

Proyecto Los Benedictinos

Ingeniería Sin Fronteras

María José Piña Iturra
Ingeniería civil en Bioingeniería

1. Resumen ejecutivo

Ingeniería Sin Fronteras Chile busca potenciar el rol social de la ingeniería ayudando a comunidades vulnerables. Este proyecto se enfoca en la comunidad de Los Benedictinos, quienes tienen un sistema de almacenamiento de agua potable deficiente e inseguro, causando deterioros en la calidad del agua que consumen, específicamente en sus niveles de pH y turbidez, y posibles riesgos a la salud para los integrantes de la comunidad.

Se propone un plan de manejo de aguas que incluya un filtrado de agua doméstico para mejorar los parámetros antes mencionados y, además, un protocolo de limpieza que genere hábitos de higiene y conocimientos básicos del agua en la comunidad.

Se evaluará un prototipo de filtrado doméstico de 3 capas, una física y 2 químicas para disminuir los niveles de pH y turbidez. Este tendrá éxito con un porcentaje de remoción de 17,23 y 84,30 respectivamente. Además, se incentivará la creación de hábitos de higiene en la comunidad para generar una solución que tenga impacto y sea sostenible en el tiempo.

Abstract

Ingeniería Sin Fronteras Chile aims to enhance the social role of engineering by assisting vulnerable communities. This project focuses on the Los Benedictinos community, which has an inadequate and unsafe potable water storage system, leading to deteriorations in the quality of the water they consume. Specifically, there are issues with pH and turbidity levels, posing potential health risks for community members.

The proposed water management plan involves implementing domestic water filtration to improve the aforementioned parameters. Additionally, a cleaning protocol will be introduced to promote hygiene habits and impart basic water knowledge within the community.

A prototype of a three-layer household filtration system will be evaluated, consisting of one physical and two chemical layers, aiming to decrease pH and turbidity levels. Success will be determined by achieving removal percentages of 17.23 for pH and 84.30 for turbidity, respectively. Additionally, the promotion of hygiene habits within the community will be encouraged, aiming to create a solution that has a lasting and sustainable impact over time.

Dentro de los países latinoamericanos, Chile lidera el ranking de estrés hídrico con un 53% de sus comunas enfrentando sequía hídrica (Kuzma & Saccoccia, 2023) (Alvarado, 2022). Esta situación afecta significativamente a 194 de las 347 comunas del país, las cuales se encuentran en un contexto de pobreza, sin acceso garantizado a agua potable, impactando así a un millón de personas y 300.000 viviendas aproximadamente (Amulén, 2019).

Según este contexto, la fundación Ingeniería Sin Fronteras Chile (ISF Chile), busca mejorar la calidad de vida de comunidades vulnerables a través del desarrollo de proyectos hídricos, energéticos y/o de infraestructura comunitaria. ISF Chile trabaja en colaboración con voluntarios, universidades, instituciones públicas y empresas privadas con las que se han concretado más de 32 proyectos hasta la fecha, beneficiando a más de 4500 personas (*Proyectos ISF*, 2022)

En 2022, comienza la iniciativa de “Agua segura para Quilicura”, que consistió en un estudio hídrico de la comuna con la ayuda de la cervecera AB InBev. Se caracterizó a la comuna en términos sociodemográficos, climáticos e hidrológicos, llegando a identificar varias comunidades con problemas de inundaciones, manejo deficiente de aguas servidas y falta de acceso a agua potable debido que se encuentran por fuera del límite de las concesiones de empresas sanitarias.

Durante este estudio se desarrolló un mapa de calor de comunidades vulnerables en la comuna [Anexo 1] y así, se llegó a la comunidad de Los Benedictinos. Este es un asentamiento precario conformado por 60 personas que no tienen acceso a servicios básicos desde 1996, ya que viven en un terreno cedido verbalmente y carecen de documentos legales para corroborarlo.



Ilustración 1: Comunidad Los Benedictinos. Fuente: Confección propia.

En sus inicios, la comunidad accedía al agua potable gracias a camiones aljibes brindados por la municipalidad. Sin embargo, se sintieron disconformes con esta modalidad debido a cobros excesivos y decidieron optar por la conexión a un grifo de bomberos, aledaño al terreno, a través de una manguera común. Esta manguera se extiende a lo largo de la calle hasta llegar al terreno. Cuando lo necesitan, abren el grifo que provee agua potable (Super Intendencia de Servicios Sanitarios, n.d.) y van casa por casa, con ayuda de la manguera, llenando sus estanques hechos de polietileno de alta densidad (HDPE).



Ilustración 2: Estanques presentes en la comunidad y fuente de abastecimiento. Fuente: Confección propia.

Los estanques que la comunidad utiliza para almacenar el recurso, en su mayoría, no tienen tapa, son traslúcidos y están al aire libre, expuestos al sol. Por otro lado, ellos carecen de saneamiento, lo que

dificulta la gestión de sus desechos. Como solución, han optado por depositarlos directamente al canal San Luis, que se encuentra al frente del terreno, a través de cañerías de PVC domésticas que desembocan en él o de forma manual.



Ilustración 3: Canal San Luis. Fuente: Confección propia.

El acto de arrojar desechos al canal implica la contaminación del cuerpo de agua, la proliferación de enfermedades por la presencia de *E. coli*, la alteración de la flora y fauna e incluso, problemas de drenaje e inundaciones en el sector (Celis, 1983) (Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Ciencias de la Atmósfera et al., 2014).

Si los estanques no están debidamente tapados pueden entrar contaminantes externos como suciedad, partículas suspendidas, insectos, heces de animales, lluvia ácida, entre otros. La entrada de estos contaminantes puede ser el detonante para la acumulación de sedimentación y, la alteración de turbidez y pH (Venelinov et al., 2021) (Luvhimbi et al., 2022). Por otra parte, la proliferación de microorganismos se ve favorecida por el aumento de la temperatura del agua y el traspaso de la luz favorece al crecimiento de algas dentro del estanque y a la formación de biopelículas. Por ende, tener acceso a una fuente segura de agua potable no garantiza un consumo seguro de esta (Slavik et al., 2020) (Mutoti et al., 2023).

Existen varios estudios donde se aíslan microorganismos de tanques de almacenamiento que tienen efectos en la salud pública [Tabla 1].

Tabla 1: Microorganismos encontrados y su efecto en la salud. Fuente: (Slavik et al., 2020).

Organismos aislados de tanques domésticos de almacenamiento	Efectos en la salud pública
Queratitis por Acanthamoeba	Infección que amenaza la vista relacionada con usuarios de lentes de contacto oculares (úlceras corneales inflamatorias).
Aeromonas spp.	Infecciones intestinales y extraintestinales (gastroenteritis, piel, vías urinarias e infecciones oculares).
E. coli y Enterococcus sp.	Indicadores de contaminación fecal.
Legionella spp.	Neumonía (enfermedad del legionario), riesgos de usuarios inmunodeprimidos.
Pseudomonas spp.	Efectos negativos para la salud de los recién nacidos (gastroenteritis).
Salmonella spp.	Salmonelosis, riesgos de usuarios inmunodeprimidos.

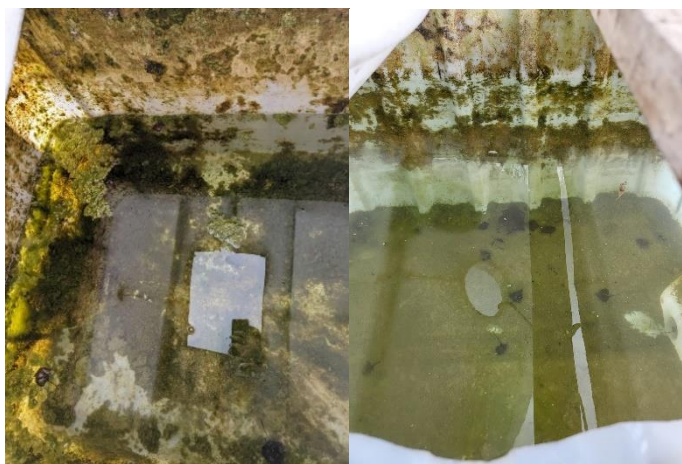


Ilustración 4: Estado del agua almacenada en la comunidad. Fuente: Confección propia.

Para corroborar el estado del agua que almacena la comunidad actualmente se hizo un análisis de esta con la ayuda del laboratorio de AB InBev. Se tomaron muestras de 6 estanques, provenientes de casas distintas, ubicados en los techos y se midieron los parámetros de coliformes totales, cloro libre, turbidez y pH obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 2: Resultados muestras de agua. Fuente: Laboratorio AB InBev.

	Arsénico (ug)	Coliformes Totales (UFC/100 mL)	Cloro libre (ppm)	Turbidez (NTU)	pH
E. Arriba casa 1	3	0	0	2,53	9,12
E. Arriba casa 14	3	0	0	1,52	8,50
E. Arriba casa 15	4	0	0	2,12	8,89
E. Arriba casa 2	5	0	0,01	1,98	8,59
E. Arriba casa 3	4	0	0,09	1,99	8,59
E. Arriba casa 8	4	0	0,02	1,78	8,79

El pH del agua puede ser un factor que contribuya a la aparición de problemas gástricos y la exposición a estas sustancias se intensifican a medida que aumentan los niveles de pH (Chaves et al., 2020). Si bien el mayor daño es causado por exposición a sustancias con niveles por arriba de los 11, el pH debe estar dentro de los rangos neutros, es decir, entre 6,5 y 8,5 (WHO, 2008). Además, las formas líquidas son más propensas a extenderse por el tracto gastrointestinal y las vías respiratorias, causando lesiones en el cuerpo más extensas (Judkins et al., 2023).

Hay estudios que afirman que consumir agua alcalina no es riesgoso para la salud humana, pero si influye en tuberías, generando incrustaciones, bajas en la presión del fluido, cambiando el sabor de este y generando daños en otros implementos como hervidores, platos y utensilios de cocina (Oram, n.d.)

La turbidez del agua potable tiene relación con la cantidad de partículas suspendidas en esta, dispersando la luz afectando su claridad (Lin et al., 2023). Además, los niveles de turbidez según la norma chilena deben estar por debajo de los 2 NTU, incluso existen recomendaciones para mantener los niveles por debajo de los 1 NTU (Enviro SCI Inquiry, n.d.) (Calidad & Agua, 2007). Altos niveles de turbidez aumentan la posibilidad de refugio de bacterias o protozoos entre las partículas suspendidas y, también, dificultan la eficacia de los desinfectantes como el cloro (HigieneAmbiental, 2018), que en este caso, esta muy cercano al 0.

Los resultados expuestos en la [tabla 1] podrían sugerir que dentro de los estanques se está realizando un proceso de eutrofización, concentrando altos niveles de nitrógeno, generando color verde en el

agua, crecimiento de microalgas, aumento de alcalinidad en el agua y modificación de olor y sabor en esta (Luna-pabello & Aburto-casta, 2014).

La empresa AB InBev se asoció con ISF Chile para llevar a cabo este proyecto y acordó que el presupuesto inicial será de \$2.000.000, por lo que durante la toma de decisiones se debe estar consciente de este limitante.

3. Objetivos

Para desarrollar este proyecto se propone como objetivo general mejorar la calidad del agua que almacena la comunidad de Los Benedictinos, ajustando los parámetros de pH y turbidez a la norma chilena, para garantizar un acceso seguro del recurso en un período de 4 meses, considerando la restricción presupuestaria de \$2.000.000.

Este se llevará a cabo mediando los siguientes objetivos específicos:

1. Analizar factores presentes en la comunidad que contribuyan a la alcalinidad y turbidez del agua que almacena la comunidad.
2. Investigar métodos de reducción de contaminantes presentes con una mirada integral, respetando la restricción presupuestaria.
3. Educar a la comunidad sobre la importancia del agua potable segura.
4. Diseñar de manera teórica una solución que cumpla los estándares de la norma chilena, la satisfacción de la comunidad y la restricción presupuestaria.

4. Estado del arte

Las comunidades rurales frecuentemente enfrentan desafíos en el acceso a agua potable de calidad. En este contexto, se evaluarán soluciones sostenibles para mejorar la situación actual de Los Benedictinos.

Por ejemplo, hay un estudio de Qatar en donde cianobacterias y cianotoxinas están presentes en embalses y pozos de agua subterránea destinada para el consumo humano. Estas bacterias llegan a tanques de almacenamiento y se usa un tratamiento previo de osmosis inversa para mejorar la calidad del agua (Aspassia et al., 2016). El proceso de osmosis inversa requiere un alto uso de energía, además de la mantención de las membranas semipermeables y los costos asociados a la tecnología para implementar este tipo de solución, lo que dificultaría su ejecución en una comunidad rural (Sohrabi

et al., 2023). Por otro lado, la implementación de aguas subterráneas es riesgosa debido a que el arsénico se encuentra en altos niveles en esta comuna (Boggiano, 2022).

Uno de los métodos efectivos, económicos y simples para la desinfección del agua es la cloración, siendo este el método más usado en la actualidad, ya que su eficiencia contra los coliformes totales y contra *E. coli* es de un 90% pero no basta para eliminar otro tipo de contaminantes químicos (Venelinov et al., 2021).

En América Latina, en zonas rurales, se utilizan sistemas de gravedad o de bombeo con tratamiento posterior a la captación de agua potable cuando su calidad no es óptima. Ambos sistemas requieren de mantenimiento periódico y es necesario capacitar a los usuarios para su operación, pero puede ser considerado debido al sistema actual que tienen algunas familias de la comunidad. La gravedad ayudaría a la sedimentación de las partículas en suspensión (Lampoglia et al., 2008) (Brooks et al., 2018).

Los tratamientos más comunes para comunidades rurales incluyen un filtrado lento de arena. Este es uno de los sistemas más antiguos usados en el mundo por su simplicidad y bajo costo de mantención, sin embargo, el agua que ingresa debe permanecer en el medio de 3 a 12 horas para que se genere un filtrado natural, lo que puede generar problemas de estrés para la comunidad (Lampoglia et al., 2008). Un filtrado como este, con arena, grava y/o algodón, ayudaría a disminuir la turbiedad del agua, filtrando las partículas en suspensión que se encuentran en el estanque. En algunos casos, un filtrado de arena no tan eficiente para eliminar materia orgánica, por lo que se ha optado por combinar métodos de filtrado, agregando una capa de carbón activado granulado (Chi Thanh & Tingting, 2022).

La eficacia de los filtros de carbón activado, demostrando ser un buen material por su estructura porosa y capacidad de remover contaminantes químicos no polares como aceite mineral, cloro, hidrógeno, flúor y sustancias generadoras de malos olores y sabores en el agua. Este material es de bajo costo y si se aplica a un filtro casero debe ser reemplazado por lo menos una vez al año, lo que sería óptimo para la comunidad y ayudaría con la turbidez (Avila & Morneo, 2016).

En Bolivia, se hizo un estudio experimental sobre el uso de filtros de cerámica con plata coloidal, demostrando un 100% de remoción de coliformes fecales y 99% de remoción de bacterias anaerobias. Esta alternativa se muestra como una buena forma de purificación sin altos costos en su construcción e implementación (Gomez, 2018).

En Nepal, se aplicó un tratamiento de agua doméstico en el punto de uso que involucra la ebullición y la filtración con cerámica para abordar la situación de agua no potable. No obstante, esto fue

complementado con una intervención para cambiar los hábitos de la comunidad, ya que muchos no eran conscientes de los riesgos asociados al consumo de agua no tratada (Daniel et al., 2019). Este estudio se enfoca en cómo la educación puede influenciar de manera diferente en la implementación de tratamientos de agua domésticos, probando que mientras mayor sea el nivel de educación, mayor es la tendencia a sostener el tratamiento en el futuro, lo que es muy relevante para desarrollar una solución sostenible para la comunidad (Gizaw et al., 2022).

Si se sale del contexto de comunidades rurales, las soluciones se alejan de la sostenibilidad ya que para bajar el pH del agua se hace uso de ácidos o agentes acidificantes como el ácido fosfórico o el ácido nítrico (Esquivel, 2000). Sin embargo, la manipulación errónea de este tipo de compuestos puede llevar a daños en la piel, ojos y es recomendado contar con un equipo de protección en cualquier caso, lo que la comunidad no tendría presente (Lezáun, 2003).

También se ha hecho uso de dióxido de carbono para la acidificación de agua ya que reacciona con otros compuestos transformándose en un ácido débil que baja los niveles de pH, pero este tipo de tratamiento sigue siendo de alta tecnología de acuerdo al contexto presente (Pallé, 2018).

La reducción del pH de materiales alcalinos se ha logrado también modificándolos con azufre o materiales ácidos como la turba de Sphagnum y agregando ácido sulfúrico. La turba contribuiría de manera natural a la neutralización del pH debido a que contiene ácidos húmicos y fúlvicos en su composición (Garcia-Gomez et al., 2001)(Fornes & Belda, 2017).

5. Soluciones propuestas

Las opciones de solución del estado del arte se analizarán respecto de los siguientes criterios de decisión:

- Presupuesto: Los gastos asociados de la solución deben ser como máximo \$2.000.000.
- Aceptación social: Este determina si la solución escogida será aceptada por la comunidad, acorde a su situación precaria y el trabajo asociado que tendría para ellos.
- Legislación: Determina si la solución está o no dentro del marco de la ley.

Se realizó una comparación de las soluciones en la [Tabla 3] que se muestra a continuación.

Tabla 3: Comparación de soluciones propuestas. Fuente: Confección propia.

	Soluciones	Presupuesto	Aceptación social	Legislación
1.	Osmosis inversa	Excede significativamente el presupuesto estimado.	Depende de una fuente de energía externa constante y es un sistema complejo de usar.	Está dentro del marco legal.
2.	Cloración	Está dentro de los dos millones de pesos.	Requiere de un trabajo extra y periódico por los vecinos.	Está dentro del marco legal.
3.	Sistema por gravedad	Está dentro de los dos millones de pesos.	El agua debe llegar hasta los estanques en altura.	Está dentro del marco legal.
4.	Filtrado por arena	Está dentro de los dos millones de pesos.	Requiere de una mantención periódica, pero esta puede ser mensual o anual.	Está dentro del marco legal.
5.	Filtrado por carbón activado	Está dentro de los dos millones de pesos.	Requiere de una mantención periódica, pero esta puede ser mensual o anual.	Está dentro del marco legal.
6.	Filtrado por cerámicas	Está dentro de los dos millones de pesos.	Requiere de una mantención periódica, pero esta puede ser mensual o anual.	Está dentro del marco legal.
7.	Ebullición	Está dentro de los dos millones de pesos.	Depende de una fuente de energía externa y un trabajo extra para los vecinos.	Está dentro del marco legal.
8.	Talleres educativos de higiene	No es necesario gastar presupuesto.	Implica invertir tiempo extra para sus asistencias.	Está dentro del marco legal.
9.	Filtrado por turba de Spagnum	Está dentro de los dos millones de pesos.	Requiere de una mantención periódica, pero esta puede ser mensual o anual.	Está dentro del marco legal.

Debido a las condiciones precarias de la comunidad y a la seriedad con la que se debe tratar la calidad del agua potable a la hora de usarla para cualquier actividad antropogénica, se considerarán posibles combinaciones de soluciones, generando un plan de manejo de aguas, que potenciará tanto la purificación del agua en el punto de uso para los vecinos, como sus prácticas de higiene a nivel teórico y de laboratorio.

Como las condiciones de almacenamiento del agua no son óptimas, este plan incluirá un protocolo de limpieza para los estanques de la comunidad, que ayude a crear hábitos de higiene y precauciones básicas para que el agua no se deteriore mientras permanezca dentro.

También se desarrollará, a nivel de laboratorio, un filtro doméstico para implementar antes del punto de uso. Para disminuir la turbidez se usará una barrera física y química, que consistirá en el uso de arena y carbón activado granulado, que además debiera eliminar sabores y olores del agua. Por último, para disminuir los niveles de pH, se evaluará el uso de turba de Sphagnum dentro del filtro doméstico, ya que estos son los parámetros principales por combatir.

Cabe destacar que el orden de las capas depende de las propiedades de cada material (Avila & Morneo, 2016). De manera general, para un filtrado correcto, va en primer lugar la capa física que sería la arena. Luego, la química, en donde estaría el carbón activado y la turba de Spahgnum. Por último, iría la biológica, en donde se podrían hacer uso de las cerámicas, sin embargo, este no es el objetivo de acuerdo a las muestras de calidad que se tomaron previamente.

Se tendrá un filtro por hogar, que funcionará de manera vertical con la ayuda de la gravedad. Este estará conectado al estanque por tuberías de PVC. Habrá 2 llaves de paso instaladas en la tubería, de manera que se pueda controlar la mantención del filtro y el flujo de agua filtrada.

Cabe destacar que se deberán hacer capacitaciones de uso y mantención del filtro.

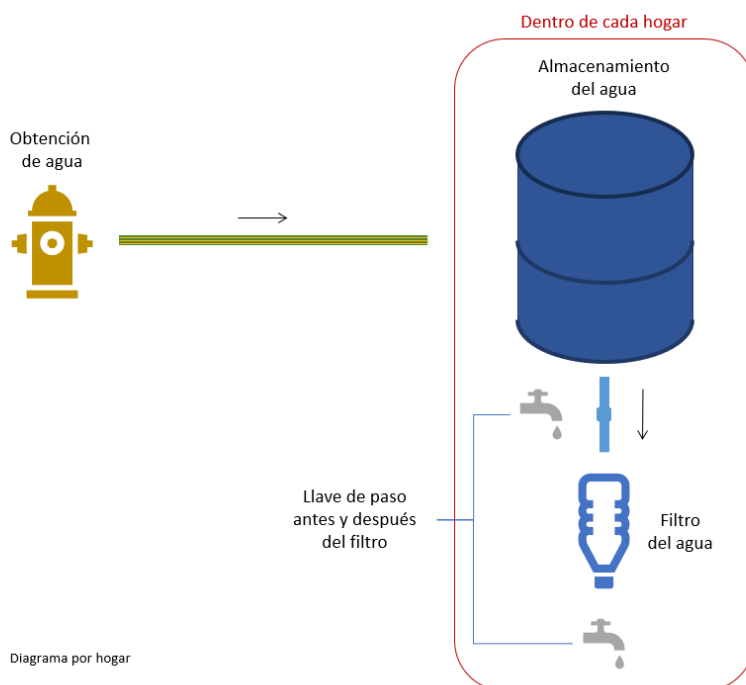


Ilustración 5: Diagrama de sistema de filtración de agua casero.

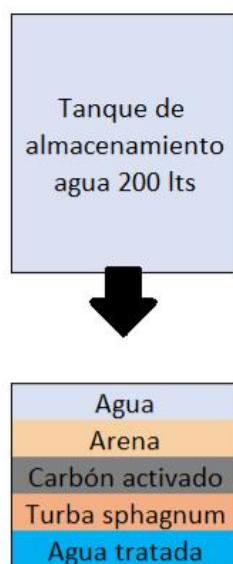


Ilustración 6: Diagrama de filtración doméstica de agua. Fuente: Confección propia.

6. Evaluación económica

Evaluación de costos de la implementación del filtro doméstico:

Tabla 4: Evaluación de costos unitarios para la confección de filtro doméstico.

Insumo	Costo unitario (CLP)	Vida útil (años)
Bidón 20 lts HDPE	3390 (MercadoLibre, n.d.-a)	3
Tuberías PVC	1690 (Sodimac, n.d.)	3
Llaves de paso	1190 (Easy, n.d.-b)	3
Enlaces de compresión	540 (HidroShop, n.d.)	3
Arena	37,6 (kg) (Easy, n.d.-a)	1
Carbón activado granulado	7500 (kg)(CarbonActivo.cl, n.d.)	1
Turba Sphagmun	3990 (kg) (MercadoLibre, n.d.-b)	1

Tabla 5: Total (CLP) costo asociado a la confección de filtros doméstico.

Cantidad de filtros	Total (CLP)
1	45.466
14	636.518
28	1.273.037

Se hizo el cálculo para 28 filtros domésticos debido a la posibilidad de cambio/rotura de 1 filtro. Con estos resultados, la solución entra en el presupuesto estimado y sobran \$726.963.

7. Metodologías

Para llevar a cabo la primera etapa del proyecto que corresponde a la identificación de factores en la comunidad que contribuyan al problema central, se utilizará la metodología del diagnóstico comunitario (DC) desarrollada por ISF Chile. Esta consiste en conocer las raíces de cada problema a través de un trabajo colaborativo con la comunidad, conociendo en profundidad sus necesidades e incorporando su perspectiva. El DC se lleva a cabo mediante jornadas en terreno donde se usan las siguientes técnicas de recopilación de información [Anexo 2]:

- a) Línea de tiempo de la comunidad.
- b) Mapa de sueños.
- c) Encuesta demográfica y de información técnica.
- d) Mapa de actores.
- e) Georreferenciación.
- f) Árbol de problemas central.

Para analizar el estado del agua que almacena la comunidad se midieron los siguientes parámetros [Anexo 3] y se compararon con los valores de la normal chilena NCH409:

- Coliformes totales
- Cloro libre
- Turbidez
- pH.
- Arsénico

De las 14 casas en total, se hicieron mediciones en 6 casas, de los estanques ubicados en los techos. De cada casa se tomaron 4 muestras, generando 24 muestras para analizar cada parámetro.

Para la creación del filtro a nivel de laboratorio se seguirá la siguiente metodología:

Paso 1: Diseño y dimensionamiento: Determina el caudal de agua que se va a tratar y las características del filtro, como el tamaño y la capacidad de retención de cada medio. Esto permitirá calcular la cantidad de medio filtrante necesaria y dimensionar adecuadamente el filtro.

Paso 2: Selección del material y construcción del filtro: Elección de un material adecuado que contenga los medios filtrantes.

Paso 3: Preparación de los medios filtrantes.

Paso 4: Fabricación del filtro.

Paso 5: Testeo e iteraciones.

Una vez esté listo el prototipo final se pasará nuevamente a una toma de muestras de agua siguiendo los pasos anteriores, pero esta vez la toma de muestras será posterior al uso del prototipo para analizar su cambio y la eficiencia de remoción del sistema.

Finalmente realizar una validación de la solución con la comunidad para evaluar la aceptación de esta a través de otra encuesta.

8. Medidas de desempeño

Dentro de los KPIs correspondientes a este proyecto están los siguientes:

- ✓ Nivel de pH: $6,5 \leq pH \leq 8,5$
- ✓ Nivel de turbidez: $turbidez \leq 1,5 NTU$
- ✓ Eficiencia de remoción del sistema (E): $\left(\frac{C_1 - C_2}{C_1} * 100 \right)$
- ✓ Aceptación de la comunidad. Se espera un 50% de aceptación social.

9. Desarrollo del proyecto e implementación

En los meses de julio, agosto y septiembre se desarrollaron distintas jornadas en terreno que permitieron identificar factores relevantes dentro del almacenamiento y distribución del agua potable que tiene la comunidad de los Benedictinos. Durante estas jornadas, correspondientes a la primera etapa del proyecto (DC), también fueron útiles para generar lazos de confianza y un espacio libre de comunicación entre la comunidad y el equipo. Cada vez que se realiza una jornada, se sintetiza la información obtenida por la fundación a través de distintas herramientas visuales o escritas explicadas en el [Anexo 3].

Las primeras jornadas de DC tuvieron como objetivo la familiarización con la comunidad y la recopilación de datos relevantes tanto para el análisis del proyecto como para el diseño de este. A continuación, se muestra una línea de tiempo de la comunidad, donde se destacan hitos relevantes de esta con el objetivo de entender su proceso de formación. Cabe destacar que a las jornadas no asisten todos los residentes, en este caso asistieron 13 personas.

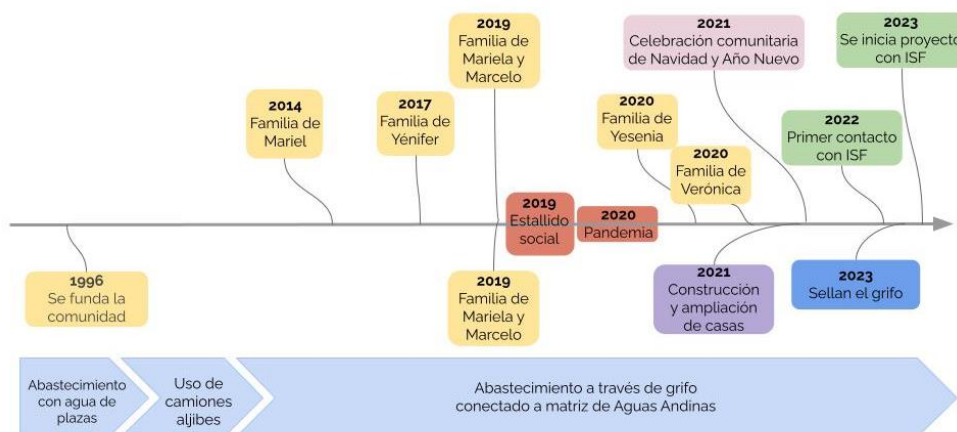


Figura 1: Línea de tiempo de la comunidad Los Benedictinos. Confección propia.

Durante esta misma instancia se confeccionó un mapa de sueños en conjunto para comprender sus necesidades y deseos. Gracias a esta herramienta se tiene una primera visualización de lo que podrían ser soluciones y mejoras para ellos. Se sabe que la intención a ellos es conectarse a la matriz de Aguas Andinas de manera regular, pero se les hace entender que este es un proceso muy largo ya que, por las leyes vigentes, se debe regularizar el terreno primero, por lo que no sería una solución viable para nosotros a corto plazo.

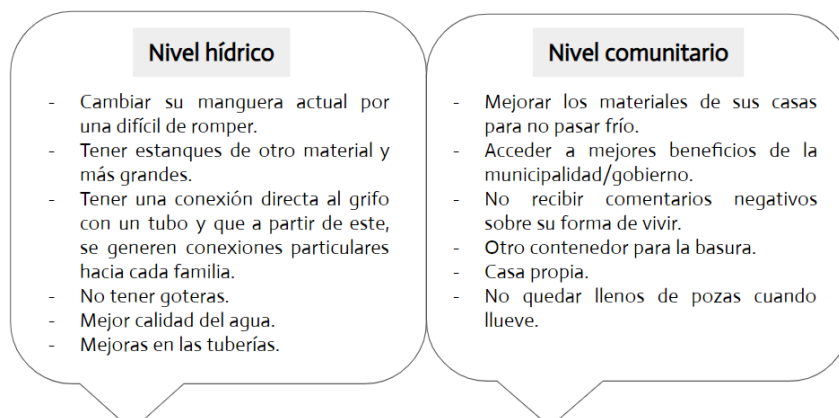


Figura 2: Mapa de sueños de Los Benedictinos. Fuente: Confección propia.

En la siguiente jornada se conversó sobre las relaciones internas y externas que están presentes. De esta manera se confeccionó una matriz de actores para generar estrategias en la comunicación e intervención en el sector.

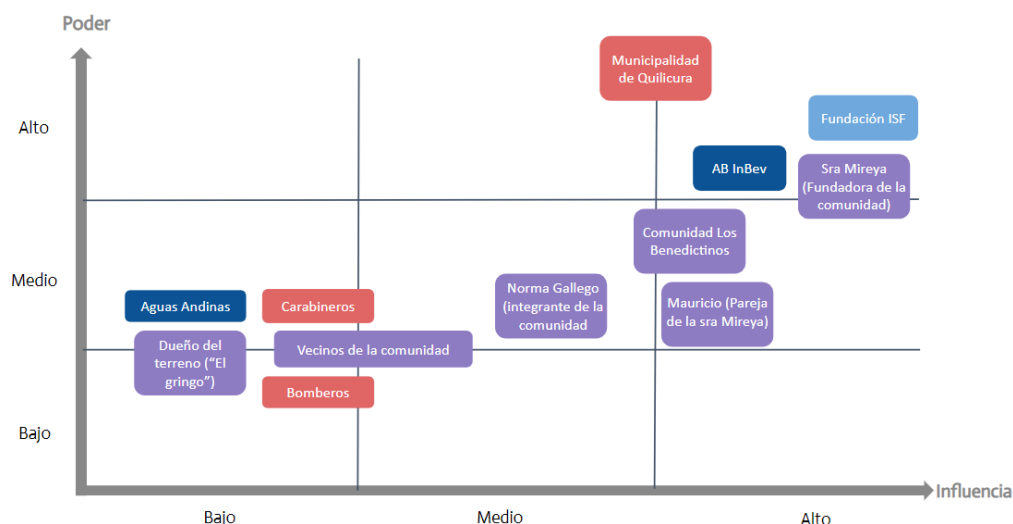


Figura 3: Matriz de actores claves presentes en el proyecto Los Benedictinos. Fuente: Confección propia.

Para la obtención de datos demográficos y técnicos de la comunidad, se hizo una encuesta presencial. En esta instancia se pasó casa por casa haciendo preguntas a un jefe de hogar. Esta encuesta se separó en 5 partes, entre ellas; datos sociodemográficos, infraestructura hídrica, hábitos de consumo en el hogar, instalaciones sanitarias y preguntas de percepción. Se obtuvieron 11 respuestas de 14 familias residentes en la comunidad. De acuerdo con la cantidad de respuestas totales, se obtuvo una representatividad de un 79%, por lo que se considera una muestra representativa de la comunidad. El resumen de los resultados se encuentra en el [Anexo 4].

De esta encuesta se pudo registrar la capacidad de almacenamiento de cada casa, cantidad de personas por casa y sus días de reabastecimiento [Tabla 6]. Estos datos se usaron posteriormente para hacer una estimación simple del consumo de agua de la comunidad, con el supuesto de que cada miembro de la familia consume la misma cantidad de litros. Gracias a este análisis, no sólo se pudo visibilizar que hay personas que sobreviven con 30 litros diarios para realizar todas sus actividades cotidianas, sino que el promedio de la comunidad es de 88 (L/d/persona), cifra que está por debajo del promedio de consumo que recomienda la OMS de 100 (L/d/persona) (WHO, 2008) (Padilla, 2022).

Tabla 6: Datos registrados en Los Benedictinos. Fuente: Confección propia.

	Capacidad de almacenamiento (L)	Cantidad de personas por casa	Días de reabastecimiento
Familia 1	4000	6	2
Familia 2	600	6	3
Familia 3	800	8	3
Familia 4	400	5	3
Familia 5	1000	4	3
Familia 6	800	7	2
Familia 7	200	1	4
Familia 8	1000	5	2
Familia 9	1000	2	3
Familia 10	300	4	5
Familia 11	1400	5	4

Para sacar la cantidad de litros por persona, se dividió la capacidad de almacenamiento por el total de personas de cada casa. Luego, este resultado se dividió por los días de reabastecimiento que tienen y así obtener la cantidad de litros disponibles por persona por día.

Tabla 7: Estimación de consumo de agua de Los Benedictinos. Fuente: Confección propia.

Familia	Litros disponibles por persona	Litros por persona por día
1	667	333
2	100	33
3	100	33
4	80	27
5	250	83
6	114	57
7	200	50
8	200	100
9	500	167
10	75	15
11	280	70

De aquí vemos que la familia 1 esta muy por sobre el promedio de la OMS, mientras que hay 4 familias que viven con menos de 50 litros diarios, quienes serían los más críticos.

Tabla 8: Promedio de consumos en Los Benedictinos. Fuente: Confección propia.

Prom de almacenamiento (L) comunidad	Prom (L por persona)	Prom (L/diarios/persona)
1045.5	233.3	88.1

Esto también fue traspasado a un plano de la comunidad para visualizar su distribución.



Figura 4: Plano de la comunidad. Fuente: Confección propia.

De todo el DC se deduce que, la comunidad tiene un acceso inseguro al agua potable debido a que sus estanques de almacenamiento no son especiales para agua, además de que no tienen prácticas de higiene por desinformación. También que, la mitad de las familias destinan el agua únicamente a actividades cotidianas, no la consumen directamente. Además, se destaca que existe una relación de liderazgo/jerarquía por parte de la dirigente de la comunidad.

Para la confección del sistema de purificación doméstica se tomó como marco teórico el estudio de tratamiento de aguas de uso doméstico (Avila & Morneo, 2016).

Debido a que la comunidad tiene más estanques de 200 lts, se usará de referencia esta medida como almacenamiento inicial. Luego, se utilizó la misma proporción de materiales que se usó en el estudio mencionado anteriormente para obtener las medidas del filtro de 20 lts. En este caso, los materiales se usarán con las siguientes proporciones:

Material Filtrante	Proporción (kg) en bidón de 20 lts
Arena	6
Carbón activado granulado	3
Turba Sphagnum	3

Una vez hecho el prototipo de filtro se llevó a la comunidad para volver a tomar las muestras de calidad de agua. Se repitieron las mismas 6 muestras, se pasaron por el filtro y se llevaron al laboratorio para medir sólo pH y turbidez, ya que esos parámetros son los que no cumplen con la norma.

Para el desarrollo del protocolo, los proveedores de estanques de almacenamiento de agua recomiendan que siempre se mantenga el estanque tapado, sin exponerlo a la luz del sol y sin manipular el recurso con implementos no sanitizados. Por otro lado, se recomienda el uso de una escobilla de plástico y biocida, como cloro, para limpiar paredes y tapa, dejándolo actuar por unos 30 minutos para luego enjuagar (Osse, n.d.) . Este proceso debe repetirse cada 3 meses (Babar, 2019).

Ya que los estanques están en el techo, expuestos a luz solar y no se pueden reemplazar todos por el presupuesto estimado, estos se pueden cubrir con una membrana sintética que ayudará a evitar la directa exposición al sol.

Análisis de riesgos

Para tener un plan de respaldo a los posibles eventos adversos que pueden afectar al proyecto es necesario hacer un análisis de estos. Cada evento se analiza en la siguiente tabla:

Tabla 9: Eventos adversos y sus mitigaciones. Fuente: Confección propia.

Evento	Mitigaciones
Escasez de insumos	Búsqueda de diferentes proveedores
Excederse del presupuesto	Hacer diferentes cotizaciones
La comunidad recibe mal la solución	Exponer sus beneficios y llegar a un consenso
No se generan hábitos de limpieza en la comunidad	Realizar talleres periódicos

Atrasos en la planificación	Revisar constantemente la carta Gantt y planificar reuniones diarias de avances
Evento polémico dentro de la comunidad	Comunicar con transparencia los avances del proyecto con todos los vecinos.
No se desarrollan capacitaciones de mantenimiento	Realizar una capacitaciones previas a la implementación de la solución.
Rotación o pérdidas en el equipo	Mantener una buena comunicación con el equipo.
Imprevistos en el sistema de filtración	Se tendrán materiales de repuesto.

A continuación, se analiza la probabilidad de cada evento asociado a su impacto en el proyecto y finalmente, el nivel de riesgo que implica enfrentarse a cada uno de estos.

Tabla 10: Matriz de riesgos proyecto Los Benedictinos. Fuente: Confección propia.

Evento	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo
Escasez de insumos	Posible	Bajo	Bajo
Excederse del presupuesto	Posible	Serio	Moderado
La comunidad recibe mal la solución	Frecuente	Grave	Alto
No se generan hábitos de limpieza en la comunidad	Frecuente	Grave	Alto
Atrasos en la planificación	Posible	Grave	Alto
Evento polémico dentro de la comunidad	Posible	Serio	Moderado
No se desarrollan capacitaciones de mantenimiento	Posible	Serio	Moderado
Rotación o pérdidas en el equipo	Posible	Serio	Moderado
Imprevistos en el sistema de filtración	Frecuente	Serio	Alto

Para entrar en profundidad, el primer evento se refiere a la probabilidad de no encontrar insumos económicos para la confección de la solución. Si bien este evento es probable, también la cantidad de proveedores en el mercado es amplia y de rápido reemplazo, por lo que su nivel de riesgo sería bajo.

Excederse del presupuesto estimado también es posible, ya que el monto es bastante bajo. Si este evento surgiera, causaría un impacto serio en el proyecto debido a que no habría recursos monetarios para implementar la solución. Sin embargo, se está en constante contacto con la parte financiera del proyecto, lo que se traduce en una gran supervisión con respecto a esta arista.

Con respecto a que la comunidad reciba mal la solución si puede ocurrir de manera frecuente, ya que las personas de la comunidad tienen un carácter fuerte e imponente y, si llega a ocurrir este evento,

todo el proyecto se desmorona, ya que ISF Chile trabaja por y para las comunidades, por lo que es de alto nivel de riesgo. Asimismo, no generar hábitos de limpieza en la comunidad, tiene un riesgo alto, ya que, si estos no empiezan a cuidar su higiene, persistirán los problemas de saneamiento y la solución no será sostenible. Este evento también está relacionado con las capacitaciones de mantenimiento del sistema, ya que, si no se logran de manera efectiva, la solución tampoco será sostenible y representa un riesgo moderado.

Los atrasos en la planificación también representan un riesgo alto y un impacto grave, porque de esto depende toda la implementación de la solución. Además, atrasos en el desarrollo del proyecto también implica una desconexión entre el equipo y la comunidad, causando lapsos de tiempo en los que no hay contacto e interacción, lo que puede generar desconfianza.

Se debe tener presente que roces internos en la comunidad también impactan moderadamente al proyecto. La dificultad de llegar a consensos con los vecinos puede modificar variadas veces la solución escogida.

En cuanto a las rotaciones en el equipo, que son posibles y han ocurrido, generan un impacto serio debido a la organización dentro de este. Puede generar retrasos en la planificación, roces en el equipo y tiene un nivel de riesgo moderado.

Por último, tener imprevistos en el sistema de filtración implica un riesgo alto e impacto grave porque se tendrán que hacer nuevas iteraciones en el diseño y modificaciones en la planificación, lo que perjudica el proyecto en su totalidad.

10. Resultados cualitativos y cuantitativos

Se volvieron a tomar muestras de 6 estanques de la comunidad y se midió el pH antes y después del uso del prototipo de filtro doméstico. Estos fueron los resultados:

Tabla 11: Resultados de pH después de usar el prototipo de filtro. Fuente: Confección propia.

	pH antes del filtro	pH después del filtro
E. Arriba casa 1	9,10	7,20
E. Arriba casa 14	8,63	6,73
E. Arriba casa 15	9,32	7,77

E. Arriba casa 2	8,59	6,65
E. Arriba casa 3	8,43	6,40
E. Arriba casa 8	8,78	6,77

Después de estos resultados, se visualizan algunos que quedaron por debajo del límite permitido por la OMS. Así que se iteró el diseño y se quitó parte de la capa de turba Sphagnum. Dando los siguientes resultados:

Tabla 12: Resultados de pH después de usar el prototipo de filtro. Fuente: Confección propia

	pH antes del filtro	pH después del filtro
E. Arriba casa 1	9,10	7,63
E. Arriba casa 14	8,63	6,96
E. Arriba casa 15	9,32	7,82
E. Arriba casa 2	8,59	7,12
E. Arriba casa 3	8,43	6,92
E. Arriba casa 8	8,78	7,33

Ahora todos los resultados de ajustan al rango de 6,5 – 8,5 recomendado por la OMS y la norma chilena. Por otro lado, se midieron los resultados de turbidez, dando los siguientes resultados:

Tabla 13: Resultados de la turbidez después del prototipo de filtro. Fuente: Confección propia.

	Turbidez antes (NTU)	Turbidez después (NTU)
E. Arriba casa 1	2,54	0,16
E. Arriba casa 14	1,56	0,44
E. Arriba casa 15	2,14	0,40
E. Arriba casa 2	2,11	0,24
E. Arriba casa 3	1,98	0,32
E. Arriba casa 8	1,81	0,24

En este caso, todas las muestras dieron por debajo de 1 NTU, lo que se ajusta a la norma chilena y de la OMS.

Para sacar la remoción del sistema creado, se ocupó la formula expuesta anteriormente y se sacó un promedio de las 6 muestras del pH y luego de la turbidez, dando lo siguiente:

- Eficiencia de remoción de pH: 17.23%
- Eficiencia de remoción de turbidez: 84.3%

Si bien la eficiencia de remoción de pH no demuestra un valor alto, se logra bajar el pH a niveles apropiados que era el objetivo del prototipo de filtrado. Por otro lado, queda demostrado que el filtro si ayuda a la turbidez de manera significativa.

Como el prototipo de filtrado si ayuda en la purificación de agua que almacena la comunidad. En teoría los vecinos podrían consumir esta agua directamente, además de cocinar con ella y realizar otro tipo de actividades.

Durante el proceso, la comunidad transparentó que ellos compran entre 10 y 15 bidones de agua al mes [Anexo 4], de 6 litros. Este producto cuesta entre \$1.890 – \$1.990 dependiendo del mercado, lo que se traduciría en un gasto mensual de entre \$19.000 a \$28.000. con la ayuda de un sistema purificador, cada familia podría ahorrar hasta \$340.000 aproximadamente. Es decir, esta solución también impacta directamente en su situación económica.

Al finalizar el proceso de testeo se le hizo nuevamente una encuesta de aceptación a la comunidad [Anexo 5], donde se les mostró el prototipo de filtrado. Esta vez 13 jefes de hogar respondieron, logrando una mayor representatividad de la comunidad. Aquí, un 61.5% dijo estar de acuerdo con un sistema de filtrado para la purificación de su agua almacenada, pero un 53.8% aún está indeciso sobre la seguridad de tomar directamente agua de este.

Como se mencionó en la evaluación económica, la confección de la solución no gasta el presupuesto completo. Con la cantidad sobrante se podrían comprar membranas sintéticas para cubrir los estanques que se encuentren expuestos totalmente al sol, evitando así que sigan proliferando microalgas en su interior (FAO, n.d.). Estas membranas cuestan \$29.990 y alcanzaría para comprar 14.

Por otro lado, también se podría hacer uso de esta cantidad sobrante comprando un estanque comunitario de 5000 L. Este se usaría de reserva, ya que a la comunidad le han sellado el grifo otras veces, dejándolos sin agua potable por días. A continuación, se deja una cotización:

Empresa	Valor unitario (CLP)
Fibra	\$534.643
Polychem	\$675.620
Aguamarket	\$580.250

De acuerdo la estimación de agua desarrollada anteriormente, si se distribuyen los litros de manera equitativa entre cada familia, los resultados cambiarían de la siguiente manera:

Tabla 14: Nueva estimación de consumo de agua. Fuente: Confección propia.

Familia	Litros disponibles por persona	Litros disp. Diarios por persona
1	803	402
2	236	79
3	236	79
4	216	72
5	386	129
6	251	125
7	200	50
8	336	168
9	336	112
10	211	42
11	416	104

Con esto quedaría sólo 1 caso crítico por debajo de los 50 litros diarios por persona.

Tabla 15: Nuevos promedios de consumo. Fuente: Confección propia.

Prom almacenamiento comunidad (L)	Promedio de litros por persona	Promedio de litros diarios por persona
1500	3630	124

Con esto el promedio de la comunidad subiría en un 40,7% y ya estaría dentro de los rangos recomendables por la OMS.

11. Conclusiones y discusión

El agua filtrada por el prototipo cumple con los objetivos de disminuir los niveles de pH y turbiedad, ajustándolos a los rangos delimitados por la OMS y la norma chilena. De acuerdo con los resultados obtenidos, este sistema se podría implementar a gran escala para purificar el agua de la comunidad, ya que también cumple con el presupuesto estimado y las normas legales.

Durante el desarrollo de este proyecto, la comunidad asimiló los riesgos sanitarios a los que se han expuesto y han tomado conciencia de la importancia que tiene el rol de higiene dentro del almacenamiento de agua doméstico. Sin embargo, aún se debe trabajar en la integración de hábitos diarios que permitan la mitigación del deterioro del agua en la comunidad.

Si bien, el agua filtrada podría ser consumida directamente, existe la posibilidad de que la comunidad no quiera tomársela ya que ha tomado conciencia de los riesgos que implica beber agua contaminada.

Cabe destacar que uno de los problemas sanitarios más graves dentro de la comunidad es la deposición de aguas negras hacia el canal San Luis. Debido a esto se le recomendará a la fundación y municipalidad de manera urgente hacer un análisis para esta problemática y todos los riesgos ambientales que conlleva. La implementación de fosas sépticas o biodigestores serían buenas opciones que se podrían investigar a futuro.

El equipo ISF Chile seguirá trabajando con la comunidad para mejorar su calidad de vida y empezar con una implementación a gran escala para todos los vecinos, que afortunadamente se sienten totalmente agradecidos con cualquier ayuda prestada ya sea de la fundación u otras entidades.

Es relevante visibilizar estas realidades, para que las habilidades de ingeniería no sólo aporten a empresas y proyectos tradicionales, sino que puedan llegar a generar un impacto social directamente.

12. Referencias

- Alvarado, R. (2022). *Chile lidera la crisis hídrica en América Latina*. Universidad de Chile. <https://uchile.cl/noticias/184816/dia-mundial-del-agua-chile-lidera-la-crisis-hidrica-en-america-latina>
- Amulén, F. (2019). Pobres de agua: Radiografía del agua rural de Chile. *Nucl. Phys.*, 13(1), 104–116.
- Aspassia, D. C., Metcalfc, J. S., Glover, W. B., Banackc, S. A., Dargham, N. R., & Richer, R. A. (2016). *Cianobacterias y cianotoxinas están presentes en embalses de agua potable y pozos de agua subterránea en ambientes desérticos*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2016.02.016>
- Avila, I., & Morneo, M. (2016). Diseño, propuesta e implementación de un filtro para tratamiento de aguas de uso doméstico en tanques de reserva en la población del casco urbano de la inspección de San Antonio de Anapoima. *Euphytica*, 18(2), 22280. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2009.07.006%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.neps.2015.06.001%0Ahttps://www.abebooks.com/Trease-Evans-Pharmacognosy-13th-Edition-William/14174467122/bd>
- Babar, R. (2019). *¿Cómo se potabiliza el agua?* Prodavinci. <http://factor.prodavinci.com/como-se-potabiliza-el-agua/index.html>
- Boggiano, A. (2022). *INFORME_Análisis Hídrico Comuna Quilicura*.
- Brooks, Y. M., Tenorio-Moncada, E. A., Gohil, N., Yu, Y., Estrada-Mendez, M. R., Bardales, G., & Richardson, R. E. (2018). Performance Evaluation of Gravity-Fed Water Treatment Systems in Rural Honduras: Verifying Robust Reduction of Turbidity and Escherichia coli during Wet and Dry Weather. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 99(4), 881–888. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.17-0577>
- Calidad, N., & Agua, D. E. L. (2007). *Nch 409/1 norma calidad del agua potable*. 1–10.
- CarbonActivo.cl. (n.d.). *¿Que es el Carbon Activado?* <https://carbonactivo.cl/informacion-tecnica-carbon-activado/>
- Celis, B. (1983). *Control de Efectividad de Tabletas Purificadoras en Aguas Contaminadas con una Elevada Carga Microbiana*.
- Chaves, J. R., de Souza, C. R. T., Modesto, A. A. C., Moreira, F. C., Teixeira, E. B., Sarraf, J. S.,

- 28

E3FcYHHUuyV%2Bxfq0jQ1BDWt1Cefjnp%2BQCQGSqyBQg3EAUaDDA1OTAwMzU0
 Njg2NSIMbCaUPRYV1ynr6W93Ko8FcebmJrdSVmgqFXLLOOlxjM21sGtXta96xEicVLS7
 P1rMYkU32k5FtuIMmLkFOKYY%2FQvUQ3QcD51S8DSxRf%2FMAdySTixXYayrQR99J
 nEwqp1pTQa4TsedUCcxwIRXqzCOxji1K5749SEacvnmhrCKq1RHFHNm0GP7tjEkW3Q%2
 B%2FM7flAp1HwN63gdPhI70king3KfwDO%2FzSEhZyLyr74NNS6wJpSvMZI71QF4Fqk
 GgxwsebxDOPTuM1RVioq0pWKPYIdJ8o%2BdVbqHF3A3URufr6a4N59BgmA%2FdmnXs
 2G82oSPu5VQSfv3Nzl2Gm%2BcwzSa5oa2roL%2Bez02XolKWqGZCnw5TfkK1D20eX9S
 Q1ODUvH6Mx00tW87JrYPst0Owcl ei60p5ESMxSz%2BmszUE9qkEuW8cv2anXjyBOhdkgf
 jnYBccZi3jgmaSvaM%2BY5EP%2B9C6L4lawfO92cJtkv6wBfzDCT03IDm3ToRsTOIXtwN
 6Bb%2B6XEkhlEaTwUZDQFaI36YrcGpX4mAebc5cSFERjegC2LmhSx5mBsC9LwRLwh
 21xlGW7d104ISzkVPVE39rlc7dq79tDFnK13qPjpWROZTsSxcZ2iPucAOYg4PwMcLuAzO
 GOHZYvXZjsNyAe%2FT35hyGTolUYUQ8CYyiL9hZ0ltwnAf7WCMTZY68xcCavkEwll2
 7MZeYur78qyjt%2FklmInBYuUZsvDgJrohFFw5tmckAmnBwZoWmOkyuWo1u1iJKHtOZ
 JBrkLgeI%2BnE4Kmr0IEKcdwCc5uUpQBL3SIRCzhuVg7ai3t6yLaRpilJngVeQMh2bFk5O0
 Kxh3WcRrRl2RZb%2BfKqUnk0MBJnlSfz%2FUyl1ZgVmgSPmp3lmU4Kt%2BZzDh%2B
 %2FmqBjqyAQdUhchhDXz%2BAzMsLzq%2FpaKiZg0x12AxgXNL%2Bxlf1tu8dLVHFCt
 o3gblvWFNSzIIhmQaeVKmmO5GiPP7rGh3SxNh56cHsHmca6OVV3%2BYB54%2FHtjGrn
 7bRInMzMtPxAPJTB0CeGl5UIFKcTVTAIHr2gvfSRM0G2tfgfoFIFFrKWSHDk60DupZD
 HCTIcPQbvEd9xwB8lL6rEh7dcaQ5wWnF0ZoPZProSlzcwNkyUPV0Jv%2FM%3D&X-
 Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Date=20231122T224000Z&X-Amz-
 SignedHeaders=host&X-Amz-Expires=300&X-Amz-
 Credential=ASIAQ3PHCVTYXNWWJ5NJ%2F20231122%2Fus-east-
 1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-
 Signature=7a762021ece54a8bedca540fa1819c7d12c783457c3bd18e3flee804f8ee4d1e&hash
 =68464ce18da70a0c9854bc9e528efb9e6048b7346da7849c36c2a45db7576e3b&host=68042c
 943591013ac2b2430a89b270f6af2c76d8dfd086a07176afe7c76c2c61&pii=S09608524010021
 15&tid=spdf-8fc24871-c82e-492d-bfb8-
 ef78581ac732&sid=f67ed5532522274c485b65e55d18a6a251ebgxrra&type=client&tsoh=d3d
 3LnNjaWVuY2VkaXJlY3QuY29t&ua=19095653055202040752&rr=82a4abf34f492df1&cc=
 cl

Gizaw, Z., Gebrehiwot, M., Destaw, B., & Nigusie, A. (2022). Access to basic drinking water services, safe water storage, and household water treatment practice in rural communities of northwest Ethiopia. *Scientific Reports*, 12(1), 20623. <https://doi.org/10.1038/s41598-022->

- Gomez, A. (2018). Tratamiento de Agua Potable por Medio de Filtración en Cerámica con Plata Coloidal (FCPC) en el Acueducto rural Ojo de Agua, municipio de Socha. *Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y de Medio Ambiente UNAD*. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/20829/1048849150.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- HidroShop. (n.d.). *ENLACE HE COMPRESIÓN*. <https://hidroshop.cl/products/enlace-he-compresion>
- HigieneAmbiental. (2018). *¿Que nos dice la turbidez sobre la calidad del agua potable?* <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/que-nos-dice-la-turbidez-sobre-la-calidad-del-agua-potable>
- Judkins, D. G., Chen, R. J., & McTeer, A. V. (2023). Alkali Toxicity. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18847446>
- Kuzma, S., & Saccoccia, L. (2023). *25 Countries Face Extremely High Water Stress | World Resources Institute*. <https://www.wri.org/insights/highest-water-stressed-countries>
- Lampoglia, T. C., P, R. A., & N, C. B. (2008). *ORIENTACIONES SOBRE AGUA Y SANEAMIENTO PARA ZONAS RURALES Guía de orientación en saneamiento básico para alcaldes y alcaldesas de municipios rurales y pequeñas comunidades Palabras clave*.
- Lezáun, M. (2003). Intoxicaciones de origen laboral. *Anales Del Sistema Sanitario de Navarra*, 26(SUPPL. 1), 265–273. <https://doi.org/10.4321/s1137-66272003000200016>
- Lin, X., Wu, M., Shao, X., Li, G., & Hong, Y. (2023). Science of the Total Environment Water turbidity dynamics using random forest in the Yangtze River Delta. *Science of the Total Environment*, 903(August), 166511. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166511>
- Luna-pabello, M., & Aburto-casta, S. (2014). *Sistema de humedales artificiales para el control de la eutroficación del lago del Bosque de San Juan de Aragón*. 17(1), 32–55.
- Luvhimbi, N., Tshitangano, T. G., Mabunda, J. T., Olaniyi, F. C., & Edokpayi, J. N. (2022). Water quality assessment and evaluation of human health risk of drinking water from source to point of use at Thulamela municipality, Limpopo Province. *Scientific Reports*, 12(1), 6059. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10092-4>
- MercadoLibre. (n.d.-a). *Bidón Vacío De 20 Litros Para Agua Purificada. Color Azul*.

[https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-1291722843-bidon-vacio-de-20-litros-para-agua-](https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-1291722843-bidon-vacio-de-20-litros-para-agua-purificada-color-azul-_JM#position=6&search_layout=stack&type=item&tracking_id=2d3f6ceb-b5b3-4577-a092-38007e93a3b6)

[purificada-color-azul-](https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-1291722843-bidon-vacio-de-20-litros-para-agua-purificada-color-azul-_JM#position=6&search_layout=stack&type=item&tracking_id=2d3f6ceb-b5b3-4577-a092-38007e93a3b6)

[_JM#position=6&search_layout=stack&type=item&tracking_id=2d3f6ceb-b5b3-4577-a092-38007e93a3b6](https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-1291722843-bidon-vacio-de-20-litros-para-agua-purificada-color-azul-_JM#position=6&search_layout=stack&type=item&tracking_id=2d3f6ceb-b5b3-4577-a092-38007e93a3b6)

MercadoLibre. (n.d.-b). *Sphagnum 1 Kilo*. https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-1008943283-sphagnum-1-kilo-_JM#position=13&search_layout=stack&type=item&tracking_id=0ecebcb-71b2-4d7f-87d1-7b41d07eab80

Mutoti, M. I., Edokpayi, J. N., Mutileni, N., Durowoju, O. S., & Munyai, F. L. (2023). Cyanotoxins in groundwater; occurrence, potential sources, health impacts and knowledge gap for public health. *Toxicon*, 226(August 2022), 107077. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2023.107077>

Oram, B. (n.d.). *El pH del agua*. Water Research Center. <https://www.archive-water-research.net/index.php/ph>

Osse. (n.d.). *Conocé paso a paso cómo limpiar el tanque de agua, una tarea vital para el hogar*. 2019. <https://sisanjuan.gob.ar/osse/2019-12-01/18974-limpia-tu-tanque-de-agua-una-tarea-vital-en-tu-hogar>

Padilla, R. (2022). *Una persona necesita 100 litros de agua al día: OMS*. <http://www.gaceta.udg.mx/una-persona-necesita-100-litros-de-agua-al-dia-oms/#:~:text=De acuerdo con la Organización,de consumo como de higiene>.

Pallé, C. (2018). El dióxido de carbono como forma sostenible de reducir el pH del agua. *Tecnoagua*, 18, 84–88. www.tecnoagua.es

Proyectos ISF. (2022). Ingeniería Sin Fronteras. isf-chile.org

Slavik, I., Oliveira, K. R., Cheung, P. B., & Uhl, W. (2020). Water quality aspects related to domestic drinking water storage tanks and consideration in current standards and guidelines throughout the world – a review. *Journal of Water and Health*, 18(4), 439–463. <https://doi.org/10.2166/wh.2020.052>

Sodimac. (n.d.). *Tubo PVC-P 25mm x 3m PN-12,5 Cementar*. <https://sodimac.falabella.com/sodimac-cl/product/110324089/Tubo-PVC-P-25mm-x-3m-PN-12,5-Cementar/110324114?exp=sodimac>

Sohrabi, A., Meratizaman, M., & Shuli, L. (2023). *Comparative analysis of integrating standalone*

renewable energy sources with brackish water reverse osmosis plants: Technical and economic perspectives. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.desal.2023.117106>

Super Intendencia de Servicios Sanitarios. (n.d.). *No Title*. <http://www.siss.gob.cl/586/w3-article-3837.html>

Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Ciencias de la Atmósfera, L., MOLINARI, C., PAZ, M., TORNELLO, C., MANTOVANO, J., & MORETTON, J. (2014). Revista internacional de contaminación ambiental. In *Revista internacional de contaminación ambiental* (Vol. 30, Issue 4). Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000400003&lng=es&nrm=iso&tlng=es

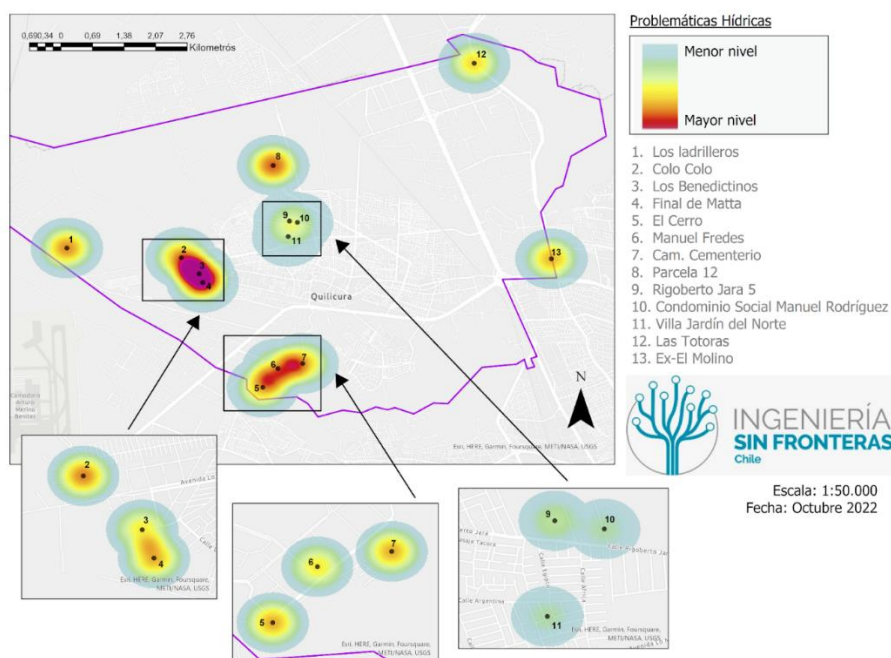
Venelinov, T., Mihaylova, V., Peycheva, R., Todorov, M., Yotova, G., Todorov, B., Lyubomirova, V., & Tsakovski, S. (2021). Sediment Assessment of the Pchelina Reservoir, Bulgaria. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(24). <https://doi.org/10.3390/molecules26247517>

WHO. (2008). Guidelines for Drinking-water Quality: Second addendum. *World Health Organization Press*, 1, 17–19. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/secondaddendum20081119.pdf

13. Anexos

Anexo 1: Mapa de calor de comunidades con problemáticas hídricas. Hecho a partir de un estudio hídrico de la comuna de Quilicura en conjunto con AB InBev.

MAPA DE CALOR COMUNIDADES DE QUILICURA

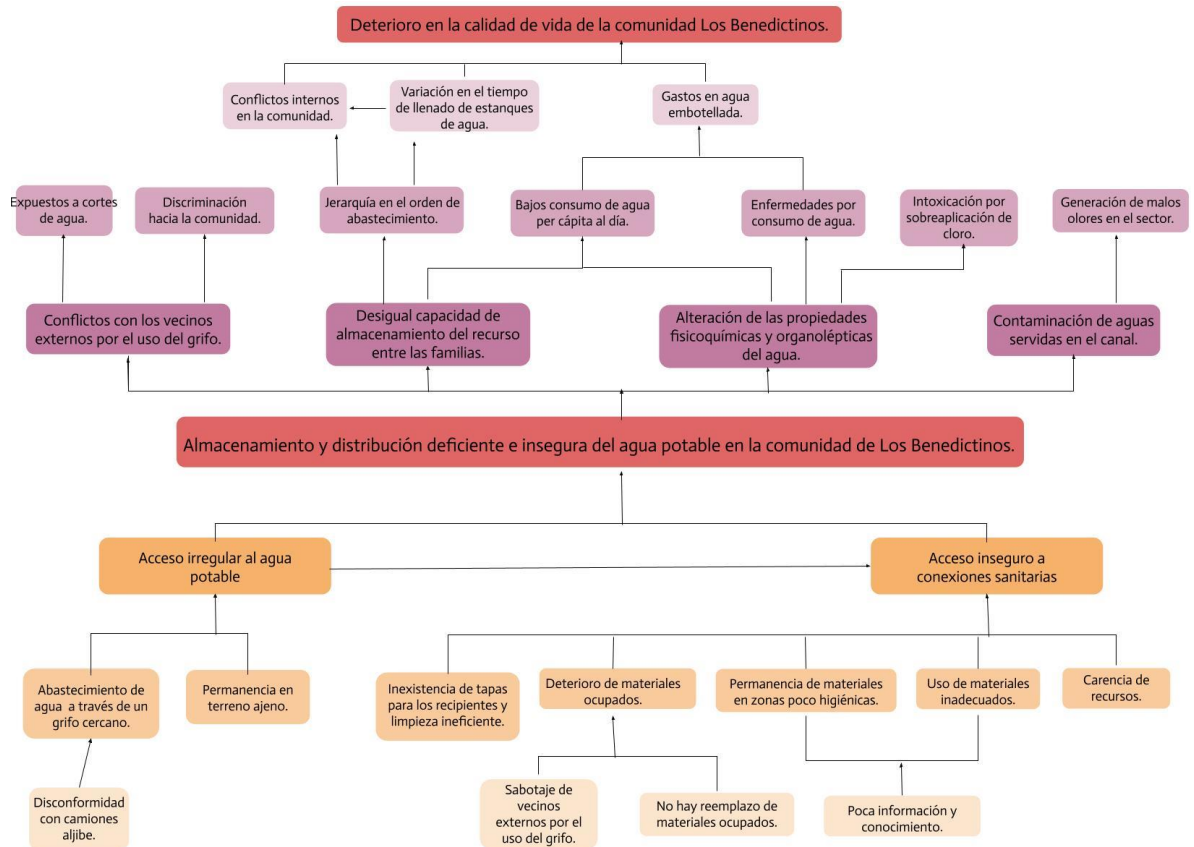


Anexo 1: Mapa de calor comunidades en Quilicura. Fuente: (Boggiano, 2022).

Anexo 2: Técnicas de recopilación de información ocupadas en DC.

- Línea de tiempo:** La línea de tiempo es una representación gráfica que permite ver y comprender distintos sucesos históricos de la comunidad.
- Mapa de sueños:** Ideas, objetivos o proyectos que la comunidad quiera conseguir en un futuro. Se visualizan los cambios que quiere ver la comunidad con respecto a su situación actual.
- Encuesta demográfica y de información técnica:** Encuesta realizada con la herramienta de Google Forms. Se conocen datos como cantidad de familias, cantidad de personas, cantidad de hombres, mujeres, niños. También acerca de sus hábitos de consumo de agua e infraestructura de sus viviendas.
- Mapa de actores:** identificación de actores clave, ya sean personas naturales o instituciones que estén ligadas al proyecto para así, reconocer qué posiciones puede tomar cada uno y planificar de mejor manera las estrategias de intervención.
- Georreferenciación:** Esta sirve para ubicar a la comunidad en el sector y analizar sus fuentes de agua disponibles. Debido a las condiciones no se pudo hacer de manera óptima, pero si se hizo un plano interno para identificar la distribución de casas y familias.

- f) Árbol de problemas: visualizar y comprender la relación causa y efecto entre el problema central y sus causas subyacentes.



Anexo 3: Parámetros medidos para analizar el estado del agua en la comunidad.

- Coliformes totales: para medir los coliformes se colocó un filtro de membrana para filtrar la muestra en una primera instancia, en este proceso se retienen los microorganismos presentes de la muestra. Luego, este filtro de membrana se coloca en un medio de cultivo y se incuba. Las colonias que crecieron durante la incubación se cuentan y se relacionan con el volumen de la muestra.
- Cloro libre: Se ocupó la herramienta HI701 para la medición de este parámetro. Se llena un recipiente con 10 mL de muestra y se introduce para calibrar la herramienta de medición. Una vez calibrada, a este recipiente se le agrega un paquete de reactivo y se agita suavemente durante 20 segundos, se introduce nuevamente y se espera 1 minuto para que la herramienta pueda medir el cloro libre el ppm.

- Turbidez: Se ocupó un turbidímetro. Primero se calibra la herramienta. Se enjuaga un tubo limpio con la muestra a medir 3 veces, luego se llena con la muestra y se tapa. Esta se inserta en el turbidímetro y se hace la lectura de la muestra en NTU.
- pH: Se ocupó un medidor de pH. Se debe pasar por agua destilada antes de usar y sumergir en una solución buffer. Luego se introduce la muestra y muestra el valor de pH.
- Arsénico: Se ocupó la herramienta Arsenator. El arsénico en el agua se transforma en Arsina con la ayuda de un agente reductor y la herramienta lo detecta ya que cambia a color amarillo. Se colocan 3 filtros con distinta función en la herramienta y se añaden 50 mL a la matraz. Se activa el timer de la máquina y se le agregan dos reactivos a la matraz. Se esperan 20 minutos y se comparan los resultados para identificar si el análisis se hizo correctamente.

Anexo 4: Encuesta que se hizo a la comunidad Los Benedictinos.

Parte I: Datos Sociodemográficos

En promedio viven 5 personas por casa, de las cuales 2 son hombres adultos, 1 es mujer adulta y 2 son menores de edad. Sólo hay 1 adulto mayor en la comunidad. En 10 de las 11 familias que respondieron, existen personas con problemas de salud, los cuales varían entre un embarazo, personas con discapacidad, una persona con una condición mental, enfermedades autoinmunes, entre otras.

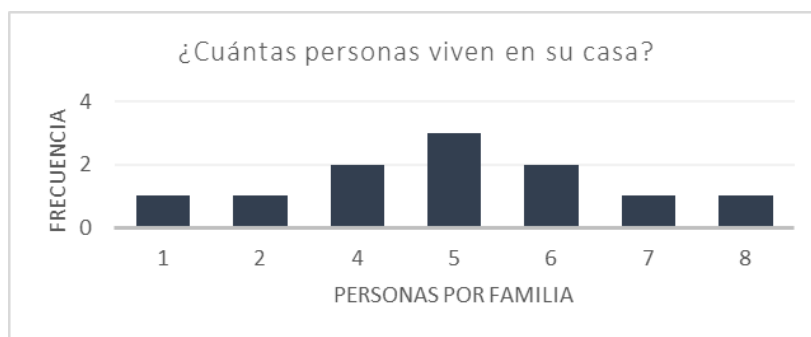


Gráfico 1: Cantidad de personas que viven por casa. Fuente: confección propia.

Las familias que actualmente viven en la comunidad llegaron entre 1998 y el año pasado, donde la última llegó en 2022. La familia de la señora Mireya es la primera en ubicarse en el terreno. Por otra parte, 5 de las 11 familias que respondieron llegaron entre 2018 y 2019. De estas familias, el 46% responde que no se comunica con sus vecinos, mientras que las familias restantes responden que la relación es respetuosa o buena (27% cada una).



Gráfico 2: Convivencia entre los vecinos. Fuente: Confección propia.

Se pudo registrar un total de 53 personas que viven actualmente en la comunidad, de los cuales 22 son menores de 18 años. Debido a que faltaron 3 casas por encuestar y teniendo en cuenta la cantidad de personas promedio que viven por casa, se puede estimar que en la comunidad hay un total aproximado de 60 - 70 personas.

Parte II : Infraestructura hídrica

Para entender en más profundidad el manejo que se le da al agua, se registró la cantidad de litros almacenados por cada casa, considerando todos los estanques involucrados. Gracias a esto se obtuvo que, en promedio las familias tienen 1.045 litros disponibles de almacenamiento totales, de los cuales el **82%** responde que logra abastecerse en 1 hora o menos, mientras que el resto llega a necesitar 2 horas para esto.



Gráfico 3: Cantidad de litros totales almacenados por familia. Fuente: Confección propia.

Los estanques corresponden al almacenamiento que se le da al agua proveniente desde el grifo, donde un **46%** de las familias declara que les dura 3 días. Un **82%** de las familias responde que la duración del agua varía dependiendo la estación del año, por ejemplo, que es mayor en invierno.

Cabe destacar que un **91%** utiliza sólo sus estanques y no lo comparte con otra familia.

La mayoría de las familias ha intentado renovar sus estanques, con lo que la antigüedad promedio de los estanques es 1,6 años, respuesta que varía entre 10 años a recién comprados.

Respecto a la mantención que se les da a estos estanques, todos declaran limpiarlos periódicamente, donde la mayoría declara hacerlo al menos semana por medio, y para realizarlo utilizan principalmente cloro. Además, sólo un **19%** declara tener tapa para todos o parte de sus estanques.

Parte III: Hábitos sobre el consumo de agua

Con respecto a los hábitos de consumo en el hogar, un **54,5%** de las familias declara comprar agua embotellada que va destinada directamente para beber. Estas familias están gastando en promedio \$23.000 mensuales sólo en este aspecto.

¿Compra agua embotellada para el hogar?

11 respuestas

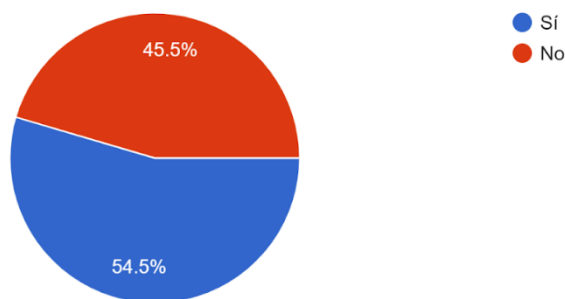


Gráfico 4: Consumo de agua embotellada. Fuente: Confección propia.

Parte IV: Instalaciones Sanitarias

De 11 familias encuestadas 9 tienen baño propio representando un 82% de la población. **64%** cuenta con tuberías internas en sus hogares, mientras que el **36%** restante, saca agua de sus contenedores con otras fuentes para su uso diario. En cuanto a las familias que poseen un sistema de tuberías, sólo un **22%** tiene fugas o goteras visibles.

Parte V: La comunidad y preguntas de percepción

Con respecto al orden para llenar los estanques, los datos más significativos de la encuesta muestran que: el **30%** indica que llena según necesidad, seguida por un **20%** que menciona que es según orden de llegada, siendo similar al otro **20%**, que señala que primero llena sus estanques la señora Mireya y después en orden de llegada.

Sobre la percepción de consumo del agua, un **73%** de las familias evalúan desagradable el sabor del agua (con escala de 1-desagradable a 5-agradable, y respuestas 1 o 2), mientras que ese número aumenta a **82%** al calificar el olor (con escala de 1-desagradable a 5-agradable, y respuestas 1, 2 o 3), mientras que al evaluar el agua que almacenan en los estanques solo 1 familia no percibe sabores u olores desagradables, y las 10 restantes la califican con mal olor y sabor, como sucia, o plástico y barro.

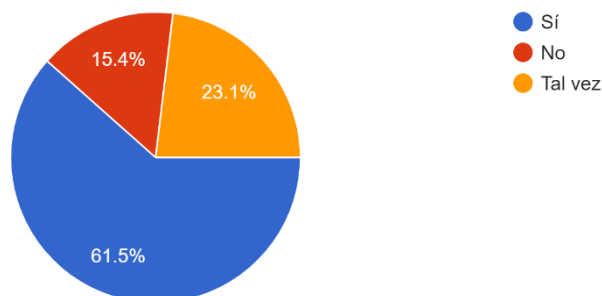
Del total de familias, un **46%** siente que se ha enfermado por el consumo de agua de esta fuente.

En cuanto a la calidad de vida dentro de la comunidad de Los Benedictinos, a los encuestados se les pidió asignar una nota donde la escala fue de 1 a 5, donde 1 es muy desagradable y 5 muy agradable. El promedio de la respuesta fue de **2,6**, lo que nos indica que existe una disconformidad con la calidad de vida que llevan.

Anexo 5: Segunda encuesta realizada a la comunidad.

Usted está de acuerdo con un sistema de filtrado doméstico para filtrar el agua que almacena

13 respuestas



Usted se sentiría más seguro/a al consumir agua filtrada acorde al prototipo de filtro confeccionado

13 respuestas

