                     | M <sub>3</sub> <1 | 0                   | No Cumple |

## GRÁFICA 20

## RESULTADOS OBTENIDOS DE COLIFORMES TERMORESISTENTES



Fuente: Elaboración Propia, 2019

\* Se tomo en cuenta en esta gráfica al número 1 como número relativo al <1

Los análisis realizados por el laboratorio CEANID, muestran que en los 3 puntos de muestreo en el mes de agosto, septiembre y octubre excede el valor máximo aceptable establecido por la NB512, por ende, indica contaminación del agua por Coliformes termoresistentes, según la OMS los Coliformes Fecales (Termoresistentes), son aquellos coliformes que resisten temperaturas hasta de 52°C, se trata de organismos anaerobios espurulados, normalmente presentes en las heces.

El consumo de agua y alimentos contaminados por materia fecal tiene un alto impacto en la salud de la población vulnerable (Niños y adultos mayores) debido a las enfermedades diarreicas como se menciona en el marco teórico.

Comparando datos con un trabajo realizado en México titulado Análisis de calidad del agua en la comunidad de San Pedro Valencia, respecto al parámetro de coliformes totales, en la presa “El Hurtado” se encontró alrededor de 1000 UFC/100 ml en aguas que son consumidas por pobladores, según el autor menciona que se debe al mal manejo de descargas residuales a estos embalses. Los resultados de las muestras obtenidas de la presa “Pajchani” arrojó un valor de 2 UFC/100 ml y <1 UFC/100 ml como resultados en los distintos puntos de muestreo. Y comparando con la NB 512 el parámetro de coliformes termoresistentes es igual 0UFC/100ml por lo tanto no cumple con los límites máximos permisibles.

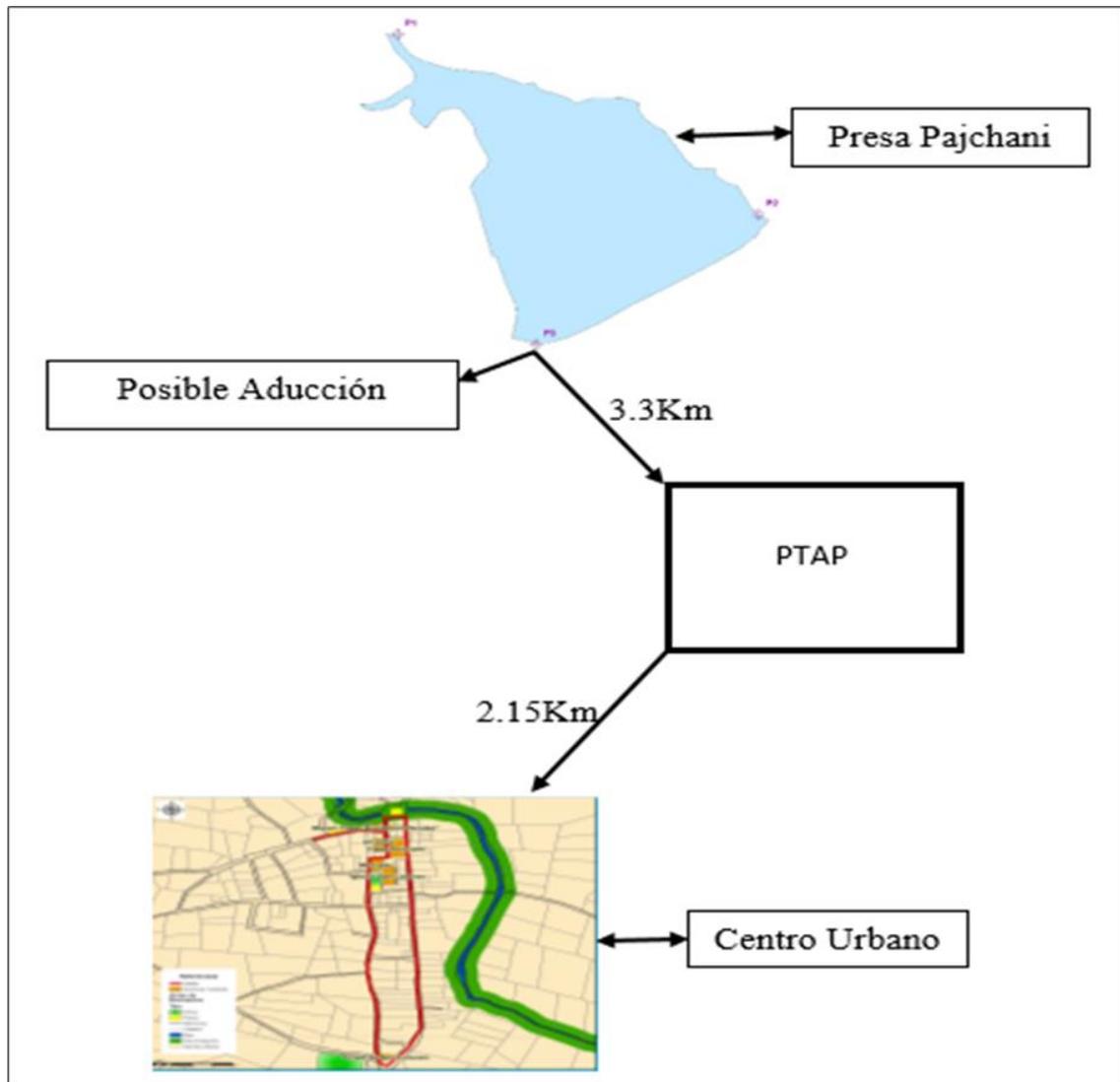
Probablemente las causas de la variación de los resultados en los distintos meses, puntos de muestreo y la existencia de coliformes termoresistentes se debe a la presencia de ganado en la presa, ya no existe un cerramiento perimetral seguro.

#### **3.4. PROPUESTA DE UNA ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO PROVENIENTE DE LA PRESA DE PAJCHANI**

La planta de tratamiento de agua potable que está en actual construcción se encuentra ubicada en la comunidad de Tarija Cancha Norte entre las coordenadas geográficas 21°24'9.95" S y 64°45'46.74" O a 2.15 Km de la ciudad de San Lorenzo.

Como en los puntos P2 y P3 los parámetros de hierro y manganeso cumplen con los límites máximos permisibles estipulados en la NB 512, en tonces estos dos lados podrían se opciones de trabajo de aducción donde se propone el P3 debido a que esa rivera de la presa de Pajchani conducirá su canal respectivo directamente a la nueva planta de tratamiento que está en la actual construcción en la comunidad de Tarija Norte. (Ver figura 1)

**FIGURA 1**  
**DISTANCIA ENTRE LA PRESA Y LA PTAP**



Fuente: Elaboración Propia, 2019

### **Propuesta N° 1**

Color:

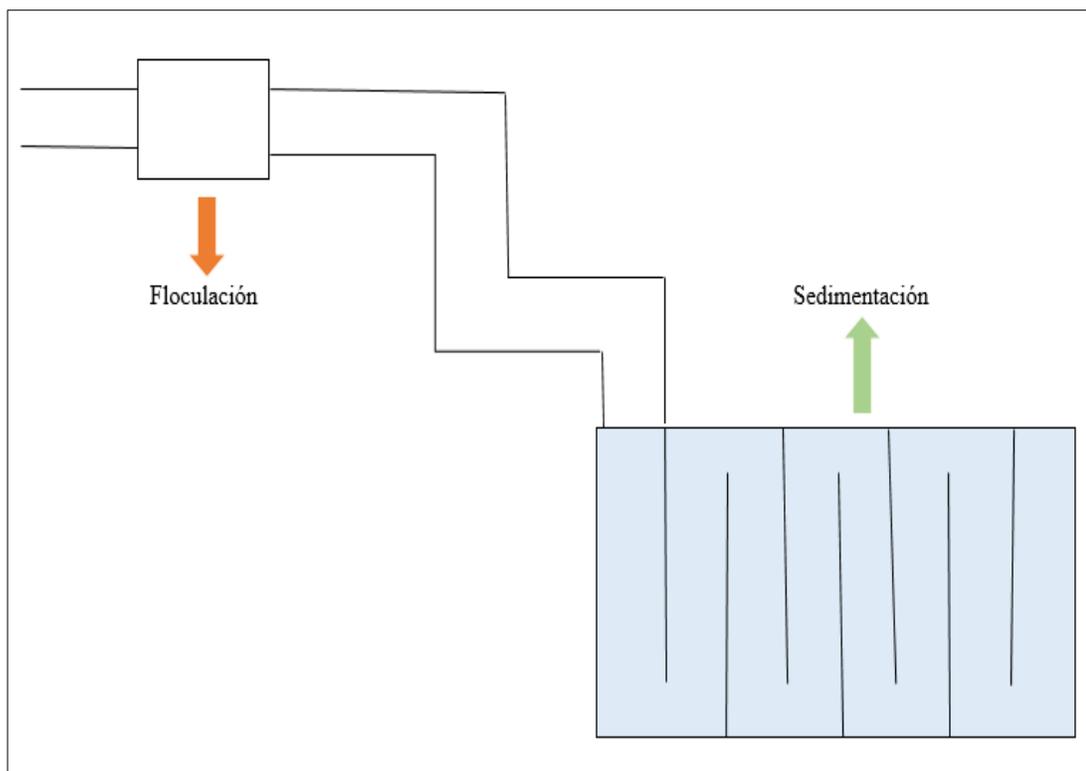
En lo referente parámetro color y como lo conceptualiza el marco teórico esto es debido a la presencia algas, fitoplancton y sólidos en suspensión. Con unas muestras tomadas de la presa Pajchani se observó en microscopio del laboratorio de fitopatología baja presencia de fitoplancton.

Como referencia de presencia de algas y fitoplancton y como lo describimos en el marco teórico al tener estas aguas en bajas en cantidad de materia orgánica se hace lógico su baja presencia en las aguas de la presa de Pajchani

Como acciones para bajar el parámetro de color se propone que en la nueva planta de tratamiento este dotado de un sedimentador que funcione en el régimen de stock para así tener un caudal de agua de tipo lentic y que disponga de floculantes para precipitar y eliminar los sólidos en suspensión, incluyendo otras materias orgánicas. (Ver figura 2)

Como otra acción sería la aplicación de sulfato cúprico para bajar el parámetro color, pero se tendría que hacer un monitoreo continuo, y de manera controlada porque existe vida acuática como por ejemplo: pez carpa, esto serviría para controlar el fitoplancton.

**FIGURA 2**  
**PROCESO DE SEDIMENTACIÓN**



Fuente: Elaboración Propia, 2019

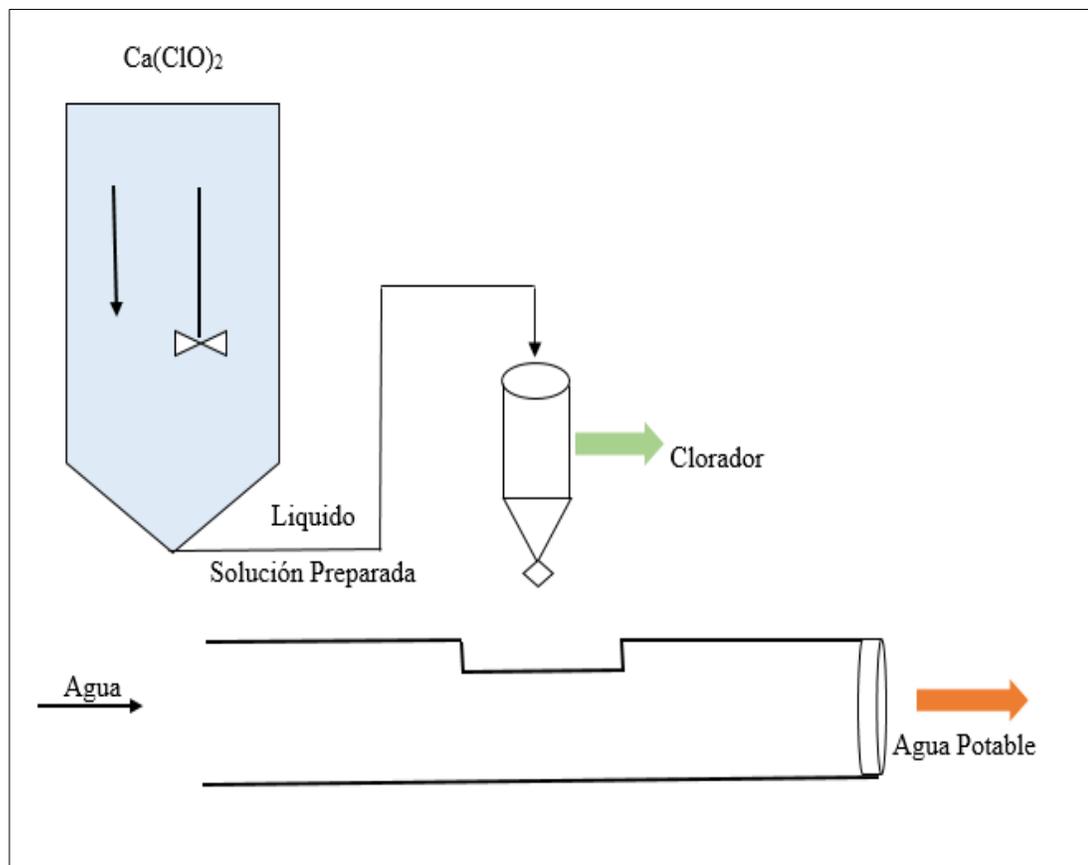
Antes del proceso de sedimentación se utilizará floculantes ya que este que este químico es capaz de acelerar la unión y sedimentación de las partículas en suspensión y coloidales como lo indica la figura (2), esto ayudará a producir un flóculo y de esta manera permitirá su fácil sedimentación.

### **Propuesta N° 3**

En referencia al cuadro N° 27 y gráfica N° 20 los límites máximos permisibles y al marco teórico para eliminar los microorganismos y bajar con lo respectivo a los límites máximos permisibles que estipula la NB 512 proponemos como medida de mitigación el uso de hipoclorito de calcio.

Usamos hipoclorito de calcio porque se entiende que es lo más recomendable que las aguas potables se convierten en aguas residuales. Y en caso que esta agua sea usada para riego, el ion calcio no produce procesos de erosión en el suelo. (Ver figura 3)

**FIGURA 3**  
**PROCESO DE CLORACIÓN**



Fuente: Elaboración Propia, 2019

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones obtenidas de la realización del presente trabajo son:

- ❖ Según los parámetros de control básico y un parámetro de control mínimo se pudo determinar que el agua de la presa de Pajchani no es de buena calidad para consumo humano.
- ❖ La demanda de consumo de agua en la ciudad de San Lorenzo mediante los datos obtenidos de una encuesta es de 550 l/día por familia aproximadamente; mientras tanto la EPSA ofrece un servicio de 400 l/día por familia en época de lluvia, y en época de estiaje 266 l/día; por lo tanto, la oferta del agua que brinda la EPSA no es satisfactoria a la demanda de consumo que tienen las familias de San Lorenzo.
- ❖ Según los resultados obtenidos de los parámetros de control básico, de las muestras del P1, P2 y P3 en el mes de agosto y septiembre el parámetro color no cumple con los límites máximos permisibles, por otro lado, los parámetros restantes cumplen LMP; mientras tanto en el mes de octubre la muestra obtenida del P1, el color, hierro y manganeso no cumplen con los (LMP) estipulados en la NB 512, y en los puntos restantes los demás parámetros cumplen con los límites máximos permisibles.
- ❖ Con relación al parámetro de coliformes termoresistentes (control mínimo NB 512) se obtuvo resultados con valores iguales o menores a 2 UFC/100ml durante los muestreos en los meses de agosto, septiembre y octubre en los tres puntos estipulados para la toma de muestras; por ende se llega a la conclusión que en los diferentes puntos de muestreo durante los tres meses de estudio no cumple con los límites máximos permisibles para este parámetro, que es 0 UFC/100 ml determinados por la NB 512 (2005), valor que es aceptable para el consumo humano.

- ❖ El gran porcentaje de los parámetros cumplen con los límites máximos permisibles de la NB 512, esta agua puede ser conducida hacia la PTAP, con un previo tratamiento puede ser distribuida para la población en la ciudad de San Lorenzo.

#### **4.2. RECOMENDACIONES**

- ❖ Como el trabajo de investigación considera el agua para consumo humano es importante que se continúe monitoreando y realizando estudios complementarios sobre los parámetros para garantizar que el agua cumpla con la normativa vigente.
- ❖ Es importante que toda la población de San Lorenzo, realice un buen uso del agua en sus viviendas (Cerrar los grifos, la ducha, etc.).
- ❖ Con la finalidad de que la cosecha de agua en el periodo de lluvia, en la parte de la cuenca se haga de la misma, (Con cerramiento, reforestación y otras obras de ingeniería que permitan una buena cosecha de agua).
- ❖ Se recomienda realizar un cerramiento perimetral seguro con la finalidad restringir el ingreso de los animales.