

CAPÍTULO I
FUNDAMENTO TEÓRICO

1. MARCO TEÓRICO.

1.1. Método volumétrico

La forma más sencilla de calcular los caudales pequeños es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. La corriente se desvía hacia un canal o cañería que descarga en un recipiente adecuado y el tiempo que demora su llenado se mide por medio de un cronómetro. (FAO.ORG, 1997).

Formula del método de caudal:

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{tiempo}}$$

1.2. Calidad de agua no tratada

Las fuentes de agua potencialmente utilizables están constituidas por:

- Aguas superficiales. (ríos, riachuelos, lagos, lagunas y represas).
- Aguas subterráneas. (vertientes o manantiales, subálvea y profunda).
- Aguas de lluvia.

La calidad del agua es variable y debe ser caracterizada a través del tiempo para definir los parámetros a tratarse, así como el grado de tratamiento.

La calidad del agua debe ser establecida mediante la determinación de parámetros físicos, químicos, radiológicos y microbiológicos. (NB 689, Diciembre 2004).

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, Diciembre, 2010).

1.4. Aspectos microbiológicos

La garantía de la inocuidad microbiana de los abastecimientos de agua de consumo humano se basa en la aplicación de barreras múltiples, desde la captación hasta el consumidor para evitar la contaminación del agua de consumo humano o para reducirla

a niveles que no sean perjudiciales para la salud. La seguridad aumenta mediante la implantación de múltiples barreras, como la protección de los recursos hídricos, la selección y la operación correctas de una serie de etapas de tratamiento, y la gestión de sistemas de distribución (por tuberías o de otro tipo) para mantener y proteger la calidad del agua tratada. (OMS, 2011).

La estrategia preferida es el abordaje de gestión que enfatiza principalmente la prevención o reducción de la entrada de agentes patógenos a las fuentes de agua y reduce la dependencia de procesos de tratamiento para la eliminación de organismos patógenos. (OMS, 2011).

En términos generales, los mayores riesgos microbiológicos se asocian a la ingestión de agua contaminada con heces humanas o de animales (incluidas las de las aves). Las heces pueden ser fuente de agentes patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos. Cuando se establecen metas de protección de la salud relativas a la inocuidad microbiana los que más preocupan son los organismos patógenos provenientes de las heces. Con frecuencia la calidad microbiológica del agua puede tener variaciones bruscas en un amplio rango de concentraciones. (OMS, 2011).

Puede haber aumentos repentinos en los niveles de agentes patógenos, lo que puede aumentar considerablemente el riesgo de enfermedades y que podrían desencadenar brotes de enfermedades transmitidas por el agua. (OMS, 2011).

1.5. Bacterias coliformes totales

Las bacterias coliformes totales incluyen una amplia variedad de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulados capaces de crecer en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares que fermentan la lactosa y producen ácido o aldehído en 24 horas a 35-37 °C. *Escherichia coli* y los coliformes termo tolerantes son un subgrupo del grupo de coliformes totales que pueden fermentar la lactosa a temperaturas más altas). El grupo de los coliformes totales incluye especies fecales y ambientales. (OMS, 2011).

1.6. Bacterias coliformes termo resistentes

Los Coliformes Fecales (termo resistentes), 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, 2011).

1.7. Infecciones transmitidas por el agua

Existen diversos tipos de agentes patógenos que pueden transmitirse por el agua de consumo contaminada. Los riesgos para la salud relacionados con el agua de consumo más comunes y extendidos son las enfermedades infecciosas ocasionadas por agentes patógenos como bacterias, virus, protozoos y helmintos. La gama de agentes patógenos cambia en función de factores variables como el aumento de las poblaciones de personas y animales, el incremento del uso de aguas residuales, los cambios de los hábitos de la población o de las intervenciones médicas, las migraciones y viajes de la población, y presiones selectivas que favorecen la aparición de agentes patógenos nuevos o mutantes, o de recombinaciones de los agentes patógenos existentes. También existe una considerable variabilidad en la inmunidad de las personas, ya sea adquirida por contacto con un agente patógeno o determinada por factores como la edad, el sexo, el estado de salud y las condiciones de vida. (OMS, 2011).

1.8. Cólera

Es una enfermedad diarreica aguda, causada por infección intestinal, es probablemente la más conocida de las enfermedades diarreicas, ya que la mayoría de las personas han

oído hablar de ella. La infección suele ser leve y sin síntomas, pero puede ser grave y puede contraerse de casos activos de la enfermedad o de sus portadores, simplemente con ingerir alimentos o agua contaminados.

También se sabe que el cólera se transmite por ingestión de pescados y mariscos crudos. Esta enfermedad no se propaga directamente de una persona a otra, por lo que no se corre riesgo de contraerla mediante el contacto social ordinario con una persona infectada. (OMS, 2011).

1.9. Hepatitis A

Se trata de una enfermedad vírica sumamente contagiosa que causa una infección hepática leve. Los síntomas pueden ser fiebre, náusea, dolores abdominales, pérdida del apetito e ictericia. La vía de transmisión más común es, probablemente, de persona a persona, pero los alimentos y el agua contaminados son fuentes de infección importantes; las pruebas epidemiológicas de la transmisión por el agua del VHA (Virus hepatitis A), son más concluyentes que las correspondientes a cualquier otro virus y también son relativamente frecuentes los brotes de origen alimentario, en los que los focos de infección incluyen la manipulación de alimentos infectados, marisco recolectado en aguas contaminadas y frutas y hortalizas frescas contaminadas. Las personas que viajan de zonas con buen saneamiento a zonas con saneamiento deficiente se exponen a un riesgo de infección elevado. (OMS, 2011).

1.10. Tifoidea

Esta enfermedad infecciosa se caracteriza por fiebre continua y otros síntomas son diarrea o estreñimiento, cefaleas, dolores musculares y fatiga; la tifoidea es transmitida por los alimentos o el agua contaminada por las heces de una persona que padezca la enfermedad o sea portadora de la misma. Los pescados y mariscos y la leche son también medios de transmisión importantes, cualquiera puede contraer esta enfermedad. (OMS, 2011).

1.11. Aspectos relativos a la salud pública

Las epidemias de enfermedades transmitidas por el agua pueden afectar a numerosas personas, y la prioridad principal de la elaboración y aplicación de controles de la calidad del agua de consumo debe ser el control de estas epidemias; la información disponible sugiere también que el agua de consumo puede contribuir a la morbilidad general en ausencia de epidemias, de modo que una finalidad adicional del control de la calidad del agua de consumo debe ser reducir la morbilidad por enfermedades transmitidas por el agua en el conjunto de la población.

Algunos de los agentes patógenos cuya transmisión por agua de consumo contaminada es conocida por producir enfermedades graves y que, en ocasiones, pueden ser mortales. Algunas de estas enfermedades son la fiebre tifoidea, el cólera, la hepatitis infecciosa. (OMS, 2011).

1.12. Desinfección

La desinfección es una operación de importancia incuestionable para el suministro de agua potable donde la destrucción de microorganismos patógenos es una operación fundamental y que muy frecuentemente se realiza mediante productos químicos reactivos como el Cloro.

La desinfección constituye una barrera eficaz para numerosos patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua de 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.

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 y para evitar o eliminar la contaminación microbiana, barreras múltiples, como la protección del agua de origen y operaciones de tratamiento adecuado, así como la protección del agua durante su almacenamiento y distribución.

El uso de productos químicos desinfectantes en el tratamiento del agua genera habitualmente subproductos, no obstante, los riesgos para la salud 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.

Puede medirse y controlarse fácilmente la concentración de algunos desinfectantes del agua de consumo, como el Cloro, y se recomienda realizar análisis frecuentes si se practica la cloración del agua. (OMS, 2011).

1.13. Protección de los recursos y de las fuentes

La gestión efectiva de la cuenca donde está ubicada la captación tiene muchos beneficios; al disminuir la contaminación de la fuente de agua, se reduce el nivel y complejidad de tratamiento requerido, lo que permite disminuir la generación de subproductos del tratamiento y minimizar los costos operativos. (OMS, 2011).

1.14. Medidas de control de las fuentes

Cuando se dispone de varias fuentes de agua, puede haber flexibilidad en la selección del agua destinada a tratamiento y abastecimiento, puede ser posible evitar tomar agua de los ríos y arroyos cuando la calidad del agua es deficiente (por ejemplo, luego de una lluvia torrencial) a fin de reducir el riesgo y prevenir problemas potenciales en los procesos de tratamiento subsiguientes.

La retención del agua en embalses puede reducir el número de microorganismos fecales a través de la sedimentación y la inactivación, incluida la desinfección por efecto de la radiación solar (ultravioleta), pero posibilita también la introducción de otros contaminantes. La mayoría de los microorganismos patógenos de origen fecal (agentes patógenos entéricos) no sobreviven indefinidamente en el ambiente y una proporción considerable de las bacterias entéricas morirá al cabo de unas semanas.

Los virus y protozoos entéricos suelen sobrevivir durante más tiempo (semanas a meses) pero a menudo se eliminan por medio de la sedimentación y la competencia de los microorganismos autóctonos; la retención también permite que el material suspendido se sedimente, haciendo que la desinfección posterior sea más efectiva y reduciendo la formación de subproductos de la desinfección. (SPD).

Las medidas de control para fuentes de aguas subterráneas deben incluir proteger de la contaminación el acuífero y la zona próxima a la boca del pozo y garantizar la integridad física de la perforación (superficie sellada, revestimiento intacto, etc.), (OMS, 2011).

1.15. 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. (NB 689, Diciembre 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. (NB 689, Diciembre 2004).

1.16. Cómo actúa el cloro

Cuando se añade cloro, éste purifica el agua al destruir la estructura celular de los organismos, lo cual los elimina, sin embargo, este proceso sólo funciona si el cloro

entra en contacto directo con los organismos, si el agua contiene lodo, las bacterias se pueden esconder dentro del mismo y no son alcanzadas por el cloro. (REED BOB, 2009).

El cloro necesita cierto tiempo para destruir todos los organismos, el agua a una temperatura mayor de 18°C, el cloro debe estar en contacto con el agua, al menos, durante 30 minutos y si el agua está más fría, el tiempo de contacto se debe incrementar es por esta razón y es normal que se le añada cloro al agua apenas se introduce en el tanque de almacenamiento o en una tubería larga de distribución, para darle tiempo a que el producto químico reaccione con el agua antes de llegar al consumidor. La efectividad del cloro también se ve afectada por el pH (acidez) del agua; la cloración no es efectiva si el pH es mayor de 7,2 o menor de 6,8. (REED BOB, 2009).

1.17. Efectos sobre la salud humana del exceso de cloro en el agua

Al ser una sustancia tan activa, un exceso de Cloro puede reaccionar con distintos compuestos orgánicos, por lo que aumenta el riesgo de que se produzcan trihalometanos (THMs), que son compuestos carcinógenos para el ser humano. Los THMs se encuentran en el agua potable como resultado de la interacción del Cloro con materia orgánica natural que se encuentra en el agua. Estos estarán presentes mientras el agua contenga Cloro o hipoclorito, además de los precursores orgánicos; es por esto que hay que mantener la cantidad de Cloro residual dentro de unos límites. (ALICIA SÁNCHEZ ZAFRA, 2009).

1.18. Tratamiento convencional.

Tratamiento que incluye la adición de compuestos químicos que favorecen el tratamiento, produciendo remociones de elementos y compuestos presentes en el agua, donde consta de unidades de mezcla rápida, floculación, sedimentación, filtración y desinfección, se denomina también sistema convencional. (NB 689, Diciembre 2004).

1.19. Empleo de sustancias químicas

La dosis de las sustancias químicas no debe exceder los 3 mg/l cuando se emplee: hipoclorito de sodio (8% de activo), hipoclorito de calcio (70% de activo), o soluciones

de Hipoclorito de sodio procedentes de los generadores de cloro (0,5 % de activo). (NB 689, Diciembre 2004).

1.20. Floculación

Proceso físico en el que se producen contactos interparticulares, para formar posteriormente masas mayores denominadas flóculos.

La floculación se refiere a la aglomeración de partículas coaguladas en partículas floculentas; es el proceso mediante el cual se aplica una mezcla de bajo gradiente para incrementar las colisiones interparticulares sin romper los agregados formados.

Similar a la coagulación, la floculación está influenciada por las fuerzas químicas y físicas (carga eléctrica de las partículas, capacidad de intercambio, tamaño y concentración del flóculo, el pH, la temperatura del agua y la concentración de electrolitos). (NB 689, Diciembre 2004).

1.21. Sedimentación.

Se debe llevar a cabo en desarenadores, presedimentadores y decantadores donde se promueve la remoción de partículas en suspensión más densas que el agua. (NB 689, Diciembre 2004).

1.22. Desarenadores.

Tienen por objeto extraer del agua cruda, la gravilla, arena y partículas minerales más o menos finas, el desarenado se refiere a partículas mayores a 200 micrómetros (0,2 mm) y peso específico de 2 650 kg/m³. (NB 689, Diciembre 2004).

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Agua

Compuesto químico formado por la combinación de dos átomos de hidrogeno y uno de oxígeno. (NB 495, Noviembre 2005).

2.2. Agua cruda

Agua superficial, subterránea o pluvial en estado natural. (NB 689, Diciembre 2004).

2.3. Agua potable

Agua que cumple con los requisitos de la norma NB 512. También se denomina agua potable. (NB 495, Noviembre 2005).

2.4. Análisis Bacteriológico

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

2.5. Análisis fisicoquímico

Aplicación de métodos analíticos de laboratorio que permiten determinar las características físicas, químicas del agua en forma cualitativa y cuantitativa, incluyéndose las organolépticas como parte de las características físicas. (NB 495, Noviembre 2005).

2.6. Características físicas

Son aquellas que miden las propiedades que influyen en la calidad del agua: color, turbiedad, sólidos totales y sólidos totales disueltos, resultantes de la presencia de un número de constituyentes físicos. (NB 495, Noviembre 2005).

2.7. Características químicas

Son aquellas que, debidas a elementos o compuestos químicos orgánicos e inorgánicos, que en concentraciones por encima de lo establecido en la norma pueden causar efectos nocivos a la salud. (NB 495, Noviembre 2005).

2.8. Características microbiológicas

Son aquellas que debidas a la presencia de bacterias y otros microorganismos nocivos a la salud humana. (NB 495, Noviembre 2005).

2.9. Características organolépticas

Son aquellas que se detectan sensorialmente (sabor, color y olor) y que influyen en la aceptabilidad del agua. (NB 495, Noviembre 2005).

2.10. Color

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

2.11. Contaminación

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

2.12. Fuente de abastecimiento de agua

Depósitos o cursos naturales de agua, superficiales o subterráneos. (NB 495, Noviembre 2005).

2.13. Muestreo

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

2.14. Muestra de agua

La fracción significativa y representativa de una masa mayor de agua que conserva sus propiedades y características. (NB 495, Noviembre 2005).

2.15. Punto de muestreo

Lugar físico de donde se extrae una muestra representativa, para su posterior caracterización físico-química, bacteriológica y/o radiológica. (NB 495, Noviembre 2005).

2.16. Parámetro

Nombre del elemento o compuesto a medirse mediante un procedimiento analítico de laboratorio. (NB 495, Noviembre 2005).

2.17. 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 495, Noviembre 2005).

2.18. 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. (NB 495, Noviembre 2005).

2.19. Agua Sub superficial

Es el agua que se encuentra a poca profundidad del terreno, tiene recarga por infiltración de cuerpos de agua superficial y/o de lluvia. (NB 689, Diciembre 2004).

2.20. Vertientes o manantiales

Son afloramientos naturales de agua provenientes de acuíferos subterráneos, el afloramiento se produce cuando el acuífero intercepta una depresión del terreno, fracturas, grietas o cambios litológicos emergiendo como una o más venas. Según las características de cada tipo de acuífero, el caudal de la vertiente puede variar entre el período de lluvias y el de estiaje. (NB 689, Diciembre 2004).

2.21. Calidad del agua

Se expresa mediante la caracterización de los elementos y compuestos presentes, en solución o en suspensión, que desvirtúan la composición original. (NB 689, Diciembre 2004).

2.22. Captación

Estructura o conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de la fuente. (NB 689, Diciembre 2004).

2.23. Vigilancia de la calidad del agua

Actividad de monitoreo, complementaria al control de la calidad del agua, que implica la observación por muestreo, de la seguridad de los sistemas de abastecimiento de agua, desde el punto de vista de la salud pública.

2.24. Turbiedad

Propiedad óptica de una muestra de agua, que hace que los rayos luminosos se dispersen y absorban, en lugar de transmitir en línea recta. (NB 495, Noviembre 2005).

2.25. Floculación

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

3. MARCO LEGAL

El presente documento fue elaborado de acuerdo a las normativas actuales vigentes en el estado Plurinacional de Bolivia.

3.1. Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia.

Capítulo Quinto: Recursos Hídricos

Artículo 373.

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

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

Artículo 374.

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 y la ley establecerá las condiciones y limitaciones de todos los usos.

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.

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.

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

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.

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. (CPE, 2009).

3.2. Ley n° 1333 del Medio Ambiente.

Título IV de los recursos naturales en general

CAPÍTULO II DEL RECURSO AGUA.

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. 28 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. (LEY No. 1333 , 27 de abril de 1992).

3.3. Ley de derechos de la madre tierra 071 del 21 de diciembre del 2010

Derechos de La Madre Tierra.

Artículo 7.- 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).

3.4. Reglamentos técnicos de diseño para sistemas de agua potable NB 689

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

1.1 OBJETO

(1) El presente Reglamento tiene por objeto, establecer los criterios técnicos, parámetros y condiciones mínimas, que deben cumplir los proyectos de diseño de plantas potabilizadoras de agua.

1.2 CAMPO DE APLICACIÓN

(1) Este Reglamento se aplica a proyectos nuevos de diseño, ampliación, renovación y mejoramiento de Plantas Potabilizadoras de Agua, en ámbitos urbano, peri urbano, y rural, tomando en consideración sistemas convencionales y de tecnología apropiada acorde a criterios de sostenibilidad.

(2) Este Reglamento considera en forma integrada al tratamiento de las aguas, el manejo de los residuos producidos en las Plantas de Potabilización.

(3) Este Reglamento no se aplica al tratamiento de aguas que contengan sustancias que confieren al agua una calidad no apta para el consumo y cuya remoción depende de métodos de tratamiento no considerados en el presente reglamento.

(4) Este Reglamento no se aplica en instalaciones de tratamiento destinadas a atender situaciones de emergencia debida a desastres.

(5) Es obligatorio el conocimiento y aplicación del Reglamento de Diseño de Plantas Potabilizadoras de Agua, por el proyectista, ejecutor y fiscalizador de la obra. Sin

embargo, se podrán aplicar criterios de diseño, constructivos y métodos de control no especificados en el presente Reglamento, toda vez que se justifiquen técnicamente ante la Autoridad Competente.

CAPÍTULO 3 - FUENTES DE AGUA

a) DEFINICIÓN

Se consideran fuentes de agua a los cursos de agua superficial, agua subterránea y agua de lluvia que son utilizados para abastecimiento público y privado.

b) TIPOS DE FUENTES DE AGUA

Para el desarrollo de proyectos de agua potable se deben considerar como fuentes de abastecimiento de agua, los siguientes tipos de fuentes:

- a) Superficial.
- b) Subterránea.
- c) De lluvia.

FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA

Entre las fuentes de agua subterránea se consideran:

INSTALACIONES DE AGUA - DISEÑO PARA SISTEMAS DE AGUA POTABLE

- Vertientes o manantiales.

Son afloramientos naturales de agua provenientes de acuíferos subterráneos; el afloramiento se produce cuando el acuífero intercepta una depresión del terreno, fracturas, grietas o cambios litológicos emergiendo como una o más venas. Según las características de cada tipo de acuífero, el caudal de la vertiente puede variar entre el período de lluvias y el de estiaje.

Los manantiales termales no deben ser considerados como fuente de abastecimiento de agua, por presentar un alto contenido de minerales.

Información necesaria

Para un estudio de fuentes subterráneas de agua se debe considerar la siguiente información:

- a) Características hidrogeológicas.
- b) Capacidad de producción del acuífero.
- c) Nivel freático.
- d) Calidad del agua.
- e) Posibles fuentes de contaminación.
- f) Inventario y análisis de pozos existentes en la zona.
- g) Dirección de flujo.
- h) Franja de seguridad.

Caudales requeridos

Los caudales de captación deben ser iguales o mayores a:

- a) El caudal máximo horario, cuando no hay tanque de almacenamiento.
- b) El caudal máximo diario, cuando se dispone de planta de tratamiento y/o tanque de almacenamiento.

Medición de caudales

El aforo en vertientes puede realizarse mediante método volumétrico, método de recuperación, método de prueba de bombeo y otros.

La medición de caudal o aforo de la fuente de agua subterránea en pozos de bajo rendimiento (excavado) puede realizarse mediante el agotamiento parcial del pozo o una prueba de bombeo hasta que se estabilice el nivel dinámico para un caudal constante.

La determinación del caudal en pozos de alto rendimiento se podrá realizar mediante prueba de bombeo escalonada y de larga duración.

CAPÍTULO 4 - CALIDAD DEL AGUA

DEFINICIÓN

La calidad de las aguas se expresa mediante la caracterización de los elementos y compuestos presentes, en solución o en suspensión, que desvirtúan la composición original y la calidad del agua debe considerarse en la fuente y en los sistemas de agua potable.

CALIDAD DEL AGUA NO TRATADA

Las fuentes de agua potencialmente utilizables están constituidas por:

- Aguas superficiales (ríos, riachuelos, lagos, lagunas y represas).
- Aguas subterráneas (vertientes o manantiales, subálvea y profunda).
- Aguas de lluvia.

La calidad del agua es variable y debe ser caracterizada a través del tiempo para definir los parámetros a tratarse, así como el grado de tratamiento.

La calidad del agua debe ser establecida mediante la determinación de parámetros físicos, químicos, radiológicos y microbiológicos.

Criterios de calidad para la selección de la fuente de abastecimiento

Para establecer los criterios de calidad para la selección de la fuente de abastecimiento, las aguas no tratadas (crudas) se clasifican en 5 grupos; especificados como: Grupo I, II, III, IV y V, en los que se consideran la calidad físico – química, microbiológica, radiológica y los requerimientos de tratamiento.

Adicionalmente se consideran como parámetros complementarios de calidad: la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), el Oxígeno Disuelto (OD) y la concentración de Cloruros, como indicador indirecto de contaminación fecal. Véase Anexo A (Normativo).

Análisis de parámetros básicos para la caracterización

El análisis de los parámetros básicos debe ser determinado en base a la información de campo obtenida y en consideración a la formación geológica de la fuente, usos del suelo, agricultura, existencia de industrias, agroindustria, minería u otras de relevancia y que tengan influencia en la calidad de las aguas.

Los análisis de los parámetros complementarios señalados en Anexo A (Normativo), deben ser realizados a criterio de la proyectista una vez evaluada la información de campo.

Necesariamente se deben realizar los análisis de parámetros físicos – químicos, microbiológicos y radiológicos que permitan caracterizar la(s) fuente(s), según los siguientes criterios:

Caracterización de las aguas en poblaciones menores a 10 000 habitantes.

Para la caracterización de las aguas no tratadas, destinadas a consumo humano en poblaciones menores a 10 000 habitantes, se deben realizar los análisis en laboratorios especializados, por personal técnico capacitado, que determinen la composición de las mismas en consideración a los parámetros físico – químicos y microbiológicos que se muestran en el Anexo B (Normativo), donde se especifican en Tabla 1, los parámetros, sus unidades y el tiempo máximo de preservación recomendado para efectuar el análisis.

No queda excluida la posibilidad de ampliar los parámetros físico - químicos, microbiológicos y radiológicos a analizar, si el proyectista considera necesario hacerlo, de acuerdo a las características de la zona y los antecedentes existentes relacionados con la actividad que desarrolla (minera, agrícola, industrial) y tengan efectos sobre la calidad de las aguas.

En la Tabla 2, se especifica el valor máximo aceptable de los parámetros físico – químicos y microbiológicos correspondientes a los de la Tabla 1, establecido en la Norma Boliviana NB 512 (Agua Potable - Requisitos). (NB 689, Diciembre 2010).

3.5. Reglamento nacional para el control de calidad de agua para consumo humano NB 512.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.- **OBJETO.** Reglamentar 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.

2.- **CAMPO DE APLICACIÓN.** Están sometidas al presente Reglamento Nacional las EPSA cualquiera sea su forma de constitución (municipal, sociedad anónima mixta, privada, cooperativa, asociación civil, pueblos indígenas y originarios y comités de agua) encargadas de prestar servicios de agua potable y alcantarillado sanitario. Asimismo, las instituciones públicas y privadas que realizan actividades de control y vigilancia de la calidad del agua a nivel nacional.

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.

24.- UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN LA RED.

Sobre la base del valor establecido en el numeral 23, las EPSA deben ubicar en la red de distribución los puntos de muestreo, aplicando los siguientes criterios:

- Deben ser uniformemente distribuidos e incluir zonas geográficas con riesgo de contaminación, puntos de baja presión, alta densidad poblacional, tramos finales de tuberías, etc.
- Deben ser representativos de la zona de abastecimiento.
- Deben ser proporcionales a la población abastecida.

De acuerdo con las consideraciones anteriores, existe la posibilidad que el número de puntos de muestreo establecido en la red puede ser mayor al obtenido en el numeral 23.

37.- ANÁLISIS Y CONTROL DE CALIDAD.

Para la realización de los análisis, el control de calidad del agua para consumo humano y la adopción de las medidas correctivas oportunas, las EPSA deben disponer de un laboratorio propio o contratado, que se encuentre acreditado reconocido en Buenas Prácticas de Laboratorio por el OBA. (NB 512, Diciembre, 2010).

3.6. Norma Boliviana NB 495 “agua potable – definiciones y terminología”

Objeto y campo de aplicación.

Esta norma establece las definiciones y términos empleados en las normas sobre agua potable, sistemas de abastecimiento de agua, muestreo y análisis de laboratorio. (Norma Boliviana NB 495 "Agua Potable - Definiciones y Terminología", 2005).

3.7. Norma Boliviana NB496 “agua potable - toma de muestras”

Introducción.

La determinación de los parámetros físico-químicos, bacteriológicos y radiológicos de caracterización del agua potable, son esenciales para el control de la calidad y permiten garantizar la salud pública. La actividad de muestreo y las frecuencias de control, deben ser confiables y representativas, siendo una de las etapas más importantes dentro del proceso de control y vigilancia de la calidad del agua para consumo humano.

Objeto.

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.

Campo de aplicación.

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. (Norma Boliviana NB 496 “agua potable - toma de muestras”, 2005).

3.8. Norma Boliviana NB 649 “Productos químicos para uso industrial – Hipocloritos usados para el tratamiento de aguas”**Objeto y campo de aplicación**

Esta norma se aplica a la cal clorinada, el hipoclorito de sodio y el hipoclorito de calcio y establece especificaciones que deben cumplir para el uso de cualquiera de estos materiales en su uso para potabilización del agua para uso y consumo humano (tratamiento de suministros de agua potable e industrial), así como la metodología de muestreo y los métodos de prueba para determinarlas. Los hipocloritos son materiales oxidantes usados generalmente como un desinfectante por las empresas de servicio público encargadas del tratamiento de agua. (NB 649, Abril 2007).

3.9. Norma Boliviana NB 650 “Productos químicos para uso industrial – Sulfato de Aluminio”**Objeto y campo de aplicación**

Esta norma se aplica al sulfato de aluminio y establece las especificaciones que debe cumplir en estado líquido o en forma de terrón o en grano, el cual es usado en el tratamiento de aguas municipales o industriales.

Esta norma establece también especificaciones de sus requisitos físicos, químicos, impurezas; los métodos de ensayo y su forma de empaque, envío, manejo y rotulado.

Para la transferencia de iones y favorecer la formación de flóculos, se tienen una serie de coagulantes para el tratamiento de aguas, uno de los más importantes es el sulfato de aluminio, pero existen otros materiales que se establecen en la tabla 10.25 de NB 689. (NB 650, Abril 2007).

CAPÍTULO II

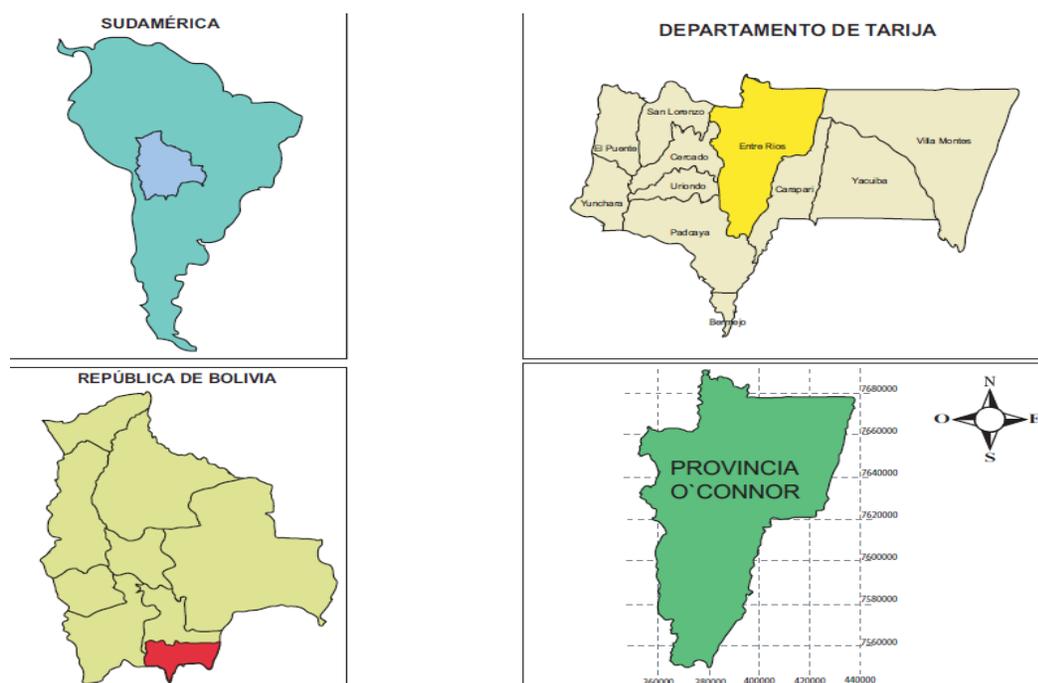
MATERIALES Y METODOLOGÍA

MATERIALES Y METODOLOGÍA

1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se desarrolló en el País de Bolivia que está situado en la zona central de América del Sur, con una superficie de 1.098.581 km², entre los meridianos 57°26' y 69°38' de longitud occidental del meridiano de Greenwich y los paralelos 9°38' y 22°53' de latitud sur.

Mapa N° 1. Mapa de ubicación de Bolivia y Tarija



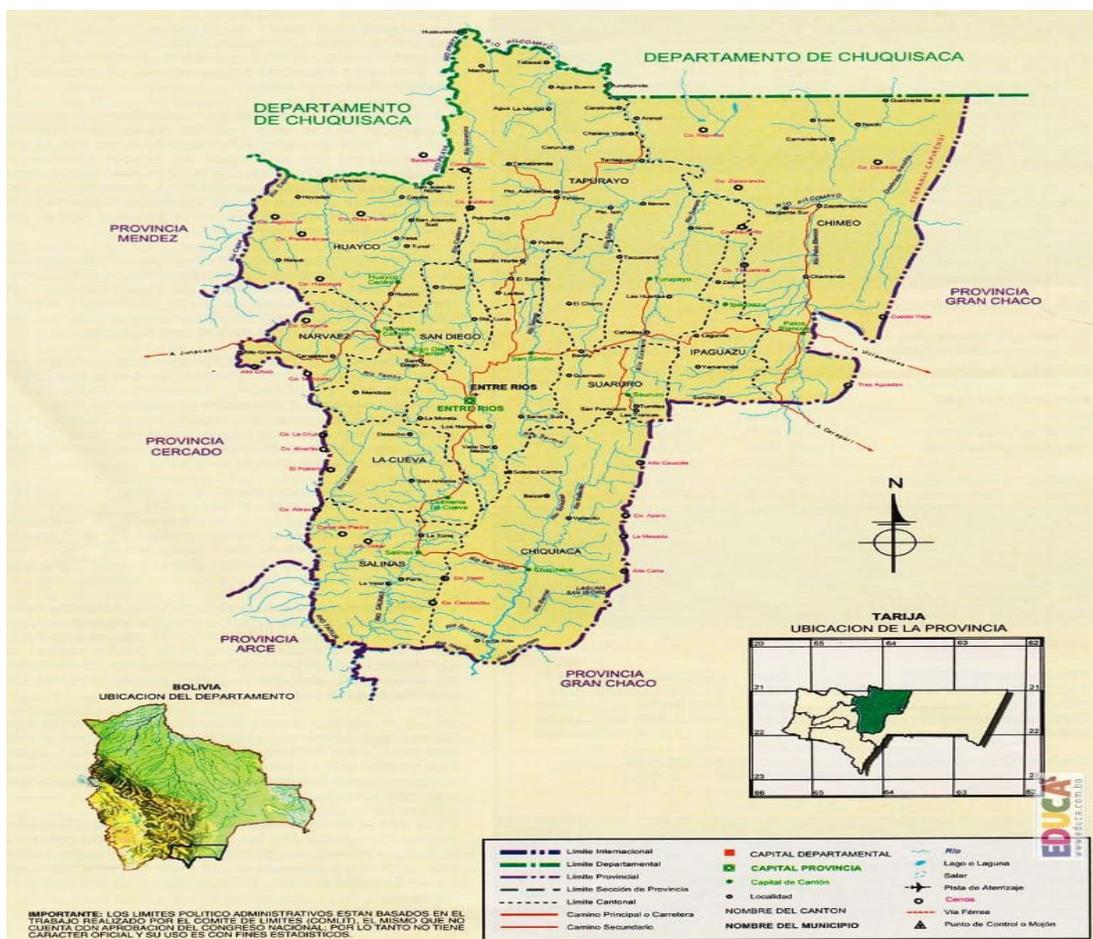
Fuente: (PDM Entre Ríos)

El Municipio de Entre Ríos, pertenece a la Provincia O' Connor, del Departamento de Tarija, siendo de esta su Primera y única Sección Municipal. Geográficamente el Municipio de Entre Ríos se encuentra ubicado entre las coordenadas 20° 51' 57'' y 21° 56' 51'' de latitud sud, 63° 40' 23'' y 64° 25' 6'' de longitud oeste, en la parte central del Departamento de Tarija., limitando al norte con el Departamento de Chuquisaca, al Sud y al Este con la Provincia Gran Chaco, al Oeste con la Provincia Cercado, hacia el

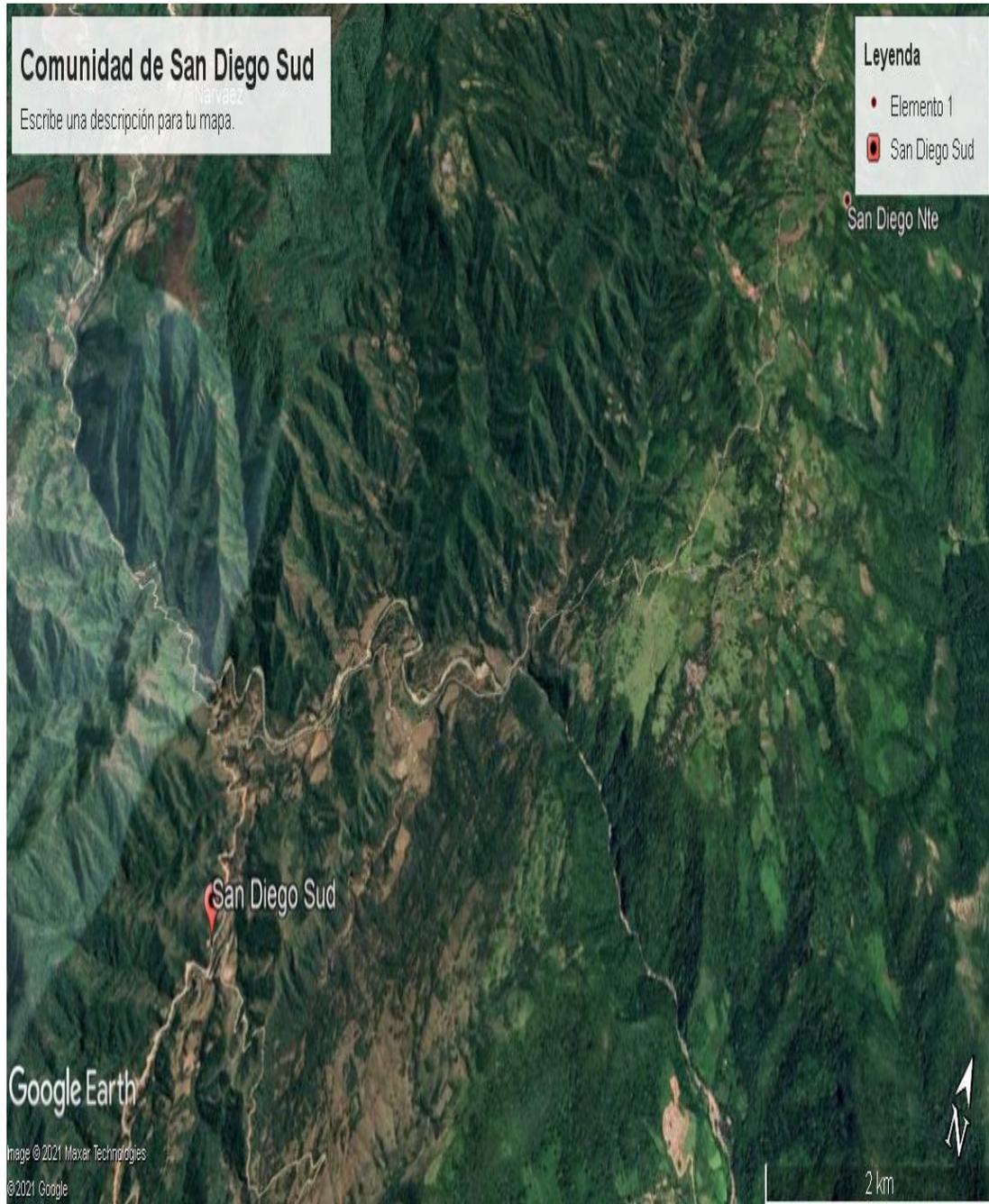
Noroeste con la Provincia Méndez y hacia el Sudoeste con las Provincias Avilés y Arce.

El presente trabajo se desarrolló en La Comunidad de San Diego Sud, se ubica en el Distrito n° 2, Cantón San Diego, al Noroeste del Municipio de Entre Ríos, colindando con otras comunidades aledañas, al Este con Narváez, al Noreste con Huayco, al Sudeste con Agua Buena, y al Norte con Saladito. (PDM Entre Ríos).

Mapa N° 2. Ubicación de la provincia O'Connor



Fuente: (EDUCA.com, s.f.).

Imagen N° 1. Vista satelital del área de estudio “comunidad san diego sud”

Fuente: (Elaboración propia, 2020).

1.1. Descripción del área de estudio

San Diego Sud cuenta con una población de 256 habitantes, registrados en el censo de 2008 con proyección de crecimiento de 10 habitantes/año.

1.1.1. Aspectos físico naturales

- **Altitud**

La comunidad de San Diego Sud ubicada en el D-2, es el que presenta mayor altitud principalmente en la zona de Piedra Larga hacia Abra el Cóndor (desde los 1000 hasta 3.500 msnm).

- **Relieve**

El D2 cuenta con serranías altas, hacia el sud se tienen colinas medias a bajas y llanuras pie de monte.

1.1.2. Características físico biológicas

- **Clima**

Respecto a las características climatológicas y de cobertura de vegetación es templado y semi húmedo.

Esta unidad climática caracteriza una amplia faja del Municipio de Entre Ríos, desde el oeste hacia el sud y sudeste, representa más de la tercera parte del municipio, aproximadamente 2244.25 km² (35,03% de la superficie total), caracterizando una serie de paisajes de montañas y serranías altas, colinas medias a bajas, además se encuentra paisajes de valles, las altitudes oscilan entre los 500 – 2.500 msnm.

- **Temperaturas**

La temperatura media anual es de 19 °C, en verano 22,5 °C y en invierno de 14,7 °C. Con máximas que superan los 40,9 °C y mínimas extremas que bajan hasta -7,2 °C.

Las temperaturas máximas tienen una diferencia de 0.8 °C, en tanto que las temperaturas promedio tienen una diferencia de 0.3°C. Es importante resaltar que la diferencia de temperatura entre la zona de Salinas que comprendería el D-3 y D-4 respecto a El Pajonal (D-1) es de 0.3°C, con seguridad hacia el D-2 la diferencia se acentúa.

Por otra parte, podemos afirmar que la temperatura máxima promedio se presenta en los meses de septiembre 38,8 y octubre 38,4, la temperatura más baja en promedio se alcanzó en el mes de julio -5,8 °C y agosto -4.1; la temperatura promedio se registró con 19 °C.

- **Precipitaciones**

La precipitación pluvial histórica alcanzó a 1.066 mm; y la humedad relativa en promedio registra un promedio de 69,5%, llegando a un máximo promedio de 77% en época de lluvia y 62% en época seca.

La precipitación varía enormemente por distritos: en el D-3 y D-4 se produce la mayor precipitación anual con 1.314 mm, le sigue el D-2 con 1.150 mm, luego el D-1 con 1.125 mm, posteriormente el D-5 con 912,4 mm y finalmente el D-6 con tan sólo 674,8 mm. Las lluvias predominan del Sur y Sureste, por consiguiente, la humedad varía también por distritos y el número de días con lluvia alcanza a un promedio de 102, la máxima precipitación pluvial en 24 horas se da en el mes de enero con 131 mm.

- **Vientos.**

En la Provincia O'Connor los vientos tienen mayor presencia durante los meses agosto a noviembre con un rango de 7,6 a 10,3 km/hora, el resto del año las velocidades tan sólo alcanzan a 4,4 a 6,6 km/hora. El promedio es de 6,3 km/hora. Estos vientos corren hacia el norte, en cambio los surazos tienen una dirección de Sureste a Noreste. Los vientos que se presentan durante los meses de enero y febrero pueden tener efectos negativos sobre los cultivos, ya que pueden llegar a ocasionar el acame de los mismos, con la consiguiente disminución de sus rendimientos.

- **Heladas**

También se trata de un fenómeno negativo que afecta principalmente a la producción agrícola y se presenta con mayor intensidad en los meses de mayo a septiembre, perjudicando a los cultivos que se encuentran en pleno desarrollo y tienen como promedio 7 días de helada en un año.

- **Caudales**

El aporte del caudal de los ríos está directamente relacionado con la variación de la precipitación pluvial, área de recarga de la cuenca, el mismo que se halla condicionado por la composición geológica del terreno y los ríos de la provincia presentan crecidas máximas durante los meses de enero y febrero, con una leve disminución progresiva hasta los meses de abril y mayo, a partir de donde se inicia la curva de agotamiento hasta los meses de septiembre a octubre punto crítico o de mínima.

Fuente: **(PDM Entre Ríos)**.

2. MATERIALES

2.1. Para situar, calcular y geo referenciar las napas más relevantes para el estudio.

- GPS. (Global Positioning System).
- Botella PET de 2 ℓ.
- Cronómetro.
- Libreta de notas.
- Bolígrafo.

2.2. Toma de muestras

- 12 botellas PET transparentes de 2 ℓ.
- 6 frascos de 500 ml, esterilizados para muestras.
- Cronómetro.
- Libreta de notas.
- Bolígrafo.

- Marcador.
- Cámara fotográfica.
- Barbijo.
- Guantes quirúrgicos.
- Conservadora.
- Hielo.

2.3.Material de gabinete

- Computadora.
- Calculadora.
- Impresora.
- Material de escritorio (hojas).
- USB (Universal Serial Bus).

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo se realizó, en base a los enfoques de la metodología cuantitativa y cualitativa, esta modalidad tradicional de estudio está orientada más a la investigación cuantitativa que la cualitativa, aunque de igual manera no está excluida. (Sampieri, 2014).

3.1.1. Cualitativa

El 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, 2014).

El enfoque cualitativo también se guía por áreas o temas significativos de investigación; sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los

datos. Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes y después, para perfeccionarlas y responderlas. (Sampieri, 2014).

3.1.2. Cuantitativa

El enfoque cuantitativo 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, 2014).

El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio donde cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos, y de las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones. (Sampieri, 2014).

Llegar a una serie de resultados mediante mediciones numéricas y estadísticas para solucionar una hipótesis propuesta en el desarrollo del presente trabajo de investigación, donde este método nos permite realizar un análisis de toda la información primaria y secundaria para obtener resultados.

3.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. 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, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (Sampieri, 2014).

Logra identificar las características particulares de los puntos exclusivos de muestreo, del desempeño ambiental y social como un trabajo exclusivo de alcance muy importante dentro del área de estudio. (Fuente propia).

3.2.2. Analítica

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 donde 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).

Pretende analizar los valores registrados para los parámetros de control mínimo de la NB 689, el trabajo implica un análisis de datos que son interpretados de forma ordenada para luego presentarlos para su conocimiento por el laboratorio “CEANID”. (Fuente propia).

3.2.3. Explicativa

Van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales; como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables. (Sampieri, 2014).

Permitirá alcanzar resultados, obtenidos del análisis y comparación de parámetros por el laboratorio “CEANID” para así poder determinar la calidad de agua que se aprovecha y su aptitud de uso en San Diego Sud. (Fuente propia).

3.3. Técnicas y Herramientas de Investigación.

Como primera medida consultamos al Ing. Deterlino Guerrero que trabajó en la Comunidad en producción de hortalizas, aportando su experiencia sobre la situación del aprovechamiento del agua que consumen los comunarios (usuarios), indicando que no todos consumen el agua de un solo sistema de distribución, que aprovechan el agua

de vertientes individuales mediante cámaras de captación que están en mal estado, las cuales identificaremos y obtendremos información primaria de su situación.

3.3.1. Objetivo Específico 1: Localizar y calcular los caudales de las vertientes más relevantes para muestreo en la Comunidad de San Diego Sud.

3.3.1.1. Entrevista Focalizada

Tiene la particularidad de concentrarse en un único tema, el entrevistador deja hablar sin restricciones al entrevistado, proponiéndole apenas algunas orientaciones básicas, pero, cuando éste se desvía del tema original y se desliza hacia otros distintos, el entrevistador vuelve a centrar la conversación sobre el primer asunto, y así repetidamente. (Behar D. 2008).

Para la identificación de las vertientes aprovechadas más relevantes, se aplicará la técnica de Entrevista Focalizada para los comunarios (usuarios), siendo estos los actores principales de la problemática.

Las herramientas utilizadas fueron:

- Preguntas puntuales que afirmen el aprovechamiento si es mediante cámaras de captación particulares.

3.3.1.2. Observación

Es una técnica que se utiliza cuando el investigador corrobora y verifica los datos y la información sobre la situación real del problema, esta se define como el registro visual de lo que ocurre en una situación real consignando los acontecimientos pertinentes de acuerdo con algún esquema previsto y según el problema que se estudia. (Lidia Díaz San Juan, 2011)

Observaremos los sistemas de captación con los que cuentan, en qué situación se encuentran, si hay deficiencias que conlleven a riesgos sanitarios y consecuencias, en base a la guía de la normativa vigente NB 689 Instalaciones de agua-diseño para sistemas de agua potable.

Las herramientas utilizadas fueron:

- Libreta de notas.
- Cámara fotográfica.

3.3.1.3.El cuestionario

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

Las preguntas cerradas contienen categorías o alternativas de respuestas que han sido delimitadas, es decir, se presentan a los sujetos las posibilidades de respuestas y ellos deben circunscribirse a ellas y pueden ser dicotómicas (dos alternativas de respuestas) o incluir varias alternativas de respuestas. (Behar D., 2008).

Mediante preguntas de un cuestionario corto y directo que se aplicara para saber qué perspectivas y conocimiento tienen los usuarios del aprovechamiento y consumo del agua.

Las herramientas utilizadas fueron:

- Un cuestionario de 6 preguntas cerradas para un rápido análisis de respuestas y de la situación.

3.3.1.4.Localización

De acuerdo a los datos obtenidos de la información primaria, mediante la técnica de geo referenciación, marcaremos y registraremos los puntos de muestreo de las vertientes más relevantes de acuerdo a sus particularidades.

Las herramientas utilizadas fueron:

- **GPS (Global Positioning System).**
- Cámara fotográfica.
- Libreta de notas.

Imagen N° 1. Localización de los puntos de muestreo



Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.5. Medición de caudales

El presente trabajo de investigación se enmarcó en la metodología cuantitativa, por tratarse de mediciones numéricas (volumen) para llegar a analizar datos obtenidos y generar conclusiones.

Para la medición de los caudales de cada vertiente aprovechada, se realizó de acuerdo al método volumétrico, la forma más sencilla de calcular los caudales pequeños, es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. Una botella PET de 2 ℓ.

Para el cálculo de caudales se usó la siguiente fórmula:

Fórmula aplicada para determinar el caudal

$$Q = \frac{V}{t}$$

Dónde: Q = Es el caudal expresado en (ℓ/s , ℓ/h , m^3/s).

V = Volumen dado en (ℓ , m^3).

t = tiempo en (segundos, hora).

Las herramientas utilizadas fueron:

- 6 botellas PET de 2 ℓ , una para cada caudal, garantizando mantener la calidad individual para las muestras.

3.3.1.6.Muestreo

La toma de muestra destinada al análisis organoléptico, físico-químico, metales pesados, compuestos orgánicos, bacteriológico y/o radiológico debe ser a través de muestras simples, necesariamente debe ser realizada por una persona experimentada o entrenada para tal fin.

La muestra simple es aquella que representa las condiciones y características del agua potable en la red de distribución. (NB 496 Agua Potable, 2005).

3.3.1.7.Toma de muestras

Selección de la muestra: Es la actividad por la cual se toman ciertas muestras de una población de elementos de los cuales vamos a extraer algunos criterios de decisión, el muestreo es importante porque a través de él podemos hacer análisis de la situación actual de los dos sistemas donde se hizo dichos estudios, una muestra debe ser representativa si va a ser usada para estimar las características de la población.

Los métodos para seleccionar una muestra representativa son numerosos, dependiendo del tiempo, dinero y habilidad disponibles para tomar una muestra y la naturaleza de los elementos individuales de la población. (Behar D., 2008).

La técnica que se empleó fue la de “Muestreo intencionado o también que recibe el nombre de sesgado”, donde el investigador selecciona los elementos que a su juicio son representativos, lo que exige un conocimiento previo de la población que se investiga. (Sampieri, 2014).

Se hará la toma de muestras para conocer su calidad, de acuerdo a parámetros específicos de control mínimo NB 689 “Instalaciones de agua-Diseño de para sistemas de agua potable” en relación con la NB 512 “Reglamento nacional para el control de la calidad de agua para consumo humano”. Análisis microbiológico (Coliformes termo resistentes, Coliformes Totales), físicos (Color, Turbiedad) y adicionalmente se consideran como parámetros complementarios de calidad: La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), el Oxígeno Disuelto (OD), como indicadores indirectos de contaminación fecal.

Como guía la NB 496 “Agua potable-Toma de muestras”, el control de calidad se realizará en la red de distribución.

Se debe llenar con el caudal de agua solo la mitad del frasco desde el tubo de la red directa de abastecimiento y procediendo a identificar el frasco de muestra con un número, una en cada punto de muestreo.

Las herramientas utilizadas para parámetros microbiológicos fueron:

- 6 frascos esterilizados en laboratorio de 500 ml.
- Guantes quirúrgicos para no contaminar la muestra.
- Etiquetadas y marcadas debidamente para el análisis en laboratorio.

Antes de tomar la muestra para parámetros Fisicoquímicos, las botellas deben lavarse 3 veces con el agua de la red de distribución directa, para luego tomar la muestra del caudal de agua hasta el tope de la boca de botella sin dejar espacio para aire y cerrarla, debidamente identificado con un número, de igual forma una muestra por cada punto de aprovechamiento de agua.

Las herramientas utilizadas para parámetros Fisicoquímicos fueron:

- 6 botellas PET de 2ℓ.
- Etiquetadas y marcadas debidamente.

De la misma forma y procedimiento para los parámetros complementarios.

Las herramientas utilizadas para parámetros Fisicoquímicos fueron:

- 6 botellas PET de 2ℓ.
- Etiquetadas y marcadas debidamente.

3.3.1.8. Transporte de las muestras

Para los parámetros microbiológicos el tiempo transcurrido entre la toma y el ensayo no debe superar las 24 horas, es importante que, durante el transporte, las muestras se mantengan refrigeradas entre 4 °C a 10 °C. Si no pueden procesarse las muestras de inmediato a la hora de su llegada, se guardarán en refrigeración por 24 horas. (NB 496 Agua Potable, 2005).

Las herramientas utilizadas para parámetros Fisicoquímicos fueron:

- Las muestras deben ser transportadas en una conservadora con hielo, refrigeradas debidamente para su análisis.

Para los demás parámetros, los métodos de preservación son relativamente limitados y generalmente tienen por objeto: Retardar la hidrólisis de los compuestos y complejos químicos; disminuir la volatilidad de los compuestos, por lo cual solo necesitan ser transportados a temperatura ambiente, desde los puntos de muestreo en la comunidad de San Diego Sud hasta el laboratorio CEANID de la U.A.J.M.S en la ciudad de Tarija.

3.3.1.9. Frecuencia de muestreo

Como indica la NB “512 “Reglamento nacional para el control de la calidad de agua para consumo humano”, para poblaciones menores a 1000 habitantes, que cuenten con un sistema de aprovechamiento superficial y de distribución directa del agua cruda sin tratamientos, el control de calidad de la fuente se realizara de forma periódica, semestral en el año, por lo cual se decidió hacer 3 muestreos, en época de estiaje y de lluvias para comparar su calidad, como también dicen los usuarios que en época de lluvias el agua llega a sus domicilios turbia y a veces con material orgánico.

3.3.2. Objetivo Específico 2: Analizar y comparar los parámetros medidos en laboratorio sobre los criterios de calidad para la selección de la fuente y su aptitud de uso según NB 689.

El presente trabajo se basó en la metodología cuantitativa, como la palabra lo indica, la investigación cuantitativa tiene que ver con la “cantidad” y, por tanto, su medio principal es la medición y el cálculo, en general, busca medir variables con referencia a magnitudes. (Niño R. V., 2011).

Obtendremos resultados del laboratorio, para analizarlos y comparar sus valores buscando determinar a qué criterio de calidad pertenecen dichas aguas y que aptitud de uso le compete.

Para establecer los criterios de calidad para la selección de la fuente de abastecimiento, las aguas no tratadas (crudas) se clasifican en 5 grupos; especificados como: Grupo I, II, III, IV y V, en los que se consideran la calidad físico – química, microbiológica, radiológica y los requerimientos de tratamiento. Adicionalmente se consideran como parámetros complementarios de calidad: la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), el Oxígeno Disuelto (OD), como indicadores indirectos de contaminación fecal. (NB 689, Diciembre 2004).

GRUPO I: Aguas que necesitan únicamente desinfección

GRUPO II: Aguas que necesitan tratamiento convencional como: coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (pos cloración) o filtración lenta y desinfección (pos cloración).

GRUPO III: Aguas que necesitan tratamiento convencional como: coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (pre y pos cloración)

GRUPO IV: Aguas que no cumplen con los requisitos bacteriológicos expresados en los grupos anteriores (aguas con concentraciones mayores a 20 000 coliformes totales o 4 000 coliformes termo resistentes por 100 ml de muestra).

GRUPO V: Aguas que no cumplen con uno o más requisitos físico - químicos, radiológicos o de contenido de contaminantes orgánicos establecidos en la Norma Boliviana NB 512 (Agua potable – Requisitos). (NB 689, Diciembre 2004).

Hablamos de aptitud de uso a la capacidad de un producto, proceso o servicio para servir para un propósito definido de acuerdo con condiciones específicas. (Real Academia de Ingeniería, 2002).

Las herramientas utilizadas para hacer el análisis y comparación fueron:

- Resultados obtenidos de las muestras del Laboratorio CEANID.

En la entrevista los usuarios aseguraban que el agua aprovechada por ser subterránea cuenta con excelente color, olor, sabor y sin turbidez, calidad organoléptica), siendo aguas crudas sin ningún tratamiento, pero esta calidad puede cambiar de acuerdo al contacto con agentes externos (clima, animales, vegetación, etc.) del sistema de captación y distribución con el que se cuenta.

3.3.3. Objetivo Específico 3: Propuesta del mejoramiento del sistema de captación y almacenamiento para aprovechar el agua de manera sostenible.

Proponer el diseño de mejoramiento del sistema de captación actual como se ve en uno de los puntos de muestreo en la imagen N° 17. Diseñar un sistema de tratamiento de potabilización de acuerdo a los resultados de las cifras de los parámetros para aprovechar el agua de manera segura y sostenible.

Las Tecnologías Alternativas pueden clasificarse según las medidas y acciones que se tomen sobre ellas, los dispositivos que se empleen, el uso y función que se les asigne. La obra de protección y almacenamiento podrá disponer de un sistema de desinfección, cuando el número de usuarios y el nivel de organización de la comunidad lo permitan. (NB 689, Diciembre 2004).

El diseño debe ir de la mano en relación a los resultados de los anteriores objetivos, de manera que la propuesta beneficie para mejorar la calidad de vida de los usuarios de la

comunidad aprovechando de manera segura el agua de las vertientes y sin generar impactos al medio ambiente.

Aunque a simple vista en el momento de hacer las muestras con presencia de turbiedad y sedimentos, podemos adelantar que el agua necesita tratamiento convencional: Coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (pos cloración) o filtración lenta y desinfección (pos cloración).

De manera que, tomando el caudal de un punto de muestreo en la salida de la cámara de captación se diseña un desarenador donde se lleven a cabo 2 procesos, coagulación y floculación para decantar los sedimentos y solidos suspendidos, y en la parte inferior de salida un tanque de la misma dimensión para cloración para desinfección y potabilización.

3.3.3.1. Diseño del tanque.

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. El desarenado se refiere normalmente a la remoción de las partículas superiores a 0,2 mm, mediante el proceso de desarenado se previenen posibles interrupciones del funcionamiento y daños materiales a causa del desgaste u obstrucciones. (Organizacion Panamerica de la Salud, 2005)

El modelo en que se basamos es rectangular ya que ira conectado en la parte inferior baja de la cámara de captación y almacenamiento, para ello escogemos un caudal de una de las vertientes para poder diseñar el desarenador.

Tomamos de ejemplo la medición de caudal del P₁ en su segundo muestreo 0.057 ℓ/s.
Segundo Muestreo P₁: **0,057 ℓ/s**

3.3.3.2.Cálculo aproximado de un Desarenador:

Debemos llevar el caudal de ℓ/s a ℓ/h

$$Q = 205,2 \ell/h$$

Para que las partículas sedimenten se necesita que el caudal de agua este dentro de la zona de Stokes:

Su expresión es:

$$C_D = 24/Re$$

$$Re = \rho_L * v_s * d_p$$

$$\mu_L$$

$$V_s = ?$$

Donde C_D Constante (para zona de Stokes) = 0,1

$$Re = 24/C_D$$

$$\rho_L = 8 \text{ g}/\ell$$

$$\mu_L = 3,3 * 10^{-7}$$

$$C_p \text{ Cent poise} = 3,3 * 10^{-7} \text{ g}/\text{cm} * \text{s}$$

$$D_p = 1 \text{ mm}$$

$$V_s = Re * \mu_L$$

$$\rho_L * D_p$$

3.3.3.3.Dimensionamiento para un caudal de P_1 :

$$V_s = Q/A$$

$$A = L * w$$

Donde:

$Q =$ Caudal

$$V_s = 0,001 \text{ m/s}$$

$w = \text{Ancho}$

$Q = v * A$

$A (\text{área del canal}) = w * H$

$v = \text{Volumen}$

Fórmula para longitud del canal:

$$\frac{V}{vS} = \frac{L}{H}$$

$L = ?$

3.3.3.4. Calculo del Volumen del Desarenador.

$v = \text{largo} \times \text{ancho} \times \text{altura}$

$v = \dot{v}$

Al encontrar y reemplazar los datos de los cálculos realizados para el tamaño, dimensionamiento y volumen del desarenador, pasamos a los procesos de floculación y cloración.

Los siguientes cálculos para la floculación se realizan en base a los resultados relacionados a los nuestros del trabajo de tesis “Propuesta y diseño de un sistema de tratamiento con reutilización de aguas residuales de la lavandería vehicular multiservi, de la ciudad de cercado del departamento de Tarija” de la Ing. Melania Calizaya Mendoza.

3.3.3.5. Floculación.

Se tiene el caudal para el desarenador de **205,2 ℓ/h**.

Se debe calcular el sistema de dosificación para **17 ℓ** en **1h** sabiendo que el caudal es de, **205,2 ℓ/h** por lo cual se realiza la siguiente ecuación:

3.3.3.6. Coagulante Sulfato dos de Aluminio y Potasio.

Generalmente se refiere al alumbre potásico $KAl(SO_4)_2 \times 12H_2O$ (o a su equivalente natural, la Calinita).

La dosificación con el $\text{KAl (SO}_4)_2$, en cantidades crecientes y simultáneamente.

Se debe terminar la cantidad de cal apagada Ca (OH)_2 a dosificar en un tiempo determinado mediante una regla de 3 simple para el volumen del desarenador utilizando el resultado base de cantidad de cal apagada a dosificar del proceso de coagulación de la tesis consultada.

$$2 \ell \rightarrow 0,2 \text{ Ca (OH)}_2 \text{ gr}$$

Se debe terminar la cantidad de Sulfato dos de Aluminio y Potasio $\text{K Al (SO}_4)_2$ a dosificar para el volumen del desarenador en un tiempo determinado:

$$2 \ell \rightarrow 1 \text{ gr K Al (SO}_4)_2$$

3.3.3.7.Cálculo de dosis diaria de floculantes en horas de consumo de agua.

Se debe calcular para una dosificación de 6 horas en el día, donde los usuarios consumen el agua. Para cal apagada Ca (OH)_2 y $\text{K Al (SO}_4)_2$.

Los resultados obtenidos serían las dosis aplicables diariamente durante las horas que se consuma el líquido elemento, para tener una decantación de los materiales orgánicos, sedimentos.

3.3.3.8.Calculo de cantidad de lodos producidos por floculación.

Se debe determinar la cantidad de Lodos generados por el Ca (OH)_2 y el $\text{KAl (SO}_4)_2$ mediante una regla de 3 simple de ambos compuestos químicos.

$$2 \ell \rightarrow 5 \text{ gr de Ca (OH)}_2 \text{ y KAl (SO}_4)_3$$

Los siguientes cálculos sobre cloración se hicieron en l base y relación a la bibliografía consultada de la tesis “Evaluación de la dosis adecuada del hipoclorito de calcio para el proceso de desinfección del agua potable de la ciudad de Entre Ríos” de la Ing. Heliana Gareza Auza.

3.3.3.9.Cloración.

Se debe calcular la dosificación adecuada de hipoclorito de calcio, que va ser agregado al caudal de agua que llega al tanque de almacenamiento.

El equipo consta de un balde de 20 ℓ de color negro el cual es más resistente y los rayos UV del sol y más difícil de atravesar.

3.3.3.10. Cálculo de la dosis adecuada de Hipoclorito de Calcio.

Cálculo de la concentración (%) porcentual de Cloro Total. Debemos calcular la dosis adecuada de Hipoclorito de Calcio para agregar de manera sólida en 20 ℓ de H₂O.

Se usó 0,4 kg Ca (ClO)₂ en 40 ℓ de H₂O en la dosificación del caudal de Entre Ríos.

3.3.3.11. Cálculo del Caudal de dosificación de la solución clorada.

Para encontrar el Caudal de Dosificación $Q_{ds}=?$ Usamos de referencia el dato del caudal de dosificación en el caudal de Entre Ríos, buscando determinar el caudal de dosificación para 0,057 ℓ/s.

Donde:

$Q_{ds}=?$

Caudal de dosificación de Entre Ríos 12 ℓ/s → 0.009 ℓ/s

1 gota de H₂O = 0,05 ml

3.3.3.12. Cálculo de la duración de la solución clorada.

Determinar para cuantas horas duraría la solución clorada y cada cuanto tiempo debe recargarse.

Donde:

Q= Caudal

V= Volumen

t= Tiempo

$$Q = V/t$$

$$t = V/Q$$

3.3.3.13. Materiales para el dosificador de Hipoclorito de Calcio.

- **Balde Clorador.**

Valde 20ℓ demateriales de fabricación de Polietileno de alta densidad original y Polietileno de alta densidad recuperado.

Imagen N° 3. Balde negro de 20 litros



Fuente: (LYPLAST, 1976)

Características:

Altura: 36 cm

Capacidad volumétrica: 21,427 ℓ

Peso promedio: 815 gr

- **Kit de goteo**

Boya

Se usará una boya de tipo cilíndrica de 10cm x 3cm la cual en su parte inferior estará unida con la manquera para la entrada de la solución por un orificio.

Imagen N° 2. Boya Cilindrica

Fuente: (Plastic Tecnologi)

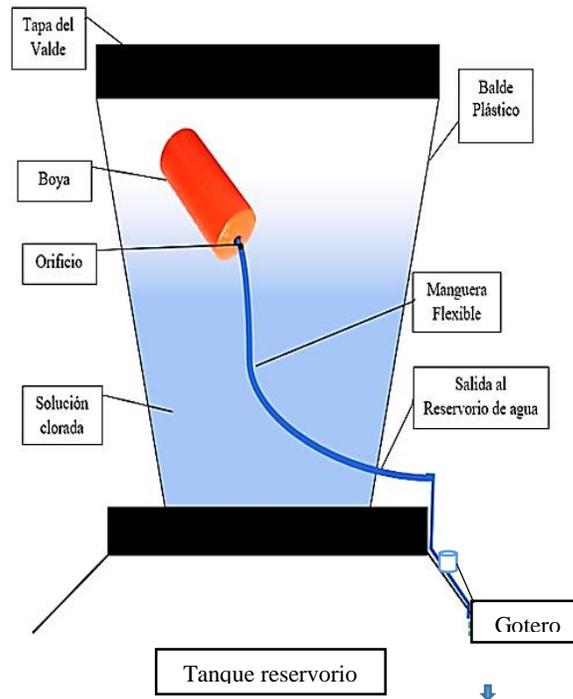
- **Manguera y regulador de goteo**

Este es un set que se puede conseguir en cualquier farmacia cuenta con regulador de goteo es balanceante, al cual se realizara un orificio en su parte superior para la entrada de la solución, el orificio debe ir de 0,1mm hasta 0,3mm.

Imagen N° 3. Manguera y regulador de goteo DHP

Fuente: (Enfermeria Amultoria , Catálogo 2015)

Imagen N° 4. Sistema de Goteo



Fuente: Elaboración Propia

Imagen N° 5. Sulfato Doble de Aluminio y Potasio



Fuente: (acuacultura., 1982)

CAPÍTULO III
ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. RESULTADOS Y DISCUSIONES

1.1. LOCALIZACIÓN Y CÁLCULO LOS CAUDALES DE LAS VERTIENTES MÁS RELEVANTES PARA MUESTREO EN LA COMUNIDAD DE SAN DIEGO SUD.

En la comunidad se aprovechan las vertientes mediante un sistema de agua por gravedad, la fuente se encuentra en la parte alta de la comunidad el agua es suministrada a la población mediante tuberías y por gravedad. Las cámaras de captación de las vertientes presentan en su diseño, vertedero de excedencias al nivel de los afloramientos o tubería de rebose, tubería de aducción, tubería de limpieza, tubería de ventilación.

No se cuentan con algunos elementos del diseño como la tapa hermética y el cerco perimetral de protección de la fuente, en la mayoría de las cámaras de captación; al no contar con tanques de almacenamiento o reservorios, el aprovechamiento es directo, desde la cámara de captación hasta el hogar del usuario, la comunidad cuenta con un sistema interconectado de abastecimiento en la parte alta pero no para todos, a excepción de algunos que por ubicación de vivienda o distancia, aprovechan vertientes individuales que les quedan más cerca de sus hogares. Se realizó una entrevista focalizada y un cuestionario corto a los usuarios para recabar información primaria, donde pudimos saber cuántos miembros son en la familia y su conocimiento sobre el agua que consumen.

1.1.1. Datos obtenidos del cuestionario

Se empleó un cuestionario con 6 preguntas simples y cerradas, para los jefes de familia (Padre o madre) de cada una de las vertientes identificadas, que no pertenecen al sistema de distribución interconectado de la zona alta, siendo las más relevantes para el estudio.

Cuadro N° 1 Usuarios de las Vertientes.

PUNTOS	Nº de miembros familiares	Parentesco familiar
P ₁	3	<ul style="list-style-type: none"> • Padre • Madre • Hija
P ₂	2	<ul style="list-style-type: none"> • Hermano • Hermano
P ₃	1	<ul style="list-style-type: none"> • Mujer de la tercera edad
P ₄	3	<ul style="list-style-type: none"> • Padre • Madre • Hijo
P ₅	5	<ul style="list-style-type: none"> • Mujer de la tercera edad • Padre • Madre • Hijo • Hijo
P ₆	4	<ul style="list-style-type: none"> • Varón de la tercera edad • Padre • Hijo • Hija
Total de beneficiarios		18 usuarios

Fuente: Elaboración propia.

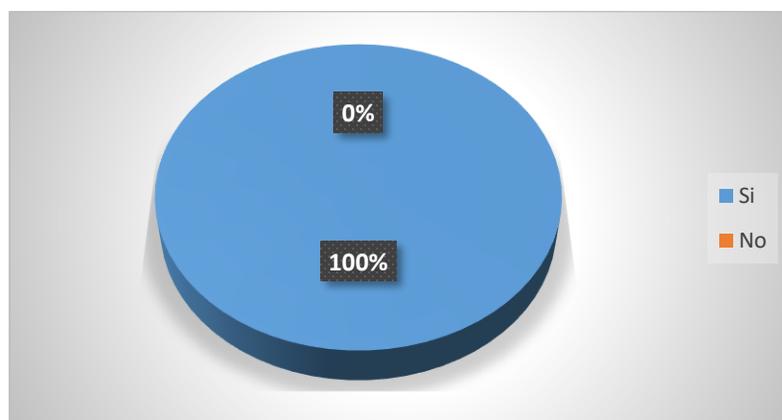
1. ¿El agua que aprovecha para sus actividades diarias, proviene de las vertientes?

Tabla N° 1. Respuestas de la pregunta 1

Sí	No
6	0

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 1. Porcentaje de usuarios que respondieron la pregunta 1



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver en el gráfico, el 100% contestaron que aprovechan el agua de las vertientes como fuente principal de abastecimiento para su consumo y labores cotidianas.

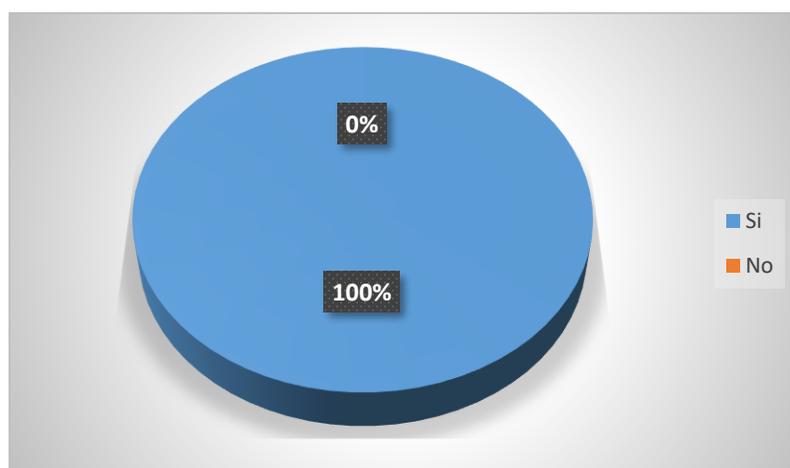
2. ¿Cuenta con el servicio de agua para consumo humano?

Tabla N° 2. Respuestas de la pregunta 2

Sí	No
6	0

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 2. Porcentaje de usuarios que respondieron la pregunta 2



Fuente: Elaboración propia.

En su totalidad 100% los usuarios cuentan con acceso al agua para consumo directamente por tuberías desde la fuente de captación hasta sus hogares.

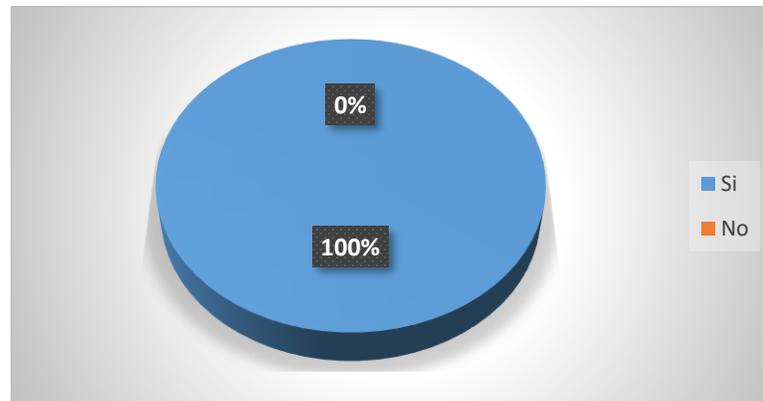
3. ¿Conoce usted la calidad del agua que aprovecha y consume?

Tabla N° 3. Respuestas de la pregunta 3

Sí	No
6	0

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 3. Porcentaje de usuarios que respondieron la pregunta 3



Fuente: Elaboración propia.

El 100% respondió sí, afirmando que al ser aguas subterráneas son puras y cuentan con una calidad organoléptica (color, olor, sabor, etc.) aceptable para el consumo humano, y al ser aprovechadas directamente de la fuente de captación, no se necesita tratamiento.

Una afirmación dada cuando se hizo la captación y distribución del agua en la comunidad muchos años antes, observando que existe la falta de información en cuanto a la verdadera calidad del agua que aprovechan y consumen.

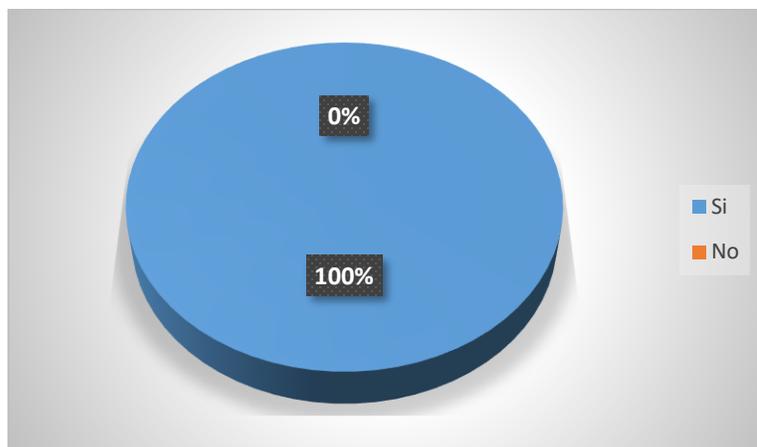
4. ¿Cree usted que la variación del caudal de agua se debe a las estaciones del año?

Tabla N° 4. Respuestas de la pregunta 4

Sí	No
6	0

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 4. Porcentaje de usuarios que respondieron la pregunta 4



Fuente: Elaboración propia.

El 100% de los usuarios respondió que sí, afirmando que en época de lluvias el caudal aumenta y esto se da gracias a la recarga de los acuíferos por las constantes precipitaciones, en época invernal y de estiaje el caudal reduce.

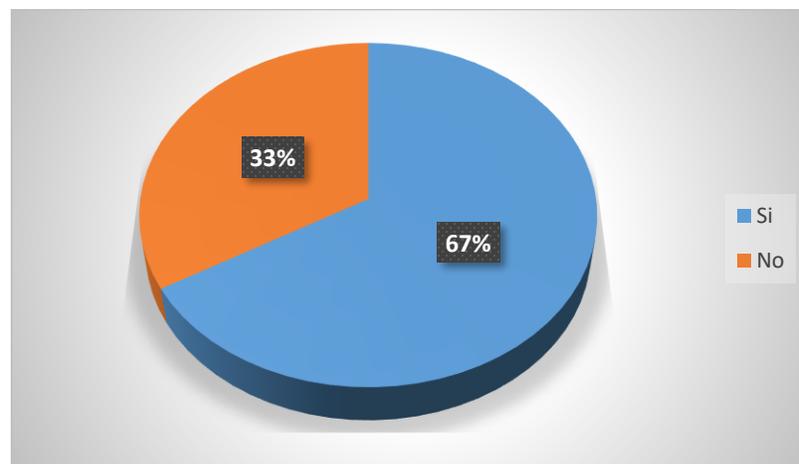
5. ¿Cree que el agua que consume mantiene la calidad desde su captación hasta donde usted la aprovecha?

Tabla N° 5. Respuestas de la pregunta 5

Sí	No
4	2

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 5. Porcentaje de usuarios que respondieron la pregunta 5



Fuente: Elaboración propia.

El 67% respondió que sí, ya que cuentan con el acceso directo del agua que llega por tuberías desde la cámara de captación hasta sus casas, sin sufrir alteración alguna en su calidad por agentes externos.

El 33% respondió que no, ya que estos usuarios no cuentan con el alcance de las tuberías hasta sus hogares, por lo cual en el P4 tienen el poner tubos o cañerías pvc, improvisan una pequeña zanja para completar el tramo faltante que el agua circule hasta sus hogares, entrando en contacto con agentes externos que pueden contaminar el agua.

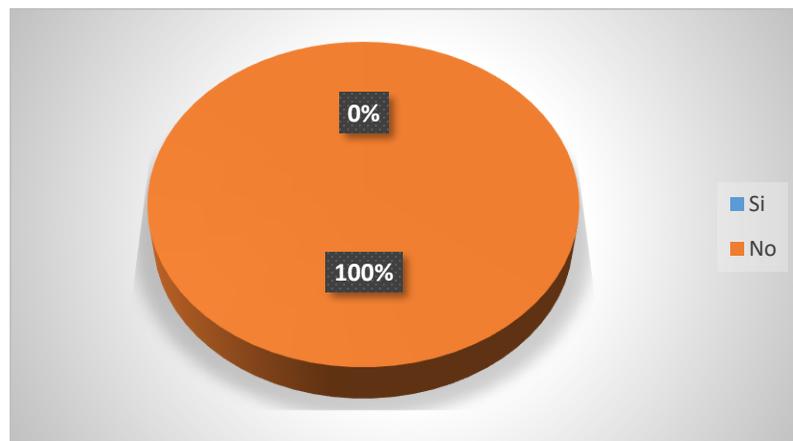
6. ¿Sabe si se aplica algún tratamiento al agua que aprovecha y consume?

Tabla N° 6. Respuestas de la pregunta 6

Sí	No
0	6

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 6. Porcentaje de usuarios que respondieron la pregunta 6



Fuente: Elaboración propia.

En su totalidad todos los usuarios respondieron que no, asegurando que por ser aguas subterráneas cuentan con buena calidad y no necesitan tratamiento alguno.

De acuerdo a este cuestionario podemos conocer la perspectiva de los usuarios en relación al aprovechamiento del agua y la desinformación que se maneja sobre el tema de la calidad, los riesgos de consumir aguas crudas sin tratamientos previos y las falencias en el sistema de captación y distribución que veremos en los parámetros de las muestras.

1.1.2. Localización

Posteriormente a la obtención de la información primaria, se identificaron 6 vertientes siendo las más relevantes para el estudio, las cuales fueron situadas en un mapa y registradas debidamente con un GPS, obteniendo coordenadas exactas de su ubicación y son vertientes que no están conectadas a la red de abastecimiento de la comunidad en la parte alta, por tema de la distancia de sus hogares son aprovechadas de manera individual.

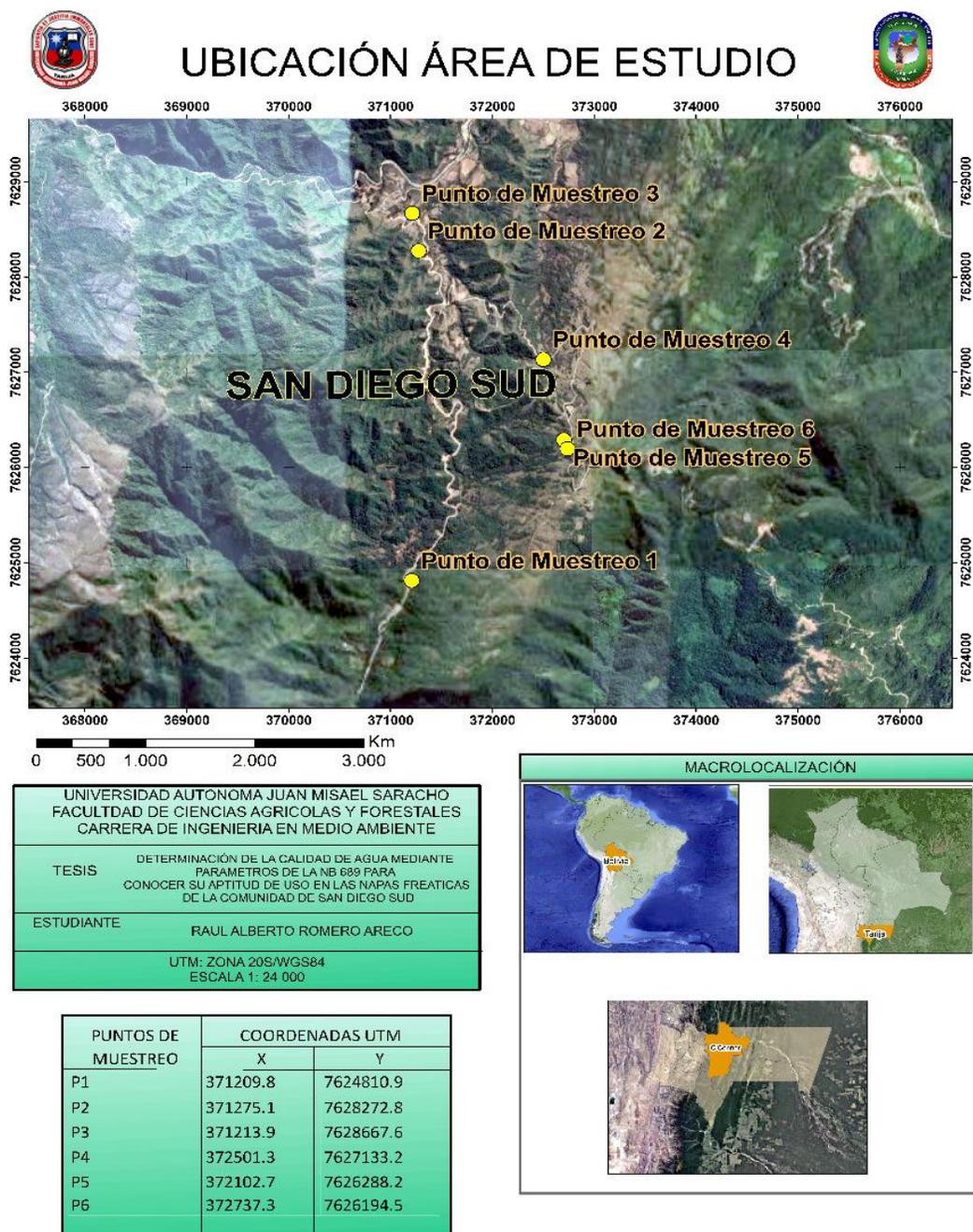
La primera (P₁) ubicada el punto más lejano que se encuentra en la zona sur baja de la comunidad con una familia que aprovecha el agua, los siguientes puntos por proximidad (P₂; P₃) en la parte noroeste de la comunidad cuentan con 2 cámaras de captación, el (P₄) en la parte noreste se marcó una cámara de captación en dirección a la parte alta de la comunidad, los puntos finales (P₅; P₆) en la parte alta de la comunidad con 2 cámaras de captación, donde existe una mayor concentración de población.

Tabla N° 7. Coordenadas de los puntos de muestreo

PUNTOS DE MUESTREO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS UTM	
P1	21°28'28.6"S	64°14'33.4"O	371209.8	7624810.9
P2	21°26'36.10"S	64°14'32"O	371275.1	7628272.8
P3	21°26'23.5"S	64°14'32"O	371213.9	7628667.6
P4	21°27'14.1"S	64°13'46.7"O	372501.3	7627133.2
P5	21°27'39.5"S	64°13'40.6"O	372705.7	7626288.2
P6	21°27'43.6"S	64°13'41.5"O	372737.6	7626194.5

Fuente: (Elaboración propia, 2020).

Imagen N° 6. Ubicación Satelital del área de estudio para el cálculo de caudales y toma de muestras



Fuente: Elaboración propia.

1.1.3. Medición de caudales

Se procedió a la medición de los caudales de cada punto de muestreo en 3 fechas diferentes, buscando encontrar variaciones en cada fecha de muestreo, el tiempo que se tarda en llenarlo se medirá con precisión, especialmente cuando sea de sólo unos pocos segundos y la variación entre diversas mediciones efectuadas sucesivamente dará una indicación de la precisión de los resultados. (ICC, 2017).

Ecuación aplicada para determinar el caudal

$$Q = \frac{V}{t}$$

Dónde: Q =es el caudal expresado en (ℓ/s, ℓ/h, m³/s).

V = Volumen dado en (ℓ, m³).

t = tiempo en (segundos, hora).

1.1.3.1. Primera medición de caudales

Fecha: 20 de noviembre del 2019.

Tabla N° 8. Primera medición de caudales

PUNTOS	Q= V/t (ℓ/s)	RESULTADO
P ₁	2 ℓ /88.2s	0.023 ℓ /s
P ₂	2 ℓ /127.2s	0.016 ℓ /s
P ₃	2 ℓ /144s	0.014 ℓ /s
P ₄	2 ℓ /86.4s	0.023 ℓ /s
P ₅	2 ℓ /79.2s	0.025 ℓ /s
P ₆	2 ℓ /138s	0.014 ℓ /s

Fuente: Elaboración propia.

Se puede evidenciar que en los resultados de la primera medición de caudales, tomó más tiempo en el llenado de la botella PET de 2 ℓ, la razón que ese año las

precipitaciones no fueron abundantes, por lo tanto la recarga de agua en los acuíferos no fue abundante, como en la parte baja de la comunidad en el P₂ y P₃ y en la parte alta de comunidad el P₆, todo esto por presencia de materia orgánica que obstruían las cámaras de captación teniendo así el resultado de caudales débiles, pero que son suficientes para el aprovechamiento diario de los usuarios de la comunidad.

1.1.3.2. Segunda medición de caudales

Fecha: 29 de septiembre del 2020.

Tabla N° 9. Segunda medición de caudales

PUNTOS	Q= V/t (ℓ /s)	RESULTADO
P ₁	2 ℓ /35s	0.057 ℓ /s
P ₂	2 ℓ /38s	0.053 ℓ /s
P ₃	2 ℓ /32s	0.062 ℓ /s
P ₄	2 ℓ /25s	0.08 ℓ /s
P ₅	2 ℓ /35s	0.057 ℓ /s
P ₆	2 ℓ /28s	0.071 ℓ /s

Fuente: Elaboración propia.

En los resultados de la segunda medición de caudales realizada un año después, en el mes de septiembre, se evidenció que la botella PET de 2 ℓ se llenaba en menor tiempo, se vio un aumento en el caudal, dado por las precipitaciones varios días antes que beneficiaron a la recarga de los acuíferos, en comparación con la primera medición los P₂, P₃, P₆, aumentaron de manera positiva su caudal y las cámaras de captación se encontraban limpias.

1.1.3.3. Tercera medición de caudal

Fecha: 27 de octubre del 2020.

Tabla N° 10. Tercera medición de caudales

PUNTOS	Q= V/t (ℓ /s)	RESULTADO
P ₁	2 ℓ /24s	0.083 ℓ /s
P ₂	2 ℓ /32s	0.062 ℓ /s
P ₃	2 ℓ /41s	0.049 ℓ /s
P ₄	2 ℓ /249s	0.008 ℓ /s
P ₅	2 ℓ /40s	0.05 ℓ /s
P ₆	2 ℓ /48s	0.042 ℓ /s

Fuente: Elaboración propia.

Para la tercera medición de caudales realizada en el mes de octubre, aun con precipitaciones abundantes, vemos que los resultados no varían mucho en el tiempo de llenado del recipiente, exceptuando el P₄ en el que la medición del caudal demoró, ya que la distribución del agua por cañerías fue dañada por animales de vecinos en la parte alta, obstruyendo la circulación del agua y alterando su caudal, como también su calidad.

Comparamos los caudales en temporada de estiaje y de lluvias, viendo los resultados obtenidos, en temporada de estiaje reducen los caudales, pero no comprometen el abastecimiento para el consumo y aprovechamiento.

1.2. ANALIZASIS Y COMPARACIÓN DE LAS CIFRAS DE PARÁMETROS MEDIDOS EN LABORATORIO SOBRE LOS CRITERIOS DE CALIDAD Y SU APTITUD DE USO SEGÚN NB 689 y NB 512.

Posteriormente de las preguntas y el cálculo de caudales, teniendo información primaria pasamos a recoger los resultados de las muestras en CEANID, para analizar y comparar los valores de los parámetros obtenidos que veremos en la siguiente tabla.

Tabla N° 11. Análisis de los parámetros de control mínimo en el laboratorio

Parámetro	Técnica y/o método de ensayo	Unidad
Coliformes termo resistentes	NB 31006:09	NMP/100 ml
Coliformes totales	NB 31006:09	NMP/100 ml
Color		UCV
Turbiedad	SM 2130-B	UNT
Oxígeno disuelto (OD)	SM 4500-O-G	mg/ℓ
DBO5	SM 5210-B	mg/ℓ

Fuente: (CEANID).

1.2.1. Análisis de las cifras de los parámetros.

1.2.1.1. Primer muestreo

Fecha: 20 de noviembre del 2019.

Se muestra una tabla para comparar los datos obtenidos del CEANID con los límites permisibles de calidad NB 512 y criterios de calidad NB 689.

Así también un gráfico para plasmar los valores obtenidos que serán comparados parámetro por parámetro entre los 3 muestreos.

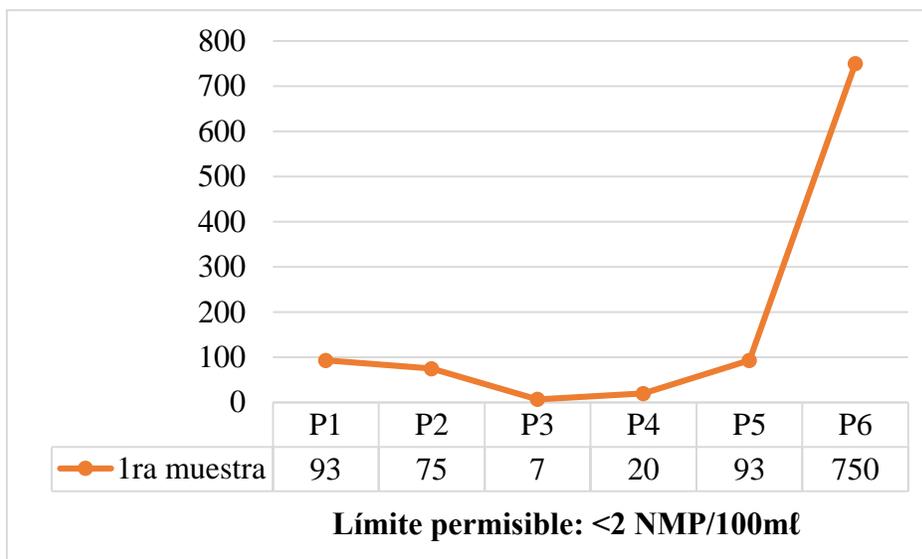
Agregamos una columna extra de resultados en números enteros, en los parámetros de Coliformes Termo resistentes y Coliformes Totales, para hacer mejor uso de los resultados y poder graficar.

Tabla N° 12. Análisis de coliformes termo resistentes

Punto de muestra	Resultado CEANID	Unidad	Resultado en números enteros	Límite Permisible NB 512 (Para agua potable)	Criterios de calidad NB 689 (I,II,III,IV,V)
P ₁	9,3x10 ³	NMP/100 ml	93	<2 NMP/100ml	I
P ₂	7,5x10 ³	NMP/100 ml	75		I
P ₃	7,0x10 ²	NMP/100 ml	7		I
P ₄	2,0x10 ³	NMP/100 ml	20		I
P ₅	9,3x10 ³	NMP/100 ml	93		I
P ₆	7,5x10 ⁴	NMP/100 ml	750		II

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 7. Análisis de coliformes termo resistentes



Fuente: Elaboración propia.

Las cifras de todos los puntos exceden los límites permisibles máximos de calidad para consumo NB 512, esto sucede por el estado de sus cámaras de captación, están en contacto con materia orgánica, presencia de animales, heces fecales y otros agentes externos que modifican la calidad del agua, siendo este el caso del P6 exigiendo un mejor tratamiento del agua.

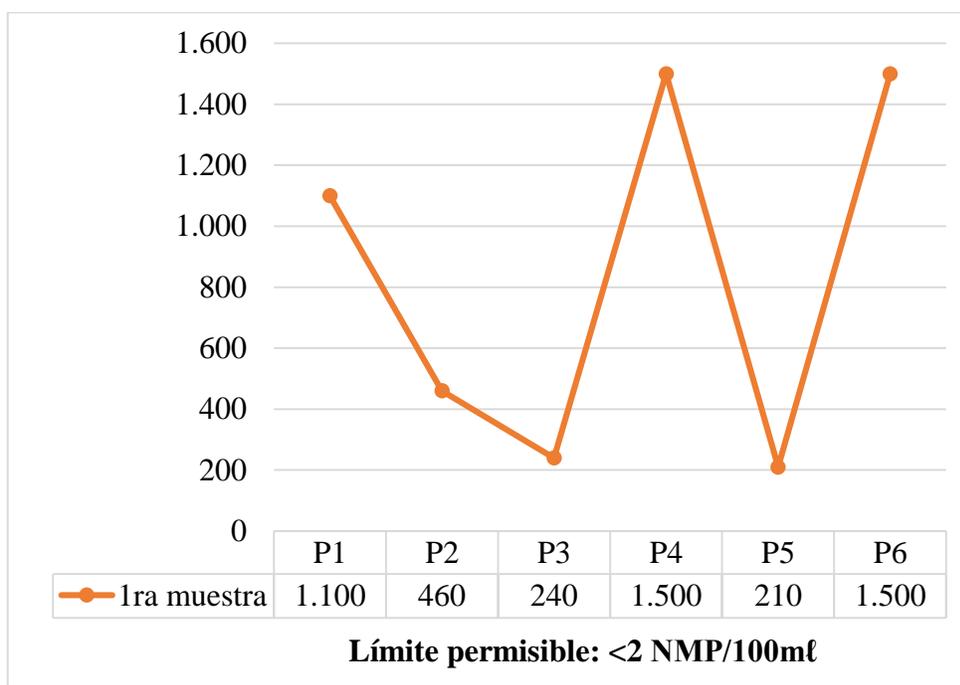
Los P1, P2, P3, P4, P5, de acuerdo al análisis de sus cifras pertenecen al criterio de calidad en la fuente del Grupo I aguas que necesitan únicamente desinfección.

El P6 de acuerdo a sus cifras más altas, pertenece al criterio de calidad en la fuente del Grupo II Aguas que necesitan tratamiento convencional (coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (pos cloración) o filtración lenta desinfección (pos cloración)).

Tabla N° 13. Análisis de coliformes totales

Punto de muestra	Resultado CEANID	Unidad	Resultado en números enteros	Límite Permisible NB 512 (Para agua potable)	Criterios de calidad NB 689 (I,II,III,IV,V)
P ₁	1,1x10 ⁵	NMP/100 ml	1100	<2 NMP/100ml	II
P ₂	4,6x10 ⁴	NMP/100 ml	460		II
P ₃	2,4x10 ⁴	NMP/100 ml	240		II
P ₄	1,5x10 ⁵	NMP/100 ml	1500		II
P ₅	2,1x10 ⁴	NMP/100 ml	210		II
P ₆	1,5x10 ⁵	NMP/100 ml	1500		II

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 8. Análisis de coliformes totales

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de los Coliformes totales, de acuerdo al análisis de sus cifras todos los puntos pertenecen al criterio de calidad en la fuente del Grupo II Aguas que necesitan tratamiento convencional (coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (pos cloración) o filtración lenta desinfección (pos cloración).

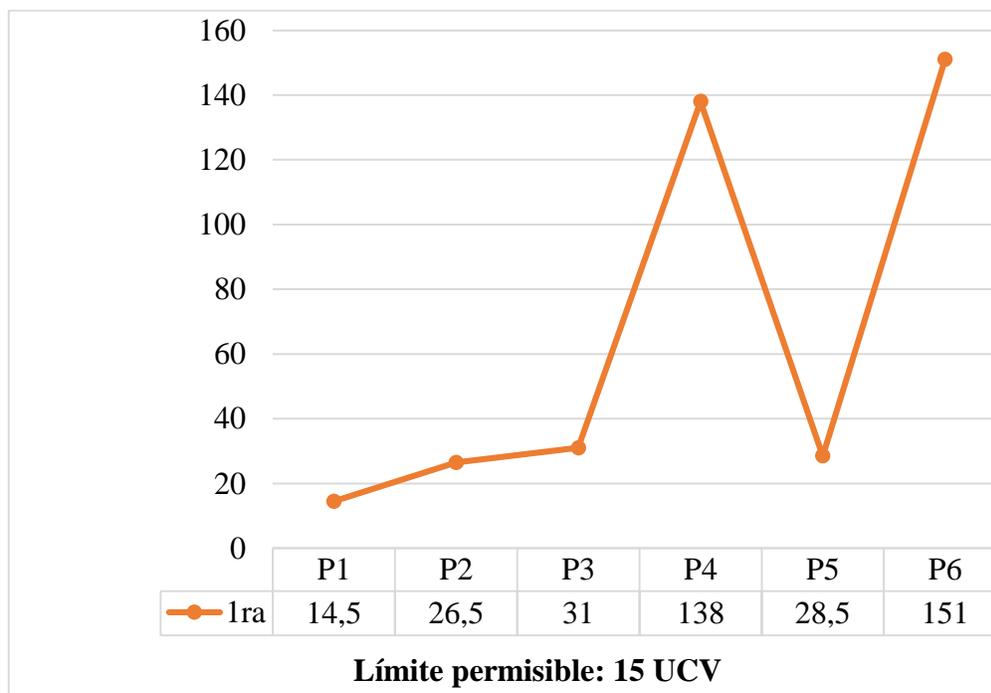
Las cifras de todos los puntos exceden los límites permisibles máximos de consumo NB 512, entre ellos el P1, P4, P6, destacan mayores concentraciones por el estado de sus cámaras de captación, como también el mal estado de la red de distribución del P4 que entra en contacto directo con agentes externos, teniendo condiciones óptimas para los microorganismos puedan sobrevivir en el agua y ser un riesgo para la salud de los usuarios de esta vertiente.

Tabla N° 14. Análisis de color

Punto de muestra	Resultado CEANID	Unidad	Límite Permissible NB 512 (Para agua potable)	Criterios de calidad NB 689 (I,II,III,IV,V)
P ₁	14,5	UCV	15 UCV	I
P ₂	26,5	UCV		II
P ₃	31	UCV		II
P ₄	138	UCV		II
P ₅	28,5	UCV		II
P ₆	151	UCV		II

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 9. Análisis de color



Fuente: Elaboración propia.

El resultado del análisis del parámetro color, en el P1 de acuerdo al análisis de sus cifras se encuentra dentro de los límites permisibles máximos para consumo NB 512, pertenece al criterio de calidad en la fuente del Grupo I aguas que necesitan únicamente desinfección.

El resultado del análisis de las cifras de los P2, P3, P4, P5, P6, exceden los límites permisibles máximos para consumo NB 512, pertenecen al criterio de calidad en la fuente del Grupo II Aguas que necesitan tratamiento convencional como: coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (pos cloración) o filtración lenta desinfección (pos cloración).

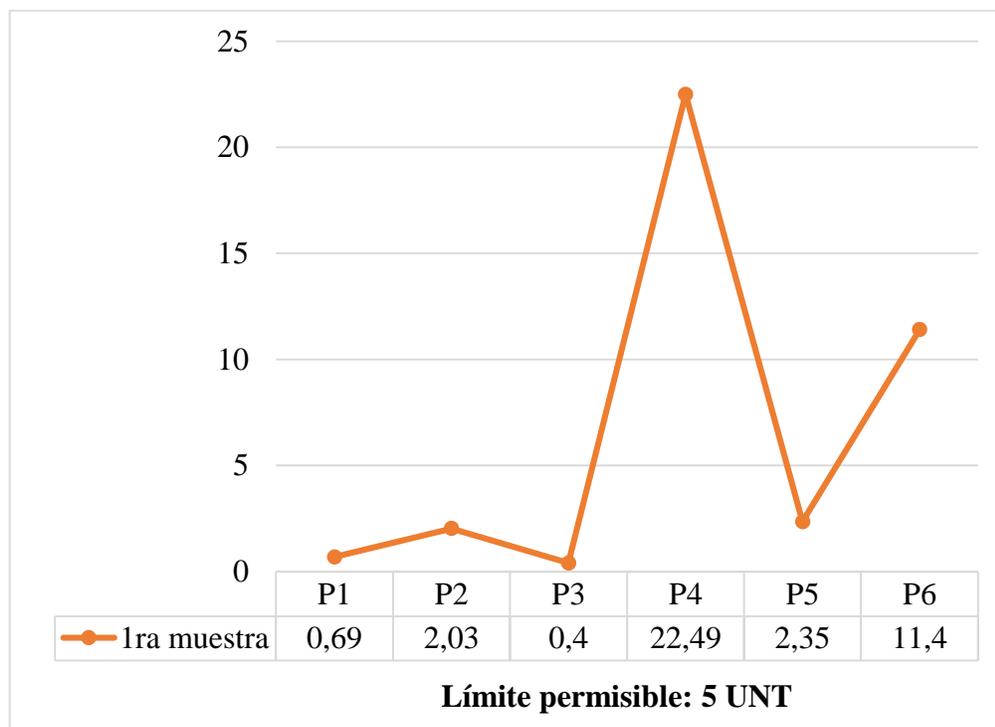
El P4, P6, presentan mayores cifras de concentración por el mal estado de su red de distribución en caso del P4 y la cámara de captación del P6, exigiendo a estos puntos un mejor tratamiento para el agua y alcanzar la calidad óptima e idónea para consumo.

Tabla N° 15. Análisis de turbiedad

Punto de muestra	Resultado CEANID	Unidad	Límite Permissible NB 512 (Para agua potable)	Criterios de calidad NB 689 (I,II,III,IV,V)
P ₁	0,69	UNT	5 UNT	I
P ₂	2,03	UNT		I
P ₃	0,4	UNT		I
P ₄	22,49	UNT		II
P ₅	2,35	UNT		I
P ₆	11,4	UNT		II

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 10. Análisis de turbiedad



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de turbiedad en P1, P2, P3, P5, de acuerdo al análisis de sus cifras, están dentro de los límites permisibles máximos de consumo NB 512 y pertenecen al criterio de calidad en la fuente del Grupo I aguas que necesitan únicamente desinfección.

Los resultados de P4, P6, de acuerdo a sus cifras y concentraciones exceden los límites permisibles máximos de consumo NB 512 y pertenecen al criterio de calidad en la fuente del Grupo II Aguas que necesitan tratamiento convencional como: coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (pos cloración) o filtración lenta desinfección (pos cloración).

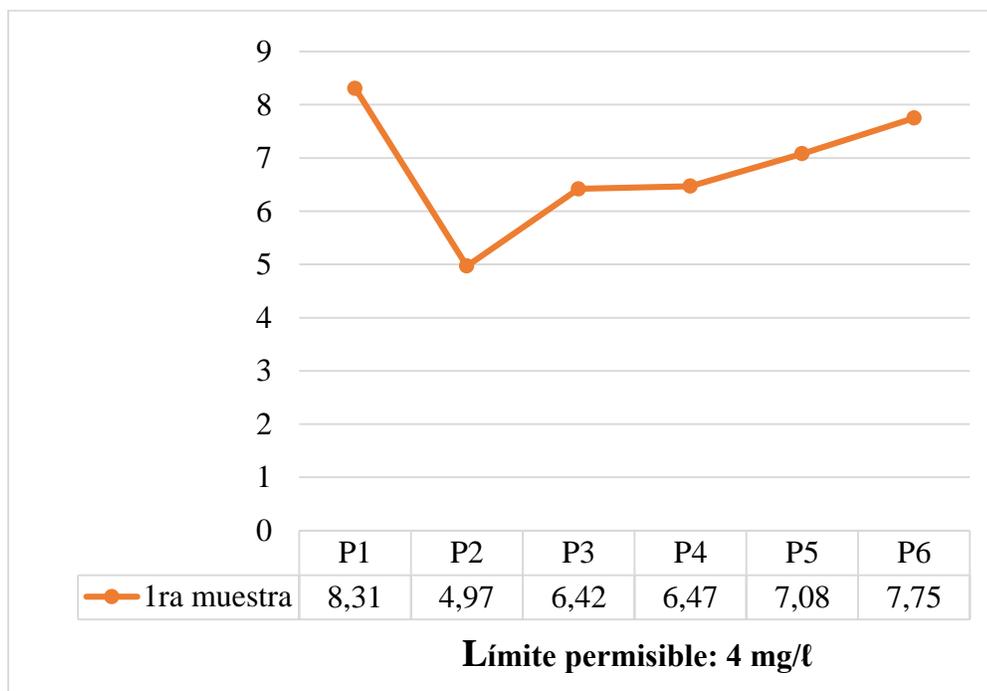
De acuerdo al estado en que se encuentran estos puntos (P4, P6), el agua aprovechada presentaba la presencia de sedimentos, que también generan condiciones favorables para la subsistencia de los coliformes, en el P4 por el estado de su tubería de distribución y el P6 por falta de tapa en su cámara de captación.

Tabla N° 16. Análisis de oxígeno disuelto

Punto de muestra	Resultado CEANID	Unidad	Límite Permisible NB 512 (Para agua potable)	Criterios de calidad NB 689 (I,II,III,IV,V)
P ₁	8,31	mg/l	4 mg/l	II
P ₂	4,97	mg/l		II
P ₃	6,42	mg/l		II
P ₄	6,47	mg/l		II
P ₅	7,08	mg/l		II
P ₆	7,75	mg/l		II

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 11. Análisis de oxígeno disuelto



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de Oxígeno Disuelto, de acuerdo al análisis de sus cifras exceden el límite permisible máximo de consumo NB 512, todos los puntos pertenecen al criterio de calidad en la fuente del Grupo II Aguas que necesitan tratamiento convencional como: coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (pos cloración) o filtración lenta desinfección (pos cloración).

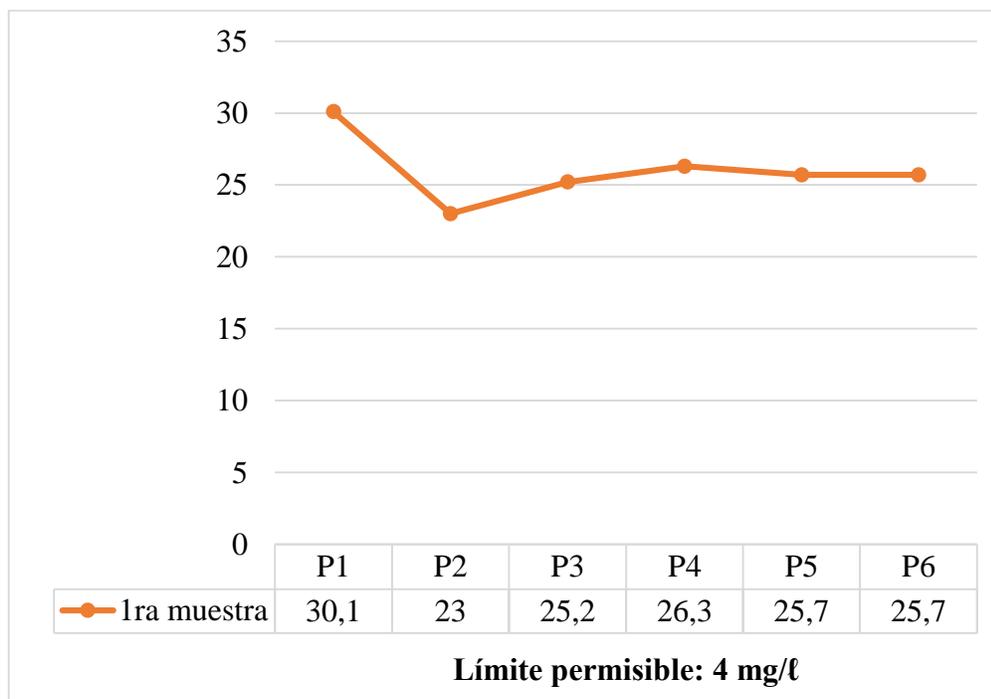
El OD es benéfico en concentraciones bajas de 4 mg/ℓ hace que el gusto del agua mejore, en concentraciones altas es negativo porque corroe la tubería de la red de distribución, por lo tanto, exige un mejor tratamiento del agua para consumo y mantener las condiciones de calidad del sistema de distribución.

Entonces vemos que el P1, P3, P4, P5, P6 son los puntos que corren riesgo de que su sistema sufra daños al pasar de los años, el P1 que cuenta con mayor concentración por la inclinación de su tubería de distribución, P6 que cuenta con su cámara de captación desprotegida y no realizan el manteniendo correspondiente.

Tabla N° 17. Análisis DBO₅

Punto de muestra	Resultado CEANID	Unidad	Límite Permisible NB 512 (Para agua potable)	Criterios de calidad NB 689 (I,II,III,IV,V)
P ₁	30,1	mg/l	4 mg/l	III
P ₂	23	mg/l		III
P ₃	25,2	mg/l		III
P ₄	26,3	mg/l		III
P ₅	25,7	mg/l		III
P ₆	25,7	mg/l		III

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 12. Análisis DBO₅

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de DBO₅, de acuerdo al análisis de sus cifras todos los puntos pertenecen al criterio de calidad en la fuente del Grupo III Aguas que necesita tratamiento convencional como: coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (pre y pos cloración).

Vemos que todos los puntos exceden los límites permisibles para consumo NB 512, por lo que mientras más contaminación existe por parte de coliformes, mayor será la DBO₅ presente en el agua.

Por otra parte, la concentración de 2 a 20 mg/ℓ se las considera aguas puras, una concentración de 20 a 100 mg/ℓ se las considera aguas poco contaminadas, siendo esta la concentración de agua en las muestras analizadas.

1.2.1.2. Segundo muestreo

Fecha 29 de septiembre del 2020

Cabe recalcar que el segundo y tercer muestreo se hicieron en fechas diferentes por razones de tiempo y dinero, como también los problemas internos del país con paros y el cierre de carreteras, la aparición de la pandemia mundial COVID-19 y sus restricciones, así mismo el laboratorio no funcionaba por restricciones de bioseguridad al contagio de los trabajadores.

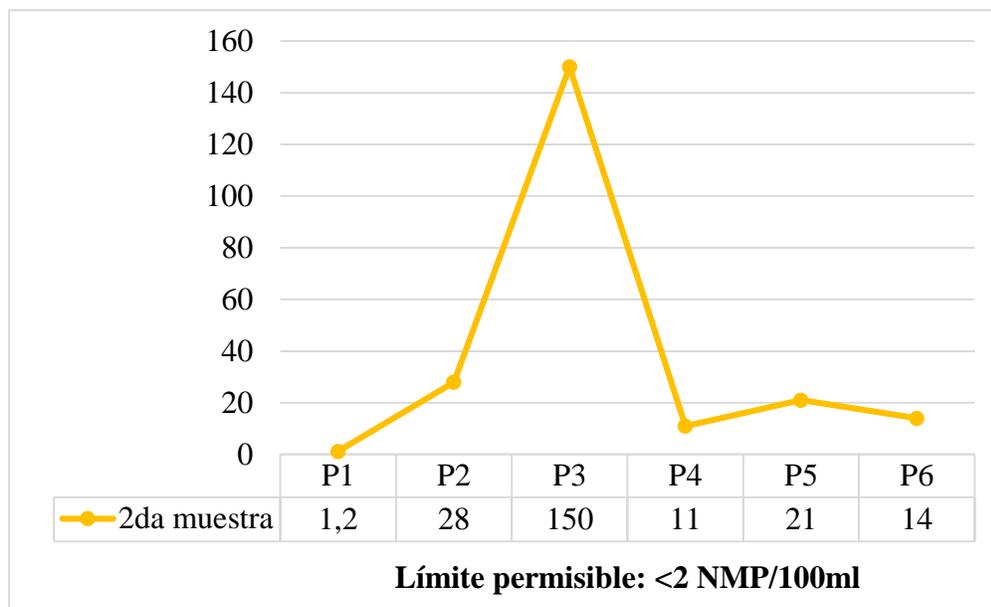
Luego del descenso de casos de infección y la flexibilización de restricciones se realizaron los 2 muestreos faltantes causando una variación de nuestro cronograma y ajustando la frecuencia de muestreo por las constantes restricciones y evolución del virus, los muestreos se hicieron en temporada de inicios de lluvias, donde se da la recarga de acuíferos, como también la alteración de la calidad en las vertientes; de acuerdo a los resultados obtenidos se podrá comparar la existencia de la variación de calidad del agua que es aprovechada por los usuarios.

Tabla N° 18. Análisis de coliformes termo resistentes

Punto de muestra	Resultado CEANID	Unidad	Resultado en números enteros	Límite Permisible NB 512 (Para agua potable)	Criterios de calidad NB 689 (I,II,III,IV,V)
P ₁	1,2x10 ²	NMP/100mℓ	1,2	<2 NMP/100mℓ	I
P ₂	2,8x10 ³	NMP/100mℓ	28		I
P ₃	1,5x10 ⁴	NMP/100mℓ	150		I
P ₄	1,1x10 ³	NMP/100mℓ	11		I
P ₅	2,1x10 ³	NMP/100mℓ	21		I
P ₆	1,4x10 ³	NMP/100mℓ	14		I

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 13. Análisis de coliformes termo resistentes



Fuente: Elaboración propia.

El resultado de los Coliformes termo resistentes en esta segunda muestra, observamos que las concentraciones redujeron más aceptablemente, diferenciando el muestreo en tiempo de estiaje y en tiempo de inicio de lluvias.

El P1, de acuerdo al análisis de sus cifras, está dentro de los límites permisibles máximos para consumo NB 512, pertenece al criterio de calidad en la fuente del Grupo I aguas que necesitan únicamente desinfección.

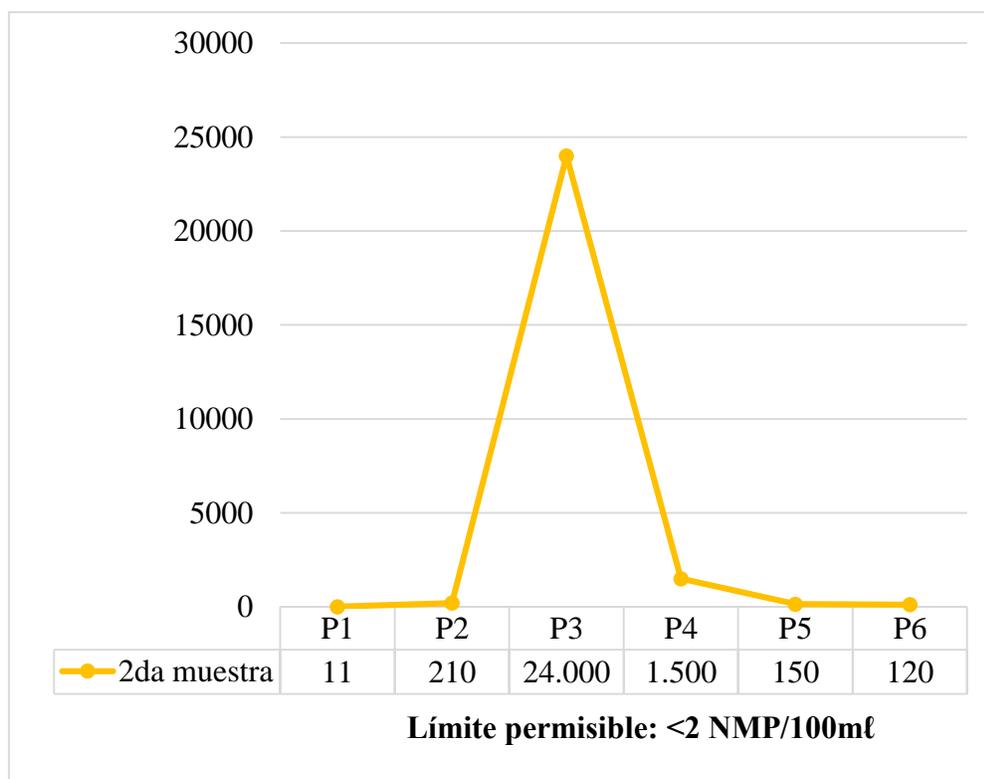
El resultado de los P2, P3, P4, P5, P6, de acuerdo de acuerdo al análisis de sus cifras, exceden el límite permisible máximo para consumo NB 512, pero aun así todos los puntos pertenecen al criterio de calidad en la fuente del Grupo I aguas que necesitan únicamente desinfección.

El P3 cuenta con altos valores, esto por la presencia de materia orgánica presente en la cámara de capacidad.

Tabla N° 19. Análisis de coliformes totales

Punto de muestra	Resultado CEANID	Unidad	Resultado en números enteros	Límite Permisible NB 512 (Para agua potable)	Criterios de calidad NB 689 (I,II,III,IV,V)
P ₁	1,1x10 ³	NMP/100mℓ	11	<2 NMP/100mℓ	II
P ₂	2,1x10 ⁴	NMP/100mℓ	210		II
P ₃	2,4x10 ⁶	NMP/100mℓ	24.000		II
P ₄	1,5x10 ⁵	NMP/100mℓ	1.500		II
P ₅	1,5x10 ⁴	NMP/100mℓ	150		II
P ₆	1,2x10 ⁴	NMP/100mℓ	120		II

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 14. Análisis de coliformes totales

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de los coliformes totales, de acuerdo al análisis de sus cifras todos los puntos pertenecen al criterio de calidad en la fuente del Grupo II Aguas que necesitan tratamiento convencional de coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (pos cloración) o filtración lenta desinfección (pos cloración).

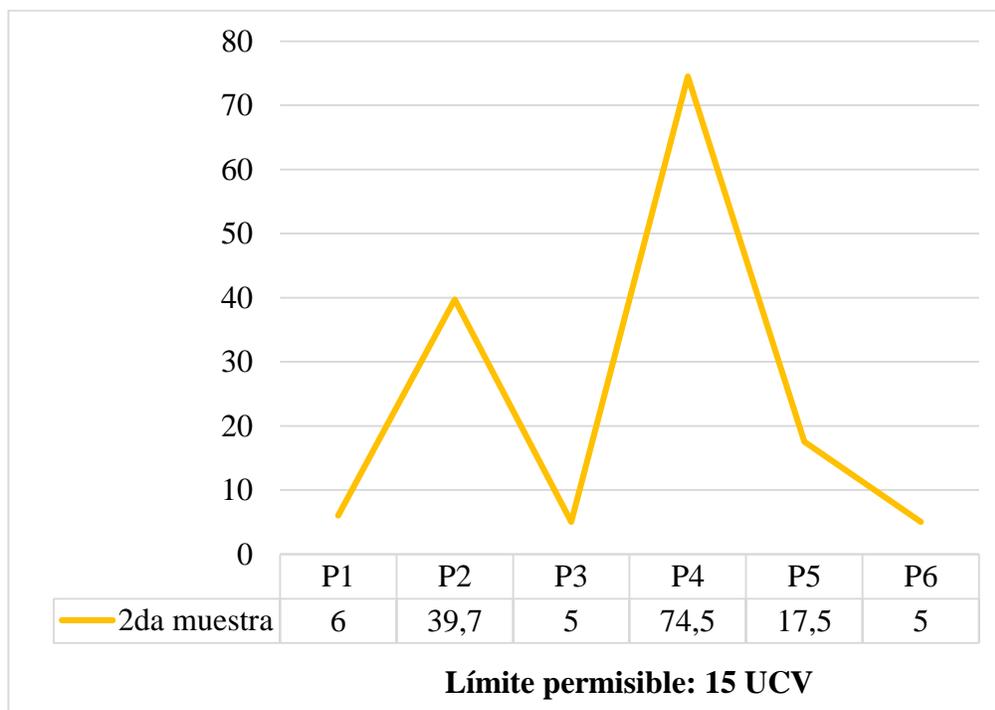
Las cifras de todos los puntos exceden el límite permisible máximo para consumo NB 512, siendo el P1 el que tiene menor concentración a comparación del P3 que tiene una concentración altísima, seguido por P4, P2, P5 y P6, teniendo así condiciones favorables para la subsistencia de las coliformes y el riesgo de enfermedades por el consumo del agua.

Tabla N° 20. Análisis de color

Punto de muestra	Resultado CEANID	Unidad	Límite Permisible NB 512 (Para agua potable)	Criterios de calidad NB 689 (I,II,III,IV,V)
P ₁	6	UCV	15 UCV	I
P ₂	39,7	UCV		II
P ₃	5	UCV		I
P ₄	74,5	UCV		II
P ₅	17,5	UCV		II
P ₆	5	UCV		I

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 15. Análisis de color



Fuente: Elaboración propia.

El resultado del parámetro color en el P1, P3, P6, de acuerdo a sus cifras se encuentran dentro del límite permisible para consumo NB 512, analizando sus cifras pertenece al criterio de calidad en la fuente del Grupo I Aguas que necesitan únicamente desinfección.

El resultado de las cifras de los P2, P4, P5, exceden el límite permisible para consumo NB 512, dado por la presencia de mayor vegetación en los alrededores de las cámaras de captación. De acuerdo al análisis pertenecen al criterio de calidad en la fuente del Grupo II Aguas que necesitan tratamiento convencional de coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (pos cloración) o filtración lenta desinfección (pos cloración).

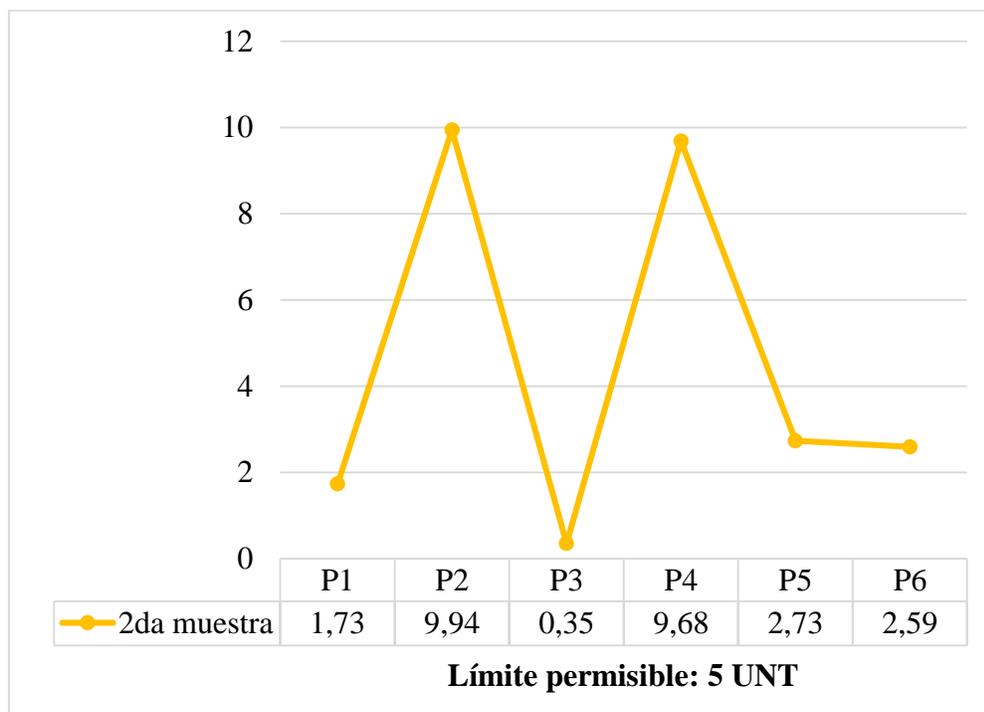
Se observa una mejora en las concentraciones de algunos puntos, sin dejar de lado que en época de estiaje sus concentraciones cambian como también su criterio de calidad por lo que necesitan un tratamiento adecuado y eficiente.

Tabla N° 21. Análisis de turbiedad

Punto de muestra	Resultado CEANID	Unidad	Límite Permisible NB 512 (Para agua potable)	Criterios de calidad NB 689 (I,II,III,IV,V)
P ₁	1,73	UNT	5 UNT	I
P ₂	9,94	UNT		II
P ₃	0,35	UNT		I
P ₄	9,68	UNT		II
P ₅	2,73	UNT		I
P ₆	2,59	UNT		I

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 16. Análisis de turbiedad



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de turbiedad en P1, P3, P5, P6, de acuerdo al análisis de sus cifras, están dentro de los límites permisibles para consumo NB 512, pertenecen al criterio de calidad en la fuente del Grupo I Aguas que necesitan únicamente desinfección.

Los resultados de P2, P4, de acuerdo a sus cifras exceden el límite permisible para consumo NB 512, pertenecen al criterio de calidad en la fuente del Grupo II Aguas que necesitan tratamiento convencional (coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (pos cloración) o filtración lenta desinfección (pos cloración).

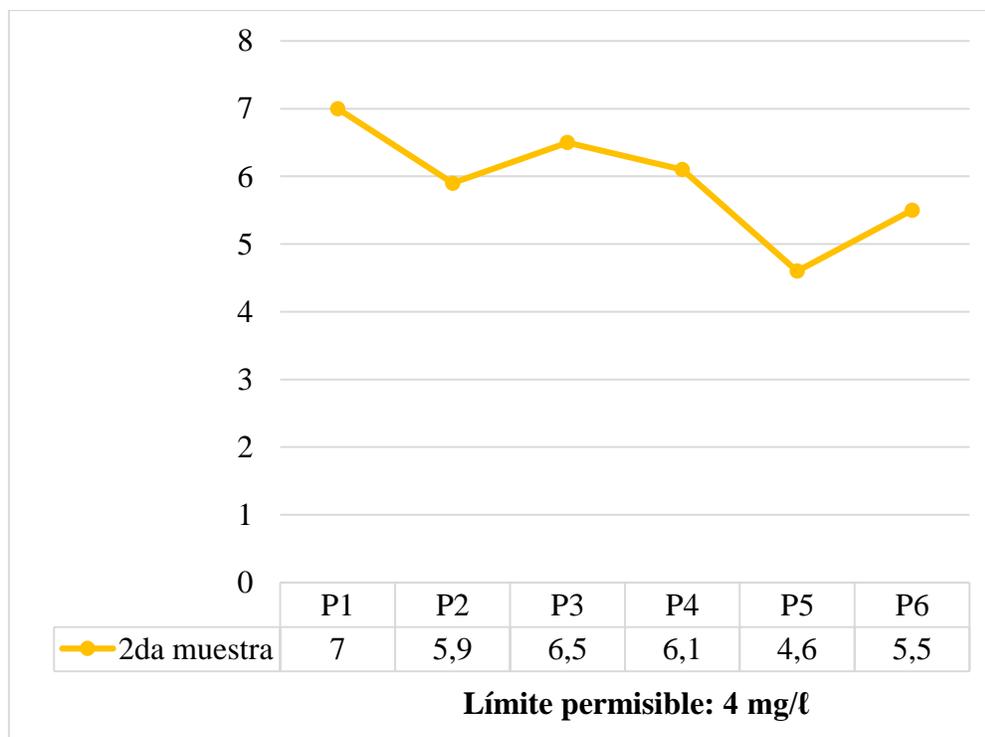
Las condiciones de la cámara de captación sin mantenimiento del P2 y el sistema incompleto de distribución del P4 nos dejan ver como su concentración pueden elevarse por falta de un sistema eficiente y mantenimiento constante.

Tabla N° 22. Análisis de oxígeno disuelto

Punto de muestra	Resultado CEANID	Unidad	Límite Permisible NB 512 (Para agua potable)	Criterios de calidad NB 689 (I,II,III,IV,V)
P ₁	7,00	mg/l	4 mg/l	II
P ₂	5,90	mg/l		II
P ₃	6,50	mg/l		II
P ₄	6,10	mg/l		II
P ₅	4,60	mg/l		II
P ₆	5,50	mg/l		II

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 17. Análisis de oxígeno disuelto



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de Oxígeno Disuelto, de acuerdo al análisis de sus cifras todos los puntos exceden el límite permisible para consumo NB 512, pertenecen al criterio de calidad en la fuente del Grupo II Aguas que necesitan tratamiento convencional como: coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (pos cloración) o filtración lenta desinfección (pos cloración).

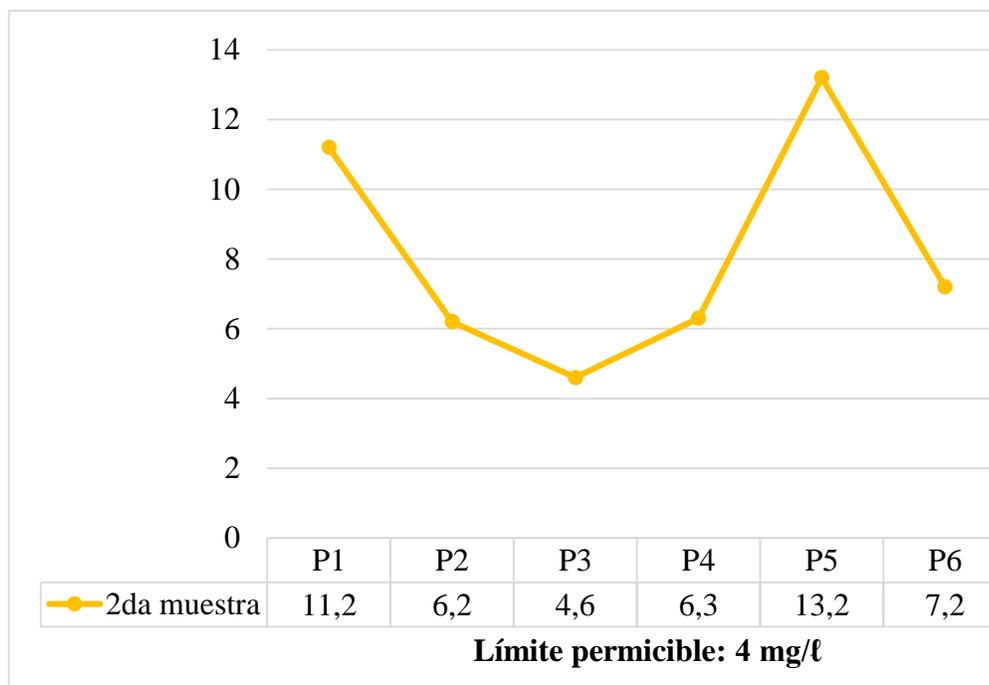
Los puntos P1, P3, P4, P6, mantienen concentraciones elevadas que pueden ser negativos a largo plazo, creando condiciones favorables para las coliformes, siendo un riesgo potencial de enfermedades y en tiempo de lluvias la concentración de OD es menos que en época de estiaje.

Tabla N° 23. Análisis de DBO₅

Punto de muestra	Resultado CEANID	Unidad	Límite Permisible NB 512 (Para agua potable)	Criterios de calidad NB 689 (I,II,III,IV,V)
P ₁	11,2	mg/l	4 mg/l	III
P ₂	6,2	mg/l		III
P ₃	4,6	mg/l		III
P ₄	6,3	mg/l		III
P ₅	13,2	mg/l		III
P ₆	7,2	mg/l		III

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 18. Análisis de DBO₅



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de DBO_5 , de acuerdo al análisis de sus cifras todos los puntos presentan concentraciones más elevadas que el límite permisible para consumo NB 512, pertenecen al criterio de calidad en la fuente del Grupo III Aguas que necesitan tratamiento convencional como: coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (pre y pos cloración).

Podemos ver que el P3 es el que presenta menos concentración a diferencia de los otros puntos de mayor concentración P1, P2, P4, P5, P6 siendo esta mayoría, preocupantemente aguas contaminadas.

1.2.1.3. Tercer muestreo

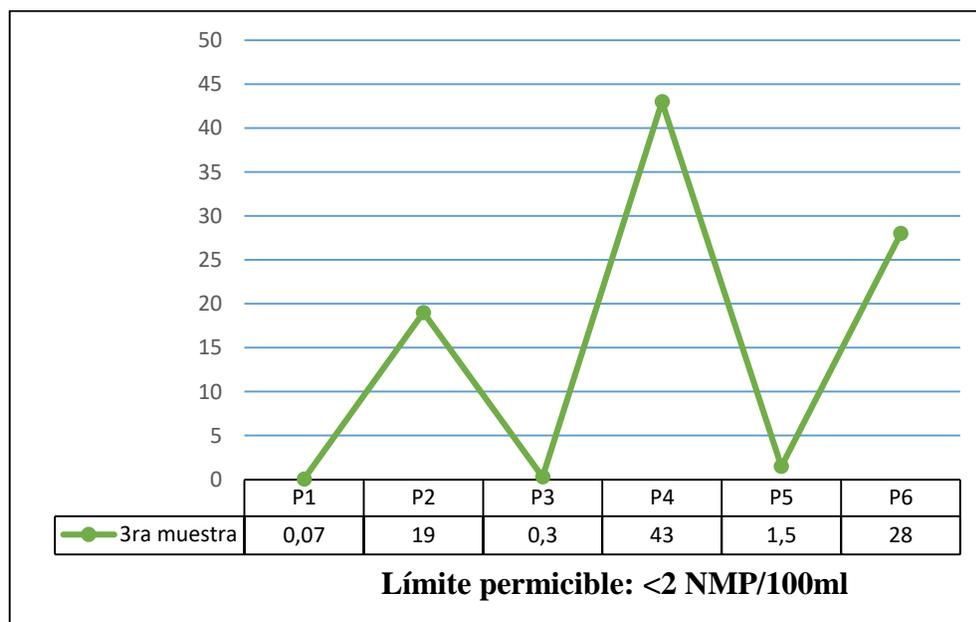
Fecha: 27 de octubre 2020.

Tabla N° 24. Análisis de coliformes termo resistentes

Punto de muestra	Resultado CEANID	Unidad	Resultado en números enteros	Límite Permissible NB 512 (Para agua potable)	Criterios de calidad NB 689 (I,II,III,IV,V)
P ₁	7	NMP/100mℓ	0,07	<2 NMP/100mℓ	I
P ₂	1,9x10 ³	NMP/100mℓ	19		I
P ₃	3,0x10 ¹	NMP/100mℓ	0,3		I
P ₄	4,3x10 ³	NMP/100mℓ	43		I
P ₅	1,5x10 ²	NMP/100mℓ	1,5		I
P ₆	2,8x10 ³	NMP/100mℓ	28		I

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 19. Análisis de coliformes termo resistentes



Fuente: Elaboración propia.

El resultado de los coliformes termo resistentes en este tercer muestreo, vemos que el P1, P3, P5, de acuerdo al análisis de sus cifras, están dentro de los límites permisibles para consumo NB 512.

El resultado de los P1, P2, P4, P6, de acuerdo a sus cifras, exceden el límite permisible para consumo NB 512 aun así, todos los puntos pertenecen al criterio de calidad en la fuente del Grupo I Aguas que necesitan únicamente desinfección.

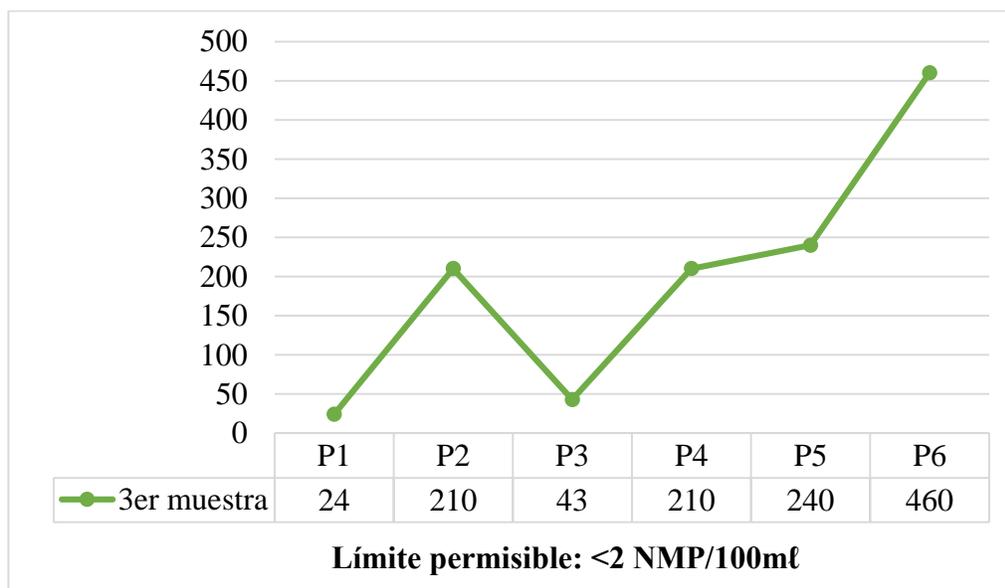
Podemos ver una reducción en la concentración de coliformes en el agua, diferenciándose mucho del tiempo de estiaje donde las concentraciones son más elevadas en la relación a la falta de precipitaciones y los caudales bajos, aun así no dejan de ser aguas contaminadas que aprovechan los usuarios, y necesitan un tratamiento adecuado.

Tabla N° 25. Análisis de coliformes totales

Punto de muestra	Resultado CEANID	Unidad	Resultado en números enteros	Límite Permisible NB 512 (Para agua potable)	Criterios de calidad NB 689 (I,II,III,IV,V)
P ₁	2,4x10 ³	NMP/100ml	24	<2 NMP/100ml	II
P ₂	2,1x10 ⁴	NMP/100ml	210		II
P ₃	4,3x10 ³	NMP/100ml	43		II
P ₄	2,1x10 ⁴	NMP/100ml	210		II
P ₅	2,4x10 ⁴	NMP/100ml	240		II
P ₆	4,6x10 ⁴	NMP/100ml	460		II

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 20. Análisis de coliformes totales



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de los Coliformes totales, de acuerdo al análisis de sus cifras todos los puntos pertenecen al criterio de calidad en la fuente del Grupo II Aguas que necesitan tratamiento convencional como: coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (pos cloración) o filtración lenta desinfección (pos cloración).

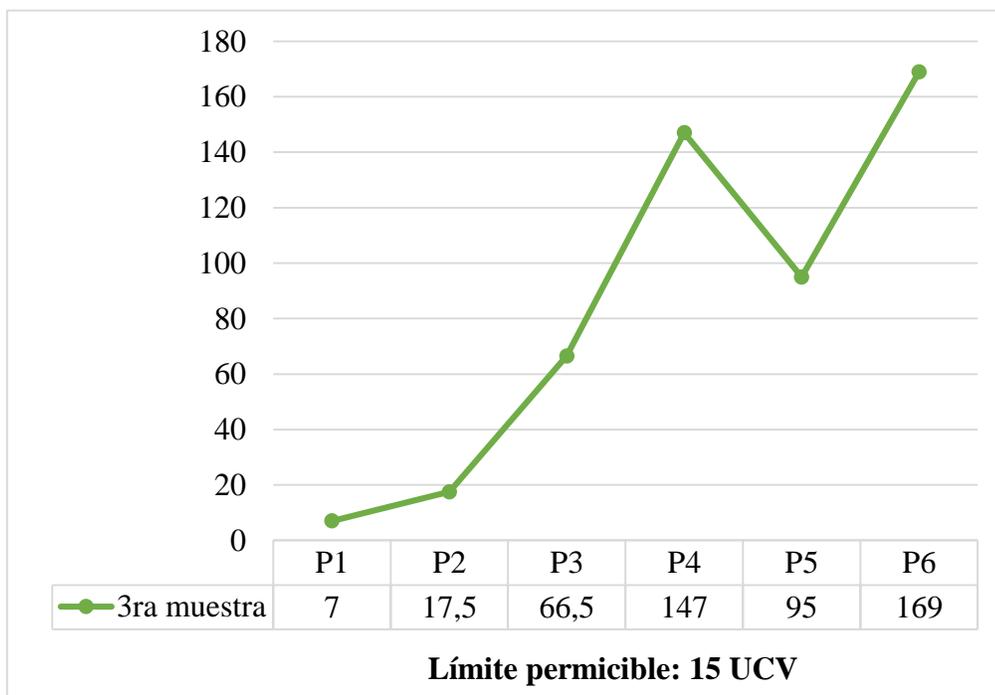
Las cifras de todos los puntos exceden el límite permisible para consumo NB 512, siendo los puntos P2, P4, P5, P6 los que tienen mayor concentración, lugares con condiciones óptimas para la subsistencia de las coliformes que son un riesgo de enfermedad al aprovechar y consumir estas aguas crudas sin ningún pre tratamiento.

Tabla N° 26. Análisis de color

Punto de muestra	Resultado CEANID	Unidad	Límite Permissible NB 512 (Para agua potable)	Criterios de calidad NB 689 (I,II,III,IV,V)
P ₁	7	UCV	15 UCV	I
P ₂	17,5	UCV		II
P ₃	66,5	UCV		II
P ₄	147	UCV		II
P ₅	95	UCV		II
P ₆	169	UCV		II

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 21. Análisis de color



Fuente: Elaboración propia.

El resultado del parámetro color de acuerdo a las cifras analizadas, el P1 se encuentra dentro del límite permisible para consumo NB 512, pertenece al criterio de calidad en la fuente del Grupo I aguas que necesitan únicamente desinfección.

El resultado de las cifras de los P2, P3, P4, P5, P6, de acuerdo a sus cifras exceden el límite permisible para consumo NB 512, de acuerdo al análisis de sus cifras pertenecen al criterio de calidad en la fuente del Grupo II Aguas que necesitan tratamiento convencional como: coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (pos cloración) o filtración lenta desinfección (pos cloración).

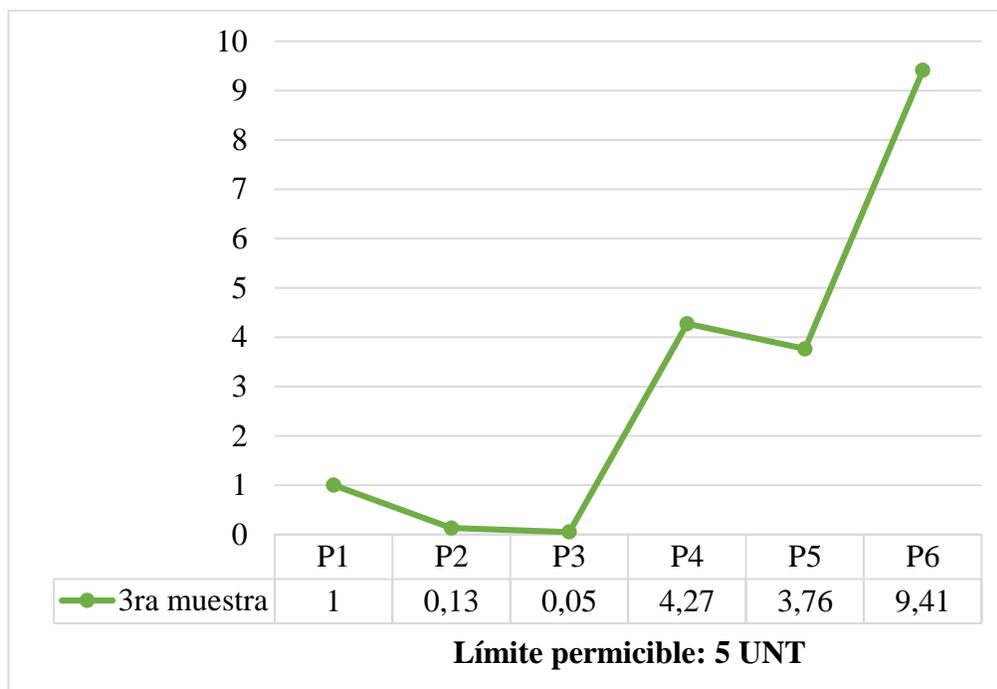
Relacionando las elevadas concentraciones en el P6 por el estado de la cámara de captación sin tapa y el P4 por el contacto del agua con agentes externos en el sistema de distribución ineficiente con el que cuentan.

Tabla N° 27. Análisis de turbiedad

Punto de muestra	Resultado CEANID	Unidad	Límite Permissible NB 512 (Para agua potable)	Criterios de calidad NB 689 (I,II,III,IV,V)
P ₁	1	UNT	5 UNT	I
P ₂	0,13	UNT		I
P ₃	0,05	UNT		I
P ₄	4,27	UNT		I
P ₅	3,76	UNT		I
P ₆	9,41	UNT		II

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 22. Análisis de turbiedad



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de turbiedad en P1, P2, P3, P4, P5, de acuerdo al análisis de sus cifras, están dentro de los límites permisibles para consumo NB 512, pertenecen al criterio de calidad en la fuente del Grupo I aguas que necesitan únicamente desinfección.

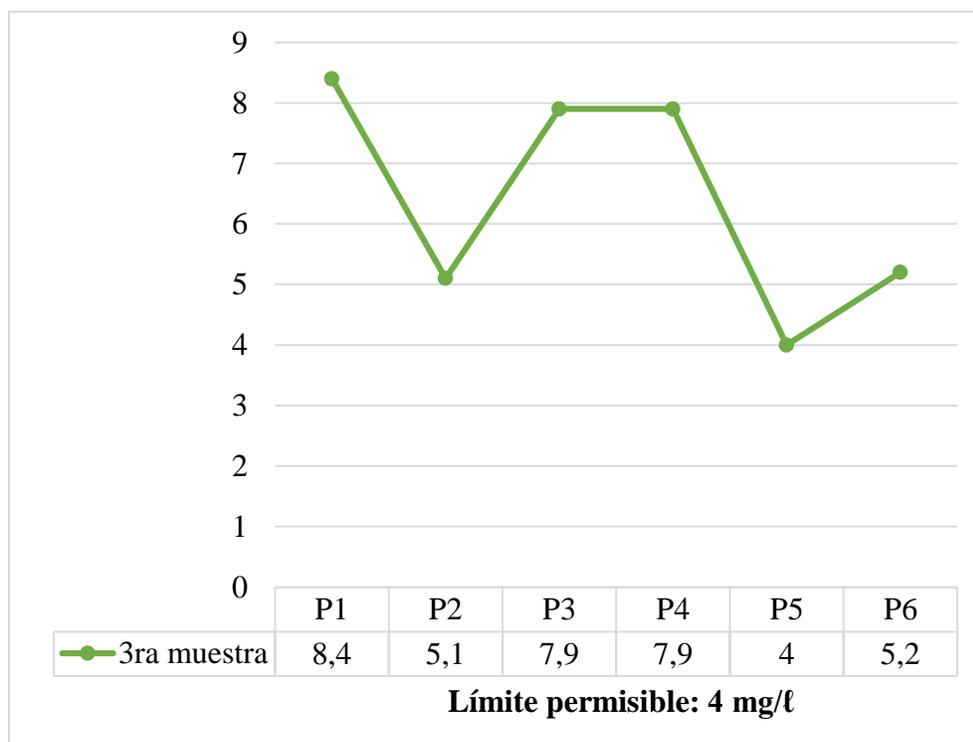
Los resultados de P6, de acuerdo a sus cifras exceden el límite permisible para consumo NB 512 y pertenecen al criterio de calidad en la fuente del Grupo II Aguas que necesitan tratamiento convencional como: (coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (pos cloración) o filtración lenta desinfección (pos cloración).

La concentración de sedimentos en la muestra del P6 eran visibles, por lo que los usuarios se quejaban de que en época de lluvias el agua les llega agua turbia y debían aprovecharla así, siendo un riesgo sanitario ya que las bacterias se esconden en los sedimentos y pueden sobrevivir a una desinfección, por lo que debemos optar por darle un tratamiento eficiente.

Tabla N° 28. Análisis de oxígeno disuelto

Punto de muestra	Resultado CEANID	Unidad	Límite Permisible NB 512 (Para agua potable)	Criterios de calidad NB 689 (I,II,III,IV,V)
P ₁	8,40	mg/l	4 mg/l	II
P ₂	5,1	mg/l		II
P ₃	7,9	mg/l		II
P ₄	7,9	mg/l		II
P ₅	4,0	mg/l		II
P ₆	5,20	mg/l		II

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 23. Análisis de oxígeno disuelto

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de Oxígeno Disuelto, de acuerdo al análisis de sus cifras todos los puntos pertenecen al criterio de calidad en la fuente del Grupo II Aguas que necesitan tratamiento convencional como: coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (pos cloración) o filtración lenta desinfección (pos cloración).

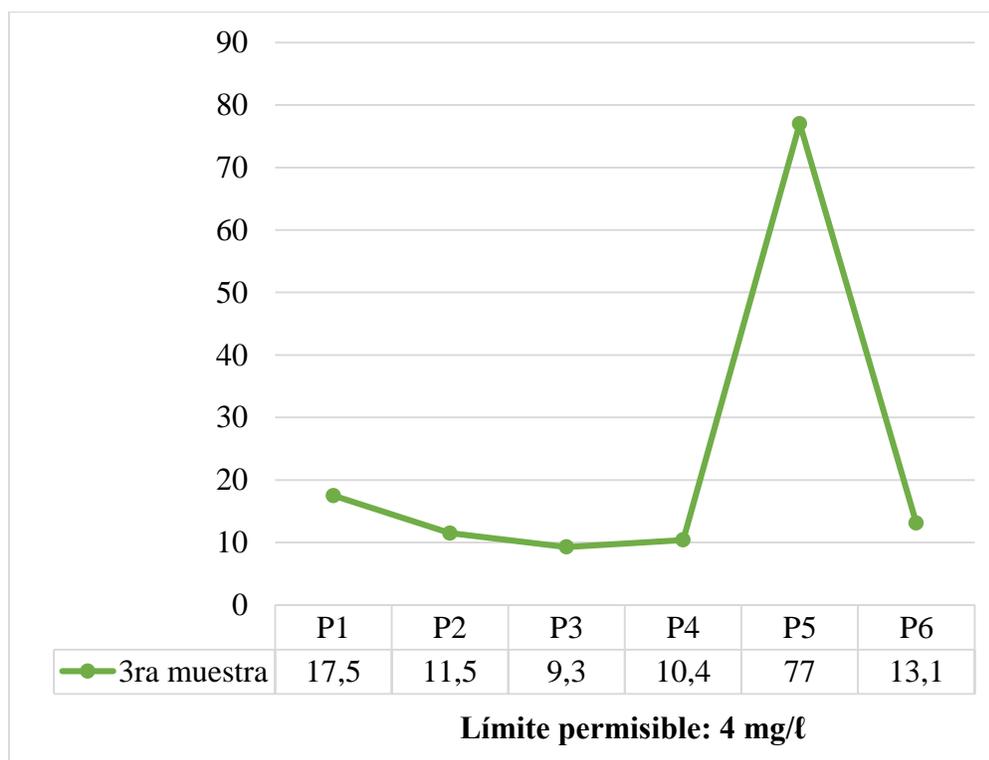
El P5 es el único que está dentro del límite permisible de consumo, a diferencia de los demás puntos P1, P3, P4, P6, P5, con mayores concentraciones de OD, de manera preocupante en como consumen y aprovechan el agua con estas características.

Tabla N° 29. Análisis de DBO₅

Punto de muestra	Resultado CEANID	Unidad	Límite Permissible NB 512 (Para agua potable)	Criterios de calidad NB 689 (I,II,III,IV,V)
P ₁	17,5	mg/ℓ	4 mg/ℓ	III
P ₂	11,5	mg/ℓ		III
P ₃	9,3	mg/ℓ		III
P ₄	10,4	mg/ℓ		III
P ₅	77	mg/ℓ		III
P ₆	13,1	mg/ℓ		III

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 24. Análisis de DBO₅



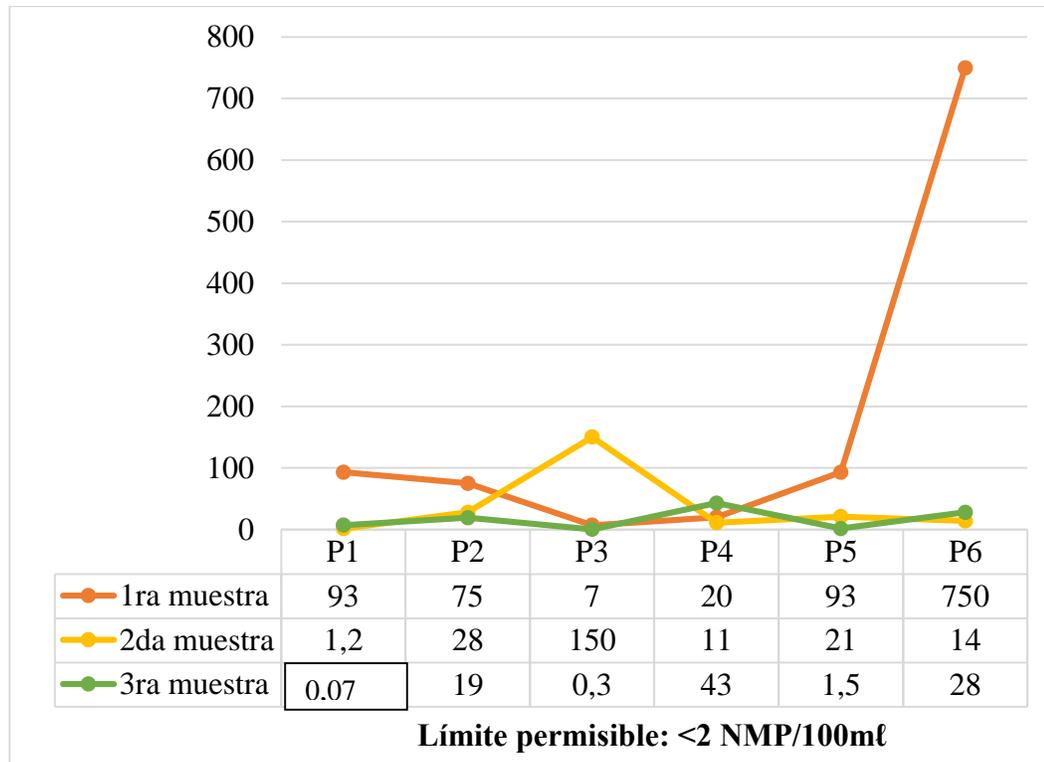
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de DBO_5 , de acuerdo al análisis de sus cifras todos los puntos rebasan el límite permisible para consumo, pertenecen al criterio de calidad en la fuente del Grupo III Aguas que necesita tratamiento convencional como: coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (pre y pos cloración).

Vemos que el P5 es el más contaminado de acuerdo a su concentración, el cual como tiene condiciones viables para la subsistencia de las coliformes, de acuerdo esto es necesario darles un tratamiento adecuado, para que el aprovechamiento y consumo del agua sea seguro.

1.2.2. Comparación de los parámetros

Gráfico N° 25. Comparación de coliformes termo resistentes

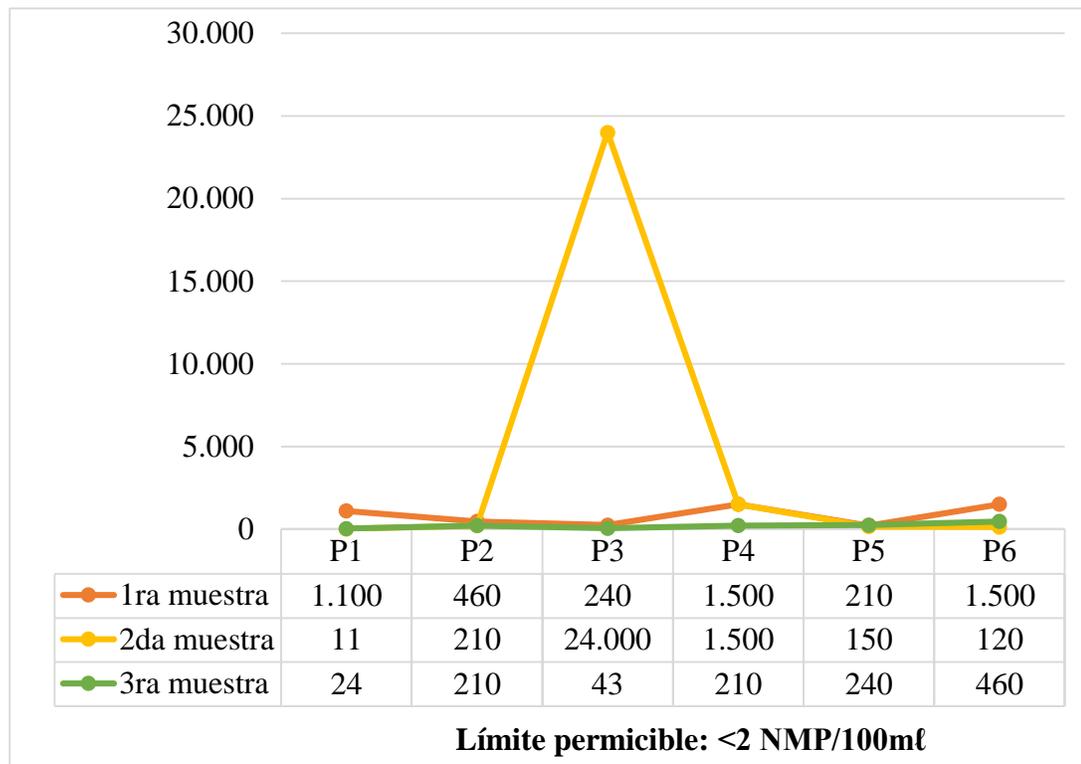


Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a las cifras del parámetro medido en los 3 muestreos, se observa que en su mayoría existen cifras elevadas que exceden el límite permisible de calidad para consumo NB 512, lo cual no las hace aptas para consumo humano, en parte por las condiciones climáticas, sus sistemas de captación y distribución incompletos, la falta de mantenimiento, el aprovechamiento del agua cruda sin tratamiento alguno.

Para alcanzar una calidad óptima y que el agua sea apta para consumo humano NB 512 durante todo el año independientemente de la temporada de lluvias y de estiaje, se debe emplear el tratamiento convencional como: coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (pos cloración) o filtración lenta desinfección (pos cloración).

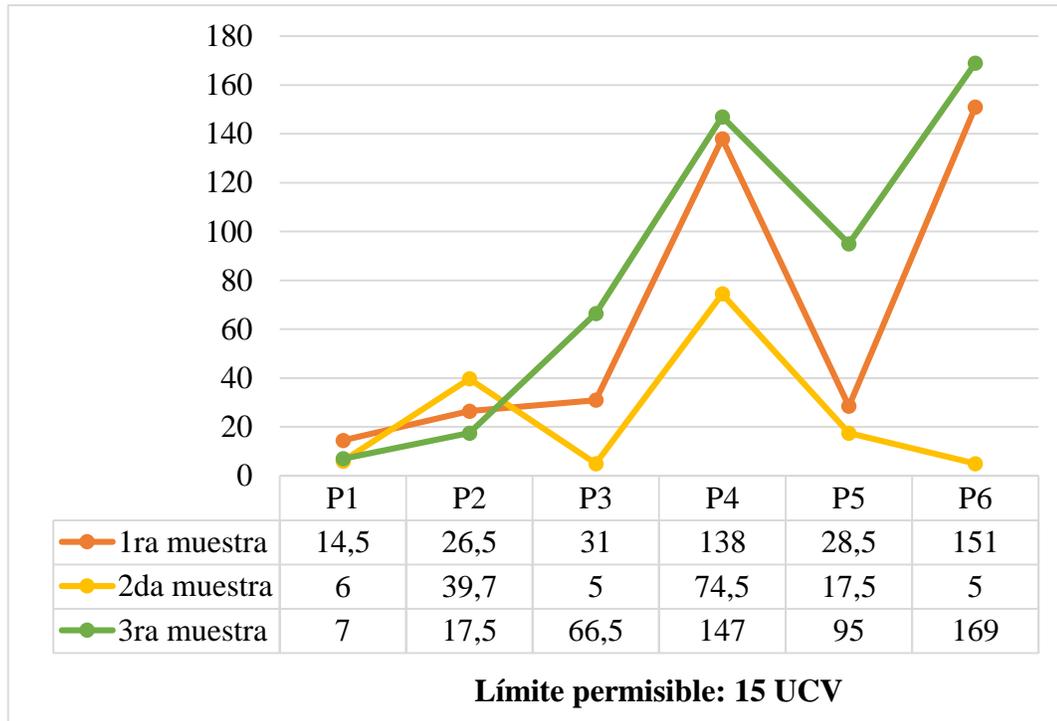
Gráfico N° 26. Comparación de coliformes totales



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a las cifras del parámetro medido en los 3 muestreos, se observa que en su totalidad todos los puntos exceden con cifras elevadas el límite permisible de calidad para consumo NB 512, resalando el P3 de la segunda muestra con cifras muy altas, que nos indica que existen las condiciones para que las coliformes puedan subsistir en el agua.

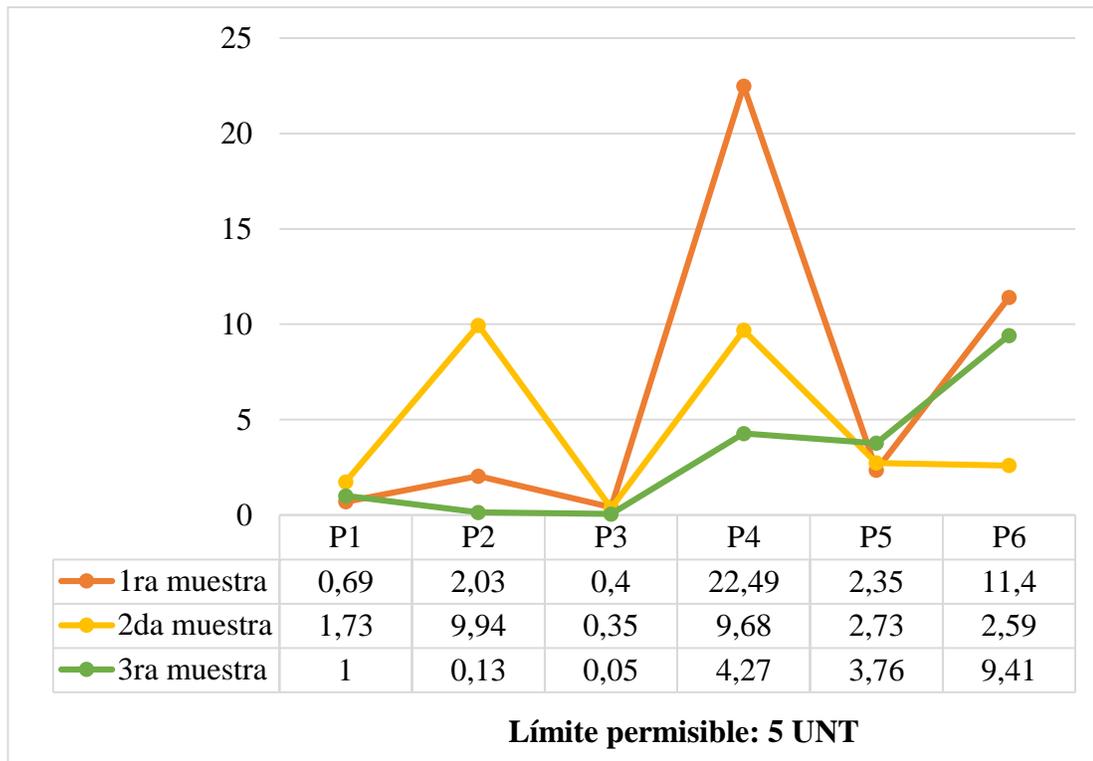
Gráfico N° 27. Comparación de color



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a las cifras del parámetro medido en los 3 muestreos, se observa que en el P1 se mantiene dentro del límite permisible de calidad para consumo NB 512, a diferencia de los demás puntos que demuestran cifras que varían y exceden por mucho el límite permisible, generalmente en la primer muestra por falta de mantenimiento y en la tercera muestra en temporada de lluvia, las muestras tenían un color turbio verdoso, causado por la falta de protección de la cámara de captación, donde cualquier agente externo entra en contacto con el agua que se aprovecha y por ende modifica su calidad.

Gráfico N° 28. Comparación de turbiedad



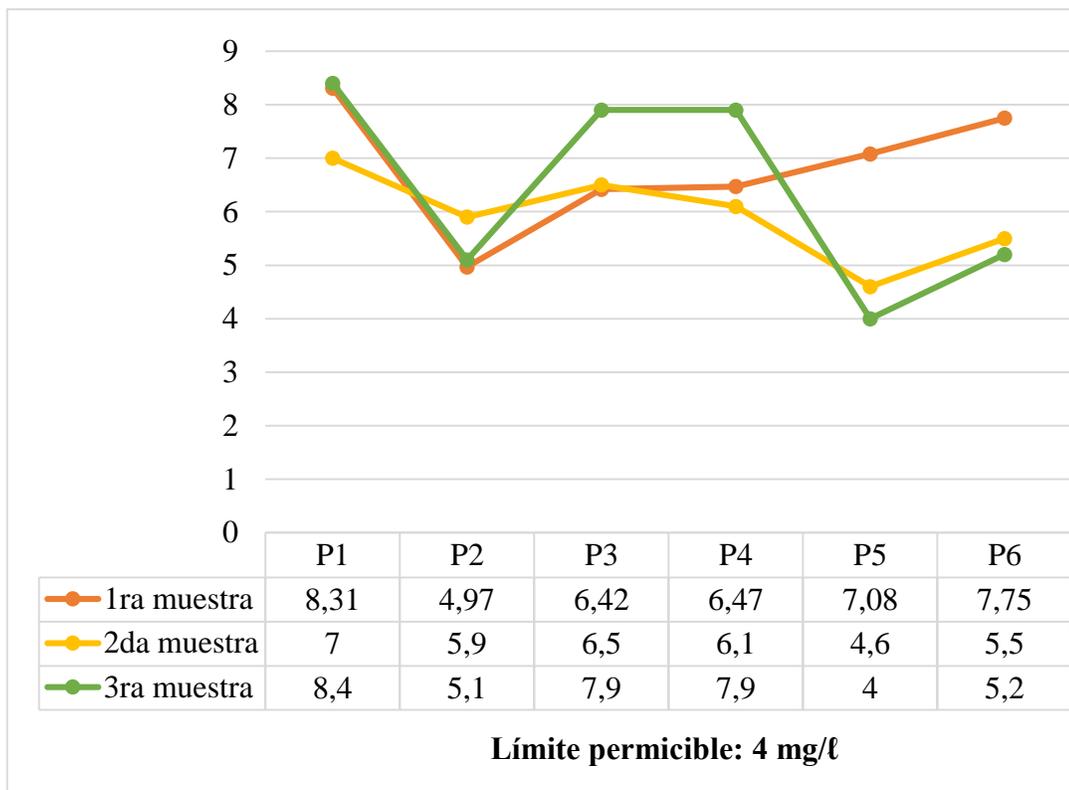
Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a la comparación de las cifras del parámetro medido en los 3 muestreos, se observa en la primera muestra, los P1, P2, P3, P5, se mantienen dentro del límite permisible de calidad para consumo humano, a diferencia de P4, P6, exceden el límite permisible, esto en temporada seca o de estiaje.

En el segundo muestreo en temporada de lluvias, observamos que los puntos más afectados son P2, P4. Cuando se tomaron las muestras, vimos que contaba con la presencia de sedimentos y material orgánico dentro de la botella PET.

En el tercer muestreo el P6 es el único que no cumple con el límite permisible.

Gráfico N° 29. Comparación de oxígeno disuelto

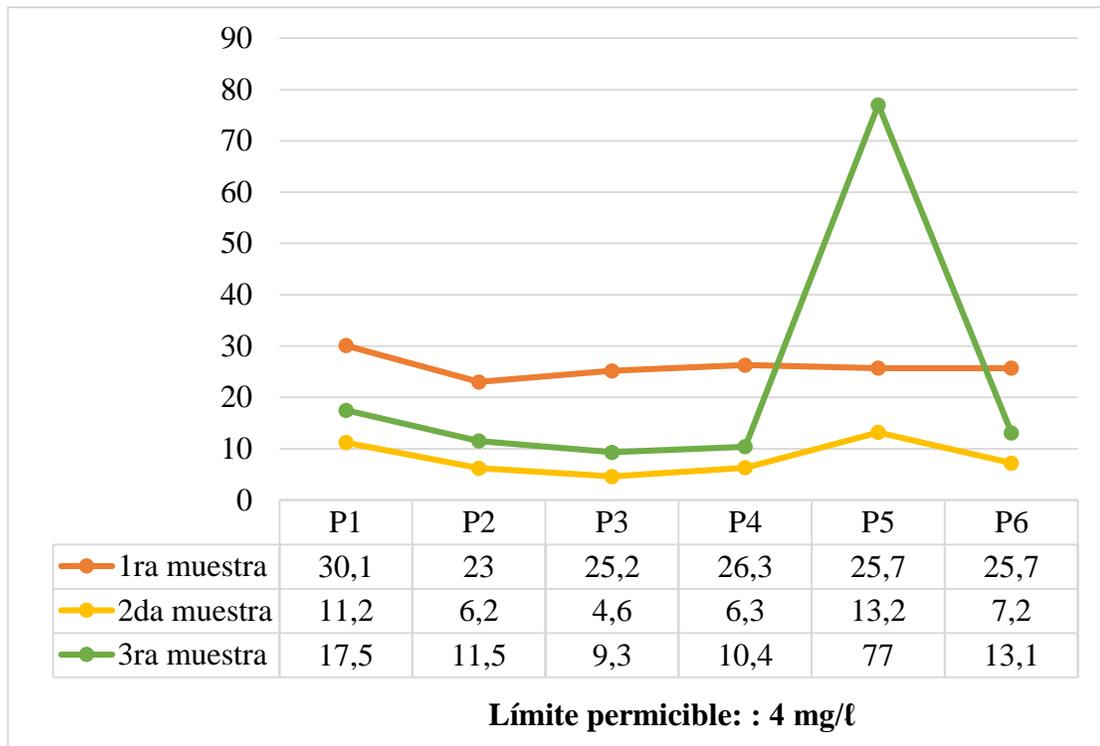


Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a las cifras del parámetro medido en los 3 muestreos, se observa que las cifras tienen concentraciones mayores al límite permisible de consumo NB 512, en el primer y tercer muestreo como se ve en la gráfica, es benéfico para los organismos diversos presentes en el agua, también es negativamente preocupante ya que genera condiciones positivas para la subsistencia de las coliformes y microorganismos, contaminando y alterando la calidad del agua.

El P₅ es el único que quedó en el límite permisible, pero en muestras anteriores rebasó ese límite.

Gráfico N° 30. Comparación de DBOs



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a las cifras del parámetro medido en los 3 muestreos, se observa que en el primer y tercer muestreo los valores son elevados y en el segundo muestreo más cercanas al límite permisible, aunque todas están por encima del límite permisible para consumo NB 512, relacionándolas con las altas cifras de Coliformes, demostrando que el agua que aprovechan los usuarios no cumple con la calidad para consumo, existiendo un riesgo de contraer enfermedades, ya sea en temporada de lluvias como en estiaje.

Determinando que la calidad del agua que consumen y aprovechan no cuenta con las aptitudes para llamarla potable, la cual necesitaría según los criterios de calidad un tratamiento convencional para potabilizarla.

1.3. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO PARA APROVECHAR EL AGUA DE MANERA SOSTENIBLE.

La calidad del agua es variable y debe ser caracterizada a través del tiempo para definir los parámetros a tratarse, así como el grado de tratamiento.

La potabilización es un proceso que se lleva a cabo sobre cualquier agua para transformarla en agua potable y de esta manera sea absolutamente apta para el consumo humano.

1.3.1. Objetivo de la propuesta

Plantear el diseño de cómo debería ser una fuente de captación de agua para consumo humano, protegida y cubierta, con un mantenimiento y limpieza que debe hacerse periódicamente como indica la NB 689 “Instalaciones de agua –Diseño para sistemas de agua potable”.

Diseñar un desarenador para el tratamiento convencional que cumpla con el proceso de floculación y cloración para mejorar las cifras de los parámetros y la calidad del agua que llegue a los usuarios.

1.3.2. Justificación de la propuesta.

Conociendo el estado de las cámaras de captación, la falta de mantenimiento y sus condiciones actuales, relacionando sus elevados parámetros en los muestreos y la calidad no apta para consumo humano que aprovechan y consumen los usuarios, optar por mejorar y adecuar el sistema actual con protección con cerca perimetral para la zona de la cámara de captación de agua para consumo, que evitará ingresen animales o personas, el área cercada debe permanecer limpia y se debe realizar un manteamiento periódico.

El desarenador donde se contempla aplicar 2 procesos para potabilizar el agua siguiendo el tratamiento convencional, ayudará a reducir las cifras elevadas de los parámetros de calidad del agua para tener un aprovechamiento más seguro del agua.

1.3.3. Desarrollo de la propuesta.

La propuesta de mejorar la zona de captación contempla, cercos perimetrales a 1,5 metros alrededor de la cámara de captación con una malla o alambre que protejan del ingreso de animales y personas; el uso de tapas herméticas para la cámara de captación que puedan proteger la calidad del agua en contacto con agentes externos que pueden causar daños o alguna acción que ponga en peligro o altere la calidad del agua que se aprovecha.

De acuerdo a los resultados obtenidos con el diseño del desarenador, pueda replicarse este sistema en los demás puntos de las vertientes aprovechadas, con la diferencia de que no todos tienen las mismas medidas.

- **Cálculos de diseño del tanque.**

Escogemos un caudal de una de las vertientes para poder diseñar el desarenador.

Tomamos la medición de caudal del P₁ en su segundo muestreo 0.057 ℓ/s ubicado en la tabla N° 9.

$$P_1: 0,057 \ell/s$$

Valor que llevaremos a ℓ/h para tener un mejor uso de datos en el cálculo.

$$\frac{0,057\ell}{s} * \frac{60s}{1\text{min}} * \frac{60\text{min}}{1\text{h}} = 205,2 \ell/h$$

- **Cálculo aproximado de un Desarenador:**

$$Q = 205,2 \ell / h$$

Para que las partículas sedimenten se necesita que el caudal de agua esté dentro de la zona de Stocks:

Su expresión es:

$$C_D = 24/Re$$

$$Re = \int_L * v_s * d_p$$

$$\mu_L$$

$$V_s = ?$$

Donde:

$$\rho_L = 8 \text{ g}/\ell$$

$$V_s = ?$$

$$\mu_L = 3,3 \cdot 10^{-7}$$

$$C_D \text{ Constante (para zona de Stokes)} = 0,1$$

$$C_p \text{ Cent poise} = 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ g}/\text{cm}$$

$$D_p = 1 \text{ mm}$$

$$V_s = Re \cdot \mu_L$$

$$Re = 24/C_D = 24 / 0,1 = 240$$

$$\rho_L = 8 \text{ g}/\ell = \text{transformamos valores a } 8 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

$$C_p \text{ Cent poise} = 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ g}/\text{cm} \cdot \text{s} = 3,3 \cdot 10^{-8} \text{ Kg}/\text{m} \cdot \text{s}$$

$$V_s = Re \cdot \mu_L$$

$$V_s = 240 \cdot 3,3 \cdot 10^{-8} \text{ Kg} \cdot \text{m}^3$$

$$V_s = 0,001 \text{ m/s}$$

- **Dimensionamiento para un caudal de:**

Donde:

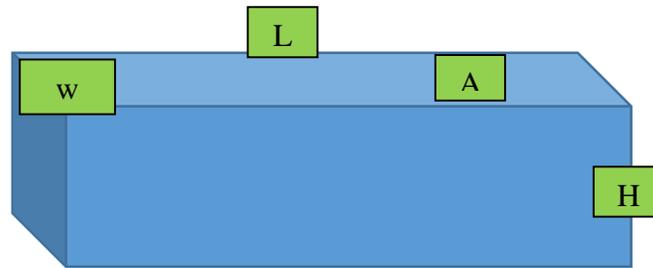
$$Q = 205,2 \text{ l/h transformamos a } 5,7 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_s = Q/A$$

$$A = Q/V_s$$

$$A = 5,7 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} / 0,001 \text{ m/s}$$

$$A = 0,057 \text{ m}^2$$



Para ancho $w = 0,20\text{m}$

Longitud $L = 0,29\text{m}$

$$Q = v \cdot A$$

$$A \text{ (área del canal)} = w \cdot H$$

$$A = 0,2\text{m} \cdot 0,3\text{m}$$

$$A = 0,06\text{m}^2$$

$$v = Q/A$$

$$v = 5,7 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} / 0,06\text{m}^2$$

$$v = 9,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$\frac{V}{vS} = \frac{L}{H}$$

$$9,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s} \rightarrow L$$

$$0,001 \text{ m/s} \rightarrow 0,3\text{m}$$

$$L = 0,285 = \mathbf{0,29 \text{ m}}$$

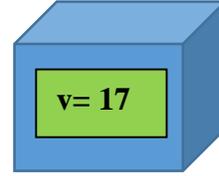
- **Volumen del Desarenador.**

$v = \text{largo} \times \text{ancho} \times \text{altura}$.

$$v = 29 \times 20 \times 30$$

$$v = 17,400$$

$$v = 17 \ell$$



De acuerdo al caudal $Q = 205,2 \ell / h$ aplicado a los cálculos para conocer el dimensionamiento y capacidad de la cámara desarenadora, como resultado su capacidad es de **17 ℓ** .

Al ser un caudal pequeño las dimensiones del desarenador resultaron de acuerdo al caudal.

$$Q: 5,7 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Área: } 0,057 \text{ m}^2$$

Ancho: 20 cm

Largo: 29 cm

Altura: 30 cm

$$\text{Velocidad: } 9,5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

Los siguientes cálculos para la floculación se realizan en base a los resultados de laboratorio según la bibliografía consultada del trabajo de tesis “Propuesta y diseño de un sistema de tratamiento con reutilización de aguas residuales de la lavandería vehicular multiservi, de la ciudad de cercado del departamento de Tarija” de la Ing. Melania Calizaya Mendoza.

1.3.3.1. Floculación.

Se tiene el caudal para el desarenador de **205,2 ℓ/h**.

- Se debe calcular el sistema de dosificación para **17 ℓ** en **1h** sabiendo que el caudal es de, **205,2 ℓ/h** por lo cual se realiza la siguiente ecuación:

$$205,2 \text{ ℓ/h} \rightarrow 60\text{min.}$$

$$17\ell \rightarrow X$$

$$X= 4,9 \text{ min.}$$

$$X=5 \text{ min.}$$

Se determina que el tiempo para dosificar será cada 5 min.

- **Sulfato dos de Aluminio y Potasio.**

Se conoce como alumbre a un tipo de sulfato doble compuesto por el sulfato de un metal trivalente, como el aluminio, y otro de un metal monovalente; también se pueden crear dos soluciones: una solución saturada en caliente y una solución saturada en frío, pero generalmente se refiere al alumbre potásico $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ (o a su equivalente natural, la Calinita).

La dosificación con el $KAl(SO_4)_2$, en cantidades crecientes y simultáneamente.

- Se debe terminar la cantidad de cal apagada $Ca(OH)_2$ a dosificar cada 5min es:

$$2 \ell \rightarrow 0,2 \text{ Ca (OH)}_2 \text{ gr}$$

$$17\ell \rightarrow X$$

$$X= 1,7 \text{ gr}$$

Se concluye que se usará 1,7 gr de $Ca(OH)_2$ cada 5min.

- Se debe terminar la cantidad de Sulfato dos de Aluminio y Potasio $KAl(SO_4)_2$ a dosificar cada 5min es:

$$2 \ell \rightarrow 1 \text{ gr } KAl(SO_4)_2$$

$$17 \ell \rightarrow X$$

$$X = 8,5 \text{ gr.}$$

Se concluye que se usará 8,5gr de $KAl(SO_4)_2$ cada 5min.

- **Cálculo de dosis diaria de floculantes en horas de consumo de agua.**

Para una dosificación de 6 horas en el día, donde los usuarios consumen el agua para cal apagada $Ca(OH)_2$.

$$X \rightarrow 1,7 \text{ gr } Ca(OH)_2 * 72 \text{ dosis día} = \mathbf{122,4 \text{ gr/día}}$$

$$X = 856 \text{ gr } Ca(OH)_2/\text{semana}$$

Para una dosificación de 6 horas en el día, donde los usuarios consumen el agua para $KAl(SO_4)_2$.

$$X \rightarrow 8,5 \text{ gr } KAl(SO_4)_2 * 72 \text{ dosis día} = \mathbf{612 \text{ gr/día}}$$

$$X = 4,284 \text{ gr } KAl(SO_4)_2/\text{semana}$$

Los resultados obtenidos serían las dosis aplicables diariamente durante las horas que se consuma el líquido elemento, para tener una decantación de los materiales orgánicos, sedimentos y también un cálculo de lo usado en una semana.

- **Cálculo de cantidad de lodo lo producido por floculación.**

Se debe determinar la cantidad de Lodos generados por el $Ca(OH)_2$ y el $KAl(SO_4)_2$.

$$2 \ell \rightarrow 5 \text{ gr de } Ca(OH)_2 \text{ y } KAl(SO_4)_3$$

$$1.231 \ell/\text{día (6 h de trabajo)} \rightarrow X$$

$$X = 3.077 \text{ gr } Ca(OH)_2 \text{ y el } KAl(SO_4)_3 / \text{día}$$

Se concluye que se genera 3.077 gr $Ca(OH)_2$ y $KAl(SO_4)_3$ /día de lodo.

Para una buena gestión es necesario realizar un cálculo por semana para la disposición de los lodos generados por este sistema, para la cual se realiza la siguiente ecuación:

$$X = 3.077 \text{ gr/día de lodo} \times 7 \text{ día} = \mathbf{21.539 \text{ gr.}}$$

Se concluye que se genera 21.539 gr de lodo en una semana de 7 días de trabajo.

Los siguientes datos sobre cloración en base a la bibliografía consultada de la tesis “Evaluación de la dosis adecuada del hipoclorito de calcio para el proceso de desinfección del agua potable de la ciudad de Entre Ríos” de la Ing. Heliana Gareza Auza.

1.3.3.2. Cloración.

Se debe calcular la dosificación adecuada de hipoclorito de calcio, que va ser agregado al caudal de agua que llega al tanque de almacenamiento.

El equipo consta de un balde de 20 ℓ de color negro el cual es más resistente y los rayos UV del sol y más difícil de atravesar, también se agregará la solución de Ca (ClO)₂, esta solución será preparada con una concentración de 0,5 %. (ClO)₂.

- **Cálculo de la dosis adecuada de Hipoclorito de Calcio.**

Cálculo de la concentración (%) porcentual de Cloro Total, debemos calcular la dosis adecuada de Hipoclorito de Calcio para agregar de manera sólida en 20 ℓ de H₂O.

Se usó 0,4 kg Ca (ClO)₂ en 40 ℓ de H₂O en la dosificación del caudal de Entre Ríos.

$$0,4 \text{ kg Ca (ClO)}_2 \rightarrow 40 \text{ ℓ de H}_2\text{O}$$

$$X \rightarrow 20 \text{ ℓ de H}_2\text{O}$$

$$\mathbf{X= 0,2 \text{ kg Ca (ClO)}_2}$$

$$\mathbf{X= 200,000 \text{ mg Ca (ClO)}_2}$$

Esta solución preparada de hipoclorito de calcio, con 20 ℓ de H₂O y 200 mg Ca (ClO)₂, nos dará en resultado una solución al 0,5%.

- **Cálculo del Caudal de dosificación de la solución clorada.**

Para encontrar el $Q_{ds}=?$ Usamos de referencia el dato del caudal de dosificación en el caudal de Entre Ríos, buscando determinar el caudal de dosificación para 0,057 l/s.

$$Q_{ds}=?$$

$$12 \text{ l/s} \rightarrow 0.009 \text{ l/s}$$

$$0,057 \text{ l/s} \rightarrow X$$

$$Q_{ds}= 0,0000428 \text{ l/s}$$

$$Q_{ds}=0,0428 \text{ ml/s}$$

Donde:

$$1 \text{ gota de H}_2\text{O} = 0,05 \text{ ml}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de gotas: } 0,0428 \text{ ml/s} = 1 \text{ gota}$$

$$\frac{0,0428 \text{ ml}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ gota}}{0,05 \text{ ml}} = 0,856 \text{ gotas/s}$$

Transformamos a gotas por minuto:

$$Q_{ds} = \frac{0,856 \text{ gotas}}{\text{s}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 51,36 \text{ gotas/min}$$

Se determinó que el Caudal de dosificación es de 0,856 gotas/s = 2 gotas/s o 51,36 gotas/min.

- **Cálculo de la duración de la solución clorada.**

Donde:

Q= Caudal

V= Volumen

t= Tiempo

$$Q = V/t$$

$$V= 20 \text{ l} = 20.000 \text{ ml}$$

$$t = V/Q$$

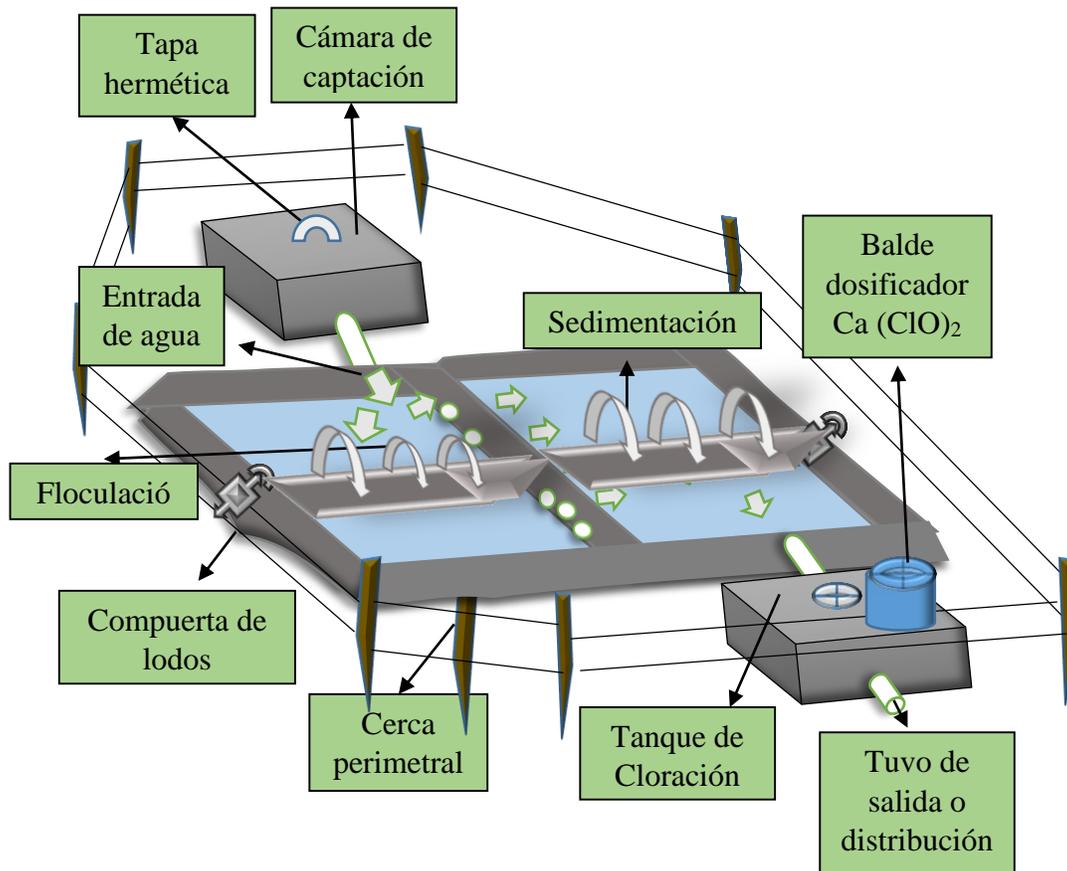
$$t = \frac{20.000 \text{ ml}}{0,0428 \text{ ml/s}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 129,8 \text{ h}$$

$$t = 129,8 \text{ h}$$

Determinamos que los 20 ℓ alcanzarían para 129,8 h = 5 días y 9,5 h, siendo este el tiempo en el que el sistema estaría realizando cloración del agua para consumo.

Por lo que en el mes se debe recargar la solución 6 veces.

FIGURA N° 1. Diseño del Sistema Desarenador (floculación y cloración).



Fuente: Elaboración propia.

- **Inspecciones visuales:**

Se deben hacer de forma regular in situ, asegurar que todas las buenas prácticas se están siguiendo, registrar cualquier observación y / o problema que requiera una medida correctiva (es decir, escorrentía fuera de la zona de lavado, olores, fugas, almacenamiento en adecuado de productos, etc.).

- **Libro de registro o diario de operaciones de mantenimiento:**

Sirve para registrar todas las actividades desde mantenimiento y las inspecciones visuales (se deben registrar todo como el día, la hora, las condiciones meteorológicas, las causas y problemas resultantes), guardar todos estos registros in situ.

1.3.3.3. Gestión de lodos.

- **Aplicación del compostaje**

Se eligió el compostaje como medida para tratar los lodos, debido a sus características observadas, el cual se realizará en la comunidad de San Diego Sud, en el domicilio del usuario del punto de muestra 1.

A continuación, se brinda los lineamientos de cómo se debe aplicar la técnica de compostaje.

Para la aplicación del compostaje es necesario que los lodos estén previamente secados para que el mismo pueda llegar a mezclarse con los demás componentes de la composta.

- **Lecho de Secado de lodos**

Para el secado se sugiere el tratamiento del lodo en lechos filtrantes, donde hay plantas palustres y el secado se realiza por drenaje y por la importante absorción de las plantas, al crecer la altura del nivel del lodo, sus rizomas se expanden y las raíces se multiplican constantemente y de este modo el sistema de drenaje funciona perfectamente.

El lodo se compacta después de algunos años, se convierte en humus y es retirado para ser utilizado en la jardinería y en la agricultura.

Este método del secado se puede utilizar para cualquier tipo y dimensión de plantas de tratamiento; actualmente existen en antiguas plantas, secaderos del lodo y éstos se pueden transformar en lechos filtrantes con poca inversión.

No hace falta una tecnología especial para diseñar estos lechos filtrantes, tienen la virtud que son perfectamente compatibles y armoniosos con el contexto rural y con la naturaleza.

El mecanismo para dispersión de los lodos en los lechos filtrantes depende del tipo de lodo, así como de los flujos de aplicación y es importante que la aplicación del lodo se ajuste a la actividad biológica de la planta para obtener la máxima deshidratación y mineralización, implicando mayores volúmenes de reducción del lodo. En el largo plazo de tratamiento el lodo será reducido a valores del 2 al 5% del volumen original aplicado lo cual implica reducciones de costos proporcionales de manejo, transporte y disposición final.

Cuando se mineralizan las sustancias orgánicas en los lodos, una gran parte del contenido de materia seca es transformada en CO₂, oxígeno, nitrógeno libre y parcialmente partículas de suelo deshidratadas; parte del dióxido de carbono emitido es usado por las plantas y las bacterias a través de la fotosíntesis y el sistema funciona libre de malos olores gracias a que los fangos son digeridos por bacterias anaeróbicas antes que los mismos sean expuestos al aire libre.

Lo mejor de este sistema es que se basa en un proceso natural, libre de productos químicos y no depende de combustibles fósiles o electricidad, el sistema solo depende de la energía solar para la realización de los procesos naturales. (Saneamiento, TILLEY Et Al . , 2018).

Imagen N° 7. Sistema radicular de plantas en lodos



(Saneamiento, TILLEY Et Al . , 2018).

- **Inicio de la composta**

Para el inicio de la composta es necesario mantener controlada la temperatura y la humedad para asegurar la existencia de las bacterias durante todo el proceso.

Cuando se composta los lodos, se cuenta con una deficiencia en algunos nutrientes como es el caso del carbono, por lo tanto, se requiere de otros materiales que le aporten estos nutrientes y además den estructura (soporte) a las pilas de tratamiento de manera tal que se facilite la circulación del aire desde afuera hacia dentro de la pila y se mejoren las condiciones para la vida bacteriana.

- **Ventajas**

- Elimina patógenos y semillas.
- Estabilización microbiana.
- Reducción de volumen y humedad.
- Eliminación y control de olores.
- Fácil almacenamiento, transporte y uso.
- Calidad como fertilizante y/o sustrato.
- Beneficio para la fertilidad del suelo.

- **Desventajas**

- Coste de instalación y mantenimiento
- Requiere estructurante.
- Precisa áreas grandes de operación y tratamiento.

- **Deben mezclarse con otros materiales con propiedades complementarias que deben tener:**

- Menor contenido en humedad y nitrógeno.
- Mejor estructura.
- Ser una fuente de C para equilibrar la relación de C/N de la mezcla.

- **Características del compost de lodo:**

- Valores de pH variables.
- Salinidad notable-alta.
- Altos contenidos en MO.
- Altas concentraciones de N.
- Relación C/N baja.
- Notables contenidos en macro y micro nutrientes.
- Contenido de metales pesados variable (dependiente del contenido en el material original).

1.3.3.4. Costos del sistema propuesto.

Cuadro N° 2 Costos de Materiales para construcción

ÍTEM	Descripción	Cantidad (u)	Precio Unitario (Bs.)	Precio (Bs.)
Material de construcción				
1	Ladrillo gambote.	20	1	20
2	Cemento.	3	35	105
3	Arena.	1	120	120
4	Tuvo PVC de 1 pulg.	2	7	14
5	Tuvo PVC de 1.5 pulg.	2	8	16
6	Llave de paso de 1.5 pulg.	2	25	50
7	Malla metálica.	1	20	20
8	Fierro de construcción.	1	10	10
9	Poste de cerco.	5	35	175
10	Alambre de púa (rollo).	1	150	150
TOTAL				680

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro N° 3 Costos de Accesorios

ÍTEM	Descripción	Cantidad (u)	Precio Unitario (Bs)	Precio (Bs)
Accesorios				
9	Contenedor de coagulante y floculante.	1	100	100
10	Balde para cloración.	1	35	35
11	Balde para transporte de lodos.	1	35	35
12	Flotador.	1	15	15
13	Manguera y regulador de goteo.	1	12	12
TOTAL				197

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro N° 4 Costos de insumos químicos

ÍTEM	Descripción	Cantidad (u)	Precio Unitario (Bs)	Precio (Bs)
Químicos				
	Alumbre 0,004 Kg/semana (SOLQUIFAR).	½ kg	20	5
	Cal apagada 0.856 Kg/semana (Ferreteria Jasmin).	1 kg	8	8
	Hipoclorito de Calcio (Sólido) 0,0002 Kg/semana (SOLQUIFAR).	1,7 kg	10	10
TOTAL				23

Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

1. CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente trabajo son las siguientes:

- Se localizó 6 familias que se abastecen de vertientes individuales mediante cámaras de captación de vertientes individuales, siendo 18 usuarios beneficiados en total, las cuales fueron registradas debidamente con GPS.
- La información que manejan sobre calidad del agua es poca, luego de la entrevista y el cuestionario, los usuarios no saben qué calidad de agua consumen y tampoco se le da un tratamiento, siendo estas razones preocupantes por que llevan años aprovechando y consumiendo el agua.
- Observamos que en dos puntos de muestreo (P2, P4), no cuentan con las tuberías que deberían llegar hasta los grifos de los usuarios, improvisando con cañerías y filtros hechos de pico de botella PET para atrapar sedimentos y materia orgánica que arrastra el caudal, entrando en contacto con agentes externos que pueden modificar su calidad, generando riesgos por contaminación para los usuarios.
- Los parámetros analizados en el laboratorio e interpretados en base a criterios de calidad en la fuente (NB 689) y los límites permisibles para consumo NB 512, demostraron que existe variación de las cifras, en algunos puntos de muestreo relacionados al estado de su sistema de captación que estaba al aire libre sin tapa y con presencia de materia orgánica, estos agentes externos como el clima, las precipitaciones, animales, etc. ya sea en época de estiaje los parámetros descienden pero siguen sobrepasando el límite permisible, demostrando que no son aptas para consumo humano, pertenece al Grupo II Aguas que necesitan tratamiento, convencional como: coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (pos cloración) o filtración lenta desinfección (pos cloración).
- Al ser una comunidad con población reducida se priorizó la utilización de tecnologías alternativas, que sean efectivas y de bajo costo, en la propuesta se mejoró el diseño de la cámara de captación con protección de cercas, tapas para las cámaras de captación que están al aire libre, se diseñó un desarenador de acuerdo

al caudal de una vertiente P₁ y se hicieron cálculos para sus procesos de tratamiento convencional.

- Se determina que el tiempo para dosificar será cada 5 min. Para una dosificación de 6 horas en el día, donde los usuarios consumen el agua. 122,4 gr/día de Ca (OH)₂ y 612 gr/día K Al (SO₄)₂.
- La cantidad de lodos generados es de 3.077 gr Ca (OH)₂ y KAl (SO₄)₃/día y genera 21.539 gr. de lodo en una semana de 7 días de trabajo, y su tratamiento se hará mediante compostaje al ser en cantidades bajas de producción.
- La dosis adecuada de Hipoclorito de Calcio en un balde de 20 ℓ de H₂O es de 200 mg Ca (ClO)₂ al 0,5%, con un caudal de dosificación Q_{ds}=0,0428 ml/s que es igual a 0,856 gotas/s o 2 gotas/s. los 20 ℓ alcanzarían para 129,8 h = 5 días y 9,5 h.
- La propuesta del mejoramiento y protección de su sistema de captación, que no tiene un precio elevado y será de beneficio ya que al mantener el sistema con mantenimiento y limpieza y con los procesos de potabilización funcionando, las cifras de los parámetros de calidad estarán dentro de los estándares de calidad para consumo.

2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la institución encargada del sistema de captación y distribución del agua para consumo de la población, realice la protección de las cámaras de captación con su correspondiente tapa hermética, limpiarlas y protegerlas con cercas perimetrales, para que no puedan acceder animales, personas y otros agentes externos que puedan alterar la calidad del agua que se aprovecha y distribuye, protegiendo y conservando las fuentes de captación.
- La institución también debe realizar capacitaciones sobre la calidad del agua, ya que los usuarios se encuentran sin conocer lo que consumen y en qué estado.
- Completar los tramos de cañerías de los P₂ y P₄ que no llegan a sus grifos de los usuarios, aprovechando el agua en condiciones precarias, poniendo así en riesgo su salud.
- Capacitar y delegar a comunarios que se encarguen del mantenimiento y cuidado de las cámaras de captación.
- Aprovechar el agua de manera segura, implementando sistemas alternativos y realizando los tratamientos necesarios para aguas de consumo que cumplan la calidad.
- A las autoridades municipales, departamentales encargadas del agua no abandonar a las comunidades y comprometerse a mejorar los servicios básicos, para mejorar la calidad de vida de los habitantes y la conservación y protección de los recursos de manera sostenible, para no comprometer de manera negativa a generaciones futuras.