

I. INTRODUCCIÓN

América Latina y el Caribe: Millones de personas en la región de Latinoamérica y el Caribe carecen aún de una fuente adecuada de agua potable, mientras que un número aún mayor sufre la carencia de instalaciones seguras y dignas para la eliminación de las heces. (ONU, 2019)

Las enfermedades relacionadas con la contaminación del agua de consumo tienen una gran repercusión en la salud de las personas. Las medidas destinadas a mejorar la calidad del agua de consumo proporcionan beneficios significativos para la salud. (OMS, 2006)

El agua de consumo inocua (agua potable), según se define en las Guías, no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. Las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos. El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal. (OMS, 2006)

La desinfección constituye una barrera eficaz para numerosos patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua de consumo y debe utilizarse tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal. La desinfección residual se utiliza como protección parcial contra la contaminación con concentraciones bajas de microorganismos y su proliferación en el sistema de distribución. (OMS, 2006)

La desinfección química de un sistema de abastecimiento de agua de consumo que presenta contaminación fecal reducirá el riesgo general de enfermedades, pero no garantizará necesariamente la seguridad del suministro. Por ejemplo, la desinfección con cloro del agua de consumo tiene una eficacia limitada frente a los protozoos

patógenos —en particular *Cryptosporidium*— y frente a algunos virus. La eficacia de la desinfección puede también ser insatisfactoria frente a patógenos presentes en flóculos o partículas que los protegen de la acción del desinfectante. Una turbidez elevada puede proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, estimular la proliferación de bacterias y generar una demanda significativa de cloro. Una estrategia general de gestión eficaz añade a la desinfección, para evitar o eliminar la contaminación microbiana, barreras múltiples, como la protección del agua de origen y operaciones de tratamiento adecuadas, así como la protección del agua durante su almacenamiento y distribución. (OMS, 2006)

El uso de productos químicos desinfectantes en el tratamiento del agua genera habitualmente subproductos. No obstante, los riesgos para la salud que ocasionan estos subproductos son extremadamente pequeños en comparación con los asociados a una desinfección insuficiente, y es importante que el intento de controlar la concentración de estos subproductos no limite la eficacia de la desinfección. (OMS, 2006)

La cloración es un medio sencillo y eficaz para desinfectar el agua y hacerla potable, su dosificación (dosis) debe determinarse en laboratorio a través de la Prueba de Demanda de Cloro. Aunque se necesita una cantidad importante de Cloro para neutralizar esta materia orgánica, solo hace falta, el denominado Cloro residual libre, para tratar posibles contaminaciones posteriores del agua en la red o las viviendas. (OMS, 2006)

Uno de los primeros tratamientos implementados para tratar de evitar las enfermedades infecciosas transmitidas por el agua fue la sedimentación y filtración, que disminuyen la carga microbiana pero no garantizan la desinfección total. Los éxitos de estas experiencias hicieron que en Inglaterra se empleara la cloración como una medida preventiva de contaminación microbiológica del agua, se implementó la cloración como un proceso de tratamiento en la potabilización del agua, y se hizo evidente la disminución de incidencia de enfermedades infecciosas en los consumidores. (CNAM, 2015)

El trabajo se realizó en Bolivia, Departamento de Tarija, en la provincia Arce, municipio de Bermejo, Comunidad de Colonia Dr. José María Linares, Cantón arrozales, esta comunidad cuenta con sistema de abastecimiento de agua para consumo desde hace varios años.

Esta comunidad anteriormente tenía una toma de agua superficial ubicada en las serranías de la comunidad de El Toro, a una distancia de 7,4 km. de la población de Colonia Linares.

El tratamiento se lo realizaba a través de la cloración manual en un tanque y desde ahí se distribuía a toda la población, sin tomar en cuenta la normativa vigente, sobre el tema.

Con el paso del tiempo el sistema de abastecimiento de agua para consumo fue quedando chico, debido al crecimiento de la población, además tomando en cuenta que dicha Comunidad incrementa el número de habitantes en épocas de zafra debido a varias familias que vienen de diferentes lugares del país a trabajar en la cosecha de la caña de azúcar, por lo tanto, el abastecimiento de agua no era suficiente.

Por este motivo que es de gran importancia para la población, las autoridades Comunes hicieron gestiones con el Gobierno Municipal de Bermejo para ejecutar un proyecto de ampliación del sistema de agua potable, mismo que se ejecutó el año 2013.

Previo a la ejecución del proyecto se realizó estudios de las micro cuencas que existen en la zona alta Comunidad El Toro, lográndose identificar la Quebrada Subia, para realizar la construcción de la Toma N° 2, con la finalidad de aumentar el caudal de agua que abastece a la población, esta Obra de captación está ubicada en la comunidad de El Toro, a una distancia de 6 km. de la población de Colonia Linares.

Con estas dos Tomas de agua se abastece a la población de Colonia Linares; aunque en épocas de lluvias intensas se corta el suministro de agua para evitar que lleguen aguas con alto contenido de turbidez a los consumidores; debido a que en el sistema no existen sedimentadores, solamente se tiene en ambas tomas filtros de

arena, que evitan el ingreso de materia orgánica, piedras y otros materiales gruesos que podrían dañar el sistema, cabe resaltar que estos filtros en épocas de lluvias no son suficiente para evitar que la turbidez ingrese al sistema de abastecimiento de agua; posterior a los filtros de arena el agua es conducida a un Desarenador, y mediante tuberías hacia el tanque de cloración, para su posterior distribución a los consumidores, cabe mencionar que los métodos de tratamiento no son los adecuados, por falta de capacitación del personal encargado del manejo del sistema de abastecimiento de agua, motivo por el cual no se viene aplicando la NB512, Norma Boliviana para potabilizar el agua de consumo humano.

II. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación, nos permitirá obtener datos reales y confiables mediante la aplicación del método científico y los análisis de laboratorio, para lo cual se tomará muestras en cinco puntos del sistema de abastecimiento de agua de la comunidad de Colonia Dr. José María Linares.

Las muestras tomadas serán analizadas en laboratorios de CEANID en la ciudad de Tarija, con el fin de verificar si las formas de tratamiento del agua son las ideales para el consumo de la población, según la NB512.

Con los resultados obtenidos de la calidad de agua que consume la población, vamos a poder recomendar claramente los tratamientos que se deben realizar para que el agua esté en condiciones de ser consumida por la población beneficiaria del proyecto de investigación.

Al mejorar la calidad del agua para el consumo de la población, se reducirán las enfermedades que se transmiten cuando se consume agua que no es tratada adecuadamente, como la diarrea, cólera, fiebre tifoidea, hepatitis, etc.,

El Gobierno autónomo Municipal de Bermejo en el año 2012 ejecuto el proyecto de Ampliación del Sistema de abastecimiento de Agua para Consumo, en la Comunidad Colonia Dr. José María Linares, posteriormente a la finalización de la construcción del mismo dejo en manos de la Comunidad, el manejo de este Sistema,

es decir los procesos de tratamiento se realizan manualmente, mediante la designación de dos personas en consenso de la población base; (Comité de Agua potable), estas personas no tienen la capacitación necesaria en el tema de tratamiento del agua para consumo humano, con este proyecto de investigación se busca dar las soluciones técnicas para que el agua sea tratada según la NB512.

III. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

a. Planteamiento del Problema

Si bien la comunidad de Colonia Dr. José María Linares cuenta con un sistema de abastecimiento de agua para consumo, por ahora no se conoce con exactitud la calidad del agua que consume la población, dado que los procesos de potabilización no son los adecuados como indica la Normativa vigente, y por otra parte se desconoce el proceso de cloración que se tiene en el tanque de almacenamiento, hecho que dificulta obtener resultados satisfactorios en la red de distribución de agua según la NB512.

b. Formulación del Problema

¿La calidad del agua potable de la Comunidad de Colonia Dr. José María Linares, Municipio de Bermejo; es buena y los tratamientos que se realizan en el sistema, son los adecuados según lo que establece la NB512?

IV. HIPÓTESIS

¿Con el mejoramiento del proceso de tratamiento del agua que se distribuye en la Comunidad de Colonia Dr. José María Linares, ¿Municipio de Bermejo se logrará contar con un agua de buena calidad para el consumo de la población, según establece la NB512?

V. OBJETIVOS

a. Objetivo General

Evaluar los parámetros de control mínimo (NB512) del agua que consume la población para verificar la calidad de la misma, proponiendo el diseño del sistema de tratamiento para potabilizar el agua en la comunidad de Colonia Dr. José María Linares, Municipio de Bermejo, durante el segundo semestre de la gestión 2019 y 2020 (septiembre a noviembre).

b. Objetivos Específicos

- Monitorear el sistema actual de abastecimiento de agua, tomando muestras en diferentes puntos del mismo, posteriormente analizarlas en laboratorio.
- Comparar y analizar los resultados de los parámetros de control mínimo, a través de los análisis físico, químico y biológico del agua, con la NB512.
- Proponer la dosificación adecuada de cloro que se debe agregar, de acuerdo a la cantidad de agua que se va potabilizar para que esta sea apta para el consumo humano.
- Realizar una propuesta de diseño de un sistema de tratamiento adecuado para potabilizar el agua para consumo humano.
- Describir físicamente las dos tomas de agua que abastecen a la población de Colonia Linares, Municipio de Bermejo.

CAPITULO I

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 MARCO TEÓRICO

1.1.1 Obras de Potabilización

Las obras de potabilización son las plantas de tratamiento que se deben diseñar conforme a las características del agua a tratar. En los puntos precedentes hemos comentado las distintas posibilidades de tratamiento según el perfil o características del agua a tratar para el abastecimiento de poblaciones.

En general el agua de fuente superficial siempre necesita de un tratamiento más o menos completo, en cambio, las exigencias para el agua subterránea dependen fundamentalmente de su composición química. En todo caso, para servicios públicos es indispensable la desinfección.

Las etapas fundamentales de los procesos de tratamiento para obtener agua potable son los siguientes: Cámara de carga, Desarenador, Aereador, Medidores de Caudal, Floculador, Decantador, Filtros, Desinfección, Ablandamiento, Desalinizador, Control de olor y sabor, Fluoración, Eliminación de Hierro y Manganeseo (Orellana J. 2005)

1.1.2 Aspectos microbiológicos

La garantía de la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo se basa en la aplicación, desde la cuenca de captación al consumidor, de barreras múltiples para evitar la contaminación del agua de consumo o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud. La seguridad del agua se mejora mediante la implantación de barreras múltiples, como la protección de los recursos hídricos, la selección y aplicación correctas de una serie de operaciones de tratamiento, y la gestión de los sistemas de distribución (por tuberías o de otro tipo) para mantener y proteger la calidad del agua tratada. La estrategia preferida es un sistema de gestión que hace hincapié en la prevención o reducción de la entrada de patógenos a los

recursos hídricos y que reduce la dependencia en las operaciones de tratamiento para la eliminación de patógenos. (OMS, 2006)

1.1.3 Calidad del agua potable

El agua que se suministre mediante los sistemas de distribución, debe cumplir los requisitos físico-químicos, microbiológicos y radiológicos establecidos en la Norma Boliviana NB 512 (Agua Potable – Requisitos), (NB 512, 2018).

1.1.4 Cloración

Consiste en la adición de Cloro en forma de Cloro gas, aplicable a sistemas de abastecimiento grandes (urbanos), de sales de Cloro, hipocloritos de calcio y soluciones de hipoclorito de sodio, aplicables a pequeños sistemas. Las características y especificaciones que deben cumplir cada una de estas sustancias se encuentran referenciadas en la NB 648 – 95, NB 649 – 95. (VSB, 2004)

Se debe adoptar como método de desinfección para sistemas públicos de aprovisionamiento de aguas para consumo y uso humano, en consideración a que presenta cloro residual que mantiene desinfectada la infraestructura de almacenamiento y transporte del agua. (VSB, 2004)

1.1.5 Cloro residual

El cloro es un producto químico relativamente barato y ampliamente disponible que, cuando se disuelve en agua limpia en cantidad suficiente, destruye la mayoría de los organismos causantes de enfermedades, sin poner en peligro a las personas. Sin embargo, el cloro se consume a medida que los organismos se destruyen. Si se añade suficiente cloro, quedará un poco en el agua luego de que se eliminen todos los organismos; se le llama cloro libre. El cloro libre permanece en el agua hasta perderse en el mundo exterior o hasta usarse para contrarrestar una nueva contaminación. (OMS, 2004)

Cantidad de cloro libre, no combinado, presente en el agua potable; se expresa en miligramos por litro (mg/l). (VSB, 2005)

1.1.6 Coliformes fecales:

Los coliformes fecales o termorresistentes son bacterias anaeróbicas facultativas, no esporulados, Gram negativas, comprenden el género *Escherichia* y en menor grado especies de *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Klebsiella*. Están presentes en grandes cantidades en las heces de animales de sangre caliente y del ser humano. Su presencia en aguas o alimentos sirve de indicador indirecto de contaminación fecal y del riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas intestinales. La presencia de los coliformes termorresistentes y en especial la de *E.coli*, indica contaminación fecal reciente. (ICAyALNA, 2003)

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 ± 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)

1.1.7 Conductividad:

Es un parámetro relacionado directamente con la concentración de sustancias ionizadas en el agua. Generalmente lo encontraremos medido en unidades de $\mu\text{S}/\text{cm}$ (microsiemens por centímetro o microhmios por centímetro), derivado de una unidad de resistividad eléctrica, ya que es una medición de la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica. (GNyETAyS, 1994)

1.1.8 Desinfección

La desinfección es una operación de importancia incuestionable para el suministro de agua potable. La destrucción de microorganismos patógenos es una operación

fundamental que muy frecuentemente se realiza mediante productos químicos reactivos como el Cloro. (OMS, 2006)

La desinfección constituye una barrera eficaz para numerosos patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua de consumo y debe utilizarse tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal. La desinfección química de un sistema de abastecimiento de agua de consumo que presenta contaminación fecal reducirá el riesgo general de enfermedades, pero no garantizará necesariamente la seguridad del suministro. (OMS, 2006)

1.1.9 Enfermedades microbiológicas

Son enfermedades en la que los organismos patógenos se encuentran en el agua y cuando se ingieren en una dosis suficiente infectan al consumidor. La mayoría de estos organismos llegan al agua mediante la contaminación con excretas de origen humano y animal. Los agentes infecciosos pueden ser: bacterias, helmintos, protozoarios y virus. (ICAyALNA, 2003)

1.1.10 Potencial de hidrógeno (pH)

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)

El pH de un agua que puede considerarse potable está en el rango de 6.5 a 8.5, para que no afecte directamente la salud y/o la manera de disponer este tipo de agua, aunque normalmente puede considerarse, que el agua por bajo de 6.5 se considere ácida o corrosiva, por el poder oxidante que puede tener con los metales, mientras que si esta tiene un pH arriba de 8.5 es muy probable que sea un agua que pueda incrustar tuberías, aunque el pH no es una valor definitivo para estos parámetros, si proporciona información importante para clasificar el poder corrosivo o incrustante del agua. (NOM-127-SSA1-1994)

1.1.11 Turbiedad:

Se observa en las aguas y es causada por las diferentes materias que pueda contener un agua como materia orgánica, sustancias arcillosas en estado coloidal, etcétera. El análisis de turbiedad mide la propiedad óptica de la muestra de agua que resulta de la dispersión y absorción de luz por las partículas presentes en el agua. (GNyETAAs, 1994)

1.2 MARCO CONCEPTUAL

1.2.1 Agua para consumo humano

Agua que cumple con los requisitos de la norma NB 512. También se denomina agua potable. (VSB, 2005)

1.2.2 Agua potable

Aquella que, por sus características organolépticas, físico-químicas, radioactivas y microbiológicas, se considera apta para el consumo humano y que cumple con lo establecido en la norma NB 512 y el Reglamento Nacional para el Control de la Calidad de Agua para Consumo Humano. (NB 495, 2010)

1.2.3 Control de procesos:

Es el conjunto de procedimientos que se emplean para determinar las características físicas, químicas, biológicas y microbiológicas del agua en un sistema de potabilización de aguas superficiales. De esta manera se puede estudiar la magnitud de las transformaciones que sufre la calidad del agua durante los procesos de tratamiento. (ICAyALNA, 2003)

1.2.4 Inspección sanitaria:

Las inspecciones sanitarias corresponden a las visitas de supervisión y aplicación de encuestas que permitan revisar el estado de las diferentes estructuras (captaciones, almacenamiento, distribución) de un sistema de suministro de agua para consumo

humano y de las áreas de influencia a las captaciones, con el propósito de identificar los riesgos que puedan afectar la calidad del agua. (ICAyALNA, 2003)

1.2.5 Laboratorio acreditado

Centro o lugar donde se realizan los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, con procedimientos normalizados aceptados y que se encuentra reconocido mediante certificación de “Buenas Prácticas de Laboratorio”. (VSB, 2005)

1.2.6 Parámetro

Nombre del elemento o compuesto a medirse mediante un procedimiento analítico de laboratorio. (NB-512,2018)

1.2.7 Punto de muestreo

Lugar físico de donde se extrae una muestra representativa, para su posterior caracterización físico-química, bacteriológica y/o radiológica. (NB 512, 2018)

1.2.8 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. (NB-512,2018)

1.2.9 Sistema de agua potable

Conjunto de estructuras, equipos, accesorios e instalaciones que tienen por objeto transformar la calidad del agua y transportarla desde la fuente de abastecimiento hasta los puntos de consumo, en condiciones adecuadas de calidad, cantidad y presión. (NB-512,2018)

1.2.10 Usuario (consumidor)

Toda persona natural o jurídica, pública o privada, que utiliza alguno de los servicios de agua potable o alcantarillado sanitario para sus actividades, con los

propósitos mencionados en el Reglamento Nacional para el Control de la Calidad de Agua para Consumo Humano. (VSB, 2005)

1.2.11 Valor máximo aceptable

Aquel valor establecido para los diferentes parámetros definidos en la NB 512 y el presente Reglamento, el cual no debe ser excedido para no incidir negativamente en la salud humana. (NB-512,2018)

1.2.12 Zona de abastecimiento de agua

Comprende una de las partes de la red de distribución, con características y condiciones homogéneas de operación, funcionamiento, calidad, cantidad, continuidad y presión. (VSB, 2005)

1.3 MARCO LEGAL

1.3.1 Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia

Capítulo quinto: Recursos hídricos

Artículo 373. I. 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.

II. 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 374. I. El Estado protegerá y garantizará el uso prioritario del agua para la vida. Es deber del Estado gestionar, regular, proteger y planificar el uso adecuado y sustentable de los recursos hídricos, con participación social, garantizando el acceso

al agua a todos sus habitantes. La ley establecerá las condiciones y limitaciones de todos los usos.

II. El Estado reconocerá, respetará y protegerá los usos y costumbres de las comunidades, de sus autoridades locales y de las organizaciones indígena originarias campesinas sobre el derecho, el manejo y la gestión sustentable del agua.

III. Las aguas fósiles, glaciales, humedales, subterráneas, minerales, medicinales y otras son prioritarias para el Estado, que deberá garantizar su conservación, protección, preservación, restauración, uso sustentable y gestión integral; son inalienables, inembargables e imprescriptibles.

Artículo 375. I. Es deber del Estado desarrollar planes de uso, conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las cuencas hidrográficas.

II. El Estado regulará el manejo y gestión sustentable de los recursos hídricos y de las cuencas para riego, seguridad alimentaria y servicios básicos, respetando los usos y costumbres de las comunidades.

III. Es deber del Estado realizar los estudios para la identificación de aguas fósiles y su consiguiente protección, manejo y aprovechamiento sustentable.

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.

Artículo 377. I. Todo tratado internacional que suscriba el Estado sobre los recursos hídricos garantizará la soberanía del país y priorizará el interés del Estado.

II. El Estado resguardará de forma permanente las aguas fronterizas y transfronterizas, para la conservación de la riqueza hídrica que contribuirá a la integración de los pueblos. (CPE, 2009)

1.3.2 Ley 1333 del Medio Ambiente

TÍTULO IV

De los recursos naturales en general

CAPÍTULO I

De los recursos naturales renovables

Artículo 32°.- 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.

Artículo 34°.- Las leyes especiales que se dicten para cada recurso natural, deberán establecer las normas que regulen los distintos modos, condiciones y prioridades de adquirir el derecho de uso de los recursos naturales renovables de dominio público, de acuerdo a características propias de los mismos, potencialidades regionales y aspectos sociales, económicos y culturales.

Artículo 35°.- Los departamentos o regiones donde se aprovechen recursos naturales deben participar directa o indirectamente de los beneficios de la conservación y/o la utilización de los mismos, de acuerdo a lo establecido por Ley, beneficios que serán destinados a propiciar el desarrollo sostenible de los departamentos o regiones donde se encuentren.

CAPÍTULO II

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)

CAPÍTULO III

De la clasificación de cuerpos de aguas

Artículo 4°. La clasificación de los cuerpos de agua, según las clases señaladas en el Cuadro N° 1 - Anexo A del presente reglamento, basada en su aptitud de uso y de acuerdo con las políticas ambientales del país en el marco del desarrollo sostenible, será determinada por el MDSMA. Para ello, las instancias ambientales dependientes del prefecto deberán proponer una clasificación, adjuntando la documentación suficiente para comprobar la pertinencia de dicha clasificación. Esta documentación contendrá como mínimo: Análisis de aguas del curso receptor a ser clasificado, que incluya al menos los parámetros básicos, fotografías que documenten el uso actual del cuerpo receptor, investigación de las condiciones de contaminación natural y actual por aguas residuales crudas o tratadas, condiciones biológicas, estudio de las fuentes contaminantes actuales y la probable evolución en el futuro en cuanto a la cantidad y calidad de las descargas.

Esta clasificación general de cuerpos de agua; en relación con su aptitud de uso, obedece a los siguientes lineamientos:

CLASE “A” Aguas naturales de máxima calidad, que las habilita como agua potable para consumo humano sin ningún tratamiento previo, o con simple desinfección bacteriológica en los casos necesarios verificados por laboratorio.

CLASE “B” Aguas de utilidad general, que para consumo humano requieren tratamiento físico y desinfección bacteriológica.

CLASE “C” Aguas de utilidad general, que para ser habilitadas para consumo humano requieren tratamiento físico-químico completo y desinfección bacteriológica.

CLASE “D” Aguas de calidad mínima, que, para consumo humano, en los casos extremos de necesidad pública, requieren un proceso inicial de pre sedimentación, pues pueden tener una elevada turbiedad por elevado contenido de sólidos en suspensión, y luego tratamiento físico-químico completo y desinfección bacteriológica especial contra huevos y parásitos intestinales.

En caso de que la clasificación de un cuerpo de agua afecte la viabilidad económica de un establecimiento, el Representante Legal de éste podrá apelar dicha clasificación ante la autoridad ambiental competente, previa presentación del respectivo análisis costo - beneficio.

Artículo 6º Se considera como parámetros básicos, los siguientes: DBO5; DQO; Coliformes fecales NMP; Oxígeno Disuelto; Arsénico Total; Cadmio; Cianuros; Cromo Hexavalente; Fosfato Total; Mercurio; Plomo; Aldrín; Clordano; Dieldrín; DDT; Endrín; Malatión; Paratión.

Capítulo II

De los servicios municipales y cooperativas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado

Artículo 14º Los Servicios de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado que existen actualmente como servicios municipales o cooperativas, o los que se

crearán en el futuro, y las administraciones de parques industriales de jurisdicción municipal:

a) Elaborarán procedimientos técnicos y administrativos dentro del primer año de vigencia del presente Reglamento, para establecer convenios con las industrias, instituciones y empresas de servicio que descarguen sus aguas residuales crudas y/o tratadas en los colectores sanitarios de su propiedad o que estén bajo su control;

b) Por convenios técnicos y administrativos, los servicios de abastecimiento de agua potable y alcantarillado asumen la responsabilidad del tratamiento de las aguas residuales bajo las condiciones que consideren necesarias, tomando en cuenta el tipo de su planta de tratamiento y las características del cuerpo receptor donde se descarga.

c) Los acuerdos incluirán, sin perjuicio de la legislación sobre agua potable y alcantarillado y este es el reglamento con los siguientes aspectos:

- Identificación de los puntos de descarga de efluentes, volúmenes, composición, concentración y frecuencia.
- Pre-tratamiento a aplicar antes de la descarga.
- Estructura de tarifas y costos a pagar por el usuario.
- El sistema de monitoreo, incluyendo registros, medidores e inspecciones.

Artículo 15º Los procedimientos técnico-administrativos referidos en el anterior artículo deberán definir los métodos de cálculo de las tasas y tarifas por descargas de aguas residuales de las industrias e instituciones, tomando en cuenta lo establecido en el Reglamento Nacional de Prestación de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado para Centros Urbanos.

TÍTULO IV

Del monitoreo, evaluación, prevención, protección y conservación de la calidad hídrica

CAPÍTULO II

De la prevención y control de la contaminación y conservación de La calidad hídrica.

Artículo 36°.- En caso de que un cuerpo de agua o sección de un cauce receptor tenga uno o más parámetros con valores mayores a los establecidos según su clase, la Instancia Ambiental Dependiente del Prefecto deberá investigar y determinar los factores que originan esta elevación, para la adopción de las acciones que mejor convengan, con ajuste a lo establecido en el Reglamento de Prevención y Control Ambiental.

Artículo 49°.- Los Servicios de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado desarrollarán programas permanentes de control, reparación y rehabilitación de las redes de agua y desagüe, a fin de eliminar el riesgo de conexiones cruzadas entre agua potable y alcantarillado, y de colapso de instalaciones en mal estado o antiguas, eligiendo materiales de tuberías con una vida útil de por lo menos 50 años, o bien utilizar materiales de la mejor calidad compatibilizados con la agresividad química del suelo y del agua. (MDSMA, 1995)

1.3.3 NB495:

NB-495 “Agua Potable – Definiciones y Terminología”. Esta norma establece las definiciones y términos empleados en las normas sobre agua potable, sistemas de abastecimiento de agua, muestreo y análisis de laboratorio.

1.3.4 NB496:

NB-496 “Agua Potable- Toma de muestras”. Esta norma establece las condiciones y frecuencias necesarias para llevar a cabo el muestreo representativo de agua potable para ser sometida a análisis físicos, químicos, bacteriológicos y/o radiológicos y determinar su calidad, el campo de aplicación de ésta norma comprende los sistemas de agua potable en los cuales se realiza el muestreo para la caracterización, el control y la vigilancia de la calidad del agua potable.

1.3.5 NB512-04:

NB 512 – 04 “Agua potable – requisitos” Esta norma establece los valores máximos aceptables de los diferentes parámetros, que determinan la calidad de agua abastecida con destino al uso y consumo humano y las modalidades de aplicación y control, se aplica a todas las aguas abastecidas con destino al uso y consumo humano.

1.3.6 NB512:

NB 512 “Reglamento nacional para el control de la calidad de agua para consumo humano” Esta norma reglamenta la Norma Boliviana NB 512 Agua Potable – Requisitos, en cuanto se refiere a la calidad física, química, microbiológica, organoléptica y radiactiva del agua destinada al consumo humano, estableciendo las condiciones que deben cumplir las Entidades Prestadoras de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (EPSA) a nivel nacional.

1.3.7 NB689:

NB 689 “Instalaciones de agua - diseño para sistemas de agua potable” La norma establece los criterios técnicos de diseño de sistemas de agua potable de carácter público y/o privado, en el área urbana, peri-urbana y rural del país, para obtener obras con calidad, seguridad, durabilidad y economía; y de esa manera, contribuir al mejoramiento del nivel de vida y salud de la población, se aplica a nivel nacional para el diseño, ejecución o control de sistemas de agua potable públicos y/o privados.

1.3.8 Ley de derechos de la Madre tierra N° 071 del 21 de diciembre del 2010

CAPÍTULO III

Derechos de La Madre Tierra.

Artículo 7

I. La Madre Tierra tiene los siguientes derechos:

3.- Al agua: Es el derecho a la preservación de la funcionalidad de los ciclos del agua, de su existencia en la cantidad y calidad necesarias para el sostenimiento de los sistemas de vida, y su protección frente a la contaminación para la reproducción de la vida de la Madre Tierra y todos sus componentes. (MDSMA, 2010)

1.3.9 Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para vivir Bien N° 300 del 15 de octubre de 2012

TÍTULO I

Disposiciones generales

CAPÍTULO II

Principios y definiciones

Artículo 4. (Principios). Los principios que rigen la presente Ley además de los establecidos en el Artículo 2 de la Ley N° 071 de Derechos de la Madre Tierra son:

10. Agua Para la Vida. - El Estado Plurinacional de Bolivia y la sociedad asumen que el uso y acceso indispensable y prioritario al agua, debe satisfacer de forma integral e indistinta la conservación de los componentes, zonas y sistemas de vida de la Madre Tierra, la satisfacción de las necesidades de agua para consumo humano y los procesos productivos que garanticen la soberanía con seguridad alimentaria.

TÍTULO II

Visión del Vivir Bien a Través del Desarrollo Integral en Armonía y Equilibrio con la Madre Tierra

CAPÍTULO IV

Alcances de los Objetivos del Vivir Bien a Través del Desarrollo Integral

Artículo 19. (Facilitar el acceso equitativo a los componentes de la madre tierra).

4. Establecimiento de condiciones equitativas en el acceso al agua para consumo, riego y uso industrial en el marco de la gestión integral de cuencas y recursos hídricos.

TÍTULO III

Bases y orientaciones del vivir bien a través del desarrollo integral en armonía y equilibrio con la madre tierra.

CAPÍTULO I

Bases y orientaciones

Artículo 27. (AGUA). Las bases y orientaciones del Vivir Bien a través del desarrollo integral en agua son:

1. Garantizar el derecho al agua para la vida, priorizando su uso, acceso y aprovechamiento como recurso estratégico en cantidad y calidad suficiente para satisfacer de forma integral e indistinta la conservación de los sistemas de vida, la satisfacción de las necesidades domésticas de las personas y los procesos productivos para garantizar la soberanía y seguridad alimentaria.

4. Regular, proteger y planificar el uso, acceso y aprovechamiento adecuado, racional y sustentable de los componentes hídricos, con participación social, estableciendo prioridades para el uso del agua potable para el consumo humano.

5. Regular, monitorear y fiscalizar los parámetros y niveles de la calidad de agua.

11. Adoptar, innovar y desarrollar prácticas y tecnologías para el uso eficiente, la captación, almacenamiento, reciclaje y tratamiento de agua.

12. Desarrollar políticas para el cuidado y protección de las cabeceras de cuenca, fuentes de agua, reservorios y otras, que se encuentran afectados por el cambio climático, la ampliación de la frontera agrícola o los asentamientos humanos no planificados y otros.

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1.1. Ubicación geográfica

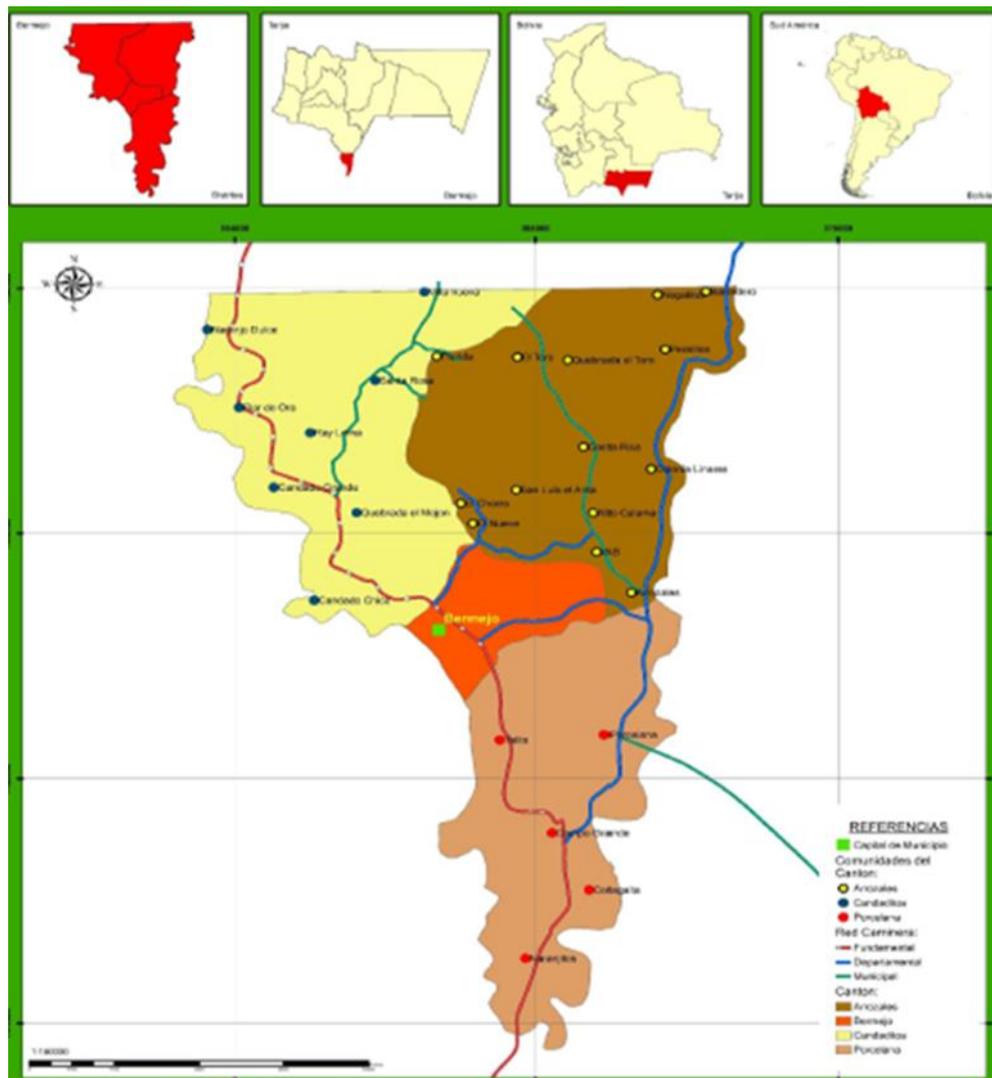
El trabajo de investigación se llevó a cabo en el país de Bolivia, que está situado en la zona central de América del Sur, con una superficie de 1.098.581 km², entre 57°26' y 69°38' de longitud occidental del meridiano de Greenwich y los paralelos 9°38' y 22°53' de latitud sur; departamento de Tarija ubicado en el Sur del país, provincia Arce, municipio de Bermejo, Comunidad de Colonia Dr. José María Linares.

Figura N° 1 MAPA DE UBICACIÓN DE BOLIVIA Y EL DEPARTAMENTO DE TARIJA



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

Figura N° 2 MAPA DE UBICACIÓN MUNICIPIO DE BERMEJO



Fuente: PTDI- BERMEJO 2016

El municipio de Bermejo está ubicado en el extremo sur de Bolivia y del Departamento de Tarija, pertenece a la segunda sección de la provincia Arce, se encuentra entre las coordenadas geográficas 22° 35' 24" y 22° 52' 09" de latitud sur y 64° 26' 30" y 64° 14' 16" de longitud oeste, está rodeado, al sureste por el río Bermejo y al suroeste por el río Grande de Tarija, con un altura promedio de 419 msnm, de clima caluroso y semiárido, con una media de 22.3 ° C y la máxima extrema es de 46.0°C y 1.200 mm de precipitación pluvial concentrados en el periodo

de lluvias (noviembre-abril), con una humedad relativa media de 70% y una máxima de 97%.

Tiene una extensión territorial de 380.90 km²., que representa 1,01% del territorio departamental, con una mancha urbana aproximada de 26,28 km². Siendo su ocupación territorial, el resultado de la convivencia de pueblos originarios y de importantes corrientes migratorias.

2.1.2. Límites territoriales:

El Municipio de Bermejo limita:

Al norte, limita con la primera sección de la provincia Arce (Municipio de Padcaya).

Al sur, con el río Bermejo y la República Argentina.

Al este con el río Grande de Tarija y la República de Argentina.

Al oeste con la comunidad de San Telmo Río Bermejo (Municipio de Padcaya) y la República Argentina.

Figura N° 3 COMUNIDAD COLONIA LINARES Y TOMAS DE AGUA



Fuente: Elaboración propia.

El estudio se realizó en el sistema de agua para consumo, de la comunidad de Colonia Dr. José María Linares cuenta con una población de 843 habitantes, de los cuales 486 son hombres y 407 mujeres, según el CENSO 2012 – INE., está ubicada a 10 km. de la ciudad de Bermejo ruta hacia el I.A.B.S.A. (Ingenio Azucarero de Bermejo Sociedad Anónima), carretera hacia el Chaco, esta comunidad pertenece al cantón ARROZALES y tiene las siguientes coordenadas geográficas 64° 16' 30" al Oeste y 22° 40' 18" al Sur y una altitud de 392 m.s.n.m.

2.1.3. Descripción del Componente Biofísico

2.1.3.1. Caracterización de las zonas de vida

2.1.3.1.1. Clima

Bermejo presenta un clima cálido, semi-húmedo, característico de las llanuras chaqueñas; con temperaturas elevadas casi todo el año, la temperatura media anual es de 29.1 ° C y la máxima extrema es de 46.0 °C con una humedad relativa media de 70% y una máxima de 97%. La época de lluvia dura 7 meses, entre octubre y marzo alcanzando los 37,07 mm., de precipitación anual.

En la región de Bermejo el clima es subhúmedo a húmedo, con un periodo de disponibilidad de agua para el crecimiento de plantas que varía entre 7 y 9 meses y un período libre de heladas de 10 meses. También debe destacarse la abundancia de fuentes de agua superficial que se puede aprovechar para el riego. (PTDI, 2016)

2.1.3.1.2. Temperatura.

El municipio de Bermejo posee un clima cálido, semi-húmedo, característico de las llanuras chaqueñas; la temperatura es elevada casi todo el año, la temperatura media anual es de 22.3 °C.

Un fenómeno climático natural que predomina en la región, es el “surazo”, que se manifiesta en fuertes vientos provenientes del sur, generando cambios bruscos de temperatura y humedad ambiental; originando que la temperatura baje rápidamente,

llegando en algunos casos por debajo de 0 °C, se presenta entre los meses de junio, julio, agosto y ocasionalmente en septiembre. (PTDI, 2016)

Tabla N° 1 Temperatura media anual mensual en °C-Bermejo

Índice	Unidad	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
Temp. Max. Extrema.	°C	44.3	42.5	40.5	36.8	36.0	32.0	35.5	43.5	44.5	46.0	45.5	45.8	46.0
Temp. M in. Extrema.	°C	11.1	11.2	10.0	0.9	1.5	-1.0	-4.0	-2.0	0.2	3.0	9.5	9.0	-4.0
Temp. Media	°C	27.1	26.5	25.1	21.8	18.4	16.2	15.5	18.1	21.1	24.9	25.9	26.8	22.3
Temp. Min. Media	°C	20.7	20.3	19.4	16.7	12.9	10.0	7.7	9.3	12.0	17.2	18.7	20.1	15.4
Temp. Max. Media	°C	33.5	32.6	30.8	27.0	23.9	22.4	23.2	26.8	30.2	32.7	33.1	33.5	29.1

Fuente: SENAMHI, ESTACIÓN DE BERMEJO AÑO 2012. (PDM, 2014)

2.1.3.1.3. Humedad relativa

La humedad relativa varía ligeramente de una zona a otra y según la estación del clima, como, por ejemplo: en los meses de enero a julio la humedad relativa es aprox. 83% y de agosto a diciembre fluctúa entre el 60% al 75%; sin embargo, mayormente su media anual es del 75-77%. Como puede observarse en cuadro que sigue:

Tabla N° 2 Humedad relativa media mensual (%)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	MEDIA
2011	81.5	81.2	82.8	84.8	85.1	83.4	75.8	66.6	56.7	63.0	63.1	75.5	75.0
2012	75.4	80.4	81.3	88.4	85.2	82.7	75.7	71.5	67.2	67.9	77.5	69.3	76.9
2013	76.4		80.0	74.1	76.2	80.4	71.3	57.1	57.2	64.3	58.1	70.1	

Fuente: SENAMHI, ESTACIÓN DE BERMEJO AÑO 2012. (PDM, 2014)

2.1.3.1.4. Precipitación.

En el Municipio, la época de lluvias abarca todo el verano, comienza en octubre y concluye en abril, la época de estiaje es menor, de junio a septiembre; sin embargo, esto varía anualmente adelantándose o retrasándose un mes.

De acuerdo a registros, las precipitaciones ocurridas en un año normal, sobrepasa los 1100 mm., lo que significa un buen aporte hídrico vertical; sin embargo, su comportamiento experimenta una variabilidad gradual, ya que, el año 2014 la precipitación media llegó a 65.3 mm/diaria. En el año 2015 se registró la precipitación media máxima de 73,8 mm/diaria. (PDM, 2014)

2.1.3.1.5. Vientos

Bermejo se caracteriza por presentar vientos relativamente moderados, provenientes en dirección del sur y sureste; de acuerdo a datos registrados, la velocidad media en el año 2014 fue de 3.1 km./hora, mientras que en el año 2015 se registró 6.71 km/hora. (PTDI, 2016)

2.1.3.1.6. Fisiografía

En el municipio de Bermejo las altitudes varían entre los 347 hasta los 1.135 m.s.n.m., condicionando el tipo de relieve, donde se aprecian, terrenos muy escarpados, dominan las pendientes mayores al 60%, y se encuentran altitudes entre 800 y 1.000 m.s.n.m., con rasgos erosivos por el rápido escurrimiento. Por otro lado, están los terrenos moderadamente escarpados, que presentan pendientes entre 15 a 60% con altitudes que varían entre 500 a 1000 m.s.n.m., presentan una serie de serranías y colinas que determinan la estructura orográfica sobre la que se emplaza el Municipio. (PTDI, 2016)

2.1.3.2.Suelos

2.1.3.2.1. Clasificación de suelos.

Como se remarcó antes los suelos de Bermejo, se caracterizan por ser moderadamente profundos a profundos, de textura franco arcillosa, con bloques sub-angulares y poca presencia de afloramientos rocosos; respecto a su fisiografía y topografía.

Las serranías presentan suelos altamente susceptibles a la erosión, son de textura gruesa. Los valles presentan suelos profundos a muy profundos con texturas medias o finas. El estudio de suelos, realizado en el triángulo de Bermejo, en una superficie de 9.188 has., reveló que 2.157,6 has. son apropiadas para uso agrícola bajo riego y 3.558,8 has., aptas para ganadería, la producción de dicho estudio se muestra en el siguiente cuadro. (PTDI, 2016)

2.1.3.3.Unidades fisiográficas

2.1.3.3.1. Serranía baja de variabilidad moderada

Ubicada en la parte norte y central del Municipio, tiene como referencia a la comunidad del Toro. El relieve es moderadamente escarpado, con pendientes entre el 30 y 60 %, y una altura que varía entre 500 y 1000 m.s.n.m.

2.1.3.3.2. *Relieve*

El Municipio situado a 190 Km. de la ciudad de Tarija, está rodeado por los ríos Bermejo y Grande de Tarija. Comprende un complejo de terrazas aluviales de variabilidad ligera, que se localiza en las llanuras cercanas al río Bermejo, lugar de emplazamiento de las comunidades de Candado Chico, Candado Grande y zonas adyacentes a Los Pozos. Este paisaje cuenta con, relieves planos e inclinados de pendientes menores al 5%; las terrazas son mucho más estrechas y de varios niveles, típico de los ríos de montañas. (PTDI, 2016)

2.1.3.4. *Hidrografía*

El departamento de Tarija forma parte del gran sistema hidrográfico de la cuenca del río de La Plata. El patrón, orden de la red drenaje y el régimen de escurrimiento del Municipio de Bermejo están claramente diferenciados e íntimamente relacionados con esta característica del Departamento.

2.1.3.4.1. *Cuencas.*

El Municipio de Bermejo forma parte de la cuenca del río Grande de Tarija y del río Bermejo; el área de drenaje de la cuenca del río Grande de Tarija, por el margen izquierdo, está conformada por afluentes del río El Nueve, quebrada Linares y otros pequeños, que evacúan sus aguas directamente al río Grande.

Respecto al área de drenaje del río Bermejo, está conformada por el río Candado Grande y otros afluentes pequeños.

2.1.3.4.1.1. *Cuencas principales del municipio*

Tabla N° 3 Principales cuencas de Bermejo

CUENCAS	Km²	SUPERFICIE %
Río Grande de Tarija	222.68	61.47
Río Bermejo	139.58	38.53

TOTAL 362,26 100,0

Fuente: OFICIALÍA MAYOR TÉCNICA GAMB. (PTDI, 2016)

Las Subcuencas más importantes, son: El Barredero, Cañaverál, El Nueve, El Toro, y Linares. En el cuadro a continuación se presenta algunas características de éstas.

2.1.3.4.1.2. Características generales de las subcuencas de bermejo

Tabla N° 4 Características de las cuencas

SUBCUENCAS	ÁREA (Km²)	PERÍMETRO (Km)	CURSO PRINCIPAL	LONGITUD (Km)	PENDIENTE MEDIA
Barredero	15.55	21.35	Quebrada Barredero	9.60	17.2
Cañaverál	20.42	21.79	Quebrada Cañaverál	10.28	19.3
El Nueve	69.25	43.66	Quebrada Nueve	El 30.58	10.2
El Toro	5.42	13.01	Quebrada Toro	El 6.21	15.5
Linares	12.60	19.05	Quebrada Linares	9.32	18.0
San Telmo	434.00	128.71	Río San Telmo	67.28	18.2

Fuente: DIAGNÓSTICO AMBIENTAL TARIJA. (PTDI, 2016)

2.1.3.5. Vegetación

2.1.3.5.1. Tipos de comunidades vegetales.

La vegetación en el Municipio Bermejo refleja características topográficas y climáticas de la región; posee una riqueza vegetal diversa compuesta por especies arbóreas, arbustivas y leñosas, en las serranías y en las partes cultivables.

Se caracteriza por poseer diferentes especies forestales maderables como ser: Cedro, Nogal, Tala, Mora Negra, Paraíso, Sorgo, Diente de León, Cebil Colorado, Lapacho, Quina, Palo Barroso, Urundel, Camalote, Laurel Verde, Lecherón, Aliso, Tipa, Palo Amarillo, Laurel, Pasto elefante, Cola de Zorro, etc., que a su vez se encuentran en peligro de extinción por el proceso deforestación constante para aprovechar las tierras en cultivos de caña de azúcar, cítricos. (PTDI, 2016)

2.1.3.6. Tamaño y uso de la tierra

Bermejo cuenta con 21.255 ha. de las cuales el 61,34% aproximadamente están destinadas al uso agrícola intensivo distribuidas en diferentes comunidades como: Campo Grande, Naranjitos, Porcelana, Arrozales.

Las comunidades de Santa Rosa, La Florida y Villanueva tienen tierras muy ricas en materia orgánica, es una región que no se ve afectada por heladas, y presenta como potencialidad la posibilidad de desarrollar cultivos de frutales como la papaya y hortalizas. Se lamenta que debido a la topográfica que caracteriza la zona sólo el 0.3% son tierras cultivadas bajo riego, la superficie restante desarrolla cultivos a secano. El cultivo de caña de azúcar alcanza una superficie del 70% del total de la superficie cultivada; seguida por cultivos como maíz, arroz, maní, cítricos y tomate entre otros.

2.1.3.7. Riesgos ambientales

2.1.3.7.1. Heladas

En la época de invierno se presentan heladas en el Municipio; según la estación de medición de SEHAMHI instalada en Bermejo, en el año 2013 se presentaron 4 y 6 días con helada en los meses de julio y agosto respectivamente. (PDM, 2014)

2.1.3.7.2. Granizada

En el municipio no se registraron granizadas, porque la condición climática no permite la acumulación y condensación de grandes masas de aire frío a elevadas temperaturas. (PDM, 2014)

2.1.3.7.3. Incendios

Desastre que afecta en gran medida al medio ambiente, especialmente por la quema de zafra “despunte de la caña”, durante el proceso de cosecha; estimando que la superficie total de la misma es de, 10.000 ha/año. Ya que cada año se queman grandes superficies entre el, cultivo de caña y desmonte. Sin duda alguna, Bermejo presenta un deterioro ambiental significativo que se puede evaluar en época de zafra y de lluvia; pues, los desmontes motivaron a la erosión hídrica de los suelos con una dinámica erosiva de media-alta. Asimismo, en las riveras se aprecia una deforestación excesiva, que permite el fácil acceso de las crecidas en época de lluvia. (PDM, 2014)

2.1.3.7.4. Inundaciones

Bermejo se convierte en una ciudad propensa a sufrir este tipo de desastres, por estar sitiada entre los ríos Bermejo y Grande de Tarija; los que en época de lluvia incrementan su caudal exponencialmente llegando a desbordarse, provocando zozobra en las familias que viven en sus márgenes y daño a la producción agrícola. En los últimos años, se ha presentado anegaciones en los barrios por la mala canalización de quebradas, torrenteras que pasan por la ciudad y la falta de desagües fluviales, que afectan a barrios completos.

En promedio en el municipio, el año 2012 se ha tenido una mayor cantidad de días con lluvias, registrándose 106 días. Mientras el año 2013 se tuvo 70 días con lluvias según la información proporcionada por el SEHAMHI.

Tabla N° 5 Días con lluvia Bermejo

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	Total
2011	14	15	13	12	8	7	3	1	2	4	8	13	100
2012	14	13	13	20	11	5	1	0	1	8	13	7	106
2013	10	-	11	5	7	11	5	0	0	6	6	9	70

Fuente: SENAMHI, ESTACIÓN DE BERMEJO AÑO 2012

El siguiente cuadro y gráfico, expone la relación porcentual de las pérdidas que sobrellevó la actividad agrícola debido a desastres naturales.

Tabla N° 6 Efectos adversos para la actividad agrícola

EFEKTOS ADVERSOS	PORCENTAJE
NINGUNO	29,17%
GRANIZADA	4,17%
HELADA	12,5%
INUNDACIÓN	8,33%
SEQUÍA	41,67%
INCENDIOS FORESTALES	4,17%
Total	100%

Fuente: ENCUESTA MUNICIPAL DE BERMEJO AÑO 2012

Entre otros riesgos ambientales que viene sufriendo el municipio, están los referidos a la contaminación del río Bermejo, el chequeo y la Falta de protección de los cultivos cercanos a laderas con pendientes pronunciadas. (PDM, 2014)

2.1.3.8.Erosión

2.1.3.8.1. Procesos de erosión.

En el Municipio de Bermejo se identificaron diversas causas que originan la erosión de los suelos, entre ellas tenemos:

La inestabilidad de los suelos originados en los sedimentos que provienen de las deposiciones normales sedimentarias causadas por las inundaciones de los ríos Bermejo y Grande de Tarija.

□ Los procesos climáticos adversos, como la precipitación pluvial de máxima intensidad y corta duración en los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, que produce una alta escorrentía superficial, cuya corriente al no encontrar protección en el suelo comienza a transportar material granular del suelo produciendo la erosión hídrica.

□ La cobertura de vegetación, que proporciona al suelo la única y eficaz protección, llamada protección hidrológica porque no solamente protege del golpe de las gotas de agua de lluvia que cae con velocidad al suelo, sino que disminuye la velocidad de escurrimiento del agua por la superficie evitando de esta manera que las partículas del suelo sean arrastradas por la gran pendiente que se tiene en la región de Bermejo.

□ El uso y abuso del aprovechamiento de especies nativas, para ampliar la frontera agrícola, consumo de leña, disminuye las posibilidades de crecimiento de las especies vegetales.

La erosión en la zona constituye un problema central de degradación del medio ambiente, es ligera a moderada en la parte alta y de moderada a fuerte en la parte sur. Demostrando dos tipos de erosión: hídrica y eólica.

Es importante señalar la existencia de pérdidas de terrenos cultivados con caña de azúcar y otros cultivos, en aquellos lugares cercanos a las riberas de los ríos Bermejo, Grande de Tarija y San Telmo, debido al efecto denominado “socavamiento de

riberas”, el cual reduce anualmente la frontera agrícola de trabajo y conduce a situaciones difíciles cuando se producen desbordes de los ríos en épocas de lluvias. La erosión hídrica se presenta en todas sus formas. A continuación, se refleja la existencia de procesos erosivos en comunidades del área rural.

2.2.MATERIALES

Los materiales utilizados para la georeferenciación de los puntos de muestreo, toma de muestras, medición de caudales y las encuestas fueron los siguientes:

a) Georeferenciación de los Puntos de Muestreo:

- GPS (Global Positioning System).
- Tablero.
- Cámara fotográfica digital.
- Material de escritorio (libreta de campo, bolígrafos, lápices, tajador, etc.).

b) Toma de Muestras:

- * Conservadora de temperaturas (plastoformo y plástico).
- * Hielo.
- * 5 frascos de polipropileno de 500ml desinfectado.
- * 5 botellas (PET) Tereftalato de Polietileno de 2 litro.
- * Guantes quirúrgicos.
- * Barbijo.
- * EPP (Equipo de Protección Personal).
- * Cinta adhesiva celo.
- * Cinta masking.
- * Tablero.
- * Formulario de muestreo.
- * Etiquetas de muestreo.
- * Material de escritorio (libreta de campo, bolígrafos, lápices, tajador, etc.).
- * Cámara fotográfica digital.

c) Aforo de Caudales Volumétrico (Tomas de Agua y Tanque de Almacenamiento):

λ Balde de 20 L y 30 L

λ Tubo PVC de 4 plg.

λ Cámara fotográfica digital.

λ Cronometro.

λ Tablero.

λ Material de escritorio (libreta de campo, bolígrafos, lápices, tajador, etc.).

d) Encuestas:

* Cámara fotográfica digital.

* Tablero.

* Material de escritorio (encuestas impresas, libreta de campo, bolígrafos, lápices, tajador, etc.).

* Computadora.

2.3.METODOLOGÍA

El presente trabajo se realizó en base a los enfoques de las siguientes metodologías: cuantitativa, cualitativa, analítica y descriptiva; con el propósito de analizar e interpretar los resultados de análisis de laboratorio del agua que se consume en la comunidad de Colonia Dr. José María Linares, Municipio de Bermejo.

2.3.1. Descriptiva.

Busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (Sampieri R, 2014)

Esta metodología se utilizó para realizar la descripción de las dos tomas de agua haciendo un recorrido previo, donde se observará las características físicas de ambas y posteriormente una descripción del sistema de agua potable Colonia Linares.

2.3.2. Cualitativa.

La metodología cualitativa recoge información de carácter subjetivo, es decir que no se perciben por los sentidos, como el cariño, la afición, los valores, aspectos culturales. Por lo que sus resultados siempre se traducen en apreciaciones conceptuales (en ideas o conceptos) pero de las más alta precisión o fidelidad posible con la realidad investigada. (Behar D, 2008)

Enfoque cualitativo 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, 2014)

2.3.3. Cuantitativa.

Enfoque cuantitativo que 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, 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)

Con estos enfoques metodológicos se realizó el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en laboratorio; de las muestras que fueron tomadas en las dos tomas de captación de agua, en la entrada al tanque de almacenamiento, en la vivienda más cercana al tanque y otra muestra en la última vivienda del sistema de abastecimiento de agua para consumo de la comunidad.

2.3.4. Método de investigación:

2.3.4.1. Analítico:

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)

Este método fue empleado para el análisis de los datos obtenidos en los laboratorios a través de los diferentes muestreos que se realizaron en el sistema de abastecimiento de agua para consumo de la comunidad donde se realizó el estudio.

2.3.4.2. Técnicas de Investigación

2.3.4.2.1. Técnica de la Encuesta.

Mediante esta técnica de investigación se busca recolectar información testimonial sobre la situación real del consumo de agua, a través de un cuestionario, confrontando la teoría en busca de la verdad, debiendo permitir aproximarse a los hechos reales.

La técnica de encuesta es ampliamente utilizada como procedimiento de investigación, ya que permite obtener y elaborar datos de modo rápido y eficaz. (JC. Anguita 2003)

Se puede definir la encuesta como «una técnica que utiliza un conjunto de procedimientos estandarizados de investigación mediante los cuales se recoge y analiza una serie de datos de una muestra de casos representativa de una población o universo más amplio, del que se pretende explorar, describir, predecir y/o explicar una serie de características». (JC. Anguita 2003)

2.3.4.2.1.1. Muestreo aleatorio simple:

El muestreo es aleatorio simple si garantiza que todos los componentes de la población tienen las mismas probabilidades de formar parte de la muestra y cada una de las posibles muestras del mismo tamaño tiene la misma probabilidad de ser escogida. (JC. Anguita 2003)

2.3.4.2.1.2. Tipos de preguntas:

En el cuestionario se pueden encontrar distintos tipos de preguntas según la contestación que admitan del encuestado, de la naturaleza del contenido y de su función.

Según la contestación que admitan del encuestado:

- Cerradas.
- De elección múltiple:
- Abiertas. (JC. Anguita 2003)

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)

2.3.4.3. Técnica de comparación.

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)

Esta técnica nos permite comprobar las diferencias o similitudes entre los hechos que existen entre los datos que se obtuvieron del análisis de las muestras en laboratorio desarrollado en el trabajo de investigación, con los límites máximos permisibles de la NB 512.

2.3.5. Estructura de la Metodología

El trabajo de investigación con finalidad de realizar el análisis de la calidad del agua para consumo humano se realizó bajo las siguientes fases:

2.3.5.1.Fase de Gabinete

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

2.3.5.2.Fase de Campo

- ✕ Se realizó de acuerdo a los siguientes pasos:
- ✕ Identificación y georeferenciación de los puntos de muestreo.
- ✕ Preparación de materiales para la toma de muestras.
- ✕ Toma de muestras. La toma de muestra consiste en la colecta de una cantidad de agua representativa del momento y lugar, en recipientes adecuados, para el posterior análisis físico, químico y microbiológico.
- ✕ Transporte y conservación de muestras.
- ✕ Medición de caudales.
- ✕ Ejecución de la encuesta.

2.3.5.3. Fase de Pos Campo

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

2.3.6. Determinación del Tamaño de la Muestra

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó el método de población finita, el cual se considera que todos los individuos son susceptibles a ser elegidos, para lo cual se tomó en cuenta a todos los beneficiarios del agua en la Comunidad.

2.3.6.1. Fórmula para el tamaño de población finito

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

Dónde:

n= Tamaño de muestra.

N= Tamaño de la población.

Zα= Valor de distribución correspondiente a la distribución de gauss, Zα= 95% =1.96 y Zα= 99% = 2.58, para ciertos niveles de confianza.

p= prevalencia esperada del parámetro a evaluar, en caso de desconocerse (p=0.5) variabilidad positiva.

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

i= Error que se prevé cometer si es del 10%, i= 0.1, precisión del error.

Población = 847 habitantes = 282 familias/beneficiarios.

Datos:

n=?

N= 282 familias/beneficiarios.

Zα = 1,96

p= 0,5

q= (1-0,5) = 0.5

i= 0,1

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

$$n = \frac{(1.96)^2 * 282 * 0.5 * (1 - 0.5)}{(0.1)^2 * (282 - 1) + (1.96)^2 * 0.5 * (1 - 0.5)}$$

$$n = \frac{3.84 * 282 * 0.5 * 0.5}{0.01 * 281 + 3.84 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = \frac{3.84 * 282 * 0.25}{0.01 * 281 + 3.84 * 0.25}$$

$$n = \frac{270.72}{3.77}$$

$$n = 71.81$$

$$n = 72$$

Para conocer la situación actual sobre el consumo de agua en la comunidad se recolecto información de los beneficiarios, para lo cual se aplicó 72 encuestas al azar.

La representatividad de una muestra, permite extrapolar y por ende generalizar los resultados observados en ésta, a la población accesible (conjunto de sujetos que pertenecen a la población blanco, que están disponibles para la investigación); y a partir de ésta, a la población blanco. Por ende, una muestra será representativa o no; sólo si fue seleccionada al azar, es decir, que todos los sujetos de la población blanco y accesible, tuvieron la misma posibilidad de ser seleccionados en esta muestra y por ende ser incluidos en el estudio (técnica de muestreo probabilístico); y por otro lado, que el número de sujetos seleccionados representen numéricamente a la población que le dio origen respecto de la distribución de la variable en estudio en la población, es decir, la estimación o cálculo del tamaño de la muestra. (T. Otzen, 2017)

2.3.7. Trabajo de campo:

2.1.1.1 La selección de los puntos de muestreo fueron tomados en base a la (NB - 496, 2018) de agua potable:

Esta norma establece las condiciones y frecuencias necesarias para llevar a cabo el muestreo representativo de agua potable para ser sometida a análisis físicos, químicos, bacteriológicos y/o radiológicos y determinar su calidad.

Se definió los puntos fijos convenidos con los encargados del manejo del sistema y se identificó las diferentes muestras claramente con etiquetas, para el posterior traslado de las mismas hacia al laboratorio de CEANID – Tarija, en conservadora manteniendo la cadena de frío constante.

2.1.1.2 La selección de los parámetros de muestreo se tomó en base a la (NB - 512, 2018) de agua potable:

Capítulo III

Del control de la calidad del agua para consumo humano

17.- Parámetros de control de calidad del agua.

En atención a la Norma Boliviana NB 512, los parámetros de control de calidad del agua para consumo humano que deben realizar las EPSA, se agrupan de acuerdo a su factibilidad técnica y económica en los siguientes grupos: Control Mínimo, Control Básico, Control Complementario y Control Especial.

18.- Parámetros de control mínimo. Los parámetros de Control Mínimo de la calidad del agua para consumo humano que deben realizar las EPSA son: pH, Conductividad, Turbiedad, Cloro Residual, Coliformes Termoresistentes y Escherichia Coli.

2.3.8. Tipos de muestreo:

La toma de muestras para el análisis físico, químico y microbiológico, se realizó a través de 15 muestras puntuales durante 3 meses, Septiembre de 2019; Octubre y Noviembre de 2020; tomando en cuenta 5 puntos de muestreo, una muestra en cada Toma de captación de agua, una muestra en el tanque de almacenamiento antes de ser clorada el agua, una muestra en el primer grifo después de realizar la cloración y una muestra en el último grifo del sistema de abastecimiento de agua para consumo, es decir una muestra por punto en cada mes, mismas que serán representativas del momento y lugar determinado.

2.3.8.1. Parámetros considerados para el Análisis Físico, Químico y Microbiológico

Para determinar la calidad del agua que consume la población de Colonia Linares, se realizó un análisis físico, químico y microbiológico en el laboratorio de CEANID tomando en cuenta los parámetros de control mínimo de la Norma Bolivia 512 como se describe en el cuadro N° 1 y cuadro N° 2.

Cuadro N° 1 Parámetros seleccionados (Físico - químico)

PARAMETROS FÍSICO - QUÍMICOS				
N°	Parámetro	Unidad	Valor aceptable (NB – 512)	máximo
1	pH		6,5	Mínimo
			9	Máximo
2	Conductividad	µS/cm	1500	
3	Turbiedad	UNT	5	
4	Cloro Residual	mg/L	0,2	Mínimo
			1,5	Máximo

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 2 Parámetros seleccionados (Microbiológicos)

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS			
N°	Parámetro	Unidad	Valor máximo aceptable (NB - 512)
1	Coliformes Termoresistentes	UFC/100mL	<1 A través de membrana filtrante.
		NMP/100mL	<2 A través de tubos múltiples.
2	Escherichia coli	UFC/100mL	<1 A través de membrana filtrante.

NMP/100mL <2 A través de tubos múltiples.

Fuente: Elaboración propia.

2.3.9. Toma de muestras

2.3.9.1. Puntos de Monitoreo:

Las muestras fueron tomadas en 5 puntos del sistema de agua potable de la Comunidad de Colonia Dr. José María Linares “Colonia Linares”, perteneciente al Cantón Arrozales, Municipio de Bermejo, identificadas con los siguientes códigos de muestreo. Para la georreferenciación (Coordenadas) de los Puntos de Muestreo se utilizó un GPS Garmin.

2.3.9.1.1. Toma de muestra n° 1 - septiembre 2019:

Cuadro N° 3 Puntos de Monitoreo, muestreo N° 1

Código de muestreo	Fecha y hora	Descripción	Coordenadas (UTM)
P1	23/09/2019 Hr. 16:00 p.m.	Punto de muestreo N° 1 Toma de agua "QDA. CORDERO"	ALT.: 600 m.s.n.m. UTM: (X) 0364230 (Y) 7495517
P2	23/09/2019 Hr. 16:25 p.m.	Punto de muestreo N° 2 Toma de agua "QDA. SUBIA"	ALT.: 523 m.s.n.m. UTM: (X) 0365077 (Y) 7495362
P3	23/09/2019 Hr. 16:55 p.m.	Punto de muestreo N° 3 Tanque de Almacenamiento.	ALT.: 463 m.s.n.m. UTM: (X) 0367707 (Y) 7493732

P4	23/09/2019 Hr. 17:25 p.m.	Punto de muestreo N° 4 primera vivienda de la red de distribución "FLIA.CASTILLO"	ALT.: 398 m.s.n.m. UTM: (X) 0368575 (Y) 7492863
P5	23/09/2019 Hr. 17:45 p.m.	Punto de muestreo N° 5 última vivienda de la red de distribución "CAMPAMENTO TEJERINA"	ALT.: 391 m.s.n.m. UTM: (X) 0368461 (Y) 7491748

Fuente: Elaboración propia.

2.3.9.1.1.1.Procedimiento:

- ♣ Para la toma de muestras destinadas al análisis físico - químico, se empleó botellas Tereftalato de Polietileno (PET) de dos litros, procediendo a hacer el triple enjuagado al envase mencionado para que las mismas estén aptas para la posterior colecta de la muestra; a continuación se obtuvo una cantidad de agua representativa de cada punto de muestreo estipulado en el cuadro anterior, teniendo mucha precaución para no contaminar la muestra como indica la Norma Boliviana (NB - 496), posterior a eso se tapa la botella, se coloca su etiqueta respectiva a cada uno de los envases en la que indica; el punto de muestreo, coordenadas, fecha, hora, lugar, tipo de fuente y responsable de muestreo.
- ♣ La colecta de muestra destinada al análisis microbiológico, se realizó en un frasco esterilizado de plástico con tapa ancha que fueron proporcionados por el laboratorio donde se realizó el análisis respectivo, posteriormente se procedió a la recolección de la muestra teniendo los recaudos necesarios para evitar la contaminación de la misma como indica la NB - 496; inmediatamente se realiza el tapado del envase, se etiqueta a cada uno de los frascos de acuerdo al punto de muestreo con su respectiva identificación (punto de muestreo, fecha, hora, lugar, responsable del

muestreo, etc.). se introdujo los frascos a la conservadora, con la finalidad de evitar la pérdida de la cadena de frío de las muestras hasta su entrega al laboratorio CEANID (Centro de Análisis, Investigación Científica).

2.3.9.1.2. Toma de muestras N° 2 - octubre 2020

Cuadro N° 4 Puntos de Monitoreo, muestreo N° 2

Código de muestreo	Fecha y hora	Descripción	Coordenadas (UTM)
P1	20/10/2020 Hr. 15:35 p.m.	Punto de muestreo N° 1 Toma de agua "QDA. CORDERO"	ALT.: 600 m.s.n.m. UTM: (X) 0364230 (Y) 7495517
P2	20/10/2020 Hr. 15:55 p.m.	Punto de muestreo N° 2 Toma de agua "QDA. SUBIA"	ALT.: 523 m.s.n.m. UTM: (X) 0365077 (Y) 7495362
P3	20/10/2020 Hr. 16:25 p.m.	Punto de muestreo N° 3 Tanque de Almacenamiento.	ALT.: 463 m.s.n.m. UTM: (X) 0367707 (Y) 7493732
P4	20/10/2020 Hr. 16:55 p.m.	Punto de muestreo N° 4 primera vivienda de la red de distribución "FLIA.CASTILLO"	ALT.: 398 m.s.n.m. UTM: (X) 0368575 (Y) 7492863
P5	20/10/2020 Hr. 17:25 p.m.	Punto de muestreo N° 5 última vivienda de la red de distribución "CAMPAMENTO TEJERINA"	ALT.: 391 m.s.n.m. UTM: (X) 0368461 (Y) 7491748

Fuente: Elaboración propia.

- ∞ Para el segundo monitoreo con fines de conocer la calidad de agua que consume la población de Colonia Linares se procedió a la colecta de las muestras en fecha 20 de octubre de 2020, en los mismos puntos de monitoreo que se realizó anteriormente y también manteniendo los parámetros de control mínimo de la NB – 512.
- ∞ El procedimiento de toma de muestras y traslado al laboratorio es el mismo que se empleó en el primer monitoreo realizado en el mes de septiembre de 2019, solamente difieren los envases tanto para los parámetros físico – químicos botellas PET y para análisis microbiológicos frascos de plástico esterilizados por el laboratorio, cabe mencionar que dichos envases fueron bien identificados con sus respectivas etiquetas, para su posterior entrega de las muestras al laboratorio seleccionado para el estudio respectivo.

2.3.9.1.3. Toma de muestras N° 3 - noviembre 2020

Cuadro N° 5 Puntos de Monitoreo, muestreo N° 3

Código de muestreo	Fecha y hora	Descripción	Coordenadas (UTM)
P1	25/11/2020 Hr. 15:00 p.m.	Punto de muestreo N° 1 Toma de agua "QDA. CORDERO"	ALT.: 600 m.s.n.m. UTM: (X) 0364230 (Y) 7495517
P2	25/11/2020 Hr. 15:30 p.m.	Punto de muestreo N° 2 Toma de agua "QDA. SUBIA"	ALT.: 523 m.s.n.m. UTM: (X) 0365077 (Y) 7495362
P3	25/11/2020 Hr. 16:00 p.m.	Punto de muestreo N° 3 Tanque de Almacenamiento.	ALT.: 463 m.s.n.m. UTM:

			(X) 0367707
			(Y) 7493732
P4	25/11/2020 Hr. 16:30 p.m.	Punto de muestreo N° 4 primera vivienda de la red de distribución “FLIA.CASTILLO”	ALT.: 398 m.s.n.m. UTM: (X) 0368575 (Y) 7492863
P5	25/11/2020 Hr. 17:10 p.m.	Punto de muestreo N° 5 última vivienda de la red de distribución “CAMPAMENTO TEJERINA”	ALT.: 391 m.s.n.m. UTM: (X) 0368461 (Y) 7491748

Fuente: Elaboración propia.

El tercer monitoreo se realizó en fecha 25 de noviembre del año 2020, en los puntos descritos en el cuadro N° 5 con la finalidad de realizar el análisis físico – químico y microbiológico en laboratorio de CEANID - Tarija. Las muestras de agua colectadas fueron representativas del momento y lugar de cada uno de los puntos estipulados para dicho estudio; tomando todas las precauciones necesarias que indica la NB – 496 (Normativa que rige la Toma de Muestras), con el propósito de evitar la contaminación de la muestra, para su posterior traslado al laboratorio para el análisis respectivo de las mismas.

2.3.9.2. Aforo de Caudales:

2.3.9.2.1. Medición del caudal de la Quebrada “CORDERO” fuente de captación (obra de toma).

El trabajo de investigación se encuadro en la metodología cuantitativa, por tratarse de la medición del caudal de agua que ingresa de la quebrada “Cordero” a la red, en esa época (estiaje) del año, la metodología cuantitativa tiene que ver con la cantidad y por lo tanto su medio principal es la medición de entrada y llegada de cierto volumen

de agua al tanque de almacenamiento y que por su naturaleza siempre arroja números como resultado.

La medición se realizó mediante técnicas conocidas, de acuerdo a la naturaleza y tamaño de la fuente, empleando el método volumétrico directo captando toda el agua de la quebrada Cordero mediante un tubo de 4 plg., basándose en controlar el tiempo que tarda en llenar el recipiente (balde) de 20 litros época de estiaje y 30 L en época de lluvia.

-Volumen de balde para medir en época de estiaje

$$V = 20L * \frac{1m^3}{1000L} = 0,02 m^3$$

-Volumen de balde para medir en época de lluvia

$$V = 30L * \frac{1m^3}{1000L} = 0,03 m^3$$

La fórmula es la siguiente:

Dónde: $Q=V/t$

Q_1 = Caudal de la quebrada “CORDERO” Toma N° 1 (m^3/s)

V= Volumen del agua de la quebrada (m^3)

t= Tiempo en que se llena el balde (s)

2.3.9.2.2. Medición del caudal de la Quebrada “SUBIA” fuente de captación (obra de toma).

La medición se realizó mediante técnicas conocidas, de acuerdo a la naturaleza y tamaño de la fuente, empleando el método volumétrico directo, captando toda el agua de la quebrada Subia mediante un tubo de 4 plg., basándose en controlar el tiempo que tarda en llenar el recipiente (balde) de 20 litros época de estiaje y 30 L en época de lluvia; la operación fue la siguiente. (Ver anexo 9)

-Volumen de balde para medir en época de estiaje

$$V = 20L * \frac{1m^3}{1000L} = 0,02 m^3$$

-Volumen de balde para medir en época de lluvia

$$V = 30L * \frac{1m^3}{1000L} = 0,03 m^3$$

La fórmula es la siguiente:

Dónde: $Q=V/t$

Q_2 = Caudal de la quebrada “SUBIA” Toma N° 2 (m^3/ s)

V= Volumen del agua de la quebrada (m^3)

t= Tiempo en que se llena el balde (s)

2.3.9.2.3. Medición de caudal que llega al tanque de almacenamiento

El procedimiento utilizado fue mediante el método volumétrico debido a las características y condiciones que presenta dicho lugar, donde se mide el tiempo que tarda en llenar un recipiente (balde) de volumen conocido 20 L época de estiaje y 30 L en época de lluvia.

-Volumen de balde para medir en época de estiaje

$$V = 20L * \frac{1m^3}{1000L} = 0,02 m^3$$

-Volumen de balde para medir en época de lluvia

$$V = 30L * \frac{1m^3}{1000L} = 0,03 m^3$$

La fórmula es la siguiente:

Dónde: $Q=V/t$

Q_3 = Caudal de la tubería que llega al Tanque de Almacenamiento (m^3/ s)

V= Volumen (m^3)

t= Tiempo en que se llena el balde (s).

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 RESULTADOS

3.1.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LAS OBRAS DE TOMA

3.1.1.1 Toma N° 1 Quebrada “Cordero”

La obra de toma se encuentra ubicada en las serranías de la comunidad de EL TORO, misma que colinda con la Comunidad Colonia Linares; está entre las coordenadas (UTM) 364230 longitud Oeste y 7495517 latitud Sur, a una altitud de 600 m.s.n.m.

Las principales características fisiográficas del área circundante a la toma que se distinguen “in situ” son; vegetación densa con predominancia de árboles, arbustos y maleza.

El suelo presenta predominancia de rocas laminares.

Figura N° 4 Toma de agua N° 1 "CORDERO"



Fuente: Elaboración propia.

Esta Toma de captación está construida en el lecho rocoso de la quebrada con un muro de hormigón que atraviesa el curso de agua el mismo que sujeta a un tubo perforado de Policloruro de Vinilo (PVC-U) de 4" con orificios de 1 cm., de diámetro alrededor del tubo colector a una distancia de 10 cm. Entre cada perforación en forma lineal, y a 7 cm. Entre líneas; el tubo está sobre roca laminada de diferentes tamaños, y sobre esta una capa de grava de un diámetro mayor a 2 cm, para evitar el ingreso de materiales (hojas, palos, arenas, piedras, etc.) a la red de captación de agua.

Junto al muro se construyó una cámara de hormigón ciclópeo de 1 * 1 m. * 0.8 m. de altura, que recibe el agua que ingresa por el tubo perforado y al mismo tiempo conduce a la red de aducción.

3.1.1. Toma N° 2 Quebrada "Subia"

La georreferenciación de este punto de estudio tiene las siguientes coordenadas (UTM); 365077 longitud Oeste y 7495362 latitud Sur con una altitud 523 m.s.n.m.

El suelo que se encuentra en las riberas de la quebrada es de textura franco arcilloso, lo que probablemente genere una carga de sedimentos en época de lluvias y que ingresa al sistema.

El área circundante a la toma existe plantación de frutales (cítricos, carozos, mango, banana, palta, etc.) y no tiene un cierre perimetral que impida el ingreso de animales y personas, que pueden generar contaminación como reflejan los resultados de análisis de laboratorio.

Figura N° 5 Toma de agua N° 2 "SUBIA"



Fuente: Elaboración propia.

Esta toma de captación tiene la misma estructura física que la anterior (muro de hormigón, tubo Policloruro de Vinilo (PVC-U) perforado), la cámara colectora de agua es de menor tamaño con dimensiones de 0.6 m. * 0.6 m. * 0.8 m. de altura; a partir de esta cámara se conduce el agua mediante una tubería de 4" a una cámara filtro que está a una distancia de 3 m. de la obra de toma. Las medidas de la cámara filtro son 1.2 m. * 2.5 m, con una altura de 1.2 m. con dos tapas de hormigón armado con la misma dimensión. Dentro de la cámara se construyó un muro que divide a la misma en dos partes con dimensiones de 0.6 m. de altura y un espesor de 0.1 m, la primera cámara de recepción del agua tiene una luz de 0.6 m. de longitud * 0.9 m. de ancho * 1.2 m. de altura, el segundo espacio de la cámara es de 1.5 m. * 0.9 m. * 1.2 m. de altura, en este espacio se ha colocado diferentes capas de material filtrante, en la parte inferior grava gruesa, al centro gravilla y en la parte superior una capa de arena, estas capas cumplen la función de filtro del sistema de agua. Esta cámara se conecta a la red de aducción del sistema.

3.1.2. Cámara de aducción:

Figura N° 6 Cámara de aducción



Fuente: Elaboración propia.

Esta cámara con tapa construida de hormigón con dimensiones 1.2 m de largo * 0.8 m de ancho y una profundidad de 0.6 m, dentro de esta cámara se encuentra un divisorio 0.3 m en la entrada de ambos caudales que llegan de las tomas, este divisorio permite el homogenizado del agua; la cámara se encuentra a una distancia de 500 m de la obra de toma N° 2 “SUBIA”, mientras que la toma N° 1 “CORDERO”, se encuentra a una distancia de 2 km, de la cámara de aducción, donde se homogeniza el agua de ambas tomas, para su posterior conducción mediante una tubería de 4 plg., hacia el tanque de almacenamiento que está a una distancia de 5 km de esta cámara de aducción.

3.1.3. Tanque de almacenamiento:

Este tiene las siguientes características; está construido al lado del camino troncal hacia la comunidad de EL TORO, con las coordenadas (UTM) 367707 de longitud Oeste y 7493732 de latitud Sur.

Figura N° 7 Tanque de almacenamiento



Fuente: Elaboración propia.

Está construido con Hormigón Armado H° A°; son dos tanques construidos asimétricamente, cada uno con una capacidad de almacenamiento de 50 m³. Sobre cada uno de ellos se construyó una caseta con paredes de ladrillo cerámico visto de 1m * 1m, techado con chapa, estas casetas están destinadas para la instalación del recipiente (tinaco) que contenga la solución del desinfectante (hipoclorito de calcio, hipoclorito de sodio o cloro líquido), para clorar el agua; ambos tanques de almacenamiento tienen sus respectivos desagües, para poder realizar la limpieza correspondiente cada tanque tiene su cámara de válvulas, que permiten la salida del flujo de agua hacia la red de distribución.

Esta obra construida (tanque de almacenamiento) tiene su respectivo cierre perimetral con malla olímpica, para evitar el ingreso de personas ajenas al manejo del sistema de agua para consumo en la Comunidad.

3.2.Resultados del Cálculo de los Caudales del Sistema: Obras de Tomas y el Tanque Almacenamiento (Clorador).

3.2.1. Resultado del cálculo de los caudales medidos en el sistema de agua potable Colonia Linares.

El sistema de agua para consumo en la Comunidad de Colonia Linares cuenta con una tubería de acero galvanizado de 4 plg., en ambas tomas que conduce el agua hacia una cámara de aducción, donde ciertos volúmenes de agua que ingresan al sistema se homogenizan y son conducidos por una tubería de PVC de 4 plg., hacia el tanque de almacenamiento, que está ubicado a una distancia de 6 km de la cámara de aducción. El aforo de caudales (Volumétrico) se realizó en fecha: 2 de septiembre de 2019 época de estiaje y en fecha 11 de enero de 2020 época de lluvia, con la finalidad de contar con datos más aproximados a caudales mínimos y máximos que se tienen en la comunidad, para su distribución hacia el servicio de la población.

3.2.1.1.Medición de caudal en la toma de agua: Toma N° 1 Quebrada

“CORDERO” 02/09/2019

i. Caudal volumétrico quebrada “CORDERO”

Cuadro N° 6 Datos de medición de caudal Toma 1

Número de mediciones (Tiempos)	Segundos (s)	Vol. Balde (L)
T1	4,19	20
T2	4,45	
T3	4,52	

T4	4,86
T5	4,71
T6	4,46
T7	4,97
T8	4,46
T9	4,85
T10	4,38
Sumatoria Tiempo	45,85
Tiempo Promedio	4,585

Fuente: Elaboración propia.

* **Cálculo de caudal:**

$$V = 20 \text{ L} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 0,02 \text{ m}^3$$

Dónde: $Q_1 = V/t$

Q_1 = Caudal del agua Toma N° 1 que entra a la red (m^3/s)

V= Volumen del balde (m^3)

t= Tiempo en que se llena el balde (s)

$$Q_1 = V/t$$

$$Q_1 = \frac{0.02 \text{ m}^3}{4.58 \text{ s.}} = 0.00437 \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$Q_1 = 0.00437 \text{ m}^3/\text{s} * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = 4.37 \text{ l/s}$$

3.2.1.2. Medición de caudal en la toma de agua: Toma N° 2 Quebrada “SUBIA”

02/09/2019

ii. Caudal volumétrico quebrada “SUBIA”

Cuadro N° 7 Datos de medición de caudal Toma 2

Número de mediciones (Tiempos)	de Segundos (s)	Vol. Balde (L)
T1	12,01	20
T2	13,19	
T3	13,44	
T4	11,25	
T5	10,59	
T6	11,74	
T7	11,56	
T8	10,54	
T9	9,89	
T10	10,14	
Sumatoria Tiempo	114,35	
Tiempo Promedio	11,435	

Fuente: Elaboración propia.

* Cálculo de caudal

$$V = 20 \text{ L} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 0,02 \text{ m}^3$$

Dónde: $Q_2 = V/t$

Q_2 = Caudal del agua Toma N° 2 que entra a la red (m³/ s)

V= Volumen del balde (m^3)

t= Tiempo en que se llena el balde (s)

$$Q_2 = V/t$$

$$Q_2 = \frac{0.02 \text{ m}^3}{11.44 \text{ s.}} = 0.00175 \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$Q_2 = 0.00175 \text{ m}^3/\text{s} * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = 1.75 \text{ l/s}$$

3.2.1.3. Medición de caudal en el “TANQUE DE ALMACENAMIENTO”

02/09/2019

iii. Caudal volumétrico quebrada “TANQUE DE ALMACENAMIENTO”

Cuadro N° 8 Datos de medición de caudal Tanque de Almacenamiento

Número de mediciones (Tiempos)	Segundos (s)	Vol. Balde (L)
T1	3,35	20
T2	3,31	
T3	3,29	
T4	3,33	
T5	3,34	
T6	3,37	
T7	3,35	
T8	3,33	
T9	3,36	

T10	3,32
Sumatoria Tiempo	33,35
Tiempo Promedio	3,335

Fuente: Elaboración propia.

* **Cálculo de caudal**

$$V = 20 \text{ L} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 0,02 \text{ m}^3$$

Dónde: $Q_3 = V/t$

Q_3 = Caudal que llega al Tanque de almacenamiento (m^3/s)

V= Volumen del balde (m^3)

t= Tiempo en que se llena el balde (s)

$$Q_3 = V/t$$

$$Q_3 = \frac{0.02 \text{ m}^3}{3.34 \text{ s.}} = 0.00598 \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$Q_3 = 0.00598 \text{ m}^3/\text{s} * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = 5.98 \text{ l/s}$$

Como se muestra en el resultado obtenido, para la época de estiaje se tiene un caudal de llegada al tanque de almacenamiento es de 5.98 l/s, con este caudal conocido se podrá calcular la dosificación óptima de cloro, también determinar la cantidad de cloro que se necesitará para el volumen de agua que tiene el tanque de 50000 litros, que es igual a 50 m³, y de esta manera distribuir a los beneficiarios.

↗ **Caudal de pérdida:**

ΔQ = Caudal de perdida (m^3/s)

Q_1 = Caudal del agua Toma N° 1 que entra a la red (m^3/s)

Q_2 = Caudal del agua Toma N° 2 que entra a la red (m^3/s)

Q_3 = Caudal que llega al Tanque de almacenamiento (m^3/s)

$$\Delta Q = (Q_1 + Q_2) - Q_3$$

$$\Delta Q = (0.00437 \text{ m}^3/s + 0.00175 \text{ m}^3/s) - 0.00598 \text{ m}^3/s$$

$$\Delta Q = 0.00612 \text{ m}^3/s - 0.00598 \text{ m}^3/s$$

$$\Delta Q = 0.00014 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = 0.14 \text{ l/s}$$

Deduciendo la ecuación, como se puede observar, existe un caudal de pérdida de agua de 0.14 l/s en el trayecto de la red de conducción del agua hacia el tanque de almacenamiento.

3.2.1.4. Medición de caudal en la toma de agua: Toma N° 1 Quebrada

“CORDERO” 11/01/2020

iv. Caudal volumétrico Quebrada “CORDERO”

Cuadro N° 9 Datos de la segunda medición de caudal Toma 1

Número de mediciones (Tiempos)	de Segundos (s)	Vol. Balde (L)
T1	4,85	30
T2	4,90	
T3	4,83	
T4	4,85	
T5	4,84	
T6	4,86	
T7	4,87	
T8	4,83	

T9	4,85
T10	4,86
Sumatoria Tiempo	48,54
Tiempo Promedio	4,854

Fuente: Elaboración propia.

* **Cálculo de caudal:**

$$V = 30 \text{ L} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 0,03 \text{ m}^3$$

Dónde: $Q_1 = V/t$

Q_1 = Caudal del agua Toma N° 1 que entra a la red (m^3/s)

V= Volumen del balde (m^3)

t= Tiempo en que se llena el balde (s)

$$Q_1 = V/t$$

$$Q_1 = \frac{0.03 \text{ m}^3}{4.85 \text{ s.}} = 0.00618 \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$Q_1 = 0.00618 \text{ m}^3/\text{s} * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = 6.18 \text{ l/s}$$

3.2.1.5. Medición de caudal en la toma de agua: Toma N° 2 Quebrada “SUBIA”

11/01/2020

v. Caudal volumétrico Quebrada “SUBIA”

Cuadro N° 10 Datos de la segunda medición de caudal Toma 2

Número de mediciones (Tiempos)	de Segundos (s)	Vol. Balde (L)
T1	6,12	30

T2	6,13
T3	6,1
T4	6,13
T5	6,11
T6	6,09
T7	6,14
T8	6,13
T9	6,15
T10	6,14
Sumatoria Tiempo	61,24
Tiempo Promedio	6,124

Fuente: Elaboración propia.

* **Cálculo de caudal**

$$V = 30 \text{ L} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 0,03 \text{ m}^3$$

Dónde: $Q_2 = V/t$

Q_2 = Caudal del agua Toma N° 2 que entra a la red (m^3/ s)

V= Volumen del balde (m^3)

t= Tiempo en que se llena el balde (s)

$$Q_2 = V/t$$

$$Q_2 = \frac{0.03 \text{ m}^3}{6.12 \text{ s.}} = 0.00490 \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$Q_2 = 0.00490 \text{ m}^3/\text{s} * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = 4.90 \text{ l/s}$$

3.2.1.6. Medición de caudal en el “TANQUE DE ALMACENAMIENTO”

11/01/2020

vi. Caudal volumétrico quebrada “TANQUE DE ALMACENAMIENTO”

Cuadro N° 11 Datos de la segunda medición de caudal Tanque de almacenamiento

Número de mediciones (Tiempos)	de Segundos (s)	Vol. Balde (L)
T1	3,05	30
T2	3,04	
T3	3,08	
T4	3,01	
T5	3,06	
T6	2,99	
T7	3,00	
T8	2,97	
T9	3,04	
T10	3,03	
Sumatoria Tiempo	30,27	
Tiempo Promedio	3,027	

Fuente: Elaboración propia.

* **Cálculo de caudal**

$$V = 30 \text{ L} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 0,03 \text{ m}^3$$

Dónde: $Q_3 = V/t$

Q_3 = Caudal que llega al Tanque de almacenamiento (m^3/s)

V= Volumen del balde (m^3)

t= Tiempo en que se llena el balde (s)

$$Q_3 = V/t$$

$$Q_3 = \frac{0.03 \text{ m}^3}{3.03 \text{ s.}} = 0.00990 \text{ m}^3/s.$$

$$Q_3 = 0.00990 \text{ m}^3/s * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = 9.90 \text{ l/s}$$

El caudal que llega al tanque de almacenamiento en época de lluvia es de 9.90 l/s, con este caudal conocido se podrá calcular la dosificación óptima de cloro, también determinar la cantidad de cloro que se necesitará para el volumen de agua que tiene el tanque de 50000 litros, que es igual a 50 m³, y de esta manera distribuir a los beneficiarios.

↗ **Caudal de pérdida:**

ΔQ = Caudal de pérdida (m^3/s)

Q_1 = Caudal del agua Toma N° 1 que entra a la red (m^3/s)

Q_2 = Caudal del agua Toma N° 2 que entra a la red (m^3/s)

Q_3 = Caudal que llega al Tanque de almacenamiento (m^3/s)

$$\Delta Q = (Q_1 + Q_2) - Q_3$$

$$\Delta Q = (0.00618 \text{ m}^3/s. + 0.00490 \text{ m}^3/s.) - 0.00990 \text{ m}^3/s.$$

$$\Delta Q = 0.01108 \text{ m}^3/s - 0.00990 \text{ m}^3/s$$

$$\Delta Q = 0.00118 \frac{m^3}{s} * \frac{1000 l}{1 m^3} = 1.18 l/s$$

Como se puede apreciar en el resultado de la fórmula aplicada para calcular el caudal de pérdida que se tiene en el tramo de recorrido de ambas tomas hasta la llegada del agua al tanque de almacenamiento es de 1.18 l/s.

-Se realizó la medición de caudales a través del Método Volumétrico porque es más práctico para mediciones en caudales pequeños y arroja datos confiables.

3.3.Resultados del Estado Actual del Sistema de Agua Potable en la Comunidad

Dr. José María Linares “Colonia Linares”

Con la finalidad de diagnosticar el estado actual del agua que consume la población de Colonia Linares se recurrió al uso de la NB 512, Normativa que rige el control de la calidad del agua para consumo humano, basándose en el análisis de los parámetros de control mínimo.

De acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio en todos los muestreos y los diferentes puntos estipulados; se observa la presencia de los parámetros microbiológicos (coliformes Termoresistentes y Escherichia coli), con números que sobrepasan los valores de los Límites Máximos Permisibles (LMP) que exige la NB - 512; por lo tanto, el agua no es apta para consumo humano. Cabe mencionar que en el primer muestreo, septiembre de 2019 en dos puntos (primera y última vivienda de la red de distribución de agua potable), se dan valores aceptables según la NB - 512 hecho que se atribuye a la cloración que se realizaba en ese momento y en el segundo muestreo Octubre de 2020, en el punto N° 5 se alcanzó valores que están por debajo de los LMP de la normativa vigente; mientras tanto los parámetros físicos – químicos en los tres muestreos y en todos los puntos de colecta de la muestra destacan valores aceptables para el consumo humano; resaltando el parámetro cloro residual que solo se midió en el P4 y P5 del sistema de agua potable, en el punto 4 se tiene presencia del mismo, mientras que en los demás muestreos no existe valor alguno de este parámetro debido a la falta de cloración del agua.

3.3.1. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS ENCUESTAS

A través de la técnica de la encuesta se logró la recolección de información primaria sobre la percepción de agua de consumo a los diferentes beneficiarios encuestados en la comunidad de Colonia Linares.

Los resultados alcanzados mediante esta técnica se detallan a continuación mediante cuadros y gráficas:

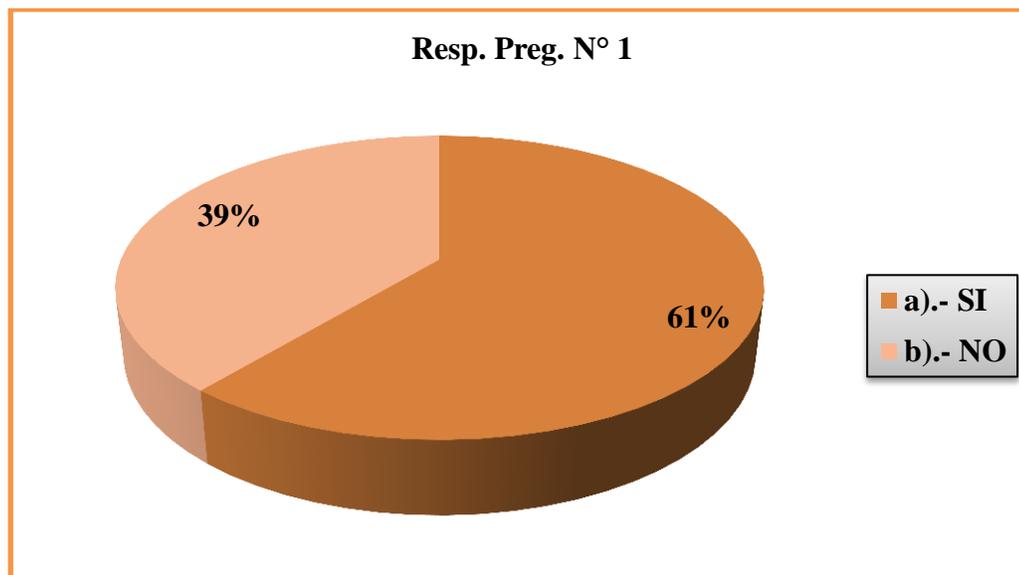
1. ¿Ud. tiene conocimiento de cuantas fuentes de agua existen en la Comunidad?

Tabla N° 7 Datos de encuesta Preg. 1

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
1	a).- SÍ	44	61 %
	b).- NO	28	39 %

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 1 Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 1



Fuente: Elaboración propia.

En relación a la pregunta planteada en la encuesta realizada en la Comunidad de Colonia Dr. José María Linares, se evidencia claramente que la población encuestada al azar, en un 61 % que representa a 44 de 72 beneficiarios tiene conocimiento acerca de cuantas fuentes de captación de agua existen para abastecer a la comunidad, mientras que en un 39 % es decir 28 beneficiarios no tienen dicha información.

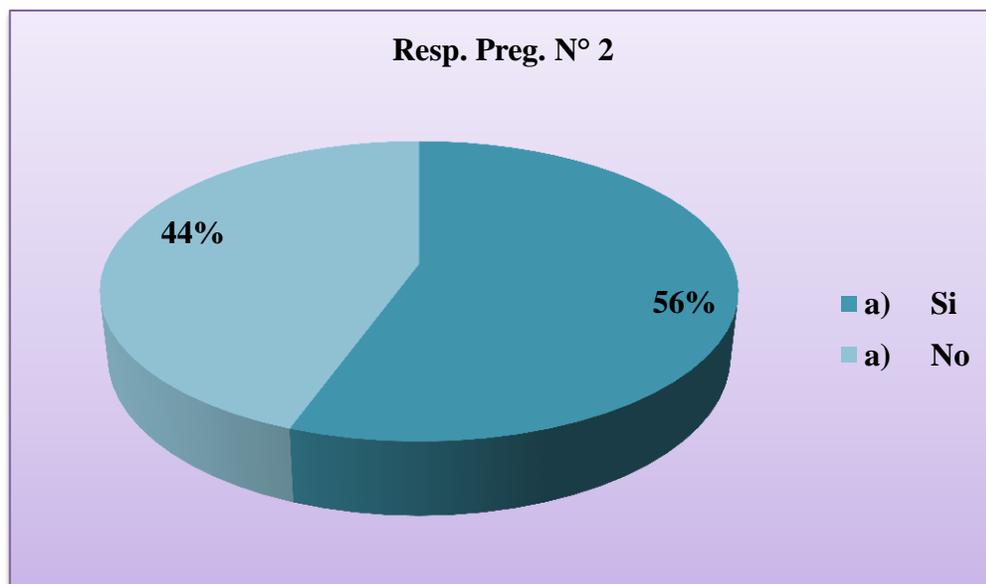
2. ¿Ud. tiene conocimiento de dónde proviene el agua que se consume en la Comunidad?

Tabla N° 8 Datos de encuesta Preg. 2

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
2	a).- SÍ	40	56 %
	b).- NO	32	44 %

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 2 Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 2



Fuente: Elaboración propia.

La población en estudio, de 72 encuestados 40 comunarios que es un 56 % dicen conocer de donde proviene el agua que se consume en la comunidad, y un 44 % de la población en estudio es decir 32 beneficiarios no tiene conocimiento acerca de la procedencia del agua que se consume en la comunidad.

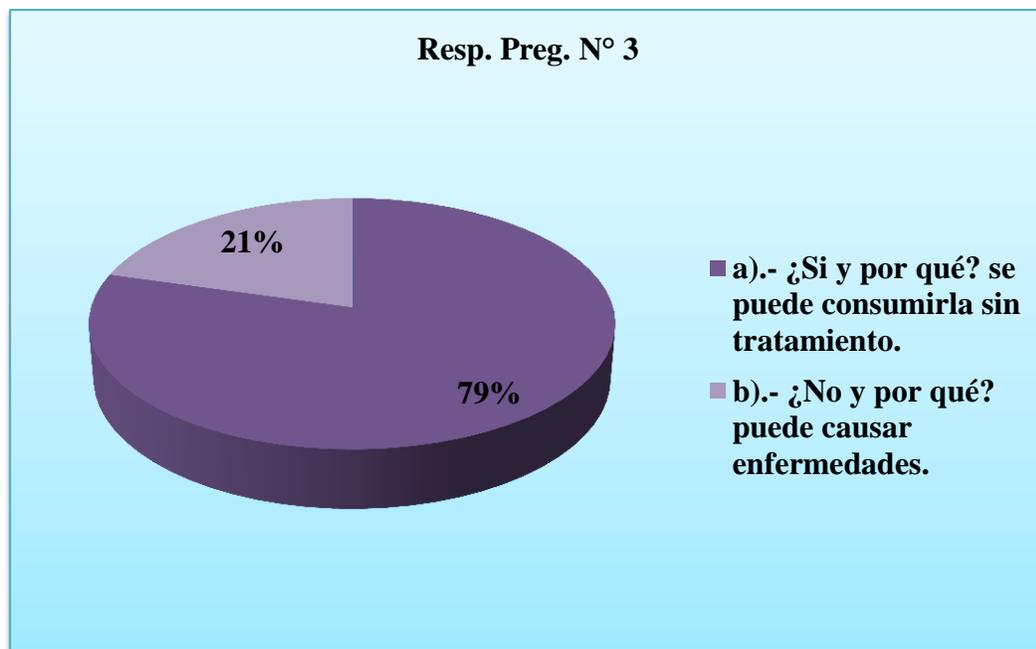
3. ¿Cree Ud. que la calidad de agua que consume es buena?

Tabla N° 9 Datos de encuesta Preg. 3

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
3	a).- Sí ¿por qué? se puede consumirla sin tratamiento.	58	79 %
	b).- No ¿por qué? puede causar enfermedades.	14	21 %

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 3 Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 3



Fuente: Elaboración propia.

En relación a la calidad del agua que se consume en la comunidad un 79 % de la población en estudio cree que la calidad de este líquido elemento es buena, porque pese a no ser tratada con ningún producto químico que lo transforme en potable, se la puede consumir en ese estado y no te causa problemas serios en la salud; mientras que el 21 % de los encuestados cree que no es buena el agua, porque no es potable, y consumirla en ese estado resulta ser dañina para la salud.

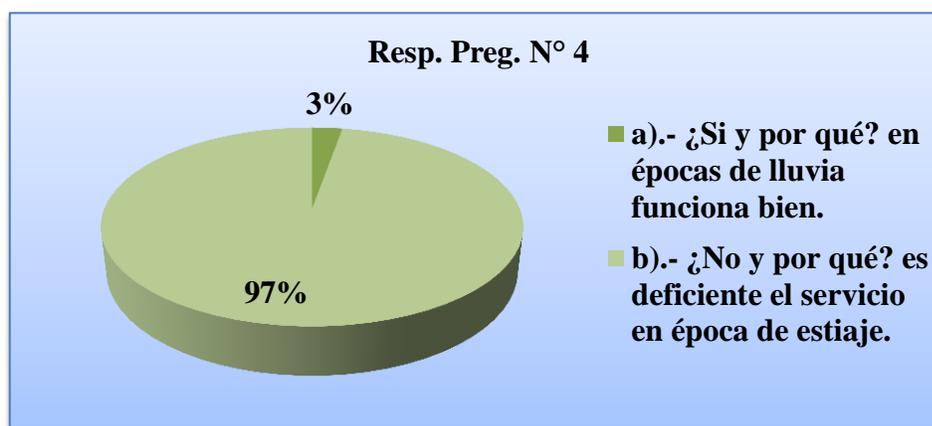
4. ¿El sistema de abastecimiento de agua para consumo funciona bien en la Comunidad?

Tabla N° 10 Datos de encuesta Preg. 4

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
4	a).- Sí, ¿por qué? en épocas de lluvia funciona bien.	2	3 %
	b).- No ¿por qué? es deficiente el servicio en época de estiaje.	70	97 %

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 4 Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 4



Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la pregunta 4, donde se plantea la incógnita sobre el funcionamiento del sistema de agua para consumo en la comunidad un 97 % de los encuestados 70 beneficiarios concuerdan que no funciona bien, lo atribuyen a la falta de agua, es decir es deficiente en épocas de estiaje, no abastece el consumo de la población; mientras tanto un 3 % de los encuestados es decir 2 beneficiarios dicen que el sistema funciona bien.

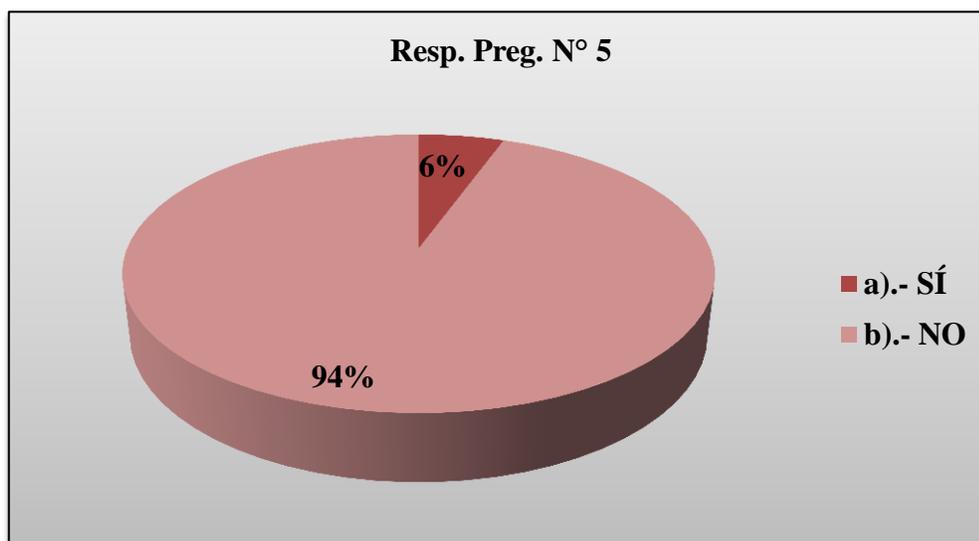
5. ¿Ud. tiene conocimiento si el agua de consumo recibe algún tipo de tratamiento?

Tabla N° 11 Datos de encuesta Preg. 5

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
5	a).- SÍ	4	6 %
	b).- NO	68	94 %

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 5 Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 5



Fuente: Elaboración propia.

Se tiene evidencia clara que la población en estudio, un 94 % es decir 68 beneficiarios tiene conocimiento que el agua que está consumiendo no recibe ningún tipo de tratamiento para que sea potable; y solo un 6 % es decir 4 beneficiarios cree que se realiza tratamiento de potabilización del agua.

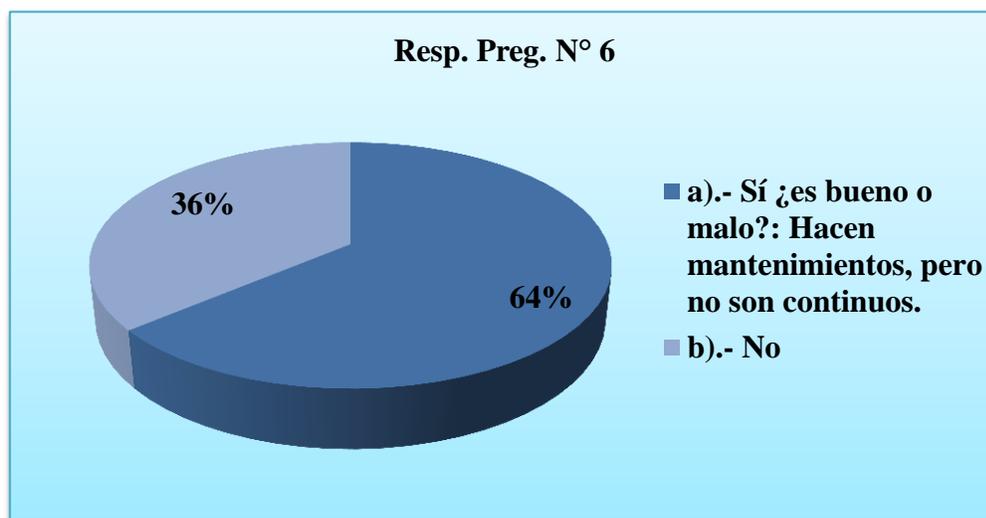
6. ¿Ud. tiene conocimiento si se realiza mantenimientos continuos en la red de distribución del sistema de agua potable?

Tabla N° 12 Datos de encuesta Preg. 6

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
6	a).- Sí, ¿Es bueno o malo? Hacen mantenimientos, pero no son continuos.	46	64 %
	b).- No	26	36 %

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 6 Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 6



Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a lo planteado en la pregunta 6, se evidencia claramente que la población en estudio, en un 64 % 46 de los 72 encuestados tienen conocimiento que

se realiza trabajos de mantenimiento al sistema de agua para consumo en la comunidad, sin embargo, dicen que estos trabajos no son continuos, como se requiere; por otro lado 26 encuestados que representa un 36 % de la población en estudio no tiene conocimiento acerca de la situación.

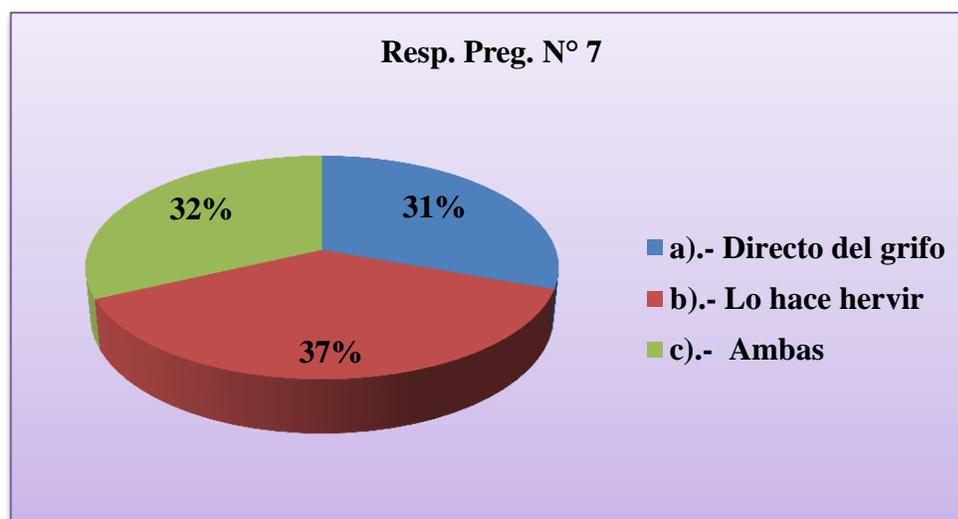
7. ¿El agua que consume Ud. es?

Tabla N° 13 Datos de encuesta Preg. 7

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
7	a).- Directo del grifo.	22	31 %
	b).- Lo hace hervir.	27	37 %
	c).- Ambas	23	32 %

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 7 Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 7



Fuente: Elaboración propia.

Con relación a la pregunta planteada en la encuesta, sobre cómo lo consume el agua, un 31 % de la población en estudio consume el agua directo del grifo, sin

tomar en cuenta que al consumirla en ese estado puede causarle enfermedades intestinales (diarrea, cólera, etc.), por otro lado el 37 % lo hace hervir antes de ser consumida, es decir es más consciente de que le puede causar alguna enfermedad cuando se consume sin ningún tratamiento, mientras que un 32 % lo consume en ambas facetas el agua.

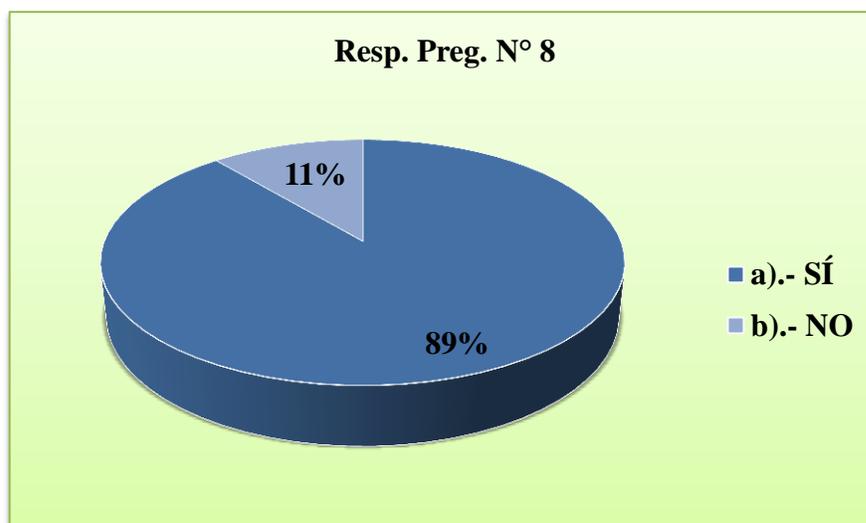
8. ¿Ud. tiene conocimiento que al consumir agua sin un tratamiento adecuado existe el riesgo de contraer enfermedades?

Tabla N° 14 Datos de encuesta Preg. 8

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
8	a).- SÍ	64	89 %
	b).- NO	8	11 %

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 8 Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 8



Fuente: Elaboración propia.

En relación a la pregunta número 8 planteada en la encuesta, se tiene evidencia clara que el 89 % de la población en estudio es consciente de que, al consumir el agua

sin tratamiento alguno, existe un cierto riesgo de contraer alguna enfermedad, (cólera, diarrea, fiebre tifoidea, etc.), por otro lado, un 11 % de la población en estudio cree que al consumir el agua sin tratamiento no le representa ningún riesgo de contraer enfermedades, argumentan que es agua de montaña y por ende limpia.

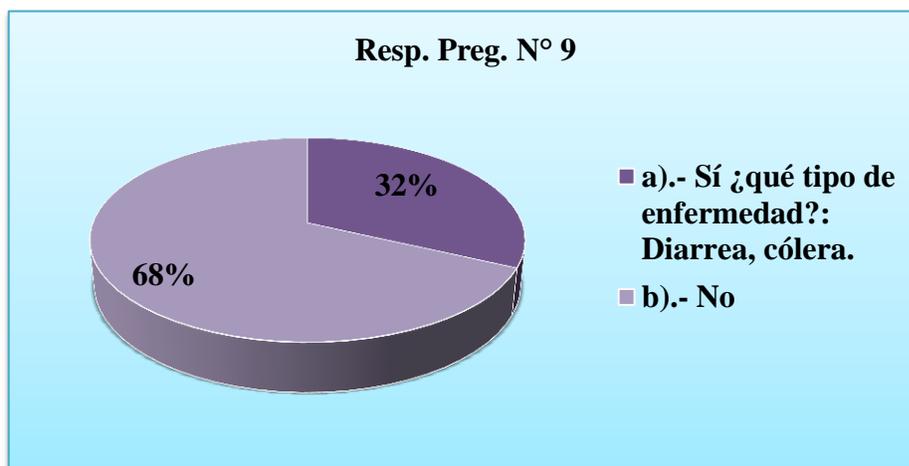
9. ¿Algún miembro de su familia padeció alguna enfermedad a causa de consumir el agua de grifo?

Tabla N° 15 Datos de encuesta Preg. 9

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
9	a).- Si, ¿qué tipo de enfermedad?: Diarrea, cólera.	23	32 %
	b).- No	49	68 %

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 9 Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 9



Fuente: Elaboración propia.

Con esta pregunta se buscó indagar sobre alguna enfermedad que hayan padecido algún familiar o incluso el beneficiario mismo, donde se tiene claro que 23 encuestados que representa un 32 % de la población en estudio, sí contrajo alguna de

las enfermedades intestinales como cólera o diarrea, mientras tanto que 49 encuestados que representa un 68 % de la población en estudio argumenta no haber sufrido ningún tipo de enfermedad por consumir agua no potabilizada.

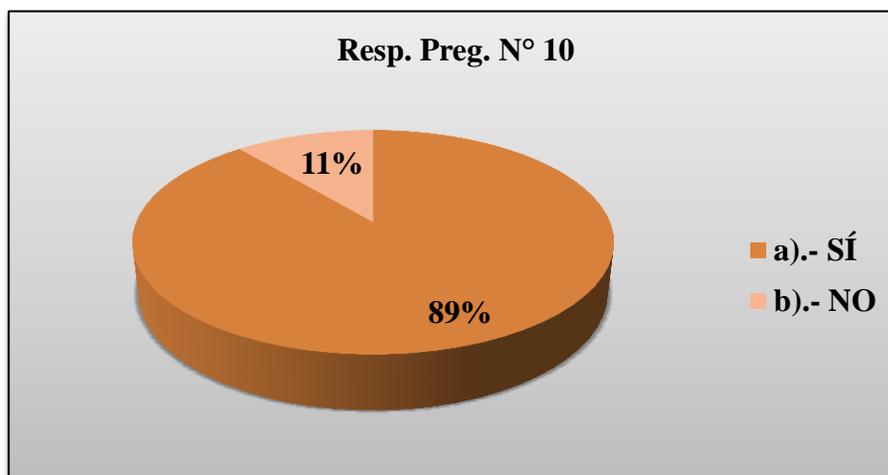
10. ¿En épocas de lluvia Ud. observa turbidez en el agua que llega a su grifo?

Tabla N° 16 Datos de encuesta Preg. 10

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
10	a).- SÍ	64	89 %
	b).- NO	8	11 %

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 10 Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 10



Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la pregunta planteada sobre las condiciones físicas en la que llega el agua al grifo, se evidencia claramente que el 89 % de la población en estudio argumenta haber observado turbidez en el agua que llega a su domicilio en épocas de lluvia, en especial los días y horas cuando hay precipitación, mientras que el restante 11 % de la población no se percató de esta situación o tampoco observó que llega turbia el agua a su domicilio.

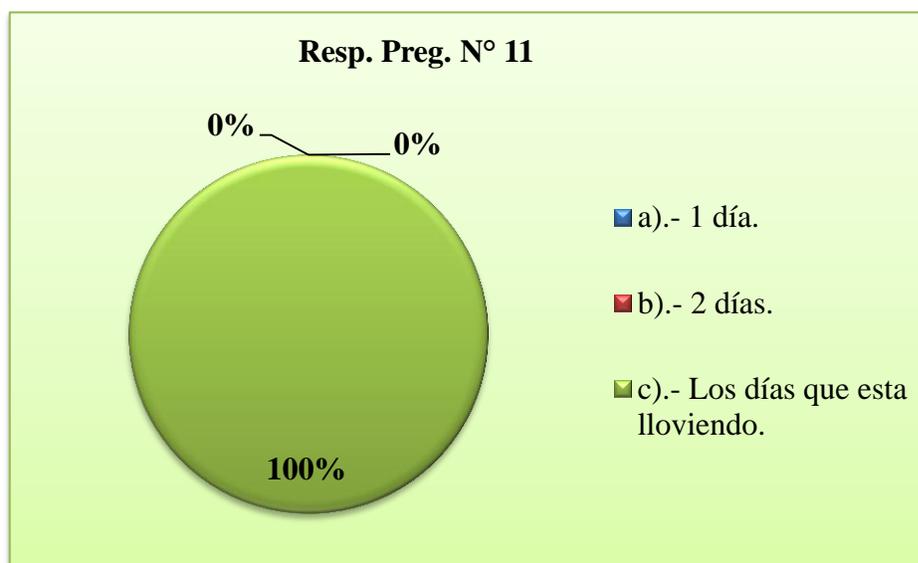
11. ¿Si la respuesta es SÍ, cuánto tiempo dura esta turbidez?

Tabla N° 17 Datos de encuesta Preg. 11

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
11	a).- 1 día	0	0 %
	b).- 2 días	0	0 %
	c).- Más de 2 días: Los días que está lloviendo.	72	100 %

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 11 Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 11



Fuente: Elaboración propia.

Es evidente que los 72 encuestados que son el 100 % de la población respondió que la turbidez con la que llega el agua en épocas de lluvia a su domicilio es proporcional al tiempo que perdura este suceso, es decir los días que llueve, porque en ese momento aumenta el caudal de la quebrada y tiende a arrastrar partículas de suelo.

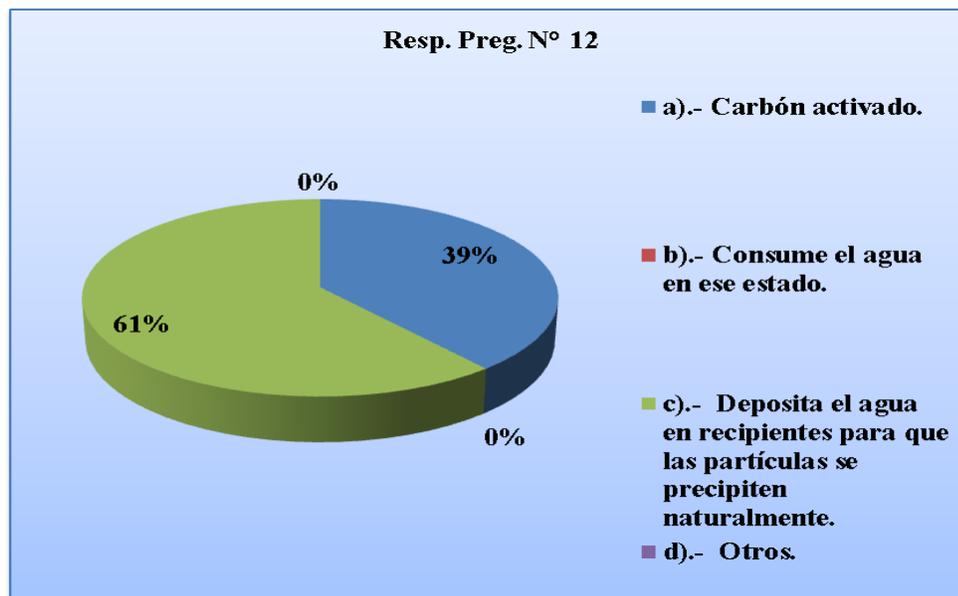
12. Si existe partículas en suspensión en el agua, ¿qué medidas toma para contrarrestar la mala calidad del agua?

Tabla N° 18 Datos de encuesta Preg. 12

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
12	a).- Utiliza filtros ¿Qué tipos?: Carbón activado.	28	39 %
	b).- Consume el agua en ese estado.	0	0 %
	c).- Deposita el agua en recipientes para que las partículas se precipiten naturalmente.	44	61 %
	d).- Otros:	0	0 %

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 12 Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 12



Fuente: Elaboración propia.

Con la finalidad de conocer cuáles son las medidas que utiliza para consumir el agua cuando en épocas de lluvia llega turbia al domicilio, se planteó esta pregunta, donde se tiene evidencia clara que en un 61 % de la población en estudio deposita el agua en recipientes, para que las partículas en suspensión precipite naturalmente, y un 39 % de los encuestados utiliza filtros, como el de carbón activado para poder consumirla después.

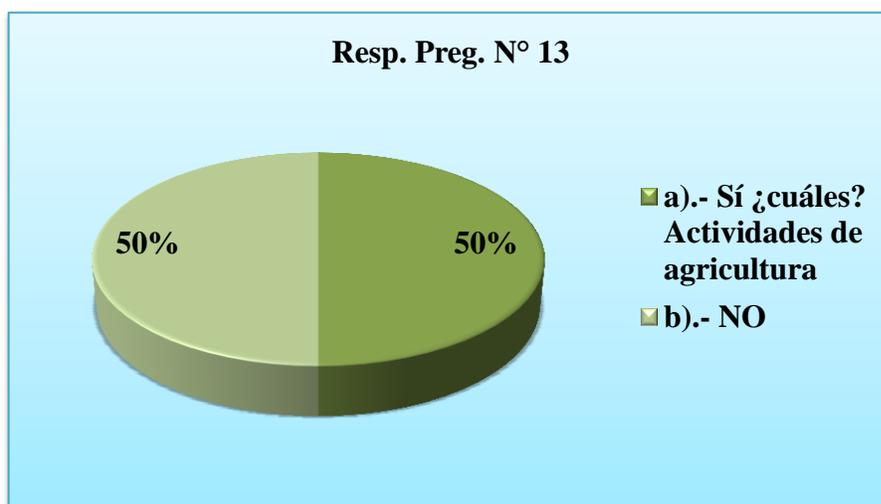
13. ¿Ud. cree que existen algunas actividades que se realizan en las cabeceras de las tomas de agua, que deterioran la calidad de la misma?

Tabla N° 19 Datos de encuesta Preg. 13

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
13	a).- Sí, ¿cuáles?: Actividades de agricultura.	36	50 %
	b).- NO	36	50 %

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 13 Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 13



Fuente: Elaboración propia.

Con relación a la pregunta planteada, la población en estudio se encuentra dividida, porque un 50 % de los encuestados tiene conocimiento de que existen actividades como agricultura, que se desarrolla en las cabeceras de las tomas de agua y el otro 50 % no tiene conocimiento de esta situación.

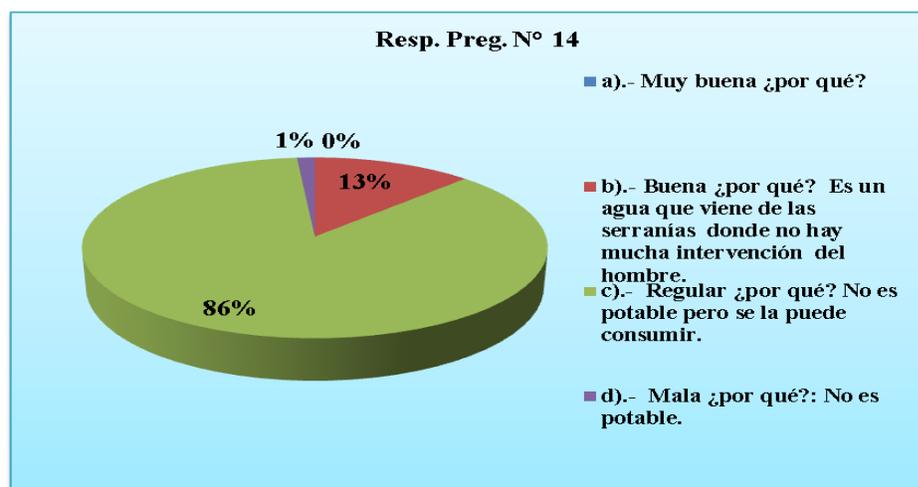
14. ¿Cómo califica el agua que recibe en su domicilio?

Tabla N° 20 Datos de encuesta Preg. 14

Preg unta N°	Respuesta	Total	Porcen taje (%)
14	a).- Muy buena, porque?:	0	0%
	b).- Buena, porque?: Es un agua que viene de las serranías donde no hay mucha intervención del hombre.	9	13%
	c).- Regular, porque?: No es potable pero se la puede consumir.	62	86%
	d).- Mala, porque?: No es potable.	1	1%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 14 Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 14



Fuente: Elaboración propia.

Se consultó a la población acerca de cómo calificaba el agua que recibe en su domicilio un 86 % creen que es regular, es decir se la puede consumir sin tratamiento alguno y que los riesgos a contraer enfermedades son bajos; por otra parte un 13 % cree que es buena porque es agua de serranías donde la intervención del hombre es casi nula, por ende no existe contaminación y el 1 % de la población en estudio cree que el agua es de mala calidad porque no es potable y mantienen la postura clara que al consumirla causa enfermedades.

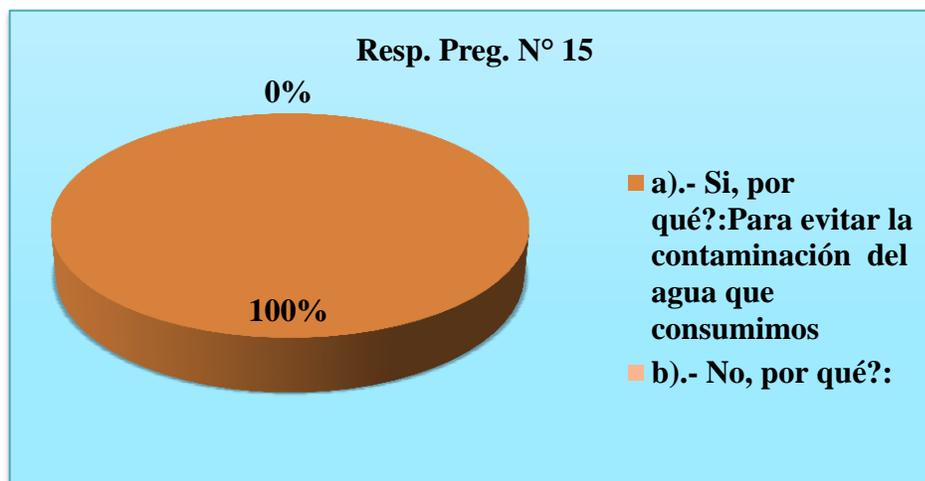
15. ¿Ud. cree que es importante proteger las fuentes de agua de la Comunidad?

Tabla N° 21 Datos de encuesta Preg. 15

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
15	a).- Sí, ¿por qué?: Para evitar la contaminación del agua que consumimos.	72	100 %
	b).- No, ¿por qué?:	0	0 %

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 15 Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 15



Fuente: Elaboración propia.

Consultando a la población con respecto a la importancia que tiene el proteger las fuentes de captación de agua, para evitar la contaminación, ya sea por animales silvestres o domésticos, y también la contaminación que puede causar el hombre por cualquier actividad que realice, el 100 % de los encuestados coinciden que es importante adoptar esta medida, ya sea con el cierre perimetral de las tomas de captación de agua o la delimitación de un cierto área alrededor de la misma, también otra medida puede ser la de prohibir el chaqueo o desmonte a los parcelarios de las cabeceras de la micro cuenca.

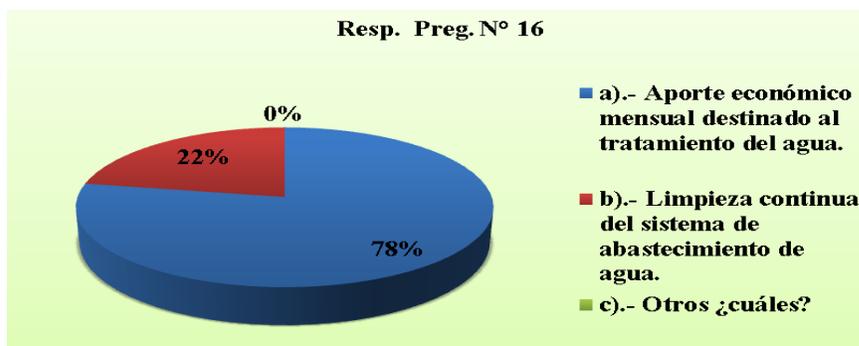
16. ¿Qué medidas cree Ud. que se deben tomar para mejorar la calidad del agua de consumo en la Comunidad?

Tabla N° 22 Datos de encuesta Preg. 16

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
16	a).- Aporte económico mensual destinado al tratamiento del agua.	56	78 %
	b).- Limpieza continua del sistema de abastecimiento de agua.	16	22 %
	c).- Otros, cuáles?:	0	0 %

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 16 Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 16



Fuente: Elaboración propia.

En relación a la interrogante planteada en la encuesta, sobre las medidas que se deben tomar para mejorar la calidad del agua que se consume en la población de Colonia Linares, los encuestados en un 78 % creen que el aporte económico destinado al tratamiento del agua sería primordial, por otro lado, el 22 % de la población en estudio creen que la limpieza continua del sistema ayudaría mucho con el afán de mejorar la calidad del agua que llega a cada beneficiario.

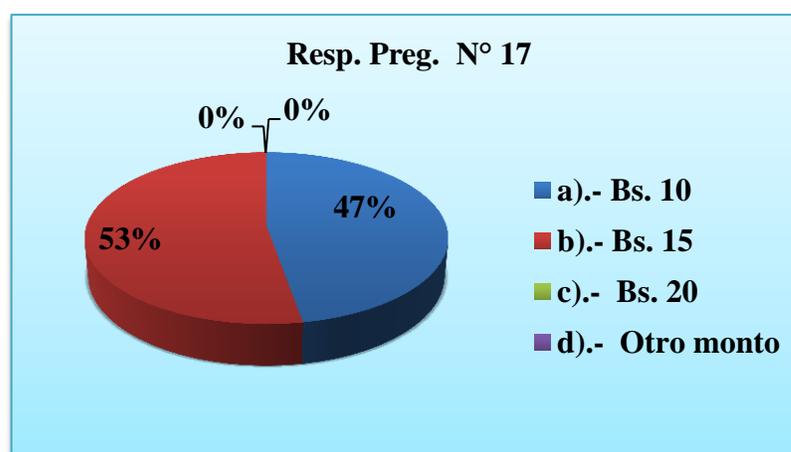
17. ¿Cuánto es el aporte económico que estaría dispuesto a pagar mensualmente con finalidad de operación, mantenimiento y tratamiento del sistema de agua?

Tabla N° 23 Datos de encuesta Preg. 17

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
17	a).- Bs.10	34	47 %
	b).- Bs.15	38	53 %
	c).- Bs.20	0	0 %
	d).- Otro monto	0	0 %

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 17 Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 17



Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la última pregunta de la encuesta, la población en estudio en un 53 % dice estar de acuerdo en cancelar un aporte económico mensual de 15 bs. Destinado al tratamiento del agua, es decir potabilizarla, un monto superior al que se cancela actualmente; mientras tanto el 47 % de los encuestados está dispuesto de cancelar el mismo monto que se cancela actualmente, porque consideran que es suficiente para realizar el tratamiento del agua, además argumentan que el servicio no es eficiente, porque en varias épocas del año no abastece el agua, donde varios días del mes se corta el servicio y no justifica lo que se cancela por el servicio actual.

3.3.1.1.Desenlace de las encuestas aplicadas:

Mediante las encuestas aplicadas se pudo conocer la percepción sobre el consumo de agua en la comunidad, por información recabada de los beneficiarios que fueron elegidos al azar para dicha encuesta.

La población en su mayoría conoce las fuentes de donde proviene el agua que consume, indican que el sistema es deficiente, en cantidad y calidad que se distribuye; conocen que no se realiza tratamiento alguno y por ende toman las medidas necesarias para poder consumir este líquido, debido a que están al tanto acerca de enfermedades que son ocasionadas por el consumo de agua no potable; Es así que para no poner en riesgo su salud optan medidas como; hacer hervir el agua para ingerirla de manera más segura, pese a estas medidas algunos comunarios sufrieron enfermedades de tipo estomacal (diarrea) como la más común.

También algunos beneficiarios, para evitar el consumo de agua con demasiada presencia de turbiedad en épocas de lluvia, utilizan filtros de carbón activado, otros depositan el agua en barriles, tachos, etc., para que estas partículas en suspensión presentes en el agua precipiten de manera natural, hasta que el agua sea aceptable para poder consumirla.

Por otra parte, en su mayoría la población encuestada indica estar de acuerdo en realizar un aporte económico superior al que se tiene actualmente, esto con la

finalidad de realizar el tratamiento del agua (cloración) y de esta forma recibir el líquido elemento en sus domicilios de mejor calidad (agua potable).

3.3.1.2. Principales enfermedades diagnosticadas, relacionadas al consumo de agua; “CENTRO DE SALUD COLONIA LINARES”

Cuadro N° 12 Enfermedades diagnosticadas en el Centro de Salud “Colonia Linares”

	Principales patologías	N° personas	%	N° personas	%
Gestión: 2018	Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso.	84	2,00%	4204	100%
	Fiebre tifoidea.	70	1,71%		
	TOTAL.	154	3,71%		
	Principales patologías	N° personas	%	N° personas	%
Gestión: 2019	Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso.	68	1,33%	5109	100%
	Fiebre tifoidea.	141	2,76%		
	TOTAL.	209	4,09%		
	Principales patologías	N° personas	%	N° personas	%
Gestión: 2020	Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso.	62	1,99%	3121	100%
	Fiebre tifoidea.	50	1,60%		
	TOTAL.	112	3,59%		

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, de los datos estadísticos de enfermedades (Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso y Fiebre tifoidea) como las más comunes reportadas en el centro de salud, estas enfermedades están relacionadas de algún modo al consumo de agua sin tratamiento previo, se recopiló información de los últimos 3 años; para la gestión 2018, se diagnosticó 154 pacientes, con alguna de estas dos enfermedades lo que representa un 3.71 % de los 4204 atendidos en dicho nosocomio que son el 100 % de los pacientes.

Mientras que para la gestión 2019, de los 5109, que representa un 100 % de los pacientes; se diagnosticó 209 personas con alguna de estas enfermedades lo que significa un 4.09 %.

Para la gestión 2020 se tiene 3121 pacientes, que es el 100 % de la población atendida; año en el que se diagnosticó 112 personas con dichas enfermedades, que representa un 3.59 % de los pacientes durante todo el año.

Deduciendo los diagnósticos en el Centro de Salud de ciertas enfermedades es necesario, implementar el proceso de cloración en la comunidad.

3.4.RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICO

Con el objetivo de los análisis de las muestras de agua en los diferentes puntos de monitoreo se requirió la contratación de los servicios del laboratorio CEANID (Centro de Análisis Investigación y Desarrollo), para lo que se solicitó los análisis de los parámetros de control mínimo que exige la NB - 512 (Cloro Residual, Conductividad, pH, Turbiedad, Escherichia Coli y Coliformes Termoresistentes).

3.4.1. Resultados de Análisis Físico, Químico y microbiológico del Agua que consume la población de Colonia Linares, Muestreados en los Meses de Septiembre 2019, Octubre y Noviembre de 2020

El muestreo del agua que consume la comunidad de colonia linares se realizó tomando un muestreo por mes, durante tres meses (Septiembre de 2019, Octubre y Noviembre de 2020), con el propósito de encontrar una diferencia en los resultados de los parámetros muestreados en diferentes puntos de acuerdo al mes de muestreo. El muestreo se llevó a cabo por la tarde, en fecha 23/09/2019, 20/10/2020 y 25/11/2020, es decir un día antes de ser transportadas hacia el laboratorio CEANID, cumpliendo con todas las exigencias de toma y transporte de las muestras que indica la NB – 496; en el laboratorio mencionado se llevó a cabo el análisis físico, químico y microbiológico del agua. Los resultados se muestran a través de cuadros y gráficas, con su respectiva interpretación dentro del marco de la Norma Boliviana 512 en relación a los resultados obtenidos de los análisis. A continuación se detalla los resultados de cada uno de los parámetros del análisis físico, químico y microbiológico del agua que se distribuye en la Comunidad.

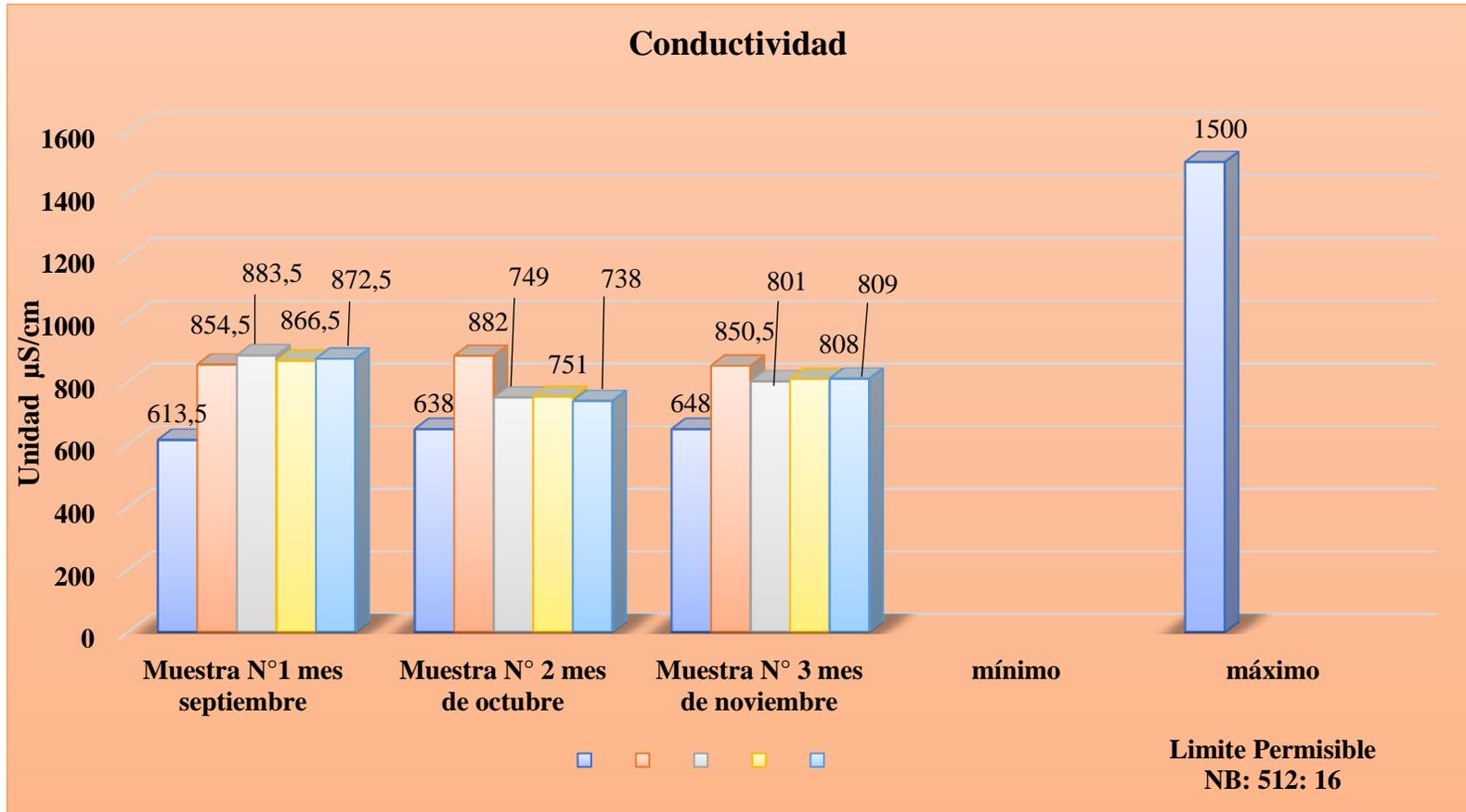
Cuadro N° 13 Resultados del Parámetro Conductividad

Parámetro	Técnica y/o método de ensayo	Unidad	Resultados		Límite permisible		Cumplimiento NB - 512
			Mes	Puntos de muestreo	Mín.	Máx.	
Conductividad	Electrométrico	µS/cm	Septiembre 2019	P1 = 613.5	--	1500	CUMPLE
				P2 = 854.5	--	1500	CUMPLE
				P3 = 883.5	--	1500	CUMPLE
				P4 = 866.5	--	1500	CUMPLE
				P5 = 872.5	--	1500	CUMPLE

Octubre 2020	P1 = 638	--	1500	CUMPLE
	P2 = 882	--	1500	CUMPLE
	P3 = 749	--	1500	CUMPLE
	P4 = 751	--	1500	CUMPLE
	P5 = 738	--	1500	CUMPLE
Noviembre 2020	P1 = 648	--	1500	CUMPLE
	P2 = 850.5	--	1500	CUMPLE
	P3 = 801	--	1500	CUMPLE
	P4 = 808	--	1500	CUMPLE
	P5 = 809	--	1500	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 18 Resultados obtenidos de Conductividad



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la representación gráfica que se tiene anteriormente, de los datos obtenidos en laboratorio en los meses: septiembre 2019, octubre y noviembre 2020 en los diferentes puntos de muestreo estipulado para la toma de las muestras respectivas; Punto N° 1 (Obra de Toma del sistema de agua potable “CORDERO”), Punto N° 2 (Obra de toma del sistema “SUBIA”), Punto N° 3 (Tanque de almacenamiento), punto N° 4 (Primera vivienda de la red de distribución “FLIA. CASTILLO”) y Punto N° 5 (Última vivienda de la red de distribución “CAMPAMENTO TEJERINA”).

Se puede evidenciar que el parámetro Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), todos los resultados obtenidos a través de análisis en laboratorio CEANID – TARIJA están por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP), de la Norma Boliviana (NB - 512); por lo que se puede concluir en función a este parámetro que el agua es apta para el consumo humano.

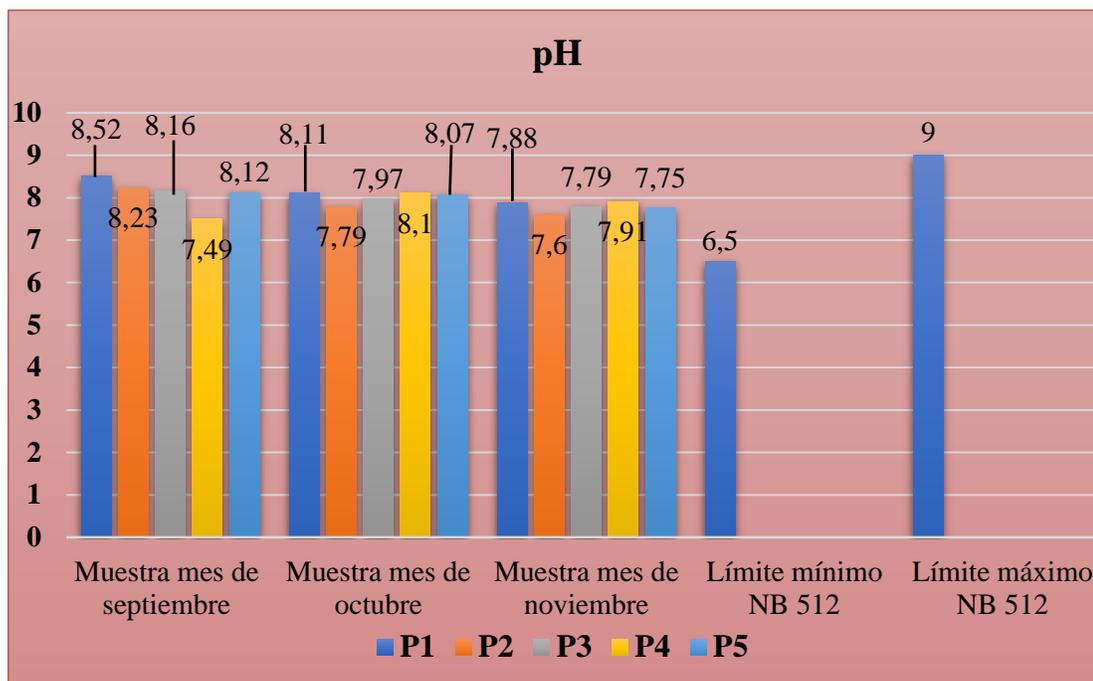
Cuadro N° 144 Resultados del Parámetro pH

Parámetro	Técnica y/o método de ensayo	Unidad	Resultados		Límite permisible		Cumplimiento NB - 512
			Mes	Puntos de muestreo	Mín.	Máx.	
pH	Electrométrico	-	Septiembre 2019	P1 = 8.52	6.5	9	CUMPLE
				P2 = 8.23	6.5	9	CUMPLE
				P3 = 8.16	6.5	9	CUMPLE
				P4 = 7.49	6.5	9	CUMPLE
				P5 = 8.12	6.5	9	CUMPLE

Octubre 2020	P1 = 8.11	6.5	9	CUMPLE
	P2 = 7.79	6.5	9	CUMPLE
	P3 = 7.97	6.5	9	CUMPLE
	P4 = 8.10	6.5	9	CUMPLE
	P5 = 8.07	6.5	9	CUMPLE
Noviembre 2020	P1 = 7.88	6.5	9	CUMPLE
	P2 = 7.60	6.5	9	CUMPLE
	P3 = 7.79	6.5	9	CUMPLE
	P4 = 7.91	6.5	9	CUMPLE
	P5 = 7.75	6.5	9	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 19 Resultados obtenidos de pH



Fuente: Elaboración propia.

El parámetro pH, en laboratorio en todos los puntos y durante los tres muestreos realizados en el mes de septiembre del año 2019, octubre y noviembre de 2020 nos dio valores que están dentro del rango que indica la NB - 512, Límite Mínimo Permisible (LMP) 6.5 y Límite Máximo Permisible (LMP) 9, considerándose de esta manera un agua apta para el consumo humano, razón por la que no representa efectos posteriores en la salud, ni en los materiales de conducción del agua que posee la red de distribución del sistema (tuberías, válvulas, etc.)

Cabe mencionar que todos los valores obtenidos nos indican que el agua posee una leve inclinación hacia la alcalinidad.

El pH de un agua que puede considerarse potable está en el rango de 6.5 a 8.5, para que no afecte directamente la salud y/o la manera de disponer este tipo de agua, aunque normalmente puede considerarse, que el agua por bajo de 6.5 se considere ácida o corrosiva, por el poder oxidante que puede tener con los metales, mientras

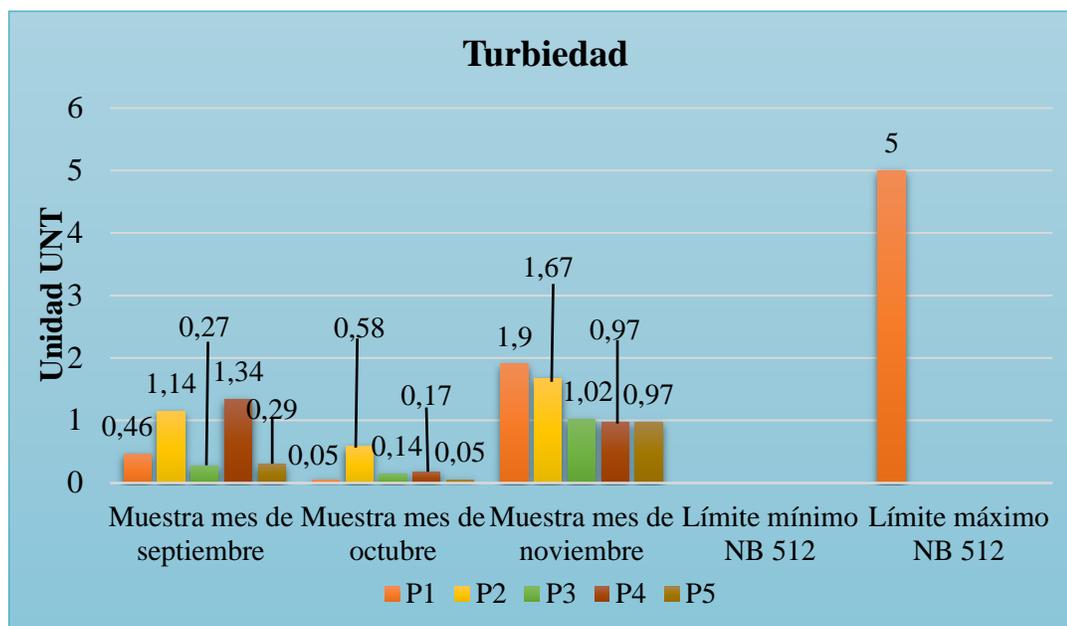
que si esta tiene un pH arriba de 8.5 es muy probable que sea un agua que pueda incrustar tuberías, aunque el pH no es un valor definitivo para estos parámetros, si proporciona información importante para clasificar el poder corrosivo o incrustante del agua.(NOM-127-SSA1-1994)

Cuadro N° 15 Resultados del Parámetro Turbiedad

Parámetro	Técnica y/o método de ensayo	Unidad	Resultados		Límite permisible		Cumplimiento NB - 512
			Mes	Puntos de muestreo	Mín.	Máx.	
Turbiedad	Nefelómetro	UNT	Septiembre 2019	P1 = 0.46	--	5	CUMPLE
				P2 = 1.14	--	5	CUMPLE
				P3 = 0.27	--	5	CUMPLE
				P4 = 1.34	--	5	CUMPLE
				P5 = 0.29	--	5	CUMPLE
			Octubre 2020	P1 = 0.05	--	5	CUMPLE
				P2 = 0.58	--	5	CUMPLE
				P3 = 0.14	--	5	CUMPLE
				P4 = 0.17	--	5	CUMPLE
				P5 = 0.05	--	5	CUMPLE
			Noviembre 2020	P1 = 1.90	--	5	CUMPLE
				P2 = 1.67	--	5	CUMPLE
				P3 = 1.02	--	5	CUMPLE
				P4 = 0.97	--	5	CUMPLE
				P5 = 0.97	--	5	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 20 Resultados obtenidos de Turbiedad



Fuente: Elaboración propia.

La gráfica N° 3, representa los resultados del parámetro de Turbiedad en Unidad Nefelométrica de Turbiedad (UNT), demostrando que todos los valores obtenidos a través del análisis en laboratorio, en los diferentes puntos y los meses de cada toma de muestra están por debajo de los LMP de la NB - 512, lo que indica que el agua se puede utilizar en el consumo humano con relación a este parámetro, por ende también reúne las condiciones para realizar la cloración, en estas épocas del año.

Mientras más turbia sea el agua, se podría tener mayor riesgo de contaminación microbiológica o de contener otros contaminantes. No es recomendable clorar aguas con más de 5 UNT. (Bustamante N, 2017)

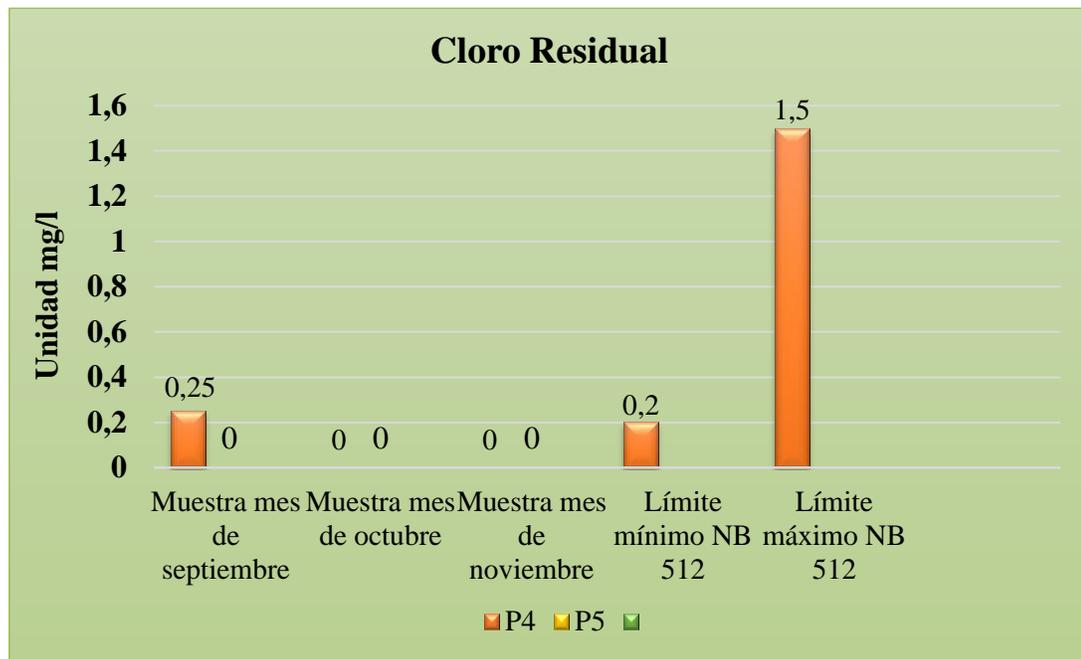
Las operaciones previas a la desafección de coagulación, floculación, sedimentación y filtración, afecta directamente a la eficiencia de eliminación de partículas de las unidades de filtración en medio granular y afecta indirectamente a la eficiencia de la desinfección. (OMS, 2006)

Cuadro N° 16 Resultados del Parámetro Cloro Residual

Parámetro	Técnica y/o método de ensayo	Unidad	Resultados		Límite Permisible NB - 512		Cumplimiento NB - 512
			Mes	Puntos de muestreo	Mín.	Máx.	
Cloro Residual	HACH 2231-88	mg/L	Septiembre 2019	P4 = 0.25	0.2	1.5	CUMPLE
				P5 = 0	0.2	1.5	NO CUMPLE
			Octubre 2020	P4 = 0	0.2	1.5	NO CUMPLE
				P5 = 0	0.2	1.5	NO CUMPLE
			Noviembre 2020	P4 = 0	0.2	1.5	NO CUMPLE
				P5 = 0	0.2	1.5	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 21 Resultados obtenidos de Cloro Residual



Fuente: Elaboración propia.

Con relación al parámetro de cloro residual, mismo que nos indica las condiciones de que el agua es potable y por ende apta para el consumo humano, se puede apreciar a través de los valores obtenidos, durante el primer muestreo en el mes de Septiembre del año 2019, en la primera vivienda del sistema de abastecimiento de agua, después de la cloración que se da en el tanque de almacenamiento se tiene un valor de 0.25 mg/l, valor que se aproxima al Límite Mínimo Permisible de la NB - 512; mientras que en el último punto de muestreo no se observa la presencia de cloro residual. Y en los demás muestreos realizados en los meses de octubre y noviembre de 2020 no existe cloro en ninguno de los puntos estipulados atribuidos a la falta de cloración.

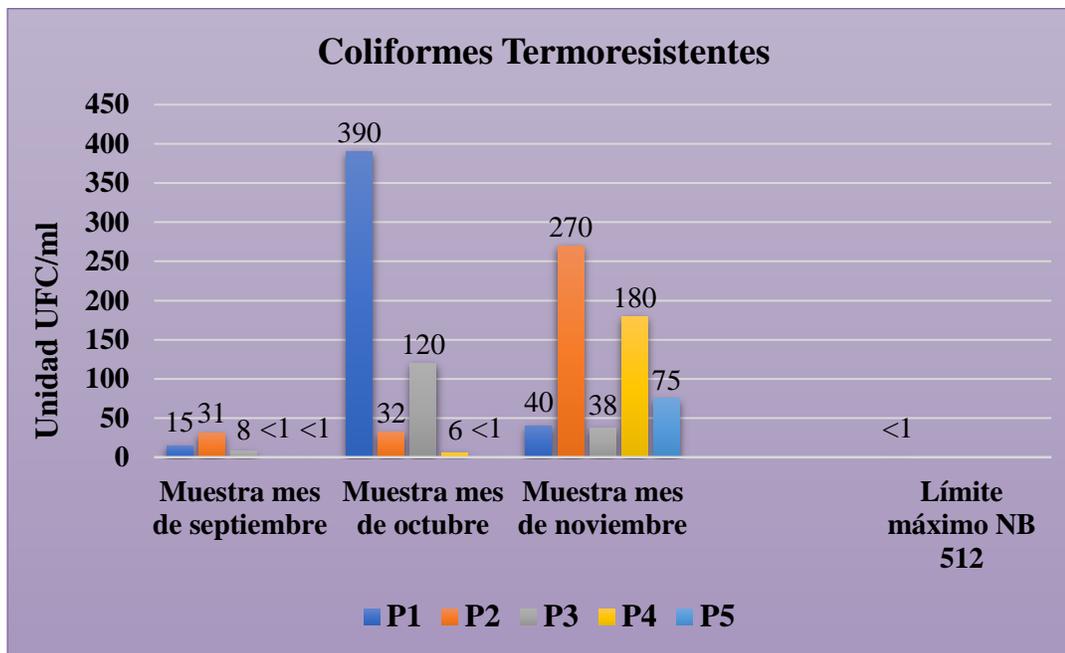
Los resultados obtenidos en los dos últimos muestreos se atribuyen a la falta de cloración del agua; por información recabada de parte de los encargados de operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua (Comité de Agua Potable); indican que no se realiza la cloración debido a la falta de recursos económicos y capacitación en el procedimiento en la técnica de cloración.

Cuadro N° 17 Resultados del Parámetro Coliformes Termosistentes

Parámetro	Técnica y/o método de ensayo	Unidad	Resultados		Límite permisible		Cumplimiento NB - 512
			Mes	Puntos de muestreo	Mín.	Máx.	
Coliformes Termoresistentes	Membrana filtrante	UFC/100ml	Septiembre 2019	P1 = 15	--	<1	NO CUMPLE
				P2 = 31	--	<1	NO CUMPLE
				P3 = 8	--	<1	NO CUMPLE
				P4 = <1	--	<1	CUMPLE
				P5 = <1	--	<1	CUMPLE
			Octubre 2020	P1 = 390	--	<1	NO CUMPLE
				P2 = 32	--	<1	NO CUMPLE
				P3 = 120	--	<1	NO CUMPLE
				P4 = 6	--	<1	NO CUMPLE
				P5 = <1	--	<1	CUMPLE
			Noviembre 2020	P1 = 40	--	<1	NO CUMPLE
				P2 = 270	--	<1	NO CUMPLE
				P3 = 38	--	<1	NO CUMPLE
				P4 = 180	--	<1	NO CUMPLE
				P5 = 75	--	<1	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 22 Resultados obtenidos de Coliformes Termoresistentes



Fuente: Elaboración propia

Los Coliformes Fecales (Termoresistentes), son aquellos coliformes que resisten temperaturas hasta de 52°C, se trata de organismos anaerobios esporulados, normalmente presentes en las heces, sus esporas pueden subsistir en el agua, por periodos de tiempo más prolongados y pueden resistir a la desinfección si el grado de tiempo de concentración y el pH son inadecuados, su presencia en aguas desinfectadas puede indicar que existen deficiencias en el tratamiento.

Las operaciones de coagulación, floculación, sedimentación (o flotación) y filtración retiran partículas del agua, incluidos los microorganismos (bacterias, virus y protozoos). Es importante optimizar y controlar las operaciones para lograr un rendimiento constante, confiable y pueden actuar como barrera permanente y eficaz contra microbios patógenos. (OMS ,2006)

De acuerdo a los resultados obtenidos que se muestran en la gráfica, en el mes de septiembre del año 2019, en los puntos 4 y 5 en las viviendas se observa que los datos de Coliformes Termoresistentes están por debajo de los límites máximos permisibles (LMP) de la NB-512, situación que se atribuye a la cloración que se realizaba en ese momento como se muestra en los resultados de cloro residual; como también en la muestra tomada en el mes de octubre del año 2020 en el punto 5 (en una vivienda), está por debajo del límite máximo permisible de nuestra normativa.

En todas las demás muestras de los diferentes puntos muestreados los números obtenidos están por encima del límite máximo permisible para este parámetro, exceptuando los ya anteriormente explicados.

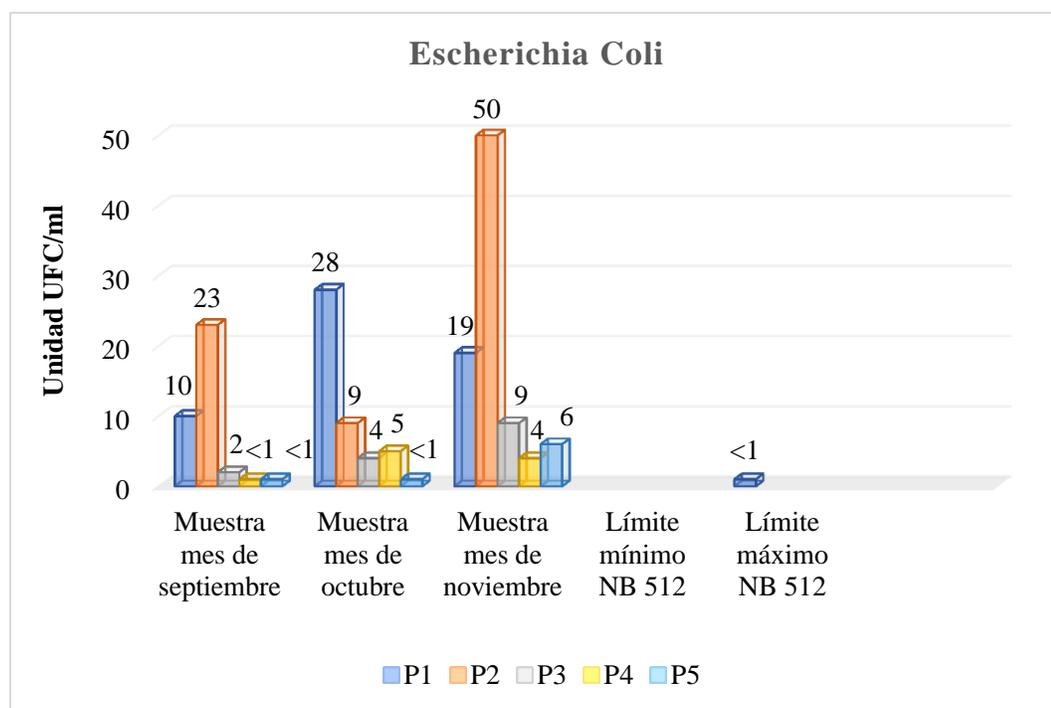
Cuadro N° 18 Resultados del Parámetro Escherichia Coli

Parámetro	Técnica y/o método de ensayo	Unidad	Resultados		Límite permisible		Cumplimiento NB – 512
			Mes	Puntos de muestreo	Mín.	Máx.	
Escherichia Coli	Membrana filtrante	UFC/100ml	Septiembre 2019	P1 = 10	--	<1	NO CUMPLE
				P2 = 23	--	<1	NO CUMPLE
				P3 = 2	--	<1	NO CUMPLE
				P4 = <1	--	<1	CUMPLE
				P5 = <1	--	<1	CUMPLE
			Octubre 2020	P1 = 28	--	<1	NO CUMPLE
				P2 = 9	--	<1	NO CUMPLE
				P3 = 4	--	<1	NO CUMPLE
				P4 = 5	--	<1	NO CUMPLE
				P5 = <1	--	<1	CUMPLE

Noviembre 2020	P1 = 19	--	<1	NO CUMPLE
	P2 = 50	--	<1	NO CUMPLE
	P3 = 9	--	<1	NO CUMPLE
	P4 = 4	--	<1	NO CUMPLE
	P5 = 6	--	<1	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 23 Resultados obtenidos de Escherichia Coli



Fuente: Elaboración propia.

La gráfica N° 6, da los siguientes resultados, en el primer muestreo del mes de septiembre del año 2019 en los puntos 4 y 5 (vivienda más cercana al tanque de distribución y última vivienda respectivamente), cumple con los límites indicados en la NB-512; de la misma manera en el segundo muestreo de octubre del 2020, en el punto 5 (última vivienda del sistema) también está por debajo del límite máximo permisibles, de la normativa vigente.

En los tres muestreos realizados en los demás puntos todos los resultados obtenidos son superiores al LMP de la NB (Norma Boliviana - 512).

De acuerdo a lo explicado, los resultados obtenidos del análisis microbiológico (Coliformes Termoresistentes y Escherichia Coli), es urgente el tratamiento del agua mediante la técnica de cloración, para poder cumplir con lo que exige la normativa vigente y el agua sea apta para el consumo humano.

El alto nivel de estos parámetros microbiológicos, también puede atribuirse a las heces de las aves y otros animales, ya que las tomas están ubicadas en cabeceras de quebrada, lo que hace que sea un balneario natural para los animales que habitan en la zona.

3.5.PROPUESTA DISEÑO DE UNA CÁMARA DESARENADOR O SEDIMENTADOR

La propuesta de diseño de un sedimentador o desarenador como operación unitaria, en el sistema de agua potable de la comunidad de “Colonia Linares”, para reducir el grado de turbiedad en épocas de lluvia, materia orgánica y arenas, con la finalidad de que el agua que se disponga para la respectiva cloración este dentro los “LMP” de la NB - 512, en cuanto a la turbiedad.

Esta cámara sedimentadora, deberá ser construida a unos 100 metros de la cámara de aducción, para evitar el recorrido en la red del agua con bastante grado de turbiedad, hecho que puede ocasionar el colapso de las tuberías en las zonas más bajas; ya que el agua que consume la comunidad de Colonia Linares es por gravedad, por lo tanto la tubería recorre varios trámites de la superficie con desniveles; produciendo la acumulación de las arenas en las zonas con niveles bajos en cuanto al terreno.

“La mayoría de las fuentes superficiales de agua tienen un elevado contenido de materia en estado de suspensión, siendo necesaria su remoción previa, especialmente en temporada de lluvias. (VIRE SANCHEZ M. E. - 2015)

Los procedimientos de separación de material muy grueso (rejillas: gruesas y finas) se realizan o están relacionados a las captaciones. Se considera como pretratamientos y acondicionamientos previos en la planta, a unidades como desarenadores y sedimentadores.

Los desarenadores tiene por objeto separar del agua cruda la arena y partículas en suspensión gruesa, con el fin de evitar se produzcan depósitos en las obras de conducción, proteger las bombas de la abrasión y evitar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento”. (VIRE SANCHEZ M. E. - 2015)

3.5.1. Objetivo de la propuesta:

Diseñar una cámara sedimentadora con sus respectivas dimensiones y procesos, con la finalidad de que sea construida y de esta forma reducir el grado de turbiedad en épocas de lluvia y el agua este con los niveles aceptables para su respectiva cloración en el tanque de almacenamiento.

3.5.2. Justificación del diseño de la cámara sedimentadora:

Debido a que el agua en épocas de lluvia, contiene altos grados de turbiedad, factor que es determinante para la implementación de la potabilización del agua en la Comunidad.

Según la NB - 512, el agua con valores por encima de 5 UNT, no es posible realizar la cloración; por lo tanto con la construcción de esta cámara se lograra bajar la turbiedad en épocas de lluvia.

3.5.3. Desarrollo de la propuesta:

3.5.3.1. Tipo de desarenador diseñado

Se diseñó un sedimentador de tipo laminar, ya que este tipo de sedimentadores pueden tratar caudales mayores en un área y estructura menor que los convencionales, la eficiencia es mayor y no requieren energía eléctrica para su funcionamiento.

El desarenador es de lavado discontinuo: Almacena y luego expulsa los sedimentos en movimiento separados.

I. Tiene los siguientes elementos:

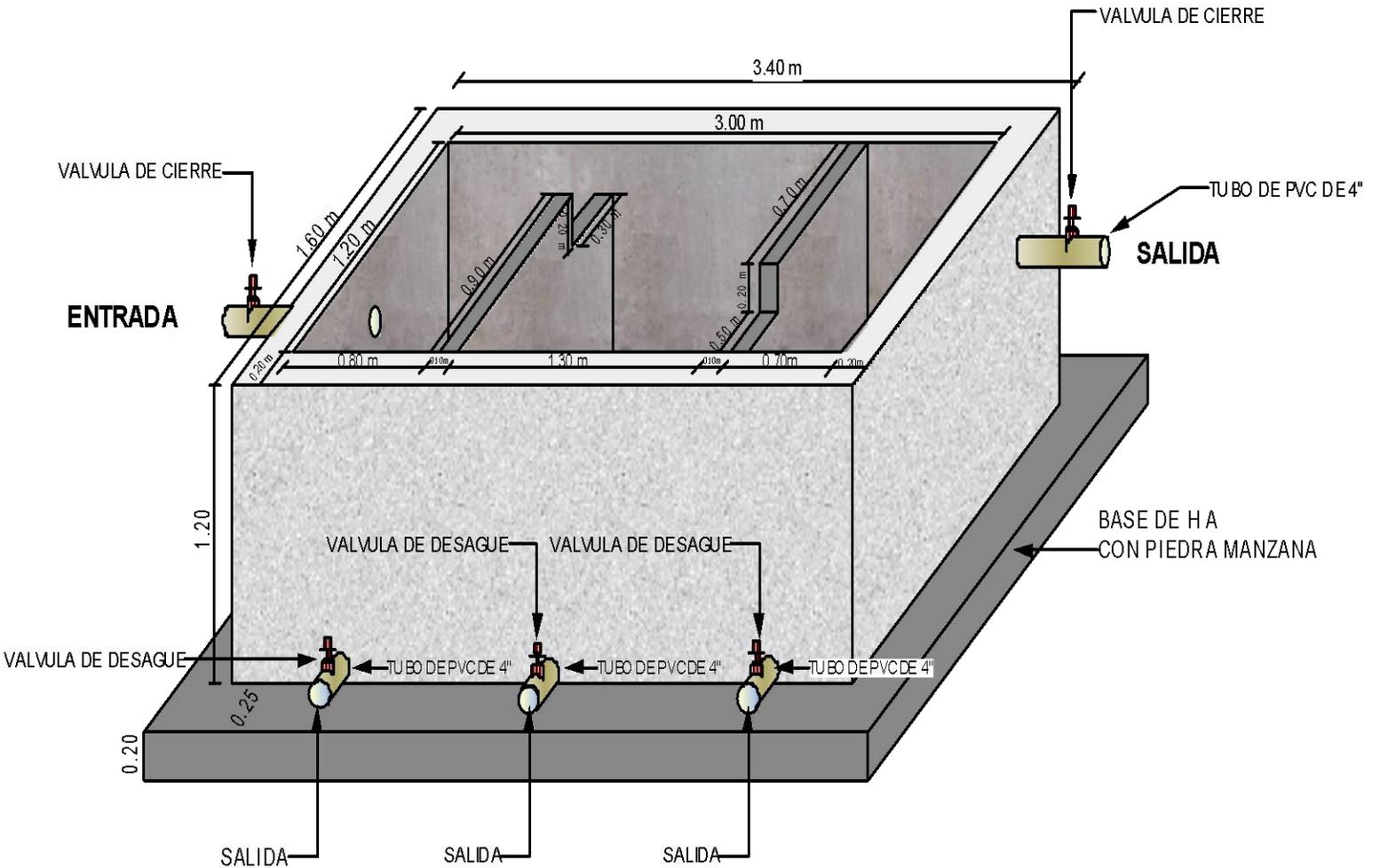
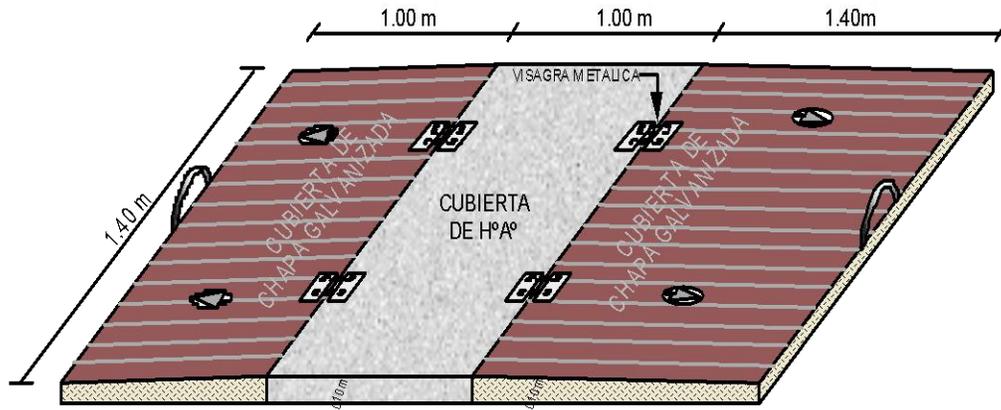
- Tubo de entrada de 4 plg.
- Cámara desarenadora.
- 2 Paredes de distribución, para uniformizar las velocidades de flujo del agua en toda la sección de la cámara.
- Estructura de salida (Tubo de 4 plg.).

II. Componentes del desarenador: Esta unidad se puede dividir en cuatro partes o zonas.

- ✕ **Zona de entrada;** Tiene como función el conseguir una distribución uniforme de las líneas de flujo dentro de la unidad, uniformizando a su vez la velocidad.
- ✕ **Zona de desarenación;** Parte de la estructura en la cual se realiza el proceso de depósito de partículas por acción de la gravedad.
- ✕ **Zona de salida;** Conformada por un vertedero de rebose diseñado para mantener una velocidad que no altere el reposo de la arena sedimentada.
- ✕ **Zona de depósito y eliminación de la arena sedimentada;** Constituida por una tolva con pendiente mínima de 10% que permita el deslizamiento de la arena hacia el canal de limpieza de los sedimentos.

Figura N° 8 DISEÑO DE LA CÁMARA SEDIMENTADORA

Fuente: Elaboración propia.



El desarenador tiene las siguientes dimensiones:

Dimensiones externas.

Longitud (L) = 3.40 m.

Altura (H) = 1.20 m.

Ancho (A) = 1.60 m.

Espesor (L_1) = 0.20 m.

Dimensiones internas

Longitud (L) = 3.00 m.

Altura (H) = 1.20 m.

Ancho (A) = 1.20 m.

Dimensión de compartimentos.

Compartimento 1.

L = 0.80 m.

H = 1.20 m.

A = 1.20 m.

Rebalse 1: (H_1) = 0.20 m * (A) = 0.30 m * L_1 = 0.10 m.

Compartimento 2.

L = 1.30 m.

H = 1.20 m.

A = 1.20 m.

Rebalse 2: (H_2) = 0.20 m * (A) = 0.50 m * L_2 = 0.10 m.

Compartimento 3.

L = 0.70 m.

$H = 1.20 \text{ m.}$

$A = 1.20 \text{ m.}$

Dimensiones: CHAPA GALVANIZADA

TAPA 1

Longitud (L) = 1.00 m.

Ancho (A) = 1.40 m.

TAPA 2

Longitud (L) = 1.40 m.

Ancho (A) = 1.40 m.

TAPA H° A°

Ancho (A) = 1.40 m.

Longitud (L) = 1.00 m.

Espesor (L_1) = 0.10 m.

3.5.4. Descripción del diseño:

El diseño de este sedimentador de H° A° posee dimensiones de 3 m., de longitud por 1.20 m., de ancho y una altura de 1.20 m., de luz; con sus dos compartimentos con dimensiones de 1.20 m., de ancho por 1.20 m., de longitud, por 0.10 m. de espesor; una de las salidas de rebalse próximo a la entrada tiene un canal de 0.20 m. de altura por 0.30 m. de ancho y el canal del segundo compartimento tiene un ancho de canal de 0.50 m. por 0.20 m. de altura, ambos tienen salidas en zic zac uno con respecto del otro como se observa en la figura; estos trabajan como disminuidores de velocidad del agua y de esta manera garantizar la sedimentación de las partículas en suspensión y esta sea conducida hacia la red con valores más bajos de turbiedad para que sea apta para realizar la cloración.

La cámara está dividida en zonas como se ve en el diseño, zona de entrada, zona de desarenación, zona de salida y la zona de depósito y eliminación de arenas sedimentada; todas estas zonas tienen sus respectivas válvulas de desagüe o limpieza con tubos de PVC de 4 plg., por donde se prevé expulsar los sedimentos depositados en la cámara.

Cabe mencionar que la cámara es diseñada con tapa mixta (H° A° y chapa galvanizada), de dimensiones; la primera tapa próxima a la entrada del flujo de agua, tiene 1 m. de longitud por 1.40 m de ancho y doblada en los bordes de 0.10 m, la tapa de H° A° que irá emplazada (fija) sobre el borde de la pared de H° A° de la cámara, con dimensiones de 1 m de longitud por 1.40 m de ancho y un espesor de 0.10 m. misma que servirá de soporte o afianza de las bisagras que sujetaran ambas tapas de chapa, como se puede notar en el diseño, y la tercera tapa también de chapa galvanizada tiene medidas de 1.40 m de ancho por 1.40 m de longitud; esta tapa mixta garantizará que esta cámara no signifique un foco de contaminación fecal (heces de aves, etc.)

3.5.5. Costos de la Obra:

A continuación se detallan los costos para la implementación del diseño de la operación unitaria (DESARENADOR O SEDIMENTADOR).

3.5.5.1. Material (áridos):

Cuadro N° 19 Costos de material de la Obra (Áridos)

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario (Bs.)	Precio total (Bs.)
1	Piedra Manzana.	m3	3	250	750
2	Grava.	m3	4	200	800

3	Arenilla.	m3	4	150	600
4	Arena Fina.	m3	2	100	200
Costo Total.					2350

Fuente: Elaboración propia.

3.5.5.2. Material general:

Cuadro N° 20 Costos de material de la Obra (General)

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Precio Total (Bs.)
1	Estacas.	pza	4	5	20
2	Puntal.	pza	30	6	180
3	Madera.	m2	28	25	700
4	Listón.	ml	8	12	96
5	Clavos.	kg	6	15	90
6	Alambre Amarre.	kg	8	16	128
7	Cemento.	bols	30	55	1650
		a			
8	Hierrocorrugado.5/16	brra	12	42	504
9	Hierrocorrugado.3/8	brra	32	65	2080
10	Tuvopvc4"	pza	2	76,5	153
11	Válvulas.	pza	5	650	3250
12	Chapa Galvanizada (3	pza	1	600	600

m * 2 m: espesor, 2
mm)

Costo Total. 9451

Fuente: Elaboración propia.

3.5.5.3. Costo mano de obra:

Cuadro N° 21 Costos de mano de Obra

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs.)	Precio Total (Bs.)
1	Replanteo.	m2	7,6	25	190
2	Excavación Suelo Semiduro.	m3	1,52	150	228
3	Plataforma H° A°	m3	1,52	1000	1520
4	Paredes externas y Compartimentos H° A°	m3	2,48	1000	2480
5	Tubería PVC 4":	ML	5	25	125
6	Tapa H° A°	m3	0,14	1000	140
7	Tapa de chapa galvanizada.	GLB	2	400	800
8	Revoque exterior.	m2	12,92	50	646
9	Revoque interior c/impermeabilizante.	m2	16	60	960
10	Válvulas.	PZA	5	50	250
11	Accesorios.	GLB	1	500	500
12	Limpieza General.	GLB	1	100	100

Costo Total.

7939

Fuente: Elaboración propia.

3.5.5.4. Costo general de la obra.

Cuadro N° 22 Costos Total de la Obra

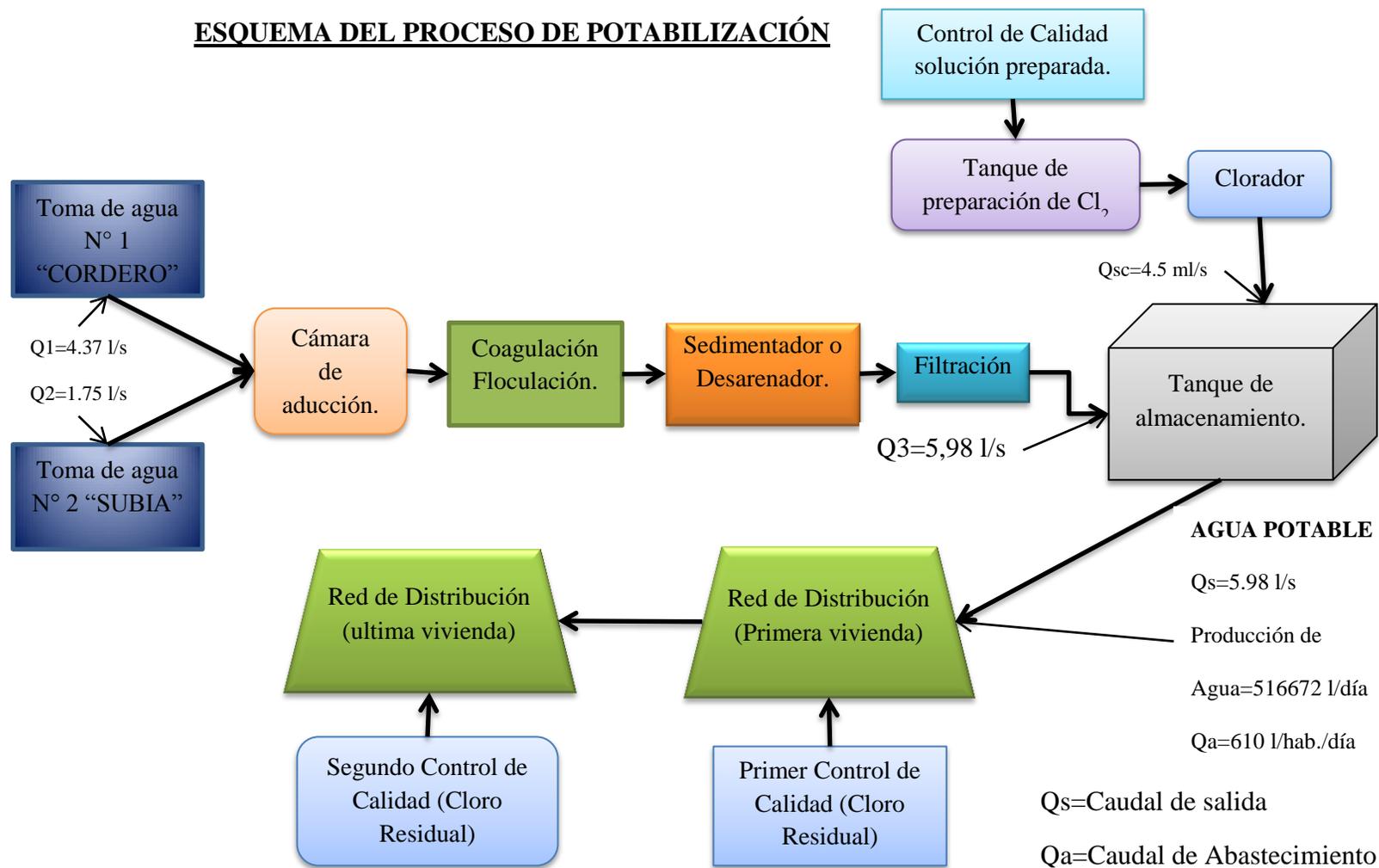
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL (Bs.)
1	Materiales	9451
2	Material (Áridos) bruto	2350
3	Mano de obra	7939
TOTAL.		19740

Fuente: Elaboración propia.

3.5.6. Conclusión de la propuesta:

- Se pudo diseñar una operación unitaria, Cámara Sedimentadora con sus respectivas dimensiones y costos para su posterior ejecución de la obra.

3.5.7. ESQUEMA DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN



3.5.7.1. Dotación media diaria

La dotación media diaria se refiere al consumo anual total previsto en un centro poblado dividido por la población abastecida y el número de días del año. Es el volumen equivalente de agua utilizado por una persona en un día. (NB-689, 2004)

Tabla N° 24 Dotación media diaria (l/hab./día)

Zona	Población (habitantes)					
	Hasta 500	De 501 a 2000	De 2001 a 5000	De 5001 a 20000	De 20001 a 100000	Más de 100000
Del Altiplano	30 - 50	30 - 70	50 - 80	80 - 100	100 - 150	150 - 200
De los Valles	50 - 70	50 - 90	70 - 100	100 - 140	150 - 200	200 - 250
De los Llanos	70 - 90	70-110	90 - 120	120 - 180	200 - 250	250 - 350

Fuente: NB 689 Instalaciones de agua – Diseño para sistemas de Agua Potable.

El caudal de salida de agua potable del tanque de almacenamiento, con destino al abastecimiento de la población de Colonia Linares es de 5.98 l/s.; con base a esta cantidad de agua disponible, se tiene una cantidad acumulada de 516672 l/día. Tomando en cuenta la Tabla N° 24, la dotación media diaria de agua para consumo según la NB 689; para Colonia Linares que tiene una población de 847 habitantes según el PTDI del Municipio de Bermejo, población que está en el rango de 501 a 2000 habitantes; el municipio tiene Característica de Zona de los Llanos, por ende la dotación de agua media diaria es de 70 – 110 l/hab./día.

Tomando en cuenta lo explicado anteriormente, dado que se tiene una producción de agua de 516672 l/día y para una población de 847 habitantes, la dotación de agua es de 610 l/hab./día, un volumen de agua excedente a los volúmenes establecidos en la NB 689, de acuerdo a la zona de ubicación del Municipio de Bermejo.

3.6.PROPUESTA DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN LA COMUNIDAD DE COLONIA DR. “JOSÉ MARÍA LINARES”

La potabilización es un proceso que se lleva a cabo sobre cualquier agua para transformarlo en agua potable, siendo la condición más ponderable para ser considerada apta para el consumo humano; Este proceso, se realiza sobre aguas superficiales, aguas subterráneas naturales, llevado a cabo en plantas de tratamiento de agua potable, las cuales independientemente de su tamaño, nivel de sofisticación tecnológica o la calidad actual del agua tratada, necesitan periódicamente introducir cambios en sus procesos para garantizar mejoras en su funcionamiento y en la calidad del agua.

3.6.1. Objetivo de la propuesta

Calcular la dosificación adecuada de hipoclorito de calcio que se debe agregar, de acuerdo al caudal de agua que llega al tanque de almacenamiento, para que esta sea apta para el consumo de la población de “Colonia Linares”.

3.6.2. Justificación del proceso de potabilización

Porque el agua que consume la Comunidad de Colonia Linares no es “potable”, porque simplemente se trata de un sistema de captación de agua, con dos obras toma, construidas en dos quebradas distintas; en una de las tomas “Quebrada SUBIA” se cuenta con una cámara filtro (grava gruesa, gravilla y arena) que en épocas de lluvia colapsa, debido a la falta de limpieza permitiendo el ingreso del agua con un alto grado de turbiedad; una cámara de aducción donde se homogeniza el agua que llega desde las tomas por lo que en época de precipitaciones pluviales el agua es conducida hacia la red que conduce el agua hacia el tanque de almacenamiento y posterior distribución a los beneficiarios, con bastante turbiedad, por lo que en esa época sería imposible realizar la cloración, de ahí que se busca implementar algunas operaciones unitarias cámara (Sedimentadora o Desarenador), con la finalidad de disminuir el grado de turbiedad y sea apta para la cloración respectiva.

Por otro lado, pese a que el agua que consume la población de Colonia cumple con algunos parámetros de control mínimo de la NB - 512, excepto con los parámetros microbiológicos: Coliformes Termoresistentes y Escherichia Coli, siendo estos los que causan más problemas a la salud humana, que están muy por encima de los límites establecidos por esta norma, para ser considerada apta para el consumo humano; por tal motivo es necesario realizar la cloración.

3.6.3. Desarrollo de la propuesta:

3.6.3.1. Cálculo de dosificación de solución preparada para clorar con Hipoclorito de calcio Ca (ClO)₂:

Con la finalidad de encontrar un caudal adecuado para la dosificación de Hipoclorito de Calcio se tomó como referencia la relación de caudales de la población de Entre Ríos y Colonia Linares.

A. Relación de caudales.

Se realizó una relación entre ambos caudales de Entre Ríos y colonia linares que ingresan al sistema de cloración (Entre Ríos); tanque de almacenamiento (Colonia Linares) y se obtiene:

$$RQ = \frac{QER}{QCL}$$

RQ = Relación Caudales.

QER = Caudal de Entre Ríos del sistema de cloración.

QCL = Caudal de Colonia Linares en el tanque de almacenamiento.

-Cálculo de relación de caudal:

B. Para caudal máximo:

$$RQ(max) = \frac{QER}{QCL(max)}$$

Dónde:

$RQ_{(máx.)}$ = Relación Caudales.

QER = Caudal de Entre Ríos del sistema de cloración.

$QCL_{(máx.)}$ = Caudal de Colonia Linares en el tanque de almacenamiento

Aplicando:

$RQ_{(máx.)} = ?$

$QER = 12 \text{ l/s}$

$QCL_{(máx.)} = 9.90 \text{ l/s}$

$$RQ(max) = \frac{12 \text{ l/s}}{9.90 \text{ l/s}} = 1.21 \text{ l/s}$$

C. Para el caudal mínimo:

$$RQ(min) = \frac{QER}{QCL(min)}$$

Dónde:

$RQ_{(min)}$ = Relación Caudales.

QER = Caudal de Entre Ríos del sistema de cloración.

$QCL_{(min.)}$ = Caudal de Colonia Linares en el tanque de almacenamiento.

Aplicando:

$RQ_{(min)} = ?$

$QER = 12 \text{ l/s}$

$QCL_{(min.)} = 5.98 \text{ l/s}$

$$RQ(min) = \frac{12 \text{ l/s}}{5.98 \text{ l/s}} = 2 \text{ l/s}$$

Esta relación está basada en la optimización de hipoclorito de calcio para el sistema de Colonia Linares.

Con el caudal de hipoclorito de calcio que se aplica para clorar en la ciudad de Entre Ríos, a un caudal de agua cruda conocido que se necesita tratar, se tiene la siguiente relación.

$$Q_{ER} = \frac{12l}{s} \Leftrightarrow D = 9 \text{ ml/s}$$

Q_{ER}: Caudal de agua a desinfectar en Entre Ríos (l/s)

D: Dosis de Cloro aplicada al agua en (mg/l)

3.6.3.2. Caudal de solución clorada para Colonia Linares (Q_{sc})

Para determinar el caudal necesario de la dosis, se emplea el caudal de dosificación que se utiliza en Entre Ríos, con relación al caudal de agua que llega al tanque de almacenamiento de Colonia Linares.

Para un caudal de 9.90 l/s que es el máximo que se midió en la entrada al tanque de almacenamiento en épocas de lluvia la solución que se debe agregar de Ca (ClO)₂ al 1% será:

Q_{sc} = Caudal de solución clorada (l/s)

Q_{Dosificación ER} = Caudal de hipoclorito de calcio que sale del dosificador en Entre Ríos. (l/s)

RQ_(máx.) = Relación Caudales. (l/s)

$$Q_{sc} = \frac{Q_{\text{Dosificación ER}}}{RQ_{\text{(máx.)}}}$$

Q_{sc} = ?

$$Q_{\text{Dosificación ER}} = 9 \text{ ml/s} * \frac{1l}{1000ml} = 0.009 \text{ l/s}$$

RQ_(máx.) = 1.21 l/s

$$Q_{sc} = \frac{Q_{\text{Dosificación ER}}}{RQ_{\text{(máx.)}}}$$

$$Q_{sc} = \frac{0.009 \text{ l/s}}{1.21 \text{ l/s}} = 0.007438 \text{ l/s}$$

$$Q_{sc} = 0.007438 \frac{\text{l}}{\text{s}} * \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ l}} = 7.4 \text{ ml/s}$$

-Caudal de dosificador ml/minuto (min.):

$$Q_{sc} = 7.4 \frac{\text{ml}}{\text{s}} * \frac{60\text{s}}{1\text{min}} = 444 \text{ ml/min}$$

Entonces el caudal de la solución preparada de hipoclorito de calcio Ca (ClO)₂ al 1% que se debe agregar es de 7.4 ml/s; para desinfectar una cantidad de agua con un caudal de 9.90 l/s, siendo este el caudal máximo medido en épocas de lluvia.

Cabe mencionar que los caudales de aguas superficiales varían de acuerdo a diferentes factores climáticos, por ende la medición de estos debe ser de forma periódica con la finalidad de aplicar la dosificación de acuerdo al momento y caudal que se tenga, en cada época del año.

D. Calculo para caudal mínimo:

Para un caudal de 5.98 l/s que es el mínimo que se midió en la entrada al tanque de almacenamiento en épocas de estiaje la solución que se debe agregar de Ca (ClO)₂ al 1% será:

Q_{sc} = Caudal de solución clorada (l/s)

$Q_{\text{Dosificación ER}}$ = Caudal de hipoclorito de calcio que sale del dosificador en Entre Ríos. (l/s)

RQ (min.)= Relación Caudales. (l/s)

$$Q_{sc} = \frac{Q_{\text{Dosificación ER}}}{RQ \text{ (min.)}}$$

$Q_{sc} = ?$

$$Q_{\text{Dosificación ER}} = 9 \text{ ml/s} * \frac{1\text{l}}{1000\text{ml}} = 0.009 \text{ l/s}$$

$RQ_{\text{(min.)}} = 2 \text{ l/s}$

$$Q_{sc} = \frac{Q_{\text{Dosificación ER}}}{RQ \text{ (min.)}}$$

$$Q_{sc} = \frac{0.009 \text{ l/s}}{2 \text{ l/s}} = 0.0045 \text{ l/s}$$

$$Q_{sc} = 0.0045 \frac{\text{l}}{\text{s}} * \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ l}} = 4.5 \text{ ml/s}$$

-Caudal de dosificador ml/minuto (min.):

$$Q_{sc} = 4.5 \frac{\text{ml}}{\text{s}} * \frac{60\text{s}}{1\text{min}} = 270 \text{ ml/min}$$

Para un caudal mínimo de agua medido en épocas de estiaje de 5.98 l/s, se necesita agregar una solución de hipoclorito de calcio Ca (ClO)₂ al 1% con un caudal de 4.5 ml/s, con la finalidad de clorar el agua y esta sea apta para consumo humano.

Según, Gareca A. H., 2019; en la ciudad de Entre Ríos-Tarija, para un caudal de agua cruda de 12 l/s, la dosificación adecuada de cloro que sale del tanque Clorador, para el tratamiento de la misma es de 9 ml/s.

Conociendo los caudales de agua en la Comunidad de Colonia Linares, presentan una relación directa con los caudales de agua que cloran en Entre Ríos, y por ser aguas superficiales, se plantea una dosificación de cloro de 4.5 ml/s, para un caudal de 5.98 l/s.; y un caudal de dosificación de cloro de 7.4 ml/s, para la desinfección de un caudal de agua cruda de 9.90 l/s.

3.6.3.3. Hipoclorito de calcio en estado sólido:

Las cantidades de hipoclorito de calcio usadas para agua potable, es de 4.5 kg de soluto en 450 l de agua.

4.5 kg-----450 l H₂O

4.5 kg-----450 kg H₂O

4.5 kg-----450 g H₂O

X-----100 g H₂O

X = 1 g de soluto en 100 g de H₂O (1%)

3.6.3.4. Cantidad de hipoclorito de calcio en sólido que se necesita por día:

3.6.3.4.1. Caudal máximo:

Para un caudal máximo que es de 9.90 l/s que fue medido en la entrada al tanque de almacenamiento, en épocas de lluvia; conociendo la dosificación de cloro que se debe aplicar 7.4 ml/s ó 0.007438 l/s; se tiene los siguientes cálculos:

Q_{sc} = 0.007438 l/s de Ca (ClO)₂ al 1%

Pasamos ese caudal a l/día:

$$Q_{sc} = 0.007438 \frac{l}{s} * \frac{3600s}{1h} * \frac{24h}{1dia} = 642.643 l/dia$$

1 gr.-----0,1 l. solución

Y -----642.643 l.

Y = 6426.43 gr.

Pasamos de gramos (gr) a kg/día:

$$Y = 6426.43 \frac{gr}{dia} * \frac{1kg}{1000gr} = 6.43 kg/dia$$

Por lo tanto la cantidad de hipoclorito de calcio en estado sólido, que se necesita para clorar el agua con ese caudal de llegada al tanque de almacenamiento es de 6.43 kg/día.

3.6.3.4.2. Caudal mínimo:

Para un caudal mínimo que es de 5.98 l/s que fue medido en la entrada al tanque de almacenamiento, en épocas de estiaje; conociendo la dosificación de cloro que se debe aplicar 4.5 ml/s ó 0.0045 l/s; se tiene los siguientes cálculos:

Q_{sc} = 0.0045 l/s de Ca (ClO)₂ al 1%

Pasamos ese caudal a l/día:

$$Q_{sc} = 0.0045 \text{ l/s} * \frac{3600s}{1h} * \frac{24h}{1dia} = 388.8 \text{ l/dia}$$

1gr.-----0,1 l. solución

Z -----388.8 l.

Z=3888gr.

Pasamos de gramos (gr) a kg/día:

$$Z = 3888 \frac{\text{gr}}{\text{dia}} * \frac{1kg}{1000gr} = 3.9 \text{ kg/dia}$$

Por lo tanto la cantidad de hipoclorito de calcio en estado sólido, que se necesita para clorar el agua con ese caudal de llegada al tanque de almacenamiento es de 3.9 kg/día.

3.6.3.5. Costos de la cloración con hipoclorito de calcio en la comunidad Colonia

Linares

3.6.3.5.1. Costos de insumos:

Cuadro N° 23 Presupuesto de la cloración

Descripción	Caudales	Unidad	Cantidad	Precio unitario (bs)	Costo/día (bs)	Costo/mes (bs)	Costo/año (bs)
Hipoclorito de calcio Ca (ClO)2 en estado sólido	Máx	kg	6,4	26,5	169,6	5088	61056
	Min	kg	3,9	26,5	103,35	3100,5	37206
	Total					272,95	8188,5

Fuente: Elaboración propia.

Estos son costos contemplados con las cantidades del desinfectante Hipoclorito de Calcio, que se va usar para el tratamiento del agua; diario, mensual y anual en la comunidad Colonia Linares.

3.6.3.5.2. Costos de Personal:

Cuadro N° 24 Salario: Técnico

ÍTEM	CANTIDAD	SALARIO (BS.)	
		Mensual	Anual
Técnico	1	3000	36000

Fuente: Elaboración propia.

Es un costo estimado que se invertirá en el operador del sistema.

3.6.3.5.3. Costos de Energía:

No existe consumo de energía, debido a que es un sistema pequeño que abastece a una comunidad Colonia Linares donde todas las operaciones, de conducción de agua, y la posterior cloración funciona por gravedad.

3.6.3.5.4. Costo de Mantenimiento

Como es un sistema comunal, el que realiza el mantenimiento es el mismo operador (Comité de Agua Potable).

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Con la realización del presente trabajo de investigación podemos sacar las siguientes conclusiones:

- ♣ Finalmente, podemos concluir que en ambas tomas, los parámetros que no cumplen con la condición de agua para consumo humano según los LMP de la NB – 512 son los microbiológicos: Coliformes Termoresistentes y Escherichia Coli en los tres muestreos realizados.
- ♣ El sistema que abastece de agua para consumo en la Comunidad de Colonia “Dr. José María Linares”, no cuenta operaciones unitarias previas para la eliminación de partículas en suspensión, materia orgánica, etc.; es por este motivo que en épocas de lluvia el agua que se distribuye en la comunidad se observa con bastante turbiedad, hecho que no reflejan los resultados obtenidos de laboratorio CEANID, debido a que el estudio fue realizado en los meses de septiembre 2019, octubre y noviembre de 2020; época de casi nula precipitación pluvial; pero se tiene respaldo por información sistematizada a través de las encuestas aplicadas a los beneficiarios, ya que indican que observan turbiedad en el agua que llega a su domicilio en épocas de lluvia. Por ser de suma importancia la eliminación de la turbiedad o que estén dentro de los LMP: NB-512, se diseñó un sedimentador laminar, siendo este uno de los más eficientes, económicos y compactos para realizar la precipitación de las partículas en líquidos, y no requieren energías para su funcionamiento.
- ♣ Se realizó cálculos para la dosificación adecuada con Hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, como desinfectante del agua; tomando como referencia el caudal de agua de 12 l/s que se potabiliza en la Ciudad de Entre Ríos – Tarija, para lo cual se aplica una Dosificación de 9 ml/s.; Entonces para

Colonia Linares se obtiene estos resultados; Para un caudal máximo de agua de 9.90 l/s, medido en épocas de lluvia en la entrada al tanque de almacenamiento, la dosis ideal a aplicar es de 7.4 ml/s y para un caudal de 5.98 l/s medido en época de estiaje, la dosis adecuada es de 4.5 ml/s.; con estas Dosificaciones, para los dos caudales medidos, se pretende obtener cloro residual en las viviendas más alejadas de la red de distribución, parámetro que indica la eliminación de los microorganismos y de esta forma la población pueda consumir un agua segura, de acuerdo a lo que recomienda la NB-512.

- ♣ Para una Dosificación ideal con Hipoclorito de Calcio Ca (ClO) 2 se debe cumplir con lo que establece la NB-512 que los parámetros de control mínimo estén dentro de los LMP, porque estos son indispensables para la formación de los compuestos clorados y su descomposición en el agua.
- ♣ Se concluye que es de vital importancia aplicar la cloración del agua para el consumo humano en el sistema de la comunidad de Colonia Linares, por ser de vital importancia el consumo de agua segura, para evitar las enfermedades que son causadas por el consumo de agua con presencia de bacterias y otros microorganismos.
- ♣ La hipótesis propuesta es falsa debido a que se dejó de realizar la cloración por motivos desconocidos, y por ende existe la presencia de microorganismos y es un agua no es apta para consumo, como indica la NB-512, normativa que controla la calidad del agua de consumo.

4.2 RECOMENDACIONES

Concluido este trabajo de investigación se brinda las siguientes recomendaciones:

- * Se recomienda gestionar el Hipoclorito de Calcio, la cantidad que se va utilizar durante todo el mes, por ende todo el año; cálculos que se tienen en el presente trabajo dentro de la propuesta de cloración.
- * Utilizar hipoclorito de calcio, para eliminar los microorganismos biológicos, debido a que el agua después de ser utilizada se convierte en aguas residuales; estas aguas negras desembocan en el lecho de una quebrada, por lo que serán beneficiosas para un posterior uso, si se quiere para riego, porque el calcio se vuelve asimilable por las plantas.
- * Mientras se decide implementar la potabilización del agua en la Comunidad de Colonia Linares, se recomienda que la limpieza y mantenimiento del sistema de agua para consumo sea más continua y para consumirla se debe hacerla hervir; debido a que estos microorganismos patógenos para el ser humano mueren a una temperatura de 52° C.
- * Se recomienda realizar el cierre perimetral de las dos obras de toma, para evitar el ingreso de animales o personas ajenas a los encargados del manejo del sistema debido a que estos pueden significar una causa contaminación mayor al agua que se distribuye en la Comunidad.
- * Es indispensable la protección de las cabeceras de las fuentes de captación de agua, evitando cualquier práctica de actividad agropecuaria (tala de árboles, chaqueos, desmontes, actividad ganadera, etc.); con el propósito de asegurar el suministro de este líquido elemento para la generación actual y las futuras generaciones de la Colonia Linares.
- * Difundir la presente investigación con toda la población de la comunidad Colonia Linares, a fin de exigir a las autoridades de salud y otras instituciones involucradas en el saneamiento de agua, para solucionar el problema actual.