

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Introducción

El agua es un recurso esencial para la agricultura y el desarrollo de las comunidades rurales, especialmente en regiones áridas y semiáridas como en algunas zonas del departamento de Tarija.

La disponibilidad del agua en la comunidad de Guayabillas, ubicada en el municipio de Padcaya, depende de la captación de agua de vertiente para el riego de sus cultivos y el sustento de sus habitantes. Sin embargo, el uso inadecuado y la gestión ineficiente del agua pueden tener consecuencias negativas en la productividad agrícola y en la calidad de vida de los agricultores.

Por lo tanto, es importante realizar una evaluación del sistema de captación de agua de vertiente y su administración para el riego agrícola en la comunidad de Guayabillas, con el fin de identificar las problemáticas y proponer medidas que permitan el uso sostenible y equitativo del recurso hídrico.

El agua captada de una vertiente llamada el Mololito en la comunidad de Guayabillas, es conducida al reservorio, para el riego de huertos, bebederos de animales.

Así mismo, es importante evaluar la calidad de agua de riego, para que esta sea adecuada y no afecte negativamente a los cultivos en su crecimiento y desarrollo.

La evaluación se realiza mediante el empleo de índices empíricos y el análisis periódicos del agua de riego.

La proposición de un modelo de administración eficiente de agua para riego es una iniciativa que tiene el propósito de garantizar la seguridad hídrica y mejorar la productividad de los cultivos a través de un plan de riego de cultivos agrícolas, para optimizar el uso del agua en la agricultura y la ganadería en la comunidad de Guayabillas.

El modelo de administración de agua cuenta con un plan de riego, el cual es una herramienta fundamental para la gestión de agua para riego, ya que permite planificar y programar el uso, de acuerdo a las necesidades de los cultivos y las condiciones climáticas.

## **1.2 Planteamiento del Problema**

La ineficiencia en el uso del agua en la agricultura, junto con la falta de prácticas sostenibles de gestión del agua, ocasionan un desabastecimiento de agua para riego en la comunidad de Guayabillas.

Así también, el riego tradicional (surco), derrocha grandes cantidades de agua, lo cual agrava la escasez en tiempos de estiaje.

La fuerte variación de los elementos climáticos y la carencia de lluvias son los causantes de la escasez de agua para riego, principalmente en épocas de estiaje, ocasionando la vulnerabilidad del sistema productivo de la comunidad.

Por lo tanto, la escasez de agua en la comunidad de Guayabillas se debe a diferentes factores como; la mala administración por parte de los comunarios, así como también la estructura del sistema de captación del agua, lo cual afecta la producción agrícola.

Así mismo, la poca costumbre de realizar la evaluación periódica de la calidad de agua de riego, también influye en la baja productividad de los cultivos, por lo tanto, es importante realizar la evaluación de la calidad de agua de riego.

### **Justificación**

La evaluación de un sistema de riego es fundamental para garantizar su eficiencia y correcto funcionamiento. Esta evaluación permite identificar posibles deficiencias, ajustes necesarios y oportunidades de mejora en el sistema de riego.

El riego es esencial para el crecimiento y desarrollo de los cultivos, garantizando su supervivencia, rendimiento y calidad. La implementación de prácticas de riego adecuadas es clave para el éxito de la agricultura y la seguridad alimentaria.

La realización de estudios referidos a la optimización en el uso del recurso hídrico para riego dentro de las áreas de producción es de vital importancia para el productor, considerando la futura falta de agua, debido al incremento de las temperaturas por efecto del cambio climático.

En este sentido, la evaluación del sistema de captación de agua de la vertiente, la conducción, distribución y su administración es de suma importancia para el sistema de producción de la comunidad de Guayabillas, lo cual busca garantizar un uso eficiente y sostenible del agua de riego.

Con este estudio se lograría mejorar la producción agrícola, incrementando las superficies bajo riego y con ello la productividad de los cultivos, contribuirá a mejorar los ingresos del productor, con miras a la auto sostenibilidad.

En consecuencia, el presente estudio mostrará el manejo de los recursos hídricos en la comunidad de Guayabillas para posteriormente plantear una propuesta de desarrollo del sistema de riego, donde se podrá obtener datos relevantes en la calidad y cantidad de agua que ingresa al reservorio, utilizando la metodología para realizar la medición del caudal de la vertiente y el reservorio de agua; asimismo el análisis de la calidad de agua en laboratorios autorizados.

## **Hipótesis**

Un sistema eficiente de captación de agua de vertiente, y su adecuada gestión y planificación del recurso hídrico para el riego agrícola en la comunidad de Guayabillas, resultará en una mejora significativa en la disponibilidad y eficiencia de agua para los cultivos, para el beneficio de los productores.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar el sistema de captación de agua de vertiente, su administración para el riego agrícola en la comunidad de Guayabillas, a través de la medición de los diferentes parámetros hidráulicos, para asegurar el uso sostenible del recurso hídrico.

### **Objetivos específicos**

- Caracterizar el estado situacional del sistema de captación de agua de la vertiente el “Mololito”, a través de la medición del caudal de ingreso del agua al sistema, y la eficiencia de conducción al reservorio.
- Determinar los parámetros de calidad de agua y el requerimiento hídrico en los diferentes cultivos implementados en la comunidad de Guayabillas.
- Proponer un modelo de administración del agua para riego, a través de un plan de riego de los cultivos agrícolas implementados en la comunidad de Guayabillas.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **1.1 El agua que baja de las montañas**

El agua que baja de las montañas se conoce con el nombre de regresión fluvial, aunque también recibe el nombre de escorrentía y torrente. Esta agua es esencial para la vida en la Tierra. La forma en que el agua baja de las montañas depende de varios factores, como la topografía, el tipo de suelo, la vegetación y el régimen de lluvias. Estos elementos influyen en la cantidad y velocidad con la que el agua baja de las montañas, provocando la formación de arroyos, ríos y lagos. (Pirenismo, 2023).

##### **2.1.1 Agua de las vertientes**

Las vertientes son formaciones geológicas donde el agua subterránea aflora en forma natural creando esteros y ríos. Estas formaciones son consideradas como fuentes de agua seguras, pues en general el agua subterránea es de buena calidad y mantienen una temperatura constante. Además, como se está vaciando un gran depósito de aguas subterráneas, el caudal de las vertientes tiende a ser bastante estable, incluso en los años secos. Hay vertientes de aguas frías y de aguas calientes, puesto que la temperatura depende de cómo se recargó el depósito de agua subterránea que se descarga en la vertiente. Si es una vertiente de montaña, que se recarga por lluvias o derretimiento de nieves, el agua será fría, pero si el depósito está en un sistema volcánico tendremos aguas calientes. Las vertientes han sido fuentes de agua que la humanidad ha utilizado desde siempre. (Arumí, 2017).

##### **2.1.2 Captación de vertientes, ríos, lagos y embalse (reservorios)**

Según seecom (2020), la captación de cuerpos de aguas superficiales como ríos, riachuelos, lagos y embalses son estructuras que sirven para captar agua y suministrarla de forma continua a una comunidad. El sistema puede hacerse tanto por gravedad, cuando la fuente escogida se encuentra por encima del lugar o a una altitud mayor que el punto de aprovechamiento del agua, como por bombeo, cuando la fuente se encuentre por debajo del nivel donde se encuentran los usuarios. Los diversos tipos de

captación de agua dependen, en gran parte, de las características que tenga la fuente, así como el caudal que se requiera, o lo que es lo mismo, de las características geológicas, hidrológicas y topográficas de la zona.

El mismo autor ((seecon), 2020), manifiesta, que entre las diversos tipos de captación de aguas superficiales se tienen: a) azud, que se aplica para ríos y riachuelos que tienen poca profundidad pero tienen gran velocidad y donde el agua es captada a través de unas rejillas y conducida hacia un desarenador; b) pozos de infiltración y galerías de infiltración, que son captaciones indirectas en el estrato permeable próximo a las aguas superficiales, es decir, en los primeros el agua se infiltra a unos pozos colocados a un lado del lecho del río o lago y de allí pasa al sistema de conducción y, en las segundas, el agua se infiltra por el material natural granular del río o riachuelo, donde un sistema de drenaje se encarga de conducir el agua a un tanque antes de ser llevado al sistema de conducción; c) tomas laterales, que se realizan a través de canales construidos en el lateral de ríos caudalosos y que llevan el agua a un tanque recolector; la captación móvil que se construye sobre una plataforma móvil a la orilla de ríos que tienen variaciones de nivel, usando equipos de bombeo; d) captación flotante, que también usa bombas en su operación, se usa para ríos, lagos y embalses y consta de una estructura flotante que está anclada al fondo del agua superficial; e) captación sumergida, que generalmente son tubos perforados o tubos con rejilla (retienen sólidos y evitan que entren al sistema) que se colocan al fondo del cauce por donde se capta el agua a través de bombas.

Para las captaciones en vertientes ríos y riachuelos se debe realizar un estudio hidrológico previo para medir los caudales que garanticen un aprovechamiento objetivo del agua, así como un suministro continuo y seguro a la población. Lo mismo ocurre con los lagos y embalses, en los que se debe conocer la cantidad y calidad de agua que se necesita y de la que se dispone, así como la profundidad de las fuentes, que representa un dato importante ya que, para asegurar la calidad del agua, es conveniente hacer la captación a una profundidad suficiente y lejos de la orilla ((seecon), 2020).

### **2.1.3 Reservorio de agua**

Depósito o estructura de tierra impermeabilizada que capta agua de lluvia directa y de escorrentía en un lugar determinado. (MEFCCA, 2018).

#### **2.1.3.1 Reservas de agua artificial y natural**

Las reservas de agua pueden ser naturales o artificiales:

#### **2.1.3.2 Reservas de agua artificiales**

Están constituidos por aquellas masas de agua superficiales que son creadas por la actividad humana mediante la construcción de cauces artificiales que luego son rellanados de agua y renovados con el agua de las precipitaciones. Dentro de estas reservas encontramos los embalses artificiales, las presas, lagos artificiales o algunos pantanos artificiales. También se incluyen como reservas artificiales aquellas que se obtienen mediante procesos artificiales como desalinización de aguas naturales.

( Javier Sánchez, Biólogo, 2023).

#### **2.1.3.3 Reservas de agua naturales**

Incluyen todas aquellas masas de agua que se forman en cauces que están creada por procesos naturales. Estos incluyen lagos, ríos, embalses creados por procesos naturales o el agua subterránea. ( Javier Sánchez, Biólogo, 2023).

### **2.1.4 La hidrósfera**

La hidrosfera se define como el conjunto de partes líquidas presentes en la Tierra. Se encuentran cambiando su estado físico (sólido, líquido y gaseoso) constituyendo el ciclo hidrológico, regulando el clima, moldeando el relieve y haciendo posible la vida en el planeta. (Valdivieso, 2023).

#### **2.1.4.1 Composición de la hidrosfera**

La hidrosfera se caracteriza en los siguientes tipos de aguas:

**Lóticas:** ríos y torrente, siempre en desplazamiento sobre la superficie continental.

**Lénticas:** las aguas que se ubican en las profundidades del planeta.

**Freáticas:** las aguas que están bajo el suelo o aguas subterráneas.

**Atmosféricas:** las aguas formadas por el vapor de agua (nubosidad).

**Criogénicas:** aguas en estado sólido que se ubican en los polos y alta montaña (Valdivieso, 2023).

#### **2.1.4.2 Hidrosfera en la superficie terrestre**

Se distribuye fundamentalmente sobre la superficie de la Tierra, cubriendo casi las tres cuartas partes de la superficie terrestre. De ella, el 97% es agua salada en mares y océanos y, el resto, generalmente, lo constituye agua dulce en la atmósfera y en los continentes (hielo, agua subterránea, lagos, embalses, pantanos, ríos y seres vivos). (Valdivieso, 2023).

#### **2.1.5 Cuenca hidrográfica**

Es el espacio de terreno limitado por las partes más altas de las montañas, laderas y colinas, en él se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra sus aguas en un río principal el cual se integra al mar, lago u otro río más grande. Este espacio se puede delimitar en una carta topográfica, siguiendo la divisoria de las aguas. En una cuenca hidrográfica se ubican los recursos naturales suelo, agua, vegetación y otros, allí habita el hombre y en ella realiza todas sus actividades. Cualquier infraestructura e intervenciones que realiza el hombre se encuentran en una cuenca hidrográfica, por lo tanto, no hay ningún punto sobre la tierra que no corresponda a una cuenca. La expresión aceptada es para pequeñas áreas ubicadas en las partes bajas de las cuencas denominadas “zonas de intercuenas”. Cuando las áreas planas son muy grandes y no es fácil de distinguir las divisorias de las aguas, a estas se denominan cuencas de llanos, pampas o praderas (Faustino & Giménez, 2000).

##### **2.1.5.1 Función Ambiental**

- Constituyen sumideros de (CO<sub>2</sub>).
- Alberga bancos de germoplasma.
- Regula la recarga hídrica y los ciclos biogeoquímicos.
- Conserva la biodiversidad.

- Mantiene la integridad y la diversidad de los suelos (Faustino & Giménez, 2000).

#### **2.1.5.2 Función Ecológica**

- Provee diversidad de sitios y rutas a lo largo de la cual se llevan a cabo interacciones entre las características de calidad física y química del agua.
- Provee de hábitat para la flora y fauna que constituyen los elementos biológicos del ecosistema y tienen interacciones entre las características físicas y biológicas del agua (Faustino & Giménez, 2000).

#### **2.1.5.3 Función Hidrológica**

- Captación de agua de las diferentes formas de precipitación para formar el escurrimiento de manantiales, ríos y arroyos.
- Almacenamiento del agua en sus diferentes formas y tiempos de duración.
- Descarga del agua como escurrimiento (Faustino & Giménez, 2000).

#### **2.1.6 Cuencas**

Una cuenca es un territorio cuyas aguas fluyen todas hacia un mismo río, lago o mar, y a esta clase de cuencas se les llama “cuencas hidrográficas”.

Una cuenca hidrográfica es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.

Es decir, es una especie de “embudo” del territorio por el que escurre el agua desde las partes altas, hasta llegar a un punto en común, de donde sale toda el agua que fluye hacia otro lado ((SARH)., 2019).

##### **2.1.6.1 Sub cuenca**

Una sub cuenca es toda área en la que su drenaje va directamente al río principal de la cuenca. También se puede definir como una subdivisión de la cuenca. Es decir que en una cuenca puede haber varias sub cuencas (Anaya, 2012).

### **2.1.6.2 Microcuenca**

Una microcuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una sub cuenca; o sea que una sub cuenca está dividida en varias microcuencas. Las microcuencas son unidades pequeñas y a su vez son áreas donde se originan quebradas y riachuelos que drenan de las laderas y pendientes altas. También las microcuencas constituyen las unidades adecuadas para la planificación de acciones para su manejo. En la práctica, las microcuencas se inician en la naciente de los pequeños cursos de agua, uniéndose a las otras corrientes hasta constituirse en la cuenca hidrográfica de un río de gran tamaño (Anaya, 2012).

### **2.1.7 Fuentes naturales de agua**

Cada región tiene diferentes características geográficas y el acceso al agua no es igual en cada área poblacional. En términos generales, el acceso al agua potable es uno de los factores básicos que impulsan el desarrollo económico de una población. El tipo de fuente de abastecimiento depende directamente de las características hidro-geológicas de cada región, así como de las tecnologías disponibles (Velasco, 2017).

Los tipos de fuentes naturales de agua son:

### **2.1.8 Fuentes subterráneas**

La captación de aguas subterráneas se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos, excavados y tubulares. Lo curioso de las fuentes subterráneas es que, en términos generales, están libres de gérmenes y microorganismos dañinos para la salud. Es decir, las aguas subterráneas pueden considerarse aptas para el consumo humano. Sin embargo, es recomendable hacer estudios clínicos de la misma, y llevar a cabo algún proceso de purificación para considerarla 100% potable (Velasco, 2017).

### **2.1.9 Fuentes superficiales**

Estas están constituidas por el agua de los lagos, ríos, arroyos, etc.

Debido a la agricultura, ganadería, la industria y a la sobrepoblación, en muchas ocasiones el agua superficial está contaminada, por lo que debe pasar por un proceso de purificación para el consumo humano. Conocer qué tipos de fuentes de agua existen

en nuestra naturaleza nos lleva a apreciar y cuidar este recurso, y saber cuándo es apta para el consumo, y cuándo debe ser tratada para considerarse potable (Velasco, 2017).

#### **2.1.10 Gestión del recurso hídrico**

La gestión de los recursos hídricos es el proceso de planificación, desarrollo y administración de dichos recursos, tanto en términos de cantidad como de calidad, y en todos los usos del agua (John Maynard Keynes, 2022).

#### **2.1.11 Uso sostenible del agua**

El uso sostenible del agua consiste en utilizar el recurso hídrico para diferentes actividades que tienen resultados productivos y de bienestar social, sin que se produzca una degradación de las dinámicas naturales que permiten su disponibilidad en cantidad y calidad; es decir, sin degradar la cuenca hidrográfica (Caribe, 2017).

#### **2.1.12 Plan Nacional de Cuencas (Bolivia)**

El Plan Nacional Cuencas es la denominación con la cual se identifican el conjunto de lineamientos y acciones de la política pública de cuencas en Bolivia, iniciada durante el Gobierno del presidente Evo Morales Ayma (2006-2019). El proceso de desarrollo de la política de gestión de agua y cuencas toma como punto de partida la “guerra del agua” ocurrida durante el año 2000 en la ciudad de Cochabamba; hecho que marcó un hito importante en la construcción de la institucionalidad hídrica en Bolivia. Con la presentación de la primera versión del Plan Nacional de Cuenca en el año 2006, (PNC1) como política pública de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Manejo Integral de Cuencas (GIRH/MIC), se enfatiza la importancia del fortalecimiento del rol del Estado Boliviano frente a la gestión de los recursos naturales. Con la segunda versión del Plan Nacional de Cuencas, formulada durante el 2013, este se consolida como política del Estado Plurinacional de Bolivia. (Whiles, 2010)

#### **2.1.13 Gestión integral de recurso hídricos (GIRH)**

En una cuenca hidrográfica interactúan una serie de ecosistemas naturales, cuyo grado de complejidad aumenta en relación directa con el tamaño de la cuenca. Estos ecosistemas tienen elementos como el aire, el clima, el suelo, el subsuelo, el agua, la

vegetación, la fauna, el paisaje, entre otros, los cuales, en conjunto, conforman lo que se denomina la oferta de bienes y servicios ambientales, o base natural de sustentación; oferta que es necesario conocer, para lograr una utilización sostenible de la misma. La Gestión Integrada de Recurso Hídrico (GIRH) es un proceso que promueve el desarrollo y gestión coordinados del agua, la tierra y los recursos asociados, para maximizar el resultante bienestar económico y social de manera equitativa sin comprometer la sostenibilidad de ecosistemas vitales (Partnership, 2010).

#### **2.1.14 Gestión de sistemas de riego**

Conjunto de decisiones y actividades concomitantes, orientadas a que las fuentes de agua de un sistema de riego puedan ser aprovechadas en las parcelas de cultivos en los caudales apropiados, la calidad requerida, en la cantidad necesaria y en el momento oportuno. Que se orientan al ordenamiento del desarrollo del riego y a mejorar el uso productivo agropecuario y forestal del agua. Entre otras comprende decisiones y actividades de carácter: a) político normativo; b) de planificación y promoción c) investigaciones; d) de participación e inclusión social e) intercultural, f) implementación de inversiones, g) asistencia técnica; h) gestión de información (Corrales, 2020).

#### **2.1.15 Manejo integral de cuencas (MIC)**

El MIC es el conjunto de acciones conducentes al uso y aprovechamiento de los recursos naturales de la cuenca. En la literatura y en la práctica se puede encontrar un sinnúmero de conceptos y enfoques relacionados de una u otra manera con el manejo y la gestión de cuencas. Existen enfoques sectoriales, multisectoriales, sistémicos e integrados, de acuerdo al número de variables que se analizan para realizar las intervenciones y de acuerdo a los objetivos que se persiguen. Además, se distinguen los enfoques centrados en los recursos hídricos y aquellos en los cuales el énfasis está en el desarrollo del territorio de la cuenca. El marco conceptual del Plan Nacional de Cuencas con relación a la gestión del agua El Plan Nacional de Cuencas (PNC) de Bolivia, que fue elaborado y aprobado en el año 2006, se orienta en tres conceptos centrales: la Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH), el Manejo Integral de

Cuencas (MIC) y la Gestión Social del Agua y Ambiente en Cuencas, los cuales son considerados necesarios y complementarios. La Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH), según la Global Water Partnership, es un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinado del agua, de la tierra y de los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar económico y social con equidad y sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales (GWP 2000). La GIRH no es un fin en sí mismo, sino un medio para lograr un equilibrio entre tres objetivos estratégicos:

- Lograr eficiencia para que los recursos hídricos cubran la mayor parte posible de las necesidades;
- Lograr equidad en las asignaciones de los recursos y servicios hídricos;
- Lograr sustentabilidad ambiental para proteger los recursos hídricos y el ecosistema asociado.

En cambio, el Manejo Integral de Cuencas (MIC), según el Plan Nacional de Cuencas, PNC, es entendido como el conjunto de acciones conducentes al uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de la cuenca. Mientras que originalmente los alcances del MIC estaban más orientados al tratamiento de la superficie de captación de agua, hoy en día se asocia a temas de ordenación del territorio, desarrollo regional y gestión ambiental integrada y, por último, de todas las acciones orientadas al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de una cuenca (Jaime Alarcón Rodríguez, 2011).

#### **2.1.16 Riego por gravedad**

El sistema de riego por gravedad es uno de los más utilizados en la agricultura y la jardinería, debido a que permite regar las plantas en cualquier lugar: en suelo, contenedores o incluso si no hay electricidad disponible. Estos sistemas de riego funcionan aprovechando la capacidad del agua para recorrer el camino de menor resistencia por sí sola. No necesita bombas y se puede usar para regar su jardín transitoriamente o durante toda la temporada. Se utiliza también en plantas individuales, huertos o cultivos en hileras. Como no requiere de una bomba, sí se

necesita un depósito, el cual puede ser llenado con agua de lluvia recolectada desde una manguera, o transportada desde un estanque o arroyo cercano (Agropinos, 2021).

El agua se desplaza a las raíces de las plantas a través del riego por goteo, por lo que es necesario revisar y mantener el control del nivel de agua, la cual tiende a agotarse más rápido durante una sequía o un clima seco, especialmente a medida que las plantas crecen. Sin embargo, debajo de la superficie, el riego por goteo puede requerir un reservorio para cada planta, esto depende del tamaño de cada una y del tipo de reservorio. Los sistemas de riego por gravedad son una técnica de irrigación que utiliza la fuerza de la gravedad para distribuir agua a los cultivos. Este sistema es especialmente útil en terrenos con pendiente y en zonas con recursos limitados de energía eléctrica. Además, el sistema de recolección de aguas lluvias puede ser utilizado como una fuente adicional de agua para la irrigación por gravedad. (Agropinos, 2021).

### **2.1.17 Riego tecnificado**

El riego tecnificado o tecnificación de riego se refiere al aprovechamiento eficiente del agua, a partir del uso adecuado de la tecnología. Está diseñado para saber cuándo, cuánto y cómo regar, permitiendo la aplicación en los cultivos de agua, fertilizantes y nutrientes de forma segura. La eficiencia productiva del riego tecnificado se puede expresar como la cantidad de productos agrícolas obtenidos por cada metro cúbico aplicado de agua. Puede variar por el tipo de cultivo, el clima, el valor de la producción obtenida y la cantidad de agua utilizada. (Guazzotti, 2022).

#### **2.1.17.1 Beneficios del riego tecnificado**

Dentro de los principales beneficios que nos ofrece la tecnificación de riego están:

- Disminución del consumo de agua en las parcelas.
- Disminución de gastos por tarifa.
- Mayor eficiencia en el uso del agua y fertilizantes.
- Obtención de mayor producción y mejor calidad de los productos.

- Mayor disponibilidad de tiempo a los productores para dedicarse a otras actividades.
- Mayores ingresos económicos para los agricultores.

El riego tecnificado permite aplicar los recursos de forma localizada, continua, eficiente y de manera oportuna. Asimismo, se adapta a cualquier tipo de suelo y a condiciones topográficas diversas, lo cual además de ahorrar tiempo, ayuda a mejorar la economía. Esto debido a que cumple con ciertas funciones como regar, fertilizar y controlar plagas, evitando el desarrollo de maleza, la presencia de plagas y enfermedades, lo cual disminuye las pérdidas. (Guazzotti, 2022).

#### **2.1.17.2 Aplicaciones del riego tecnificado**

En los últimos años ha cobrado mucha importancia gracias al uso de tecnologías para aplicar la cantidad exacta para que los cultivos obtengan el máximo beneficio de este recurso. Los tipos de riegos más utilizados en el país se clasifican de la siguiente manera:

#### **2.1.18 Riego por goteo**

Se basa en colocar tubos en forma de hilera cerca de los tallos de las plantas apropiado para cultivos de frutas y hortalizas, que pueden ser programados para que vaya fluyendo el agua gota a gota por tiempo limitado o de manera constante, posee una eficacia de aplicación del 90% (Guazzotti, 2022).

#### **2.1.19 Riego por aspersión**

Consiste en aplicar el agua en forma de llovizna o rociado controlando la intensidad, tiempo, duración y área de esparcimiento, apropiado para regar praderas y posee una eficiencia de aplicación del 70% (Agropinos, 2021).

#### **2.1.20 Riego por microaspersión**

Lanza a presión cortinas de gotas de agua por un emisor con una eficiencia de aplicación del 85%, es ideal para el riego de cultivos florales, plantas pequeñas y jardines. Cualquier tipo de riego tecnificado se puede orientar a proveer eficientemente

a los cultivos de agua y/o fertilizantes, a la disminución del consumo de agua, reducción de trabajo, facilidad de aplicación, entre otros (Guazzotti, 2022).

### **2.1.21 La captación de agua**

La captación consiste en recolectar y almacenar agua proveniente de diversas fuentes para su uso benéfico. El agua captada de una cuenca y conducida a estanques reservorios puede aumentar significativamente el suministro de ésta para el riego de huertos, bebederos de animales, la acuicultura y usos domésticos (Bocek, 2010).

### **2.1.22 La calidad del agua para riego**

Gran parte de los nutrientes para las plantas se encuentran en el suelo en forma de sales que, disueltas en el agua que éste contiene, pueden ser absorbidas por las raíces. Las sales que hay en el suelo tienen diversos orígenes: desde la descomposición de las rocas, la entrada del agua del mar en zonas costeras (llamada intrusión marina), la aplicación excesiva de fertilizantes o el uso de un agua de riego salina. (Andalucía, 2020).

Cuando la concentración de sales solubles en el suelo es normal no suelen existir problemas para que el cultivo se desarrolle correctamente, sin embargo, cuando es excesiva el crecimiento puede verse disminuido. En sistemas de regadío, el uso de aguas de riego salinas supone el riesgo de salinizar el suelo y en muchos casos puede provocar una disminución en la producción del cultivo. Además de estos, otros problemas importantes que pueden ocasionarse son de toxicidad para las plantas, de infiltración del agua en el suelo y de obstrucciones en sistemas de riego localizado. Mediante la realización de los análisis oportunos se podrá conocer la calidad del agua de riego con bastante precisión. (Sánchez, J. 2007).

Este es un objetivo fundamental antes de la implantación de un regadío, ya que existen numerosos aspectos que es preciso determinar en función de la calidad del agua como aquellos relacionados con la elección del sistema de riego o el cultivo a establecer, los componentes de la instalación de riego o el tipo de tratamientos que es preciso realizar al agua para poder regar con ella. Otros aspectos como el dimensionamiento de la red

de drenaje se pueden conocer una vez que se haya analizado la calidad del agua de riego y se conozcan las necesidades de lavado. Además de constituir un importante criterio de elección, la calidad del agua de riego y en particular el contenido de sales, es un indicador necesario para un manejo del riego y balance de sales en la zona de raíces adecuados y evitar en lo posible los problemas indicados anteriormente. (Andalucía, 2020).

#### **2.1.22.1 Salinidad del agua**

El agua de riego contiene cierta cantidad de determinadas sales que se añadirán a las que ya existen en el suelo. Pero como las plantas extraen sólo algunas de ellas y en distintas cantidades, el suelo y el agua suelen tener distinto tipo de sales por lo que es conveniente diferenciar entre la salinidad del agua de riego y la salinidad del agua que está en el suelo disponible para la planta. (Cánovas, J. 1986).

Esto supone que la cantidad de sales que hay en el suelo depende de la que se aporte con el agua de riego y de lo que extraiga el cultivo. Si se incrementa en exceso el contenido de sales en el suelo la planta puede resultar afectada, pudiendo producirse una disminución en la producción y, en casos extremos, su muerte. De hecho, en muchas ocasiones los daños por salinidad son mayores que los producidos por una falta prolongada de agua. (Andalucía, 2020).

**Tabla 1.** Interpretación de análisis de agua de riego

Valores normales	
pH	6-8.5
Conductividad eléctrica	0-3 dS/m
Carbonatos	0-3 mg/L
Bicarbonatos	0-600 mg/L
Cloruros	0-1.100 mg/L
Sulfatos	0-960 mg/L
Calcio	0-400 mg/L
Magnesio	0-60 mg/L
Potasio	0-2 mg/L
Sodio	0-920 mg/L
Boro	0-2 mg/L
Hierro	0-0.5 mg/L
RAS <sup>(1)</sup>	0-15
Dureza	0-40 °F <sup>(2)</sup>
Sólidos en suspensión	0-100 mg/L
Bacterias	0-25.000 por cm <sup>3</sup>

(1) RAS: Relación de Adsorción de Sodio

(2) Grados franceses

**Fuente:** (Andalucía, 2020)

### 2.1.22.2 Medida del contenido de sales

Realizada en laboratorio, con ella se puede conocer la concentración que existe de cada una de las sales analizadas. Lo más usual es que se exprese en miligramos por litro (mg/L). Sumando las cantidades obtenidas de todas las sales, se tiene el Contenido Total de Sales del agua de riego (CTS), que normalmente se expresa en gramos por litro (g/L). (Andalucía, 2020).

**Figura 1.** Sales más frecuentes en el agua de riego y en el suelo



**Fuente:** (Andalucia, 2020)

### 2.1.22.3 Medida de la conductividad eléctrica

La concentración o el contenido total de sales se puede determinar de manera muy simple y rápida utilizando un aparato llamado conductímetro, que mide en realidad la conductividad eléctrica. Este aparato carece de demasiada precisión, por lo que para obtener medidas muy precisas es conveniente que se determine con un análisis de laboratorio.

La conductividad eléctrica suele expresarse en deciSiemens por metro (dS/m) o en milimhos por centímetro (mmho/cm) y a una temperatura determinada, siendo ambas unidades equivalentes (una muestra con una conductividad de 1.2 dS/m tendrá también 1.2 mmho/cm). Una vez que se ha determinado la conductividad eléctrica, el contenido total de sales (CTS) en g/L (gramos por litro) se calcula con una fórmula muy simple: **Contenido Total de Sales = 0.64 x Conductividad eléctrica** (FAO, 2006).

Existen una serie de criterios que establecen si el agua puede usarse para el riego según la cantidad de sales disueltas medidas en ella, criterios que deben usarse con precaución y ser aplicados con carácter general ya que cada caso particular puede tener soluciones

adecuadas. La FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación) indica el riesgo de producirse problemas de salinidad según los siguientes límites en contenido de sales:

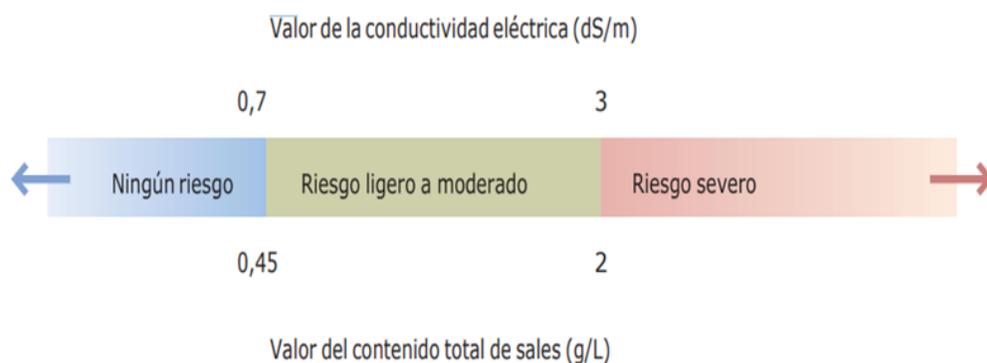
Si la conductividad es mayor de 3 dS/m o el CTS mayor de 2 g/L, los problemas de salinidad pueden ser muy graves a menos que se establezcan una serie de tratamientos como lavado de sales frecuente o cambio de cultivo por otro u otros que resistan mejor las condiciones de salinidad. No obstante, la experiencia y el asesoramiento técnico serán muy útiles para adecuar los límites y tolerancias en función del sistema de riego, el tipo de suelo y el cultivo. (FAO, 2006).

**Figura 2.** Medida de la conductividad eléctrica de un agua de riego usando un conductímetro portátil



**Fuente:** (Andalucia, 2020)

**Figura 3.** Riesgo de salinización del suelo según la conductividad eléctrica o el contenido total de sales del agua de riego.



**Fuente:** (FAO, 2006)

#### 2.1.22.4 Tolerancia de los cultivos a la salinidad

La tolerancia a la salinidad es la capacidad del cultivo a soportar un exceso de sales en la zona de raíces (es decir, en el agua del suelo próxima a la zona radicular). Cada cultivo presenta una tolerancia distinta, pero además se ve afectada por diversos factores como el tipo de sal, el clima, manejo y método de riego, etc. La tolerancia indica el valor de conductividad en el agua del suelo que cada cultivo puede soportar sin producirse disminuciones en su rendimiento. De esta forma se puede establecer una comparación entre los cultivos que toleran mejor la salinidad (los de valor más alto) y los que son muy poco tolerantes (valores más bajos). Algunos valores de tolerancia para diferentes tipos de cultivos se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 2.** Tolerancia de los cultivos a la salinidad

Tolerancia a la salinidad (dS/m)					
Cultivos extensivos		Cultivos hortícolas		Cultivos frutales	
Cebada	8.0	Pepino	2.5	Olivo	2.7
Algodón	7.7	Tomate	2.5	Vid	1.5
Remolacha	7.0	Melón	2.2	Manzano	1.7
Trigo	6.0	Espinaca	2.0	Naranja	1.7
Soja	5.0	Col	1.8	Limonero	1.7
Arroz	3.0	Patata	1.7	Melocotonero	1.7
Maíz	1.7	Pimiento	1.5	Ciruelo	1.5
		Cebolla	1.2		
		Judía	1.0		
		Fresa	1.0		

**Fuente:** (Andalucía, 2020)

La salinidad del agua de riego es un indicador muy valioso del riesgo de salinización del suelo, lo que es fundamental conocer antes de elegir el cultivo a implantar. Por ejemplo, si el agua de riego presenta valores muy elevados de contenido total de sales (y por lo tanto la conductividad eléctrica) es siempre más seguro implantar un cultivo de algodón antes que de maíz a efectos de tolerancia del cultivo ante futura salinización del suelo. Evidentemente es preciso evaluar otros factores, pero con este criterio se evita un serio problema en la productividad del cultivo. También debe tenerse en cuenta como criterio de elección del sistema de riego y debe ser tenido en cuenta si existe la posibilidad de implantar uno u otro. En riego por aspersión toda la parte aérea de la planta se moja, por lo que, si el agua es muy salina, la evaporación provoca que la sal se acumule en las hojas y el fruto y si el cultivo no es muy tolerante los daños pueden ser importantes. Sin embargo, el uso de aguas similares en riego localizado con un cultivo de tolerancia parecida posiblemente no provoque ningún efecto perjudicial. Por ejemplo, riego por aspersión en un cultivo de melón sería desaconsejado mientras que esa misma agua podría aplicarse sin problemas en un cultivo de pepino en riego localizado. (Cánovas, J. 1986).

#### **2.1.22.5 Toxicidad**

La presencia de determinadas sales en el suelo, incluso a bajas concentraciones, puede provocar efectos tóxicos en las plantas. Normalmente, los cultivos leñosos o arbóreos presentan mayor toxicidad que los cultivos anuales. En general, las que ocasionan más problemas para los cultivos son el sodio, el boro y el cloruro. La toxicidad de cada uno de ellos es diferente para cada cultivo, así como los síntomas que producen en las plantas. Por lo tanto, conociendo los síntomas se pueden detectar ciertos problemas de toxicidad. Un exceso de sodio produce sequedad o quemaduras en los bordes exteriores de las hojas. Cuando el problema continúa, la sequedad continúa por los nervios hasta el centro de la hoja. Los cítricos, aguacate y judía son los cultivos más sensibles al exceso de sodio en el suelo, mientras que trigo, algodón, cebada, alfalfa y remolacha, por ejemplo, son muy tolerantes. (Andalucía, 2020).

**Figura 4.** Síntomas de exceso de sodio en una hoja de platanera



**Fuente:** (Cánovas, J. 1986)

Cuando el cloruro se acumula en las hojas hasta niveles del orden del 0.1–0.3% del peso de la hoja, los efectos pueden ser muy perjudiciales. Suele manifestarse con quemaduras en la punta de las hojas y avanzar por los bordes. Afecta fundamentalmente a cultivos leñosos, siendo muy sensibles los frutales de hueso, el aguacate, los cítricos y la vid.

**Figura 5.** Síntomas de exceso de cloruro en una hoja de maíz



**Fuente:** (Cánovas, J. 1986)

El boro, a diferencia de los anteriores, afecta tanto a plantas leñosas como a anuales. Llega a ser muy perjudicial para algunas plantas incluso a concentraciones tan bajas

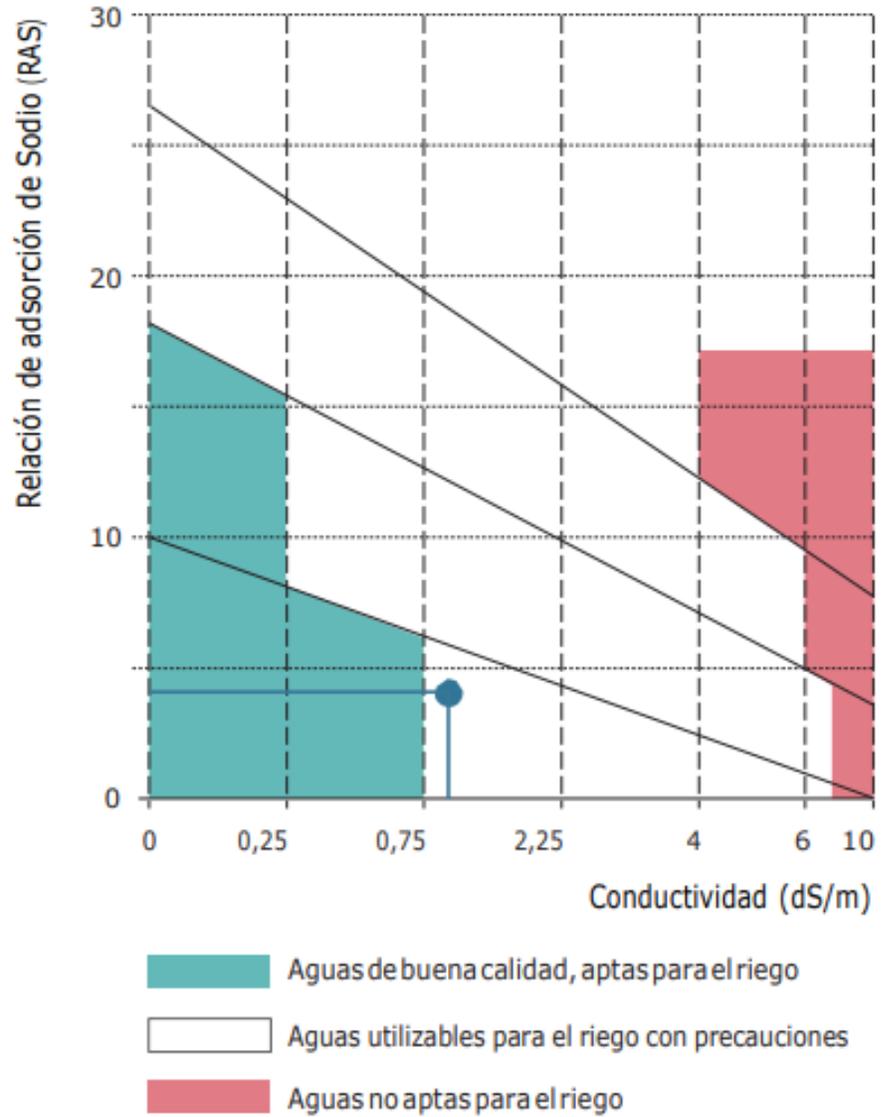
como 1 miligramo por litro, sin embargo, es un elemento esencial para un desarrollo correcto del cultivo. Suele manifestarse por un amarilleamiento de la punta de las hojas más antiguas que va desplazándose hasta en centro de las hojas entre los nervios y sequedad en algunas otras zonas de la planta. Las plantas más sensibles son, entre otras, la judía, el girasol, el trigo, el maíz, el algodón, los frutales de hueso y pepita, la vid y el aguacate, mientras que son bastante tolerantes el espárrago, la remolacha y la alfalfa entre otras. (Cánovas, J. 1986).

#### **2.1.22.6 Problemas de infiltración**

Aunque se aporte agua al suelo mediante riego, si la infiltración es deficiente pueden surgir serios problemas para que ésta llegue a las raíces de las plantas. Los problemas más frecuentes relacionados con una infiltración baja suelen producirse cuando el sodio (que suele estar presente en el agua de riego) se incorpora al suelo y deteriora su estructura; los agregados del suelo se dispersan en partículas pequeñas que tapan o sellan los poros y evitan que el agua pueda circular e infiltrarse con facilidad. El efecto contrario lo producen el calcio y el magnesio, por lo que para evaluar realmente el problema que puede generar un exceso de sodio hay que saber también la cantidad de calcio y magnesio que hay en el suelo. (Cánovas, J. 1986).

La forma de evaluar ese balance se realiza con un índice llamado Relación de Adsorción de Sodio (RAS). Cuanto mayor sea el RAS, mayor será la cantidad de sodio con respecto a la de calcio y magnesio y mayores serán los problemas de degradación del suelo y de infiltración del agua. La salinidad del agua y la relación de adsorción de sodio, evaluados de forma conjunta, son normalmente los dos criterios más restrictivos para el uso del agua para riego (Figura 6). Por ejemplo, según el gráfico de la figura, un agua con una conductividad eléctrica de 0.85 dS/m y un RAS de 4.32, sería apta para el riego empleando las debidas precauciones. (FAO, 2006)

**Figura 6.** Calidad del aguade riego en función del contenido de sales y la relación de adsorción de sodio



**Fuente:** (Andalucía, 2020)

El valor relación de absorción de sodio indica la posibilidad de que el agua de riego provoque la sodificación del suelo, lo que depende de la proporción de Na<sup>+</sup> respecto a los demás cationes. Se define como el grado de saturación del complejo e intercambio del suelo con sodio (Sánchez. 2007).

El RAS se define de la siguiente ecuación:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} meq/l$$

Las aguas según su relación de absorción de sodio pueden pertenecer a 4 clases (Cánovas, J. 1986):

**Clase 1.-** Agua baja en sodio, que puede utilizarse para riego de la mayoría de los cultivos y en la mayoría de los suelos, el valor de RAS puede variar entre 0-10 meq/l.

**Clase 2.-** Agua media en sodio, que puede utilizarse en suelo de textura gruesa o en suelos orgánicos de buena permeabilidad. El valor de RAS varía entre 10-18 meq/l.

**Clase 3.-** Agua alta en sodio que puede producir niveles tóxicos en la mayoría de los suelos, los cuales requerirían practicas especiales de manejo, RAS de 18 -26 meq/l.

**Clase 4.-** Agua muy alta en sodio, inadecuada para riego, salvo que su CE sea bajo, la aplicación de yeso sería antieconómica, el valor de RAS es mayor de 26 meq/l

(Marín & Aragón. 2002).

#### **2.1.22.7 Otros criterios de calidad**

Además de la salinidad y la relación de adsorción de sodio, es muy conveniente saber la cantidad de sólidos en suspensión, el pH, la dureza, el contenido de hierro y la cantidad de bacterias del agua de riego, principalmente para determinar el riesgo de obturaciones en sistemas de riego localizado (FAO, 2006).

La dureza del agua, mide el contenido de calcio y magnesio en el agua. Las agua duras o muy duras, por su gran concentración en uno o ambos elementos, son recomendadas

para recuperar suelos con problemas de exceso de sodio ya que mejoran la estructura del suelo y reducen el problema de baja infiltración. La dureza se expresa en grados franceses, con la siguiente clasificación para el agua:

**Tabla 3.** Grados franceses

Grados franceses	Tipo de agua
<7	Muy dulce
7-14	Dulce
14-22	Medianamente dulce
22-32	Medianamente dura
32-54	Dura
>54	Muy dura

**Fuente:** (Andalucía, 2020)

De forma general, se admite que cuando el pH del agua es superior a 7 y la dureza está por encima de 40–50 grados franceses puede empezar a producirse problemas de obturaciones. Estas cifras son las que se están imponiendo actualmente.

El hierro y los carbonatos también pueden generar serios problemas de obturación de emisores de riego localizado dado que precipitan con bastante facilidad. Para evitar este problema, se recomienda que el agua de riego no tenga contenidos superiores a 0.5mg/L de hierro o 100mg/L de carbonatos. Si los contenidos son superiores y no es posible utilizar otro tipo de agua para riego, se debe realizar algún tipo de medida correctora como embalsar el agua antes de regar para que depositen los precipitados de hierro o de carbonatos, o bajar el pH aplicando ácido para disminuir la posibilidad de que alguno de ellos precipite. (Sánchez, J. 2007).

Otros criterios que han de tenerse en cuenta para evitar el riesgo de obstrucciones se refieren a la cantidad de bacterias o de sólidos en suspensión, admitiéndose por lo general que una concentración mayor de 50–100 miligramos por litro (mg/L) de sólidos en suspensión o una cantidad mayor de 10.000 bacterias por centímetro cúbico (cm<sup>3</sup>) de agua pueden empezar a dar problemas de obturación. Aun cuando los problemas que surgen en gran parte de las instalaciones de riego localizado son muy frecuentes,

lo cierto es que se tiene muy poco en cuenta la calidad del agua antes de elegir los componentes de las instalaciones. (Andalucía, 2020).

### **2.1.23 Microcuenca como espacio de vida**

Las microcuencas son espacios geográficos donde las lluvias caen, se juntan, escurren, infiltran y forman lagunas, riachuelos, ríos y manantiales. En las microcuencas habitan los seres humanos y otros seres vivos que aprovechan estas fuentes de agua para su desarrollo y para la reproducción de sus sistemas de vida. Las familias y comunidades se organizan para acceder al agua y usarla para beber, lavarse, abrevar sus animales y regar sus parcelas. En una microcuenca pueden estar asentadas una o varias comunidades, y muchas veces los límites territoriales comunales o municipales no coinciden con los límites hidrográficos de las microcuencas. En vista de que las fuentes de agua (como los ríos y quebradas) son generalmente compartidas por varias comunidades y el recurso agua puede tornarse escaso o contaminarse por sus distintos usos, el cuidado y regulación del uso de las fuentes de agua es una tarea intercomunal que se organiza a nivel de cada microcuenca a través de una Organización de Gestión de Cuenca (OGC), que representa a las diferentes comunidades y usuarios del agua que comparten un cauce con sus respectivos afluentes y áreas de aporte. (MMAyA, 2014).

### **2.1.24 Uso actual del recurso hídrico**

El uso actual de los recursos hídricos es de aprovechado para la producción ganadera y agropecuaria destinada para riego y también para consumo. El uso del agua es limitado en tiempos de escases para el sector pecuario y doméstico en la comunidad de Guayabillas si bien es cierto existen fuentes de agua que fueron construidos por entidades públicas y privadas, pero es insuficiente su abastecimiento. La situación de sequías y problemas ambientales provocan que el agua llegue en menos cantidad y se vean afectados los productores de la comunidad. (Saracho, 2023)

#### **2.1.24.1 Medición del escurrimiento (aforos)**

La hidrometría, es la rama de la hidrología que estudia la medición del escurrimiento. Para este mismo fin, es usual emplear otro término denominado aforo. Aforar una

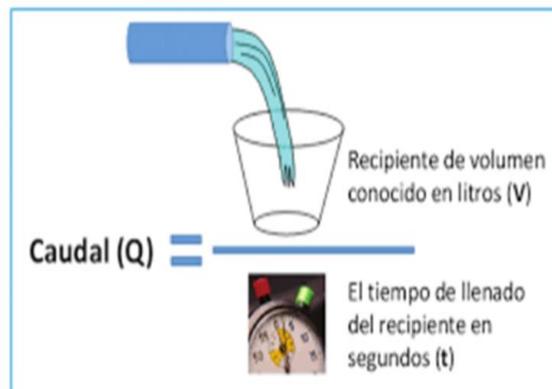
corriente, significa determinar a través de mediciones, el caudal que pasa por una sección dada y en un momento dado. (Amaya, 2017).

#### 2.1.24.2 Método de aforo volumétrico

Consiste en hacer llegar la corriente a un depósito o recipiente de volumen conocido, y medir el tiempo que tarda en llenarse dicho depósito. (Amaya, 2017).

#### 2.1.24.3 Aforo Volumétrico

**Figura 7.** Método volumétrico



**Fuente:** (Amaya, 2017)

Este método es el más exacto, pero es aplicable solo cuando se miden caudales pequeños. Las medidas con recipiente, se deben repetir 3 veces, y en caso de tener resultados diferentes, sacar un promedio, ya que se puede cometer pequeños errores al introducir el recipiente bajo el chorro. (Amaya, 2017).

#### 2.1.24.4 Cálculo del Caudal

El término caudal significa: volumen de agua que atraviesa una superficie en un tiempo determinado. Un caudal se calcula mediante la siguiente fórmula:  $Q=V/t$ , siendo Q (caudal), V (volumen) y t (tiempo). Normalmente se mide el volumen en litros y el tiempo en segundos. (Valdivieso, 2023)

Para medir un caudal se utilizan los siguientes métodos:

#### 2.7.4.1 Método volumétrico

Es un método para medir el caudal de agua en arroyos muy pequeños, es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido.

#### **2.7.4.2 Método velocidad/superficie**

Este método depende de la medición de la velocidad media de la corriente y del área de la sección transversal del canal. Una forma sencilla de calcular la velocidad consiste en medir el tiempo que tarda un objeto flotante en recorrer, corriente abajo, una distancia conocida. (Valdivieso, 2023)

#### **2.1.25 Modelos de administración de agua para riego agrícola**

Se realizará un diseño participativo de los comunarios productores agrícolas y organizándolos, para tomar en cuenta la limpieza y mantenimiento de los tubos que distribuyen y el sistema de captación de agua y el reservorio. (Ramiro Corrales A., 2020).

##### **2.1.25.1 Gestión centralizada**

En este modelo, el suministro de agua se administra y distribuye de manera centralizada a través de una autoridad o entidad responsable. Esta entidad puede ser un gobierno local, una empresa de servicios públicos o una organización especializada en la gestión del agua. La gestión centralizada permite un control más eficiente del suministro de agua y la implementación de políticas y regulaciones. (Ramiro Corrales A., 2020)

##### **2.1.25.2 Participación comunitaria**

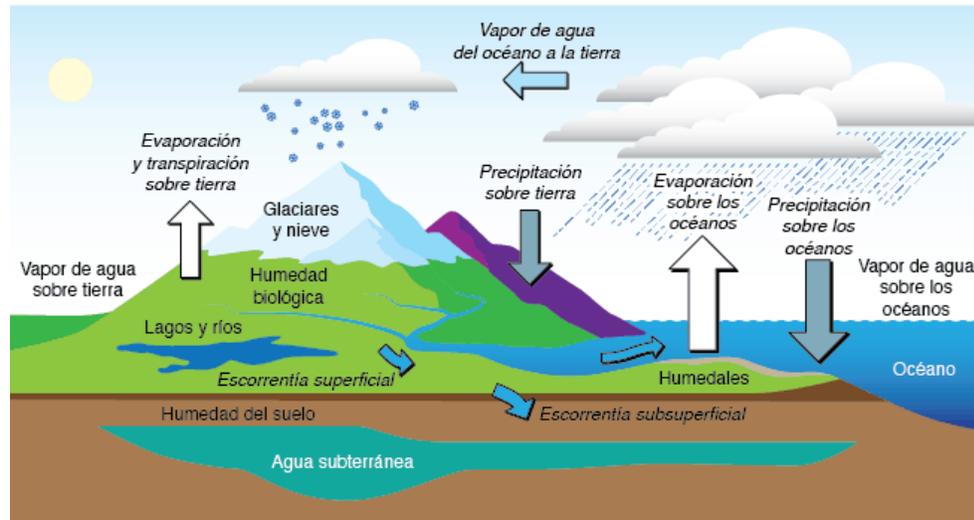
Este modelo involucra a la comunidad local en la gestión y distribución del agua. Las decisiones y responsabilidades se comparten entre los usuarios del agua y se establecen sistemas de gobernanza participativa. Esto promueve la responsabilidad compartida y puede llevar a un uso más sostenible y equitativo del agua. (Ramiro Corrales A., 2020).

#### **2.1.26 Ciclo Hidrológico**

El ciclo hidrológico es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la tierra a la atmósfera y volver a la tierra: evaporación desde el suelo, mar o aguas

continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y evaporación. (Galves, 2011).

**Figura 8.** Ciclo Hidrológico



**Fuente:** (Galves, 2011).

El ciclo hidrológico involucra un proceso de transporte circulatorio e indefinido o permanente, este movimiento permanente del ciclo se debe fundamentalmente a dos causas: la primera, el sol que proporciona la energía para elevar el agua (evaporación); la segunda, la gravedad terrestre, que hace que el agua condensada descienda (precipitación y escurrimiento) (Galves, 2011).

### 2.1.27 Balance hídrico

la evaluación de los recursos hídricos de una cuenca requiere de una estimación correcta del balance hidrológico, es decir, comprender el ciclo en sus diferentes fases, la forma en que el agua que se recibe por precipitación y se reparte entre el proceso de evapotranspiración, escorrentía e infiltración.

La ecuación de Balance Hidrológico es una expresión muy simple, aunque la cuantificación de sus términos es normalmente complicada por la falta de medidas directas y por la variación espacial de la evapotranspiración, de las pérdidas profundas (en acuíferos) y de las variaciones del agua almacenada en la cuenca (Llorens, 2003).

### 2.1.27.1 Balance hídrico de una cuenca hidrográfica

El estado inicial de la cuenca o parte de esta, para efecto del balance hídrico, pueden definirse como, la disponibilidad actual de agua en las varias posiciones que esta puede asumir, como, por ejemplo: volumen de agua circulando en los ríos, arroyos y canales; volumen de agua almacenado en lagos, naturales y artificiales; en pantanos; humedad del suelo; agua contenida en los tejidos de los seres vivos; todo lo cual puede definirse también como la disponibilidad hídrica de la cuenca. (Whiles, 2010).

Las entradas de agua en la cuenca hidrográfica pueden darse de las siguientes formas:

**Precipitaciones:** lluvia; nieve; granizo; condensaciones;

Aporte de aguas subterráneas desde cuencas hidrográficas colindantes, en efecto, los límites de los acuíferos subterráneos no siempre coinciden con los límites de los partidores de aguas que separan las cuencas hidrográficas;

Transvase de agua desde otras cuencas, estas pueden estar asociadas a:

- Descargas de centrales hidroeléctricas cuya captación se sitúa en otra cuenca, esta situación es frecuente en zonas con varios valles paralelos, donde se construyen presas en varios de ellos, y se interconectan por medio de canales o túneles, para utilizar el agua en una única central hidroeléctrica;
- Descarga de aguas servidas de ciudades situadas en la cuenca y cuya captación de agua para uso humano e industrial se encuentra fuera de la cuenca, esta situación es cada vez más frecuente, al crecer las ciudades, el agua limpia debe irse a buscar cada vez más lejos, con mucha frecuencia en otras cuencas.

Las salidas de agua pueden darse de las siguientes formas:

- Evapotranspiración: de bosques y áreas cultivadas con o sin riego;
- Evaporación desde superficies líquidas, como lagos, estanques, pantanos, etc.;
- Infiltraciones profundas que van a alimentar acuíferos;
- Derivaciones hacia otras cuencas hidrográficas;
- Derivaciones para consumo humano y en la industria;

- Salida de la cuenca, hacia un receptor o hacia el mar.

El establecimiento del balance hídrico completo de una cuenca hidrográfica es un problema muy complejo, que involucra muchas mediciones de campo. Con frecuencia, para fines prácticos, se suelen separar el balance de las aguas superficiales y el de las aguas subterráneas. (Whiles, 2010).

#### **2.1.28 Balance hídrico de los cultivos**

Es la relación entre la oferta y la demanda de agua que permite conocer la cantidad de agua que cubre las necesidades de los cultivos, según las diferentes fases decrecimiento de las plantas y calendarios agrícolas establecidos para cada proyecto de riego. El agua requerida por los cultivos es variable en los diferentes meses, como también las precipitaciones a lo largo de todo el año; de allí que el balance hídrico resulte también variable, originando déficit que determinan la necesidad de recurrir al riego. (Poma & Delgado, 2017)

#### **2.1.29 Cálculo del Área Bajo Riego Optimo (ABRO)**

Es un criterio técnico de elegibilidad para proyectos de riego, definido por el sector, para fines de planificación de riego y uso eficiente de los recursos en el sector público, su aprobación fue ratificada mediante DS N° 28817 que reglamenta a la Ley de Promoción y Apoyo al Sector Riego N° 2878 promulgada en agosto del 2006 en gabinete de ministros. El ABRO es “el área calculada de manera teórica. Es el área que se puede regar de manera óptima con el agua disponible en un ciclo agrícola y en un sistema de riego o proyecto determinado. Es el área calculada a partir de asumir cédulas y calendarios de cultivos también teóricos y proyectados”. (Poma & Delgado, 2017)

##### **2.1.29.1 Caudal ecológico**

Es la cantidad de agua mínima necesaria por unidad de tiempo que puede escurrir en forma superficial o subterránea por un curso fluvial, capaz de conservar la vida acuática, la estructura del ecosistema, generar alguna reserva para preservar valores ecológicos, hábitats naturales que cobijan la flora y fauna, las funciones ambientales como purificación de aguas, amortiguación de los extremos climatológicos e hidrológicos. (Zarate, 2011).



## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Ubicación**

El área de estudio se ubica en la comunidad de Guayabillas, la misma forma parte del cantón de la Cuenca Pedagógica Campanario - Rio Grande del municipio de Padcaya, provincia Aniceto Arce, departamento de Tarija, Bolivia, colinda con la comunidad de Baizal y La Merced, se localiza a 20 km al sur de la población de Padcaya.

#### **Ubicación de la comunidad de Guayabillas**

**Latitud Sur:** 21° 59'33.12" S

**Longitud Oeste:** 64° 40'08,17" W

#### **Ubicación de la vertiente**

**Nombre de la vertiente:** El Mololito

**Latitud Sur:** 21° 59' 23,59" S

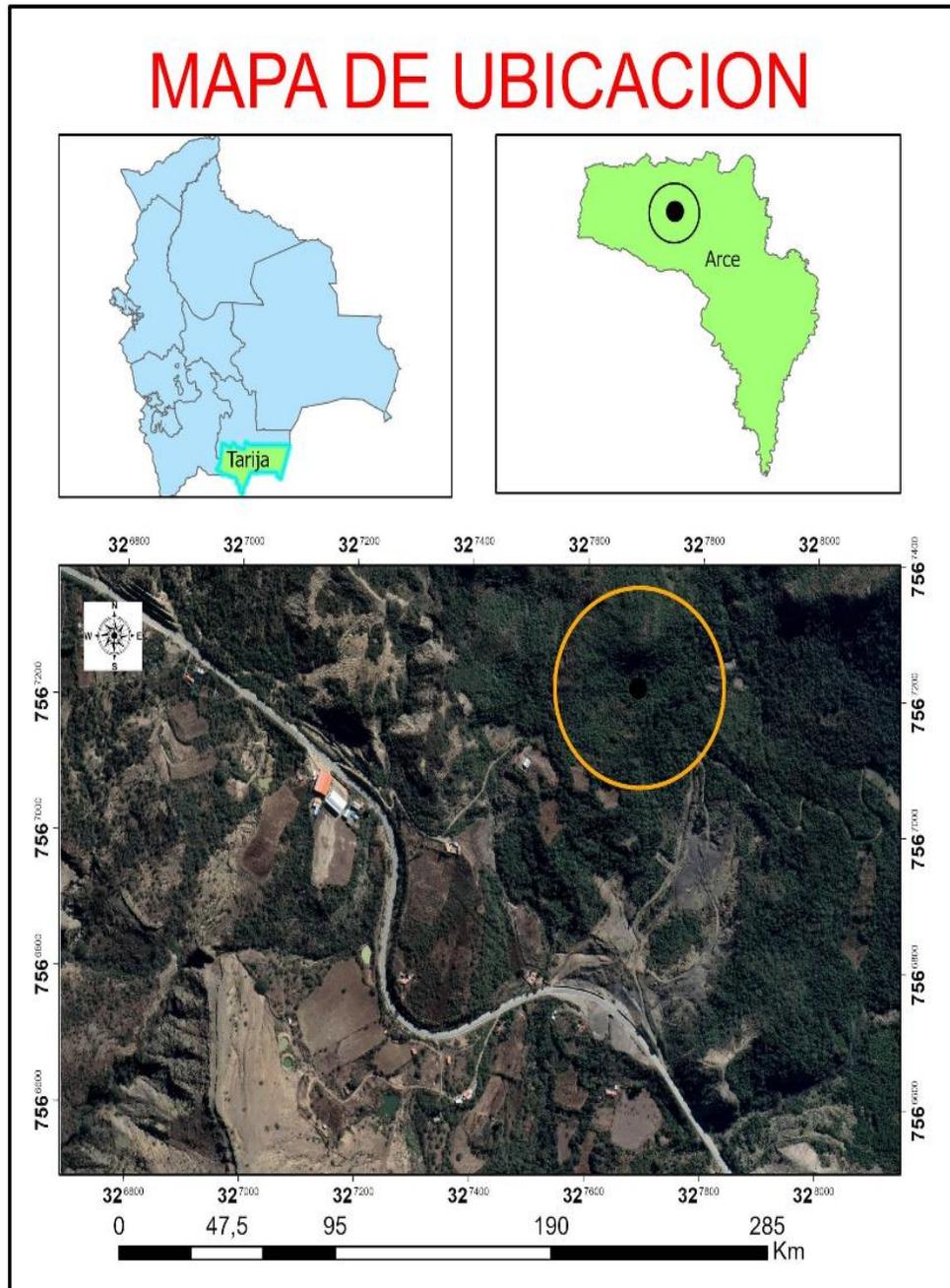
**Longitud Oeste:** 64° 40' 2,36" W

#### **Ubicación del reservorio**

**Latitud Sur:** 21° 59'28.06" S

**Longitud Oeste:** 64° 40'8.84" W

Mapa 1. Área de estudio



Fuente: (Saracho, 2023)

## **3.2 Aspectos Biofísicos**

### **3.2.1 Clima**

La comunidad de Guayabillas presenta un clima templado, determinados por la orografía, altitud sobre el nivel del mar. En general, el verano se caracteriza principalmente por una temperatura y humedad relativa alta y masas de aire inestables, produciéndose precipitaciones aisladas de alta intensidad y corta duración.

Por otro lado, el invierno se caracteriza por temperaturas y humedad relativa generalmente bajas y la ausencia de precipitaciones, asociadas a la llegada de frentes fríos provenientes del sur, llamados "surazos", que traen consigo masas de aire frío, dando lugar a veces a precipitaciones de muy baja intensidad y de larga duración. (Corrales, 2020).

Temperatura

#### **3.2.2.1 Temperatura Máxima y Mínima**

La temperatura media anual es de 16.7 °C, con una máxima y mínima promedio de 24.6 °C y 8.8 °C respectivamente. Los días con helada se registran en los meses de mayo a agosto. La humedad relativo promedio es de 67%. La dirección del viento predominante es el Sur - Este con una velocidad promedio de 2.6 Km/hr. (Corrales, 2020).

#### **3.2.3 Precipitaciones Pluviales, Periodos**

Las precipitaciones pluviales totales anuales, oscilan de 1,0 mm en el mes de julio a una máxima de 145,4 mm en el mes de enero; identificándose dos periodos: un periodo seco que abarca los meses de mayo a septiembre y un periodo húmedo en los meses de octubre a abril. (Quispe, 2019).

#### **3.2.4 Riesgos Climáticos**

Las temperaturas bajas que se presentan en la estación invernal, representan un serio riesgo para los cultivos a riego que se desarrollan en invierno y que son susceptibles a este fenómeno, sin embargo, en esta región, lo que perjudica más al sector del agro en época de invierno son heladas que se presentan.

Otro aspecto climático que afecta a la región es la sequía, es decir, la falta de precipitación oportuna que muchas veces ocasiona la pérdida total de los cultivos a temporal.

**Tabla 4.** Datos climatológicos

Riego	Época
Sequia	Octubre – Diciembre
Helada	Mayo – Agosto
Granizada	Octubre – Noviembre
Lluvias intensas o concentradas	Enero

**Fuente:** (Corrales, 2020).

En las épocas de octubre a diciembre indica épocas sequia por la zona, así mismo en los meses de mayo a agosto están pronosticadas las heladas, igualmente en los meses de octubre a noviembre existen granizadas, como así también en los meses de enero, las lluvias intensas o concentradas (Corrales, 2020).

### 3.2.5 Fisiografía

El paisaje fisiográfico de la zona de estudio corresponde a laderas de Serranías de la Provincia Fisiográfica Cordillera oriental, en la cual se puede identificar a nivel de Gran paisaje una serranía media a baja; en esta unidad, considerando la altitud, la pendiente y la disección se puede diferenciar los paisajes que se muestran en la imagen de satélite Google Earth y en la leyenda fisiográfica (tabla N°5):

**Mapa 2.** Fisiográfico de la comunidad de Guayabillas. Imagen Google Earth



**Fuente:** (Espinoza, 2023)

**Tabla 5.** Leyenda fisiográfica

<b>Provincia Fisiográfica</b>	<b>Gran Paisaje</b>	<b>Paisaje</b>	<b>Simb. Cartog.</b>
Cordillera Oriental	Serranía baja a media	Laderas altas, muy escarpadas, disectadas	L1
		Laderas medias, moderadamente escarpadas a inclinadas, poco disectadas	L2
		Ladera bajas, escarpadas, poco disectadas	L3

**Fuente:** (Espinoza, 2023)

### **3.2.5.1 Descripción del paisaje fisiográfico**

El paisaje fisiográfico de la zona de estudio corresponde a un conjunto de Serranías de la Provincia Fisiográfica Cordillera oriental, en la cual se puede identificar a nivel de Gran paisaje una serranía baja a media; en esta unidad, considerando la altitud, la pendiente y la disección se puede diferenciar los siguientes paisajes:

#### **L1.- Laderas altas, muy escarpadas, disectadas**

Este paisaje fisiográfico se ubica en la parte superior de la zona de estudio, del punto de vista hidrográfico constituye la parte alta de la cuenca donde nace la red de drenaje del área de estudio.

#### **L2. Laderas medias, moderadamente escarpadas, poco disectadas**

Este paisaje fisiográfico se ubica en la parte media del área de estudio con un relieve bajo, con pendientes moderadas a inclinadas afectados por procesos de erosión. Por la poca disección, en este paisaje se concentran las áreas de cultivo con predominio de cultivos anuales.

#### **L3. Ladera bajas, escarpadas, poco disectadas.**

Este paisaje fisiográfico se ubica en la parte inferior del área de estudio con un relieve escarpado y poca disección, pero afectado por fuertes procesos de erosión hídrica. (Espinoza, 2023).

### **3.2.6 Suelo**

Las características físicas de los suelos varían de acuerdo al paisaje fisiográfico en el que se encuentren, de manera general, se puede decir que los suelos del paisaje de laderas altas, muy escarpadas, disectadas y laderas bajas, escarpadas, poco disectadas, presentan pendientes escarpadas (30 a 60%) a muy escarpadas (mayor a 60%)

Son suelos muy superficiales poco profundos, con presencia de contacto lítico superficial y afloramientos rocosos, afectados por procesos de erosión hídrica y movimientos en masa. Los suelos son Francos a Franco arcillosos. (Espinoza, 2023)

### **3.2.7 Uso de la tierra**

La tenencia de la tierra es por sucesión hereditaria de padres a hijos, este formalismo también incide en la parcelación y división de las pequeñas áreas de cultivo y de pastoreo, gran parte de la población, en su mayoría, son pequeños a medianos agricultores, debido al parcelamiento. El bajo nivel tecnológico y las condiciones climáticas que imperan, provoca que la producción agrícola sea menor, originando fluctuaciones en los precios, que antes de favorecer al productor, beneficia más al intermediario. La falta de una permanente asistencia técnica y apoyo se constituye en otro de los factores negativos para la agricultura afectando en gran medida.

Las principales actividades económicas que desarrollan las familias beneficiarias, están sustentadas en la capacidad productiva de la tierra, principal recurso con el que cuentan, complementado por la ganadería, agricultura y la venta de fuerza de trabajo temporal en zonas pobladas cercanas como la Localidad de Padcaya, la ciudad de Tarija, Bermejo, Santa Cruz y la Argentina.

La actividad pecuaria satisface diferentes necesidades, por un lado, cubre las necesidades alimenticias de la familia como carne, leche, queso y huevo. Por otro lado, proporciona energía de tracción para las actividades agrícolas, como la yunta en la preparación del terreno, siembra, labores culturales y cosecha. La crianza del ganado vacuno y los demás animales, se realiza a manera de ahorro, del cual la familia puede disponer, en cualquier momento; principalmente, en caso de presentarse emergencias.

La actividad agrícola es fundamental y de mucha importancia para las familias, ya que es de sustento y de autoconsumo. Un Sistema de Producción es un conjunto de procesos en los cuales integran los recursos (suelo, agua, trabajo) con el objetivo de tener productos y satisfacer sus necesidades.

Dentro de los sistemas de Producción se consideran:

**Producción Agrícola:** (que incluye alimentos, forrajes, cultivos y combustible).

**Producción Pecuaria:** Se identifica como un proceso, ya que su manejo y mantenimiento está basado en los forrajes, restos de cosechas agrícolas y pastos de las praderas; posteriormente este se convertirá otra vez en recurso (estiércol y tracción) para la producción agrícola, o en producto (animales, carne,).

Las categorías de uso de acuerdo a los pobladores de las comunidades, por su naturaleza corresponden a: terrenos cultivables, terrenos no cultivables y zonas de pastoreo. Las superficies cultivadas, los terrenos cultivables y las superficies de descanso conciernen a suelos aptos para la agricultura, las tierras de uso no agrícolas son aquellos suelos donde la comunidad dispone para los terrenos comunales como es la escuela, la posta, etc. y las zonas de pastoreo se refiere a zonas con praderas nativas, fuente de alimentación importante para la ganadería extensiva. (Saracho, 2023).

### **3.2.8 Flora**

La vegetación es la cobertura de plantas (flora), salvajes o cultivadas que crecen espontáneamente en un área geográfica, sea en una superficie de suelo o en un medio acuático. Hablamos también de una cubierta vegetal. Su distribución en la Tierra depende de los factores climáticos y de los suelos. Tiene tanta importancia que inclusive se llega a catalogar a los climas según el tipo de vegetación que crece en la zona donde ellos dominan. Por eso se habla de un clima de selva, de un clima de sabana, de un clima de taiga, entre climas lluviosos, etc.

La vegetación natural tiene múltiples relaciones con los componentes bióticos y abióticos del medio como protector del suelo, estabilizador de pendientes, regulador de la calidad y cantidad de agua en las cuencas, hábitat de la fauna silvestre; expresión de

las condiciones locales ambientales y estabilidad ecológica y calidad general del ecosistema. De esta manera, el conocimiento de los recursos vegetales, coadyuva de gran manera en la planificación espacial del uso de la tierra y conservación de la biodiversidad.

La comunidad de Guayabillas, se caracteriza por ser parte de dos provincias fisiográficas: la cordillera oriental, con 5 tipos de vegetación: pastizales, arbustales alto andinos, pajonales-arbustales y matorrales-pastizales, bosques montañosos nublados, matorrales xerofíticos de los valles interandinos y matorrales y bosques. (Quispe, 2019).

### **3.2.9 Fauna**

Por la variedad de ecosistemas; en la comunidad de Guayabillas, existe una gran diversidad de especies de animales silvestres, entre mamíferos, aves, reptiles y peces, algunos de ellos en peligro de extinción, la mayor cantidad de faunas se encuentra en la reserva de Tariquía. (Quispe, 2019).

### **3.2.10 Características socioeconómicas**

La comunidad de Guayabillas es una zona productora agrícola y ganadera que puede presentar diversas características socioeconómicas donde se detalla:

**Nivel de ingresos:** El nivel de ingresos económico de los comunarios puede variar dependiendo de la producción y comercialización de sus productos agrícolas y ganaderos, así como de las condiciones del mercado.

**Educación:** La educación juega un papel importante en el desarrollo de la comunidad en tal sentido la comunidad de Guayabillas cuenta una unidad educativa que atienden hasta educación primaria a más de 10 niños y niñas, una gran parte de los beneficiarios manifiestan haber cursado el nivel primario de educación.

**Ocupación:** Los miembros de la comunidad se dedican a la producción agrícola y ganadera como su principal actividad.

Edad: La edad de los comunarios de Guayabillas oscila entre los 30 a 50 años en su mayoría, lo cual permite dinamicidad en el uso y adecuación de tecnologías para la producción, así como las nuevas prácticas agrícolas, además la buena gestión y administración de los recursos.

**Género:** La participación equitativa de hombres y mujeres en la producción agrícola y ganadera en la comunidad de Guayabillas permite mejorar la calidad de vida y convivencia armónica en las familias. (Saracho, 2023)

### **3.3 Materiales**

#### **3.3.1 Material de campo**

- Libreta de campo
- Planillas - calculadora
- Tablero de apuntes
- Cámara fotográfica
- GPS. Garmin
- Machete, otros.

#### **3.3.2 Material de gabinete**

- Programas, Word, Excel, Ppt.
- Imágenes de satélite Google Earth Pro.
- Laptop

#### **3.3.3 Herramientas menores y equipo**

- Balde graduado de 5 L
- 1 m de tubería de 4 pulg, de diámetro
- Cronometro
- Azadón o picota

### **3.4 METODOLOGÍA**

En la presente tesis se empleó la metodología descriptiva; ya que se realizó una descripción a través de una evaluación del sistema de captación de agua de vertiente y su administración para el riego agrícola en la comunidad de Guayabillas.

**La metodología empleada comprende las siguientes fases:**

- Fase 1.- Reconocimiento al área de estudio.
- Fase 2.- Aforo de caudales por el método volumétrico.
- Fase 3.- Determinación de la calidad de agua para riego.
- Fase 4.- Encuesta a beneficiarios.

**Planificación, preparación y recopilación de información de la investigación.**

Se realizó las actividades de coordinación con el docente guía a partir de un cronograma de actividades para realizar el proceso de investigación, así como la preparación de los materiales necesarios para la obtención de la información, como también la de coordinación con representantes de la comunidad y con los encargados del Proyecto Cuenca Pedagógica Campanario - Río Grande.

Este proceso se llevó adelante en las siguientes fases:

#### **3.4.1 Fase 1: Reconocimiento del área de estudio**

La visita de reconocimiento consistió en un recorrido físico por los alrededores de la vertiente de agua, para realizar el estudio que dio una idea general de la investigación (distancias, accesos a la vertiente, ubicación, y otra información importante.) Se coordinó el ingreso a la vertiente, tomando todas las previsiones necesarias para garantizar el éxito del trabajo de campo.

Se realizó el reconocimiento a partir de los siguientes los pasos:

- Reconocimiento de la vertiente y el sistema de captación de agua.
- Reconocimiento del reservorio de agua de vertiente.

- La evaluación del estado actual en que se encuentran los tubos PVC, toma de agua, cámara desarenadora, cámara de llaves, y el reservorio.

### 3.4.2 Fase 2: Aforo de caudales por el método volumétrico

Para el aforo de caudales por el método volumétrico se realizó siguiendo los siguientes pasos:

- Preparación de materiales necesarios para el trabajo de campo, considerando las actividades, (ubicación de puntos de aforo).
- Medición del caudal de agua de vertiente y el ingreso del agua al reservorio por el método volumétrico.
- Cruce de información con datos del aforo y datos de la encuesta para el requerimiento agua de los cultivos producidos en la comunidad de Guayabillas.

#### 3.4.2.1 Procedimiento del aforo

- Instalar el tubo PVC en el lugar escogido para el aforo, acondicionando con el azadón el terreno, para asegurar que el tubo permanezca firme y conducir hacia él toda el agua.
- Esperar unos 3 minutos para que se establezca el caudal en la salida del tubo y verificar que no exista filtraciones.
- Una vez estabilizado el caudal de salida, se procede a medir los tiempos de llenado del recipiente utilizado. Es necesario efectuar por lo menos tres repeticiones para obtener un dato confiable.
- Es importante ser precisos en cuanto al nivel del llenado del recipiente, que no debe ser inferior o sobrepasar la marca del volumen conocido.
- Finalmente, con los datos obtenidos de volumen y tiempos de llenado, se calculó el caudal de la vertiente y el caudal de ingreso al reservorio, aplicando la siguiente formula:

**Donde:**

Q = Caudal en litros/segundo (ó m<sup>3</sup>/s).

V= Volumen en litros (ó m<sup>3</sup>).

$$Q = \frac{V(\text{litros})}{t(\text{segundos})}$$

T= Tiempo en segundos

### **3.4.3 Fase 3: Determinar la calidad de agua para riego**

Se recolecto la muestra de manera cuidadosa, de forma que los resultados del análisis sean fiables y basándose en ellos se puedan determinar las estrategias adecuadas.

Los pasos para la toma de muestra fueron los siguientes:

- Se realizo la limpieza de la botella plástica con la misma agua unas cinco veces agitándola, para después proceder al llenado del agua.
- Se tomo la muestra de agua en botella de 2 litros, agua de vertiente y del reservorio.
- Se etiquetó la muestra y se envió al laboratorio de suelos de la F.C.A.F. para su respectivo análisis de la calidad de agua para riego.

### **3.4.4 Fase 4: Encuesta a beneficiarios**

Se elaboró una encuesta a beneficiarios del agua de vertiente el Mololito en la comunidad de Guayabillas, a partir de preguntas cerradas y abiertas, para recolectar información que ayudó a la investigación.

- Recolección de información sobre el uso de los recursos hídricos.
- Información sobre los cultivos que producen y los sistemas de riego que usan los beneficiarios.
- Información de los tiempos y turnos del uso del agua para riego.
- Información del mantenimiento de todo el sistema de captación de agua de la vertiente.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

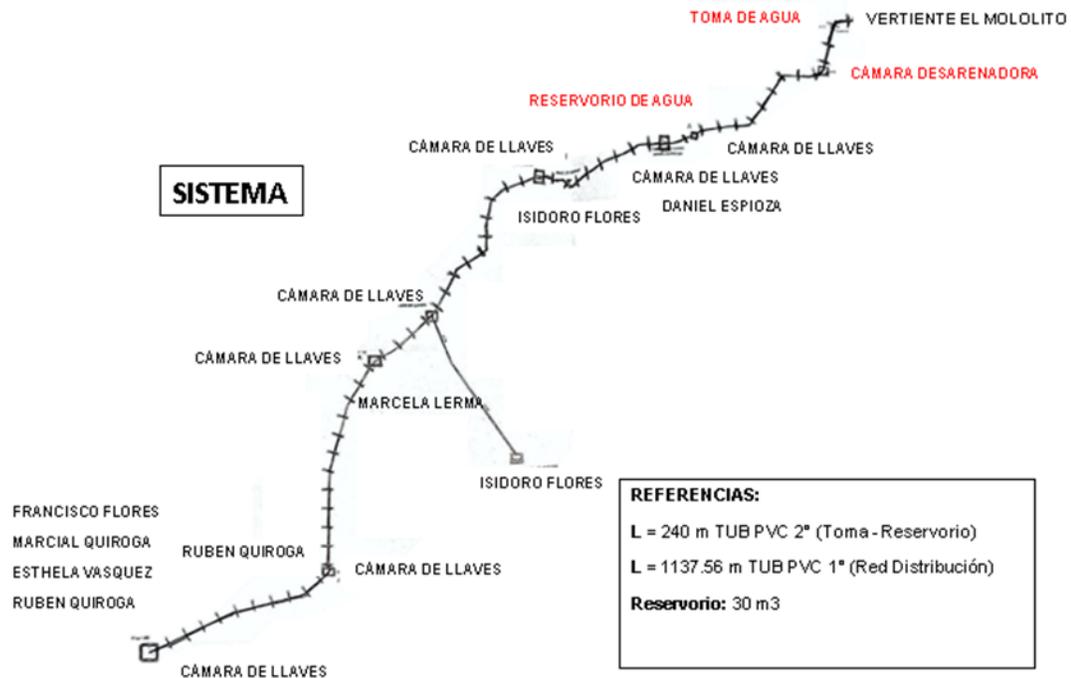
#### 4.1 Estado situacional del sistema de captación de agua de vertiente el Mololito

El sistema de captación de agua de la vertiente fue instalado por el Gobierno Autónomo Municipal de Padcaya, en coordinación con el Gobierno Nacional, el año 2013, este sistema tiene un periodo máximo de vida de 20 años.

La vertiente el Monolito tiene una fluidez constante durante todo el año, su flujo depende de las precipitaciones pluviales, esta vertiente beneficia a los productores agrícolas y ganaderos de la comunidad de Guayabillas.

La toma de agua solo capta la capacidad del tubo PVC de 2 pulgadas, la misma que conduce hacia el reservorio.

**Figura 9.** Sistema de abastecimiento de agua de riego



En la figura 9, podemos identificar el tubo PVC de 2 pulg. y la toma de agua de vertiente, el Mololito que se encuentra a una distancia de 240 m. longitud del reservorio, y desde el reservorio se puede observar los tubos PVC de 1 pulg. con una distancia de longitud de 1136.56 m. de distribución del agua hasta los últimos beneficiarios de la comunidad de Guayabillas.

### **Evaluación del estado de la captación de agua**

El área de captación de agua es de hormigón ciclópeo (H° C°), con una tubería PVC de 2 pulg. con barbacanas, que tiene ranuras cuadradas de 1 cm. de largo y ancho, con una separación de 2 cm. entre ranuras, el sistema tiene una pendiente recta de 20° grados.

**Figura 10.** Sistema de captación de agua



Las ranuras cuadradas en el tubo PVC se encuentran ubicados estratégicamente y con el tamaño adecuado para garantizar la eficiencia en la captación del agua para no permitir el ingreso de sedimento o restos de materia orgánica que puedan obstruir la fluides del agua en el sistema.

En el sistema de captación de agua se encuentra un muro de hormigón que divide el agua para consumo y otra para riego.

**Figura 11.** Área de captación de agua



**Evaluación del estado de la conducción de agua**

**Figura 12.** Tubos PVC de 2 pulg, de conducción



En la figura 12 podemos observar el tubo PVC de 2 pulg. encargado de conducir el agua hasta el reservorio, donde se almacena para su respectiva distribución a los productores de la comunidad.

Durante el recorrido se pudo observar que el tubo PVC sufre agrietamientos causados por el tiempo de uso y la exposición a la luz solar y la presión del agua, los mismos que debilitan y reducen su duración, estas son reparados de forma casera por los beneficiarios de la comunidad.

### **Evaluación de la cámara desarenadora**

El sistema de captación de agua cuenta con una cámara desarenadora, que tiene la función de retener de los sedimentos que son arrastrados por el agua en la tomade agua, los cuales son atrapados en la cámara desarenadora, garantizando el agua libre de sedimentos que fluyen a través de la tubería de conducción.

La cámara desarenadora cuenta con un tubo PVC de 2 pulg. la misma cumple la función de sacar el exceso de agua a un costado de la cámara, de igual manera el tubo sirve para hacer el mantenimiento y limpieza, la cámara se encuentra en buen funcionamiento, pero requiere limpieza de sedimentos.

**Figura 13.** Cámara desarenadora



#### 4.1.1 Evaluación del reservorio de agua

**Figura 14.** Reservorio de agua de vertiente



El reservorio está construido de hormigón en forma cilíndrica, con una dimensión de 6 m. de diámetro y 1.2 m. de altura, esta tiene la capacidad de almacenar hasta 30000 L. (30 m<sup>3</sup>), de agua de vertiente, actualmente se encuentra con un poco de desgaste por los años de uso continuo, así mismo se encontró con algunas fisuras muy pequeñas de 5 cm. como máximo, debido a la exposición solar y la presión del agua almacenada, pero que la misma no afecta en su estructura, diseño y funcionalidad.

**Figura 15.** Tubo PVC de saneamiento



El reservorio cuenta con un tubo de saneamiento PVC de 2 pulg, que sirve para sacar el exceso de agua, como también para el mantenimiento y la limpieza del reservorio.

**Figura 16.** Vertedero de excedencias



### **Evaluación de la cámara de llave de ingreso de agua al reservorio**

Esta estructura se utiliza para controlar el flujo del agua que ingresa al reservorio, al abrir o cerrar la llave, para aumentar o disminuir el nivel de agua según la necesidad.

La cámara de llave se encuentra en buenas condiciones para su uso, tiene un funcionamiento adecuado, ya que abre y cierra correctamente, no presenta fugas de agua, pero se debe realizar limpieza y pitando de la válvula.

**Figura 17.** Cámara de llave de ingreso de agua al reservorio



### **Evaluación de la cámara de llaves de distribución**

La cámara de llaves de distribución se utiliza para la repartición del agua almacenada en el reservorio a través de tuberías de distribución para las parcelas.

La cámara de llaves de distribución se encuentra en buena condición para su uso, tiene un funcionamiento adecuado, ya que abren y cierran correctamente y no presenta fugas de agua, pero se debe realizar limpieza y pitando de la válvula.

**Figura 18.** Cámara de llaves de distribución de agua



#### **4.1.2 Medición de caudal de agua de vertiente (Aforo volumétrico)**

Para la medición del caudal de agua de la vertiente “El Mololito”, se realizó 4 aforos en diferentes fechas y meses del año, el primer aforo se realizó el 3 de agosto 2023 con un volumen de 5 litros en un tiempo de 5.37 segundos, el segundo aforo se realizó 22 de septiembre 2023 con un volumen de 5 litros en un tiempo de 6.56 segundos, el tercer aforo se realizó 25 de octubre 2023 con un volumen de 5 litros en un tiempo de 4.22 segundos, el ultimo aforo se realizó 3 de noviembre del 2023 con un volumen de 5 litros en un tiempo de 4.43 segundos.

**Tabla 6.** Fechas del aforo y datos del aforo

Número de aforos	Fechas de aforo	Volumen (l)	Tiempo (s)
1	03 de agosto 2023	5	5.37
2	22 de septiembre 2023	5	6.56
3	25 de octubre 2023	5	4.22
4	3 de noviembre 2023	5	4.43

A continuación, se presenta el cálculo realizado para el caudal de la vertiente:

#### 4.1.2.1 Primer aforo de caudal de la vertiente

**Caudal Q**

$$Q = L/s$$

$$Q = \frac{5}{5.37} = 0.931 \text{ l/s}$$

$$Q = 0.931 \frac{\text{l}}{\text{s}} \times \left( \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ día}} \right) \times \left( \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right)$$

$$Q = 80.45 \text{ m}^3/\text{día}$$

#### 4.1.2.2 Segundo aforo de caudal de la vertiente

**Caudal Q**

$$Q = L/s$$

$$Q = \frac{5}{6.56} = 0.762 \text{ l/s}$$

$$Q = 0.762 \frac{\text{l}}{\text{s}} \times \left( \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ día}} \right) \times \left( \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right)$$

$$Q = 65.85 \text{ m}^3/\text{día}$$

#### 4.1.2.3 Tercer aforo de caudal de la vertiente

**Caudal Q**

$$Q = L/s$$

$$Q = \frac{5}{4.22} = 1.179 \text{ l/s}$$

$$Q = 1.179 \frac{\text{l}}{\text{s}} \times \left( \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ día}} \right) \times \left( \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right)$$

$$Q = 101.89 \text{ m}^3/\text{día}$$

#### 4.1.2.4 Cuarto aforo de caudal de la vertiente

**Caudal Q**

$$Q = L/s$$

$$Q = \frac{5}{4.43} = 1.129 \text{ l/s}$$

$$Q = 1.129 \frac{\text{l}}{\text{s}} \times \left( \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ día}} \right) \times \left( \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right)$$

$$Q = 97.52 \text{ m}^3/\text{día}$$

#### 4.1.3 Resultados del aforo y cálculo del caudal de la vertiente

Para la medición del caudal de la vertiente “el Mololito”, se utilizó un balde de 5 litros y un cronometro para la medición del tiempo de llenado, de esta manera se recopiló los siguientes resultados.

**Tabla 7.** Resultados del aforo y cálculo del caudal de la vertiente

Meses de Medición	Volúmen del Recipiente l	Tiempo de Llenado s	Determinación del Caudal l/s	Determinación del Caudal m <sup>3</sup> /s	Determinación del Caudal m <sup>3</sup> /día
Agosto	5.0	5.4	0.931	0.000931	80.45
Septiembre	5.0	6.6	0.762	0.000762	65.85
Octubre	5.0	4.2	1.179	0.001179	101.89
Noviembre	5.0	4.4	1.129	0.001129	97.52
			<b>Caudal Medio</b>		<b>86.43</b>

**Interpretación:** En el mes de agosto el tiempo de llenado del balde de 5 litros es de 5.4 segundos y 0.931 Litros/segundo de esta manera determinando el caudal de 80.45 m<sup>3</sup>/día, en el mes de septiembre el tiempo de llenado del balde de 5 litros es de 6.6 segundos y 0.762 litros/segundo de esta manera determinando el caudal de 65.85 m<sup>3</sup>/día, en el mes de octubre el tiempo de llenado del balde de 5 litros es de 4.2 segundos. y 1.179 litros/segundo de esta manera determinando el caudal de 101.89 m<sup>3</sup>/día, en el mes de noviembre el tiempo de llenado del balde de 5 litros es de 4.4 segundos. y 1.129 litros/segundo de esta manera determinando el caudal de 97.52 m<sup>3</sup>/día, se registra un caudal medio de 86.43 m<sup>3</sup>/día.

A continuación, se presenta el cálculo realizado para el caudal de ingreso al reservorio:

#### **4.1.4 Medición de caudal de agua de ingreso al reservorio (Aforo volumétrico)**

Para la medición del caudal de agua de ingreso al reservorio, se realizó 4 aforos en diferentes fechas y meses del año, el primer aforo se realizó el 3 de agosto 2023 con un volumen de 5 litros en un tiempo de 16.50 segundos, el segundo aforo se realizó 22 de septiembre 2023 con un volumen de 5 litros en un tiempo de 18.27 segundos, el tercer aforo se realizó 25 de octubre 2023 con un volumen de 5 litros en un tiempo de 8.73 segundos, el ultimo aforo se realizó 3 de noviembre del 2023 con un volumen de 5 litros en un tiempo de 9.35 segundos.

**Tabla 8.** Fechas del aforo y datos del aforo

Número de aforos	Fechas de aforo	Volumen (l)	Tiempo (s)
1	03 de agosto 2023	5	16.50
2	22 de septiembre 2023	5	18.27
3	25 de octubre 2023	5	8.73
4	3 de noviembre 2023	5	9.35

#### 4.1.4.1 Primer aforo de caudal de ingreso al reservorio

Caudal Q

$$Q = L/s$$

$$Q = \frac{5}{16.50} = 0.303 \text{ l/s}$$

$$Q = 0.303 \frac{\text{l}}{\text{s}} \times \left( \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ día}} \right) \times \left( \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right)$$

$$Q = 26.18 \text{ m}^3/\text{día}$$

#### 4.1.4.2 Segundo aforo de caudal de ingreso al reservorio

Caudal Q

$$Q = L/s$$

$$Q = \frac{5}{18.27} = 0.274 \text{ l/s}$$

$$Q = 0.274 \frac{\text{l}}{\text{s}} \times \left( \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ día}} \right) \times \left( \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right)$$

$$Q = 23.68 \text{ m}^3/\text{día}$$

#### 4.1.4.3 Tercer aforo de caudal de ingreso al reservorio

Caudal Q

$$Q = L/s$$

$$Q = \frac{5}{8.73} = 0.573 \text{ l/s}$$

$$Q = 0.573 \frac{\text{l}}{\text{s}} \times \left( \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ día}} \right) \times \left( \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right)$$

$$Q = 49.48 \text{ m}^3/\text{día}$$

#### 4.1.4.4 Cuarto aforo de caudal de ingreso al reservorio

Caudal Q

$$Q = L/s$$

$$Q = \frac{5}{9.35} = 0.535 \text{ l/s}$$

$$Q = 0.535 \frac{\text{l}}{\text{s}} \times \left( \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ día}} \right) \times \left( \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right)$$

$$Q = 46.20 \text{ m}^3/\text{día}$$

#### 4.1.5 Resultados del aforo y cálculo del caudal de entrada al reservorio

Para la medición del caudal de ingreso al reservorio se utilizó un balde de 5 litros y un cronometro para la medición del tiempo de llenado, de esta manera se recopiló los siguientes resultados.

**Tabla 9.** Resultados del aforo y cálculo del caudal de ingreso al reservorio

Meses de Medición	Volumen del Recipiente l	Tiempo de Llenado s	Determinación del Caudal l/s	Determinación del Caudal m <sup>3</sup> /s	Determinación del Caudal m <sup>3</sup> /día
Agosto	5.0	16.5	0.303	0.000303	26.18
Septiembre	5.0	18.3	0.274	0.000274	23.65
Octubre	5.0	8.7	0.573	0.000573	49.48
Noviembre	5.0	9.4	0.535	0.000535	46.20
<b>Caudal Medio</b>					<b>36.38</b>

**Interpretación:** En el mes de agosto el tiempo de llenado del balde de 5 litros es de 16.5 segundos y 0.303 litros/segundo de esta manera determinando el caudal de 26.18 m<sup>3</sup>/día, en el mes de septiembre el tiempo de llenado del balde de 5 litros es de 18.3 segundos y 0.274 litros/segundo de esta manera determinando el caudal de 23.65 m<sup>3</sup>/día, en el mes de octubre el tiempo de llenado del balde de 5 litros es de 8.7 segundos y 0.573 litros/segundo de esta manera determinando el caudal de 49.48 m<sup>3</sup>/día, en el mes de noviembre el tiempo de llenado del balde de 5 litros es de 9.4 segundos y 0.535 litros/segundo de esta manera determinando el caudal de 46.20 m<sup>3</sup>/día, se registra un caudal medio de 36.38 m<sup>3</sup>/día.

## **4.2 Balance Hídrico**

El agua requerida para los cultivos es variable en los diferentes meses, así como también influyen las precipitaciones pluviales a lo largo de todo el año, donde el balance hídrico resulta también variable, que en algunos casos determinan la necesidad de recurrir al riego suplementario.

### **4.2.1 Cedula y calendario de los cultivos**

En las condiciones climáticas de la comunidad de Guayabillas, Municipio de Padcaya, se desarrolla una agricultura limitada tanto a secano en los meses de mayo a septiembre y en las épocas de lluvia octubre a abril.

#### **a) Cedula Actual**

De acuerdo a la encuesta realizada a los 10 beneficiarios del sistema de riego de la vertiente de la comunidad de Guayabillas, se recolectó información de campo, donde se identificó un total de 19 hectáreas cultivadas, con cultivos tradicionales y que son los más comunes, en su mayor parte destinados al autoconsumo y en menor proporción para comercialización, los cuales les genera rentabilidad según indicaban los beneficiarios, a continuación se presentan los productos que se cultivan según las temporadas del año.

**Tabla 10.** Área actual cultivada en hectáreas, del área de incidencia de riego

Cultivo	Mes de Siembra	Área (ha)	Porcentaje %
Maíz (grano)	Octubre	6.00	31.58
Papa (Intermedia)	Octubre	5.00	26.32
Arveja (Verde)	Agosto	3.00	15.79
Cebolla (Cabeza)	Noviembre	4.00	21.05
Manzana	Septiembre	0.50	2.63
Durazno	Septiembre	0.50	2.63
		<b>19.00</b>	<b>100.00</b>

En la tabla N° 10 muestra las superficies de cultivos del área investigativa donde la producción del cultivo de maíz y papa tienen el más alto porcentaje de superficie cultivada 31.58 y 26.32 % respectivamente, mientras la producción de cebolla y arveja verde tiene el 21.05 y 15.79 % de la superficie cultivada; el cultivo de esta especie agrícolas en la zona es a secano con riego suplementario cuyo riego es por gravedad. El cultivo de frutales, como manzana y durazno tiene superficies más pequeñas con el 2.63 % para del total de la superficie cultivada, el cual utilizan riego a goteo.

En los siguientes cuadros se muestran los calendarios de siembra, periodos de desarrollos de los cultivos existentes en la comunidad de Guayabillas municipio de Padcaya.

#### **4.2.2 Calendario Agrícola**

En la comunidad de Guayabillas, el periodo vegetativo de los cultivos se desarrolla a partir del mes de agosto, puesto que los meses de junio y julio se caracteriza por la ausencia de todo crecimiento vegetativo debido a los intensos fríos que se registran en la zona de estudio.

Para disminuir los efectos adversos de los fenómenos agroclimatológicos que provocan pérdidas significativas en la producción agrícola, los agricultores de esta comunidad usan variedades precoces de maíz, papa, cebolla y arveja, entre los frutales como manzana y durazno, que tienen menos probabilidad de ser afectadas por las heladas,

asimismo, algunas familias siembran en diferentes épocas con la finalidad de asegurar una parte de la producción.

### 4.2.3 Cedula de cultivo

**Tabla 11.** Cedula de cultivo y calendario agrícola

PRODUCTO AGRICOLA	CICLOS DE CULTIVO	INVIERNO			PRIMAVERA			VERANO			OTOÑO		
		Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Maíz (Grano)	150 días				X	X	X	X	X				
Papa (Intermedia)	150 días				X	X	X	X	X				
Arveja (Verde)	120 días		X	X	X	X							
Cebolla (Cabeza)	150 días					X	X	X	X	X			
Manzana	270 días			X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Durazno	270 días			X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Los requerimientos de agua de los cultivos están en función de las eficiencias del sistema de riego actual y la disponibilidad de agua.

El manejo del agua de riego en la comunidad de Guayabillas, es mediante turnos, donde los beneficiarios han obtenido su derecho por los aportes realizados en trabajo o contribuciones económicas.

### 4.2.4 Cálculo del Área Bajo Riego Optimo

Este análisis se da inicio con las siguientes consideraciones:

#### 4.2.4.1 Datos agrometeorológicos

Para la realización del balance hídrico se consideró los datos de las estaciones climatológicas de la Merced con un periodo de registro de 21 años, a continuación, se muestra el resumen climatológico:

**Estación:** La Merced

**Provincia:** Arce

**Altitud:** 2200 m.s.n.m.

**Latitud:** 20 °C

**Tabla 12.** Datos agroclimatológicos de la estación La Merced, para la realización del balance hídrico

DESCRIPCION	MESES DEL AÑO											
	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
Temperaturas Mínimas (°C)	2.68	2.29	4.48	7.06	10.87	12.34	13.42	13.94	13.47	12.94	10.51	10.83
Temperaturas Máximas (°C)	23.39	23.09	24.55	25.12	23.11	25.83	25.00	25.58	25.20	24.97	24.31	23.71
Temperatura Media (°C)	13.04	12.69	14.52	16.09	16.99	19.09	19.21	19.76	19.34	18.96	17.41	17.27
Humedad Relativa (HR)	0.54	0.52	0.52	0.53	0.57	0.69	0.40	0.68	0.70	0.69	0.66	0.60
Horas sol (Horas)	7.90	7.70	8.50	8.10	7.60	7.60	6.60	5.80	5.90	6.20	7.50	7.80
Velocidad del Viento (m/s)	4.60	5.30	5.20	5.00	5.10	4.80	4.50	4.30	3.90	4.00	4.10	4.50
Precipitaciones (mm)	0.58	0.69	2.21	6.97	39.45	79.84	150.60	194.95	167.57	139.71	39.42	3.41

#### **4.2.4.2 Necesidades hídricas de los cultivos**

El sistema de riego usado por los 10 beneficiarios de la comunidad de Guayabillas es el riego tradicional (surco), para el cultivo de hortalizas y para el cultivo de frutales el riego por goteo.

Luego de establecer los datos agroclimatológicos se procedió al cálculo del requerimiento de riego por cada uno de los cultivos, cuyos datos se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 13.** Cálculo del requerimiento de riego

DESCRIPCION	MESES DEL AÑO											
	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
ETo Calaculado (mm/día)	3.95	4.19	4.74	5.14	5.48	4.92	6.4	4.7	4.39	4.25	4.04	3.82
ETo Calaculado (mm/mes)	118.39	129.95	147.01	154.34	169.80	147.51	198.41	145.67	122.91	131.84	121.11	118.48
Precipitaciones (mm)	0.58	0.69	2.21	6.67	39.45	79.84	150.60	194.95	167.57	139.71	39.42	3.41
Precipitación Efectiva (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	18.34	48.63	101.70	134.96	114.43	93.53	18.32	0.00
Kc Maiz (grano)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.41	0.80	1.08	1.03	0.80	0.00	0.00
ETR (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	40.75	60.48	158.73	157.32	126.60	105.47	0.00	0.00
Requerimiento Riego (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	22.41	11.85	57.03	22.36	12.17	11.94	0.00	0.00
Requerimiento Riego (m³)	0.00	0.00	0.00	0.00	12.38	6.54	31.49	12.35	6.72	6.59	0.00	0.00
Kc Papa (intermedia)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.74	1.02	0.75	0.48	0.00	0.00	0.00
ETR (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	40.75	109.16	202.38	109.25	59.00	0.00	0.00	0.00
Requerimiento Riego (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	22.41	60.53	100.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Requerimiento Riego (m³)	0.00	0.00	0.00	0.00	10.31	27.85	46.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kc Arveja (Verde)	0.00	0.00	0.41	0.78	1.15	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ETR (mm)	0.00	0.00	60.27	120.39	195.27	154.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Requerimiento Riego (mm)	0.00	0.00	60.27	120.39	176.93	106.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Requerimiento Riego (m³)	0.00	0.00	16.64	33.24	48.85	29.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kc Cebolla (cabeza)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	0.91	1.05	1.02	1.00	0.00	0.00
ETR (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	115.06	180.55	152.95	125.37	131.84	0.00	0.00
Requerimiento Riego (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	66.43	78.85	17.99	10.94	38.31	0.00	0.00
Requerimiento Riego (m³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.45	29.03	6.62	4.03	14.10	0.00	0.00
Kc Manzana	0.00	0.00	0.00	0.50	0.75	0.95	1.00	1.00	0.95	0.90	0.85	0.70
ETR (mm)	0.00	0.00	0.00	77.17	127.35	140.13	198.41	145.67	116.76	118.66	102.94	82.94
Requerimiento Riego (mm)	0.00	0.00	0.00	77.17	109.01	91.50	96.71	10.71	2.33	25.13	84.62	82.94
Requerimiento Riego (m³)	0.00	0.00	0.00	3.55	5.02	4.21	4.45	0.49	0.11	1.16	3.89	3.82
Kc Durazno	0.00	0.00	0.00	0.55	0.95	1.05	1.15	1.15	1.15	1.10	0.90	0.85
ETR (mm)	0.00	0.00	0.00	84.89	161.31	154.89	228.17	167.52	141.35	145.02	109.00	100.71
Requerimiento Riego (mm)	0.00	0.00	0.00	84.89	142.97	106.26	126.47	32.56	26.92	51.49	90.68	100.71
Requerimiento Riego (m³)	0.00	0.00	0.00	3.91	6.58	4.89	5.82	1.50	1.24	2.37	4.17	4.63
ETR Total (mm)	0.00	0.00	60.27	282.44	565.43	734.60	968.24	732.72	569.07	500.99	211.94	183.64
Requerimiento Neto (m³)	0.00	0.00	16.64	40.70	83.14	97.28	117.12	20.96	12.10	24.22	8.06	8.45
Requerimiento de Riego (mm)	0.00	0.00	60.27	110.55	60.23	55.64	79.53	14.24	8.22	23.93	87.65	91.82
Requerimiento Bruto Total (mm)	0.00	0.00	730.55	1340.00	730.06	674.42	964.00	172.61	99.64	290.06	1062.42	1112.97

Se establece que el mayor requerimiento neto de agua está en los meses de noviembre y diciembre con un total de 97.29 y 117.11 m<sup>3</sup> respectivamente, esto debido fundamentalmente que en estos meses todos los cultivos están establecidos, de igual forma se puede observar que los meses de abril y mayo son de menor requerimiento con un total de 8.07 y 8.45 m<sup>3</sup> respectivamente. Para el cálculo del requerimiento bruto se trabajó con una eficiencia de riego de 0.0825, considerando la eficiencia de captación de 0.55, eficiencia de conducción 0.50, eficiencia de distribución 0.60 y la eficiencia de aplicación de 0.50 considerando que la mayoría de los cultivos son regados a través de surcos. (ABRO 3.1).

#### **4.2.4.3 Determinación de la oferta y demanda**

La demanda hídrica total de riego del área investigativa y productiva en la gestión agrícola 2023 - 2024 fue de 5195.99 m<sup>3</sup> donde los meses de noviembre y diciembre son de mayor demanda de 1179.22 y 1419.54 m<sup>3</sup> respectivamente, y los meses de menor demanda hídrica son: abril y mayo con 97.78 y 102.43 m<sup>3</sup> respectivamente.

En cuanto a la oferta de 12877.92 m<sup>3</sup> agua desde el reservorio, para estos meses de noviembre y diciembre la oferta es de 1373.76 y 1419.55 m<sup>3</sup> cubriendo los requerimientos mínimos de los cultivos. (Tabla N° 14).

#### **4.2.4.4 Caudal ecológico**

De acuerdo al caudal ecológico, para la obtención de los aportes de caudales totales se consideró como caudal ecológico un aproximado de 20% del aporte total del caudal de la Cuenca Campanario Rio Grande de la comunidad de Guayabillas, durante los diferentes meses del año.

**Tabla 14.** Balance de oferta y demanda

DESCRIPCION	MESES DEL AÑO 2023												Anual
	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	
	30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	
Oferta Total (m <sup>3</sup> )	777.60	803.52	803.52	699.84	1526.69	1373.76	1419.55	1205.28	1088.64	1071.36	1036.80	1071.36	12877.92
Oferta Total (l/s)	0.30	0.30	0.30	0.27	0.57	0.53	0.53	0.45	0.45	0.40	0.40	0.40	4.90
Demanda Total (m <sup>3</sup> )	0.00	0.00	201.71	493.26	1007.73	1179.22	1419.54	254.07	146.63	293.61	97.78	102.43	5195.99
Demanda Total (l/s)	0.00	0.00	0.08	0.19	0.38	0.45	0.53	0.09	0.06	0.11	0.04	0.04	1.97
Balance (l/s)	0.30	0.30	0.22	0.08	0.19	0.08	0.00	0.36	0.39	0.29	0.36	0.36	2.93

#### 4.2.4.5 Frecuencia de riego para los diferentes cultivos

A continuación, en las siguientes tablas mostramos que, a partir de los datos de densidad aparente, criterio de riego, profundidad de raíces, capacidad de campo y punto de marchites, se procede al cálculo de la lámina neta y con el requerimiento bruto se calcula la frecuencia de riego para cada uno de los cultivos, datos tabulados en las tablas.

#### 4.2.4.5 Frecuencia de riego para los diferentes cultivos

A continuación, en las siguientes tablas mostramos que, a partir de los datos de densidad aparente, criterio de riego, profundidad de raíces, capacidad de campo y punto de marchites, se procede al cálculo de la lámina neta y con el requerimiento bruto se calcula la frecuencia de riego para cada uno de los cultivos, datos tabulados en las tablas.

**Tabla 15.** Cálculo de la frecuencia de riego para el cultivo de maíz

Guayabillas												
Densidad Aparente del Suelo	1.41											
Criterio de Riego (0.6 a 0.4)	0.6											
Profundidad de raíces del cultivo	0.84											
Capacidad de Campo	30											
Punto de Marchitez	14											
DESCRIPCION	MESES DEL AÑO											
	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
	30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31
Lamina Neta $L_n = (CC - PMP) / 100 \cdot DA \cdot CR \cdot PR$	0.00	0.00	0.00	113.70	113.70	113.70	113.70	113.70	113.70	113.70	0.00	0.00
Requerimiento Bruto mm/día	0.00	0.00	0.00	0.00	22.42	11.85	57.03	22.36	12.17	11.94	0.00	0.00
Frecuencia de riego $Fr = L_n / R_b$	0.00	0.00	0.00	0.00	5	10	2	5	5	10	0	0

**Tabla 16.** Cálculo de la frecuencia de riego para el cultivo de papa

Guayabillas												
Densidad Aparente del Suelo	1.41											
Criterio de Riego (0.6 a 0.4)	0.6											
Profundidad de raíces del cultivo (m)	0.6											
Capacidad de Campo	30											
Punto de Marchitez	14											
DESCRIPCION	MESES DEL AÑO											
	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
	30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31
Lamina Neta $L_n = (CC - PMP) / 100 \cdot DA \cdot CR \cdot PR$	0.00	0.00	0.00	0.00	81.22	81.22	81.22	81.22	81.22	81.22	81.22	81.22
Requerimiento Bruto mm/día	0.00	0.00	0.00	0.00	22.42	60.53	100.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Frecuencia de riego $Fr = L_n / R_b$	0	0	0	0	4	1	1	0	0	0	0	0

**Tabla 17.** Cálculo de la frecuencia de riego para el cultivo de arveja

Guayabillas												
Densidad Aparente del Suelo	1.41											
Criterio de Riego (0.6 a 0.4)	0.6											
Profundidad de raíces del cultivo (m)	0.5											
Capacidad de Campo	30											
Punto de Marchitez	14											
DESCRIPCION	MESES DEL AÑO											
	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
	30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31
Lamina Neta $L_n = (CC - PMP) / 100 \cdot DA \cdot CR \cdot PR$	0.00	0.00	67.68	67.68	67.68	67.68	67.68	67.68	67.68	67.68	67.68	67.68
Requerimiento Bruto mm/día	0.00	0.00	60.27	120.39	176.94	106.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Frecuencia de riego $Fr = L_n / R_b$	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0

**Tabla 18.** Cálculo de la frecuencia de riego para el cultivo de cebolla

Guayabillas												
Densidad Aparente del Suelo	1.41											
Criterio de Riego (0.6 a 0.4)	0.6											
Profundidad de raíces del cultivo (m)	0.5											
Capacidad de Campo	30											
Punto de Marchitez	14											
DESCRIPCION	MESES DEL AÑO											
	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
	30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31
Lamina Neta $L_n = (CC - PMP) / 100 \cdot DA \cdot CR \cdot PR$	67.68	67.68	67.68	67.68	67.68	67.68	67.68	67.68	67.68	67.68	67.68	67.68
Requerimiento Bruto mm/día	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	66.43	78.85	17.99	10.94	38.31	0.00	0.00
Frecuencia de riego $Fr = L_n / R_b$	0	0	0	0	0	1	1	4	3	2	0	0

**Tabla 19.** Cálculo de la frecuencia de riego para el cultivo de manzana

Guayabillas												
Densidad Aparente del Suelo	1.41											
Criterio de Riego (0.6 a 0.4)	0.6											
Profundidad de raíces del cultivo (m)	0.9											
Capacidad de Campo	30											
Punto de Marchitez	14											
DESCRIPCION	MESES DEL AÑO											
	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB	OCTUBRE	NOVIEMB	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
	30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31
Lamina Neta Ln= (CC-PMP)/100 )* DA * CR * PR	54.14	54.14	54.14	54.14	54.14	54.14	54.14	54.14	54.14	54.14	54.14	54.14
Requerimiento Bruto mm/día	0.00	0.00	0.00	77.17	109.02	91.51	96.71	10.71	22.34	25.13	84.63	88.23
Frecuencia de riego Fr = Ln / Rb				1	0	1	1	5	1	2	1	1

**Tabla 20.** Cálculo de la frecuencia de riego para el cultivo de durazno

Guayabillas												
Densidad Aparente del Suelo	1.41											
Criterio de Riego (0.6 a 0.4)	0.6											
Profundidad de raíces del cultivo (cm)	0.9											
Capacidad de Campo	30											
Punto de Marchitez	14											
DESCRIPCION	MESES DEL AÑO											
	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB	OCTUBRE	NOVIEMB	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
	30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31
Lamina Neta Ln= (CC-PMP)/100 )* DA * CR * PR	54.14	54.14	54.14	54.14	54.14	54.14	54.14	54.14	54.14	54.14	54.14	54.14
Requerimiento Bruto mm/día	0.00	0.00	0.00	84.89	142.98	106.96	126.47	32.56	26.92	51.50	90.68	10.14
Frecuencia de riego Fr = Ln / Rb	0	0	0	1	0	1	0	2	1	1	1	5

**Tabla 21.** Resumen de la frecuencia de riego para los diferentes cultivos

DESCRIPCION	MESES DEL AÑO											
	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
	30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31
Frecuencia de riego para el maiz	0	0	0	0	5	10	2	5	5	10	0	0
Frecuencia de riego para la papa	0	0	0	0	4	1	1	0	0	0	0	0
Frecuencia de riego para la arveja	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Frecuencia de riego para la cebolla	0	0	0	0	0	1	1	4	3	2	0	0
Frecuencia de riego para la manzana	0	0	0	1	0	1	1	5	1	2	1	1
Frecuencia de riego para la durazno	0	0	0	1	0	1	0	2	1	1	1	5
<b>FRECUENCIA DE RIEGO TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>5</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	<b>6</b>

Considerando estos valores podemos advertir que la mayor frecuencia de riego es en el mes de enero, con 16 días de frecuencia, seguido por los meses de noviembre y marzo cuya frecuencia de riego son de 15 días, los meses de agosto y abril son los que presentan menor frecuencia de riego de 1 día, como se muestra en la tabla N° 21.

#### 4.2.4.6 Tiempo de riego

De igual manera, a partir de los datos de infiltración básica y la lámina neta se procedió al cálculo del tiempo de riego, el cual se establece en 5 horas, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 22.** Cálculo del tiempo de riego

DESCRIPCION	MESES DEL AÑO											
	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
Caudal Neto (l/s)	0	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.01	0.01	0.01	0	0
Caudal (l/s/ha)	0	0	0.23	0.43	0.22	0.21	0.3	0.05	0.03	0.09	0.34	0.34
Caudal Unitario Bruto (l/s/ha)	0	0	2.73	5.17	2.73	2.6	3.6	0.64	0.41	1.08	4.1	4.16
Infiltración básica de 12.5 (mm/h)	0	0	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
Lamina neta a reponer (mm)	0	0	54.14	54.14	54.14	54.14	54.14	54.14	54.14	54.14	54.14	54.14
Tiempo de riego (h)	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

#### **4.2.5 Calidad de agua del reservorio**

La calidad del agua para irrigación está determinada por la cantidad y tipo de sales que la constituyen. El agua de riego puede crear o corregir suelos salinos o alcalinos. La concentración de sales en el agua de riego reduce el agua disponible para los cultivos, es decir la planta debe ejercer mayor esfuerzo para poder absorber el agua, puede incluso llegar a sufrir estrés fisiológico por deshidratación, afectando esto su crecimiento (Moya, 2009).

Según Cánovas, 1986, (citado por Garzón, 2002). La clasificación de agua de riego está en función a la relación de absorción de sodio y a la Conductividad eléctrica.

La relación de absorción de Sodio junto con la salinidad del agua, son los criterios más restrictivos para el uso del agua para riego. El conocimiento de la calidad del agua es fundamental para la elección del método de riego o cultivo a implantar, así como del propio manejo del riego, incluso si fuera necesario para el diseño de la red de drenaje (Serrano 2013).

#### **4.2.6 Resultados de Análisis de Laboratorio**

##### **Información de Campo**

**Procedencia:** Guayabillas/Padcaya/Arce/Tarija

**Entrada muestra:** 23/08/2023

**Inicio de ensayo:** 30/08/2023

**Fin del ensayo:** 04/09/2023

**Fuente de agua:** Agua de reservorio

**Tabla 23.** Resultados de Análisis Químico

PARAMETRO	RESULTADOS	CLASIFICACIÓN	MÉTODO
pH	7.74	Normal	Electrométrico
Conductividad eléctrica	0.146 dS/m	Normal	Electrométrico
Conductividad eléctrica	146 $\mu$ S/cm	Normal	Convertido
Carbonatos	0.30 mg/L CO <sub>3</sub>	Normal	Volumétrico
Bicarbonatos	160.47 mg/L HCO <sub>3</sub>	Normal	Volumétrico
Sulfatos	6.52 mg/L SO <sub>4</sub>	Normal	Colorimétrico
Calcio	2.86 mg/L Ca <sup>2+</sup>	Normal	Abs. Atómica
Magnesio	5.16 mg/L Mg <sup>2+</sup>	Normal	Abs. Atómica
Potasio	5.37 mg/L K <sup>+</sup>	Alto	Abs. Atómica
Sodio	2.66 mg/L Na <sup>+</sup>	Normal	Abs. Atómica
RAS	1.33	Normal	Calculo

**Fuente:** (U.A.J.M.S, 2023)

De acuerdo a la tabla anterior, el resultado del análisis de laboratorio, del agua del reservorio establece los siguientes resultado de pH de 7.74, en estado normal, la conductividad eléctrica 0.146 dS/m, en estado normal, el Carbonatos 0.30 mg/L CO<sub>3</sub>, en estado normal, el Bicarbonatos 160.47 mg/L HCO<sub>3</sub>, en estado normal, el Sulfatos 6.52 mg/L SO<sub>4</sub>, en estado normal, el Calcio 2.86 mg/L Ca<sup>2+</sup>, en estado normal, el Magnesio 5.16 mg/L Mg<sup>2+</sup>, en estado normal, el Potasio 5.37 mg/L K<sup>+</sup>, alto contenido de potasio, el Sodio 2.66 mg/L Na<sup>+</sup>, en estado normal, el RAS 1.33 en estado normal.

#### **4.2.6.1 Clasificación según su Relación de Absorción de Sodio**

Uno de los iones que más favorece la degradación del suelo es el sodio que sustituye al calcio en zonas áridas. Esta sustitución da lugar a una dispersión de los agregados y a una pérdida de la estructura, por lo que el suelo pierde rápidamente su permeabilidad. (Cánovas, 1986). Para prever la degradación que puede provocar una determinada agua de riego se calcula el índice de Relación de Absorción de Sodio, que hace referencia a la proporción relativa en que se encuentran el ion sodio y los iones calcio y magnesio

El valor relación de absorción de sodio indica la posibilidad de que el agua de riego provoque la sodificación del suelo, lo que depende de la proporción de Na<sup>+</sup>, respecto a los demás cationes.

El cálculo del RAS se realizó con la siguiente ecuación:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} meq/l$$
$$RAS = \frac{2.66}{\sqrt{\frac{2.86+5.16}{2}}} = 1.33 meq/l$$

De la anterior ecuación se tiene, un valor del RAS de 1.33 meq/l.

Las aguas según su relación de absorción de sodio pueden pertenecer a 4 clases, según Cánovas, (1978):

**S 1.-** Agua baja en sodio, que puede utilizarse para riego de la mayoría de los cultivos y en la mayoría de los suelos, el valor de RAS puede variar entre 0-10 meq/l.

**S 2.-** Agua media en sodio, que puede utilizarse en suelo de textura gruesa o en suelos orgánicos de buena permeabilidad. El valor de RAS varía entre 10-18 meq/l.

**S 3.-** Agua alta en sodio que puede producir niveles tóxicos en la mayoría de los suelos, los cuales requerirían practicas especiales de manejo, RAS de 18 -26 meq/l.

**S 4.-** Agua muy alta en sodio, inadecuada para riego, salvo que su CE sea bajo, la aplicación de yeso sería antieconómica, el valor de RAS es mayor de 26 meq/l.

Según los datos obtenidos en laboratorio y según el valor del RAS calculado, las agua que ingresan al reservorio están clasificadas como CLASE 1, (1.33 meq/l está dentro del rango de 0 – 10 meq/l) Agua bajas en sodio, que puede utilizarse para riego de la mayoría de los cultivos y en la mayoría de los suelos.

#### **4.2.6.2 Clasificación según su Conductividad Eléctrica**

La conductividad eléctrica nos da una idea del contenido total de sales en el agua. Cuanto más elevada sea la conductividad mayor será el contenido de sales, las unidades

más frecuentes son los microsiemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). La conductividad eléctrica es una medida indirecta del contenido de sales disueltas en el agua.

En nuestro caso y según los datos obtenidos en laboratorio se tiene un valor de la conductividad eléctrica de 0.146 dS/m, convirtiendo el valor en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  se tiene un valor de 146  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

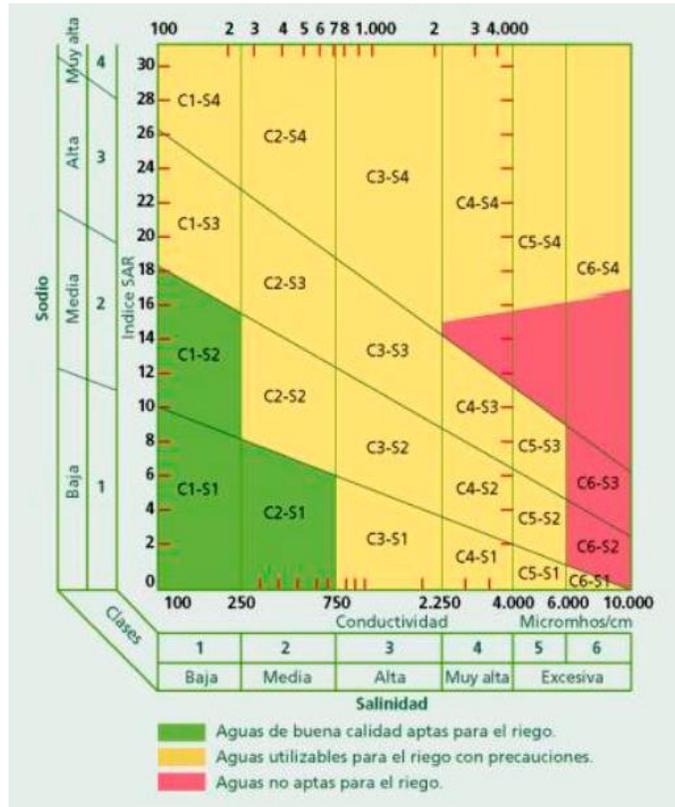
Según Vásquez et al., (2000), las clases de agua según conductividad eléctrica, se divide en cuatro clases: Clase 1, agua de baja salinidad que puede utilizarse para riego; Clase 2, agua de salinidad media, que puede utilizarse siempre y cuando haya cierto grado de lavado; Clase 3, agua altamente salino, utilizarse con plantas tolerantes y con suelos con buen drenaje; Clase 4, agua altamente salina, que puede utilizarse en suelos permeables con buen drenaje y para cultivos altamente tolerantes a sales.

**Tabla 24.** Parámetros de calidad de agua del reservorio

Parámetros	Unidades	Resultados	Rango	Clase
Conductividad eléctrica	146	$\mu\text{S}/\text{cm}$	< 250	C-1
RAS	1.33	meq/l	0 - 10	S-1

La tabla N° 24, muestra la calidad de agua del reservorio que es utilizada para riego, con los siguientes resultados: C.E. de 146  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , agua de salinidad baja clase C 1, apta para todo tipo de cultivos; con un RAS de 1.33 meq/l agua de baja peligrosidad sódica clase S1, aplicable para la mayoría de cultivos.

**Figura 19.** Normas Riverside para evaluar la calidad de aguas de riego



**Fuente:** (U.S. Soil Salinity Laboratory)

En función anterior la fuente de agua que en la actualidad se usa para consumo humano y riego son aguas de clase C1- S1 utilizables para el riego con precauciones. Así mismo la calidad de agua del reservorio es de clase C1-S1 de buena calidad aptas para el riego.

El recurso hídrico de la vertiente puede ser usado para el riego de cultivos, debido a que los valores de RAS promedio y conductividad eléctrica promedio fueron de 146 meq/L y  $< 250 \mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente, ubicándose en la clasificación C1-S1 el cual indica que el agua presenta un valor bajo de peligrosidad salina y un valor baja peligrosidad sódica.

### **4.3 DIAGNOSTICO SITUACIONAL DE LA GESTIÓN SOCIAL DEL SISTEMA DE RIEGO EN LA COMUNIDAD DE GUAYABILLAS**

La gestión del agua o gestión de los recursos hídricos se trata de una serie de acciones para obtener acceso y calidad del agua de riego de manera sostenible. Son las actividades lógicas, integrales y cercanas a las necesidades locales, para la planificar, desarrollar y distribuir óptimamente el recurso. Es un proceso que promueve el desarrollo y manejo coordinados del agua, la tierra y otros recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar económico y social resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales. (Martínez & Villalejo, 2018).

El objetivo del diagnóstico situacional es el de generar información actualizada de la forma como se realiza la gestión y organización del sistema de riego en la comunidad de Guayabillas, para este efecto se desarrolló un cuestionario con una serie de preguntas, abiertas y cerradas, de manera que nos permita generar la información requerida.

#### **4.3.1 Número de encuestados**

En cuanto al número de encuestados se ha tomado en cuenta, a la población total beneficiaria del sistema de riego, en la comunidad, alcanzando un total de 10 productores, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 25.** Beneficiarios del sistema de riego en la comunidad de Guayabillas

<b>No</b>	<b>BENEFICIARIOS</b>
1	Daniel Espinoza
2	Isidoro Flores
3	Alicia Flores
4	Marcelo Lerma
5	José flores
6	Rubén Quiroga
7	Francisco Flores
8	Marcial Quiroga
9	Esthela Velásquez
10	Rubén Quiroga

### 4.3.2 ¿Quién es el encargado de la gestión social del sistema de riego en la comunidad de Guayabillas?

El encargado de la gestión social del sistema de riego es el Comité de Riego es el encargado de la administración, mantenimiento del sistema de captación de agua (vertiente y reservorio); como así también de la distribución de los beneficiarios de la comunidad de Guayabillas.

El Comité de Riego, está conformado por los productores afiliadas a la asociación de regantes de la comunidad, los cuales conforma una estructura orgánica y son elegidos por voto directo. El directorio del Comité de Riego está conformado por:

**Presidente:** José Aparicio

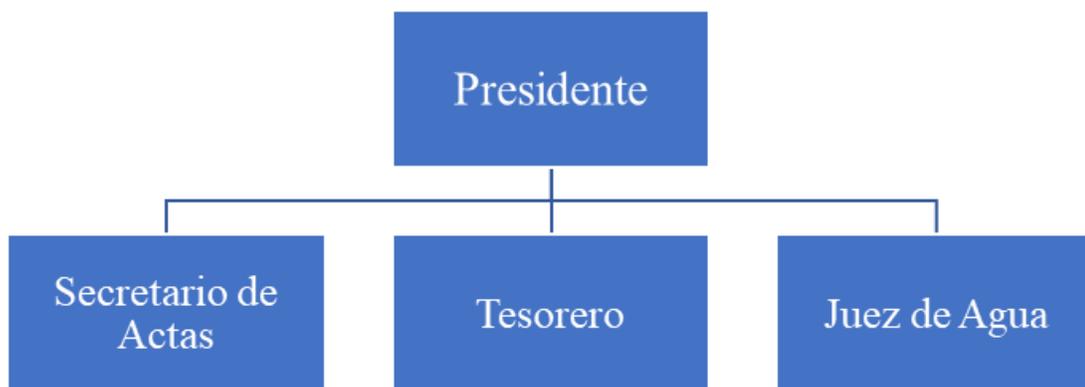
**Secretario de actas:** Santos ortega

**Tesorero:** Francisco flores

**Juez de agua:** Rosario Rearte

Cuyo organigrama, según sus funciones es el siguiente:

**Figura 20.** Junta directiva



### **4.3.3 ¿Cómo es la administración de los turnos de agua de los regantes del sistema de riego de la comunidad Guayabillas?**

La administración de los turnos de riego en la actualidad es de dos modalidades de acuerdo a la estación que se presenta:

- 1. Turnos ilimitados**, en épocas de lluvias para los beneficiarios del sistema;
- 2. Turnos programados**, en el tiempo de escasez, los turnos son realizados un día por parcelas, según la necesidad de los beneficiarios.

En caso de choque de turnos las dos partes llegan a un acuerdo interno de acuerdo a la necesidad máxima, de los cuales uno debe ceder su turno de riego al otro, este puede ser total o parcial.

### **4.3.4 ¿Cada cuánto tiempo se realiza reuniones ordinarias del Comité de Agua para Riego?**

Las reuniones se realizan, cada 2 meses donde se tratan diferentes temas que hacen a la gestión social del riego, pueden ser para la programación de la limpieza de la toma, limpieza del reservorio o arreglo de tuberías, etc., de donde salen las programaciones para el mantenimiento del sistema de riego.

Existen también, reuniones extraordinarias las cuales se realizan por urgencias en cualquier día o mes del año.

El responsable de convocar a dichas reuniones es el presidente del Comité de Riegos, en coordinación con la directiva, estos pueden convocar a reuniones ordinarias y de manera extraordinaria. En caso de inasistencia a las convocatorias a reuniones, se debe pagar una multa establecido en el reglamento.

### **4.3.5 ¿Cuentan con estatutos y reglamentos para la gestión social del agua para riego?**

Si cuentan con estatutos orgánicos de la organización de regantes; también, cuenta con reglamentos firmado y aprobado por todos los beneficiarios de la comunidad de Guayabillas en las reuniones correspondientes verificándose el cuórum de asistencia.

#### 4.3.6 ¿Qué cultivos se produce con más frecuencia en el área de riego de la comunidad?

Los cultivos producidos en la actualidad por los beneficiarios de la comunidad de Guayabillas es el maíz, papa, arveja, cebolla, manzana, durazno.

Otros cultivos que también producen los beneficiarios con menor intensidad y en superficies mucho más reducidas son: zapallos, ajo, ciruelo, pera, membrillo y damasco, destinados principalmente al autoconsumo.

**Tabla 26.** Tipos de cultivos y superficie cultivada por beneficiario

N°	Beneficiarios	Superficie ha.	Porcentaje de superficie	Superficie Cultivada por Productor					
				Maíz	Papa	Arveja	Cebolla	Manzana	Durazno
1	Daniel Espinoza	2.0	10.5	1.0	1.0				
2	Isidoro Flores	3.0	15.8	2.0			1.0		
3	Alicia Flores	3.0	15.8	1.0	1.0	1.0			
4	Marcelo Lema	3.0	15.8	1.0	1.0	1.0			
5	Jose Flores	1.5	7.9				1.0	0.5	
6	Ruben Quiroga	1.5	7.9		0.5		1.0		
7	Francisco Flores	1.0	5.3	1.0					
8	Marcial Quiroga	1.5	7.9		1.0				0.5
9	Esthela Velasquez	1.0	5.3				1.0		
10	Ruben Quiroga	1.5	7.9		0.5	1.0			
<b>TOTAL DE TERRENO</b>		<b>19.0</b>	<b>100.0</b>	<b>6.0</b>	<b>5.0</b>	<b>3.0</b>	<b>4.0</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>

#### 4.3.7 ¿Usted está conforme con la distribución del agua que se realiza en la comunidad?

Del total de beneficiarios encuestados el 90% dijeron que si están conforme con la distribución; porque, la distribución es equitativa para todos los beneficiarios. Y el 10% no está conforme con la distribución; porque, su tubo PVC se encuentran mal ubicado y el tiempo de riego es mayor al establecido.

**Figura 21.** Distribución del agua



#### 4.3.8 ¿Qué tipo de riego emplea en su cultivo?

El tipo riego empleado con mayor frecuencia por los 10 beneficiarios, es el riego tradicional (surco), quienes utilizan mayormente este método; así también 6 beneficiarios utilizan riego por goteo, cabe mencionar que ninguno de los beneficiarios utiliza el riego por aspersión.

**Figura 22.** Sistemas de riego



#### 4.3.9 ¿Cuál cree que es el principal agente contaminante del agua hoy en día?

El principal contaminante del sistema de captación de agua para riego según los encuestados son los animales, ganado bovino, caprino, ovino que circulan por el sector al defecar y beber contaminando y dañando la toma de agua.

**Figura 23.** Contaminantes del agua



#### 4.3.10 ¿Cada cuánto tiempo cree que se debe realizar mantenimiento del sistema de captación de agua, tuberías y limpieza del reservorio de agua?

Según los beneficiarios encuestados, 7 consideran que el mantenimiento del sistema de riego se debe realizar una vez al año, los otros 3 consideran que es necesario realizarlo cada 6 meses.

**4.3.11 ¿Cuántas hectáreas de tierra cultivable bajo riego posee cada beneficiario con el uso del agua de la vertiente en la comunidad?**

**Tabla 27.** Tierra cultivable por beneficiario

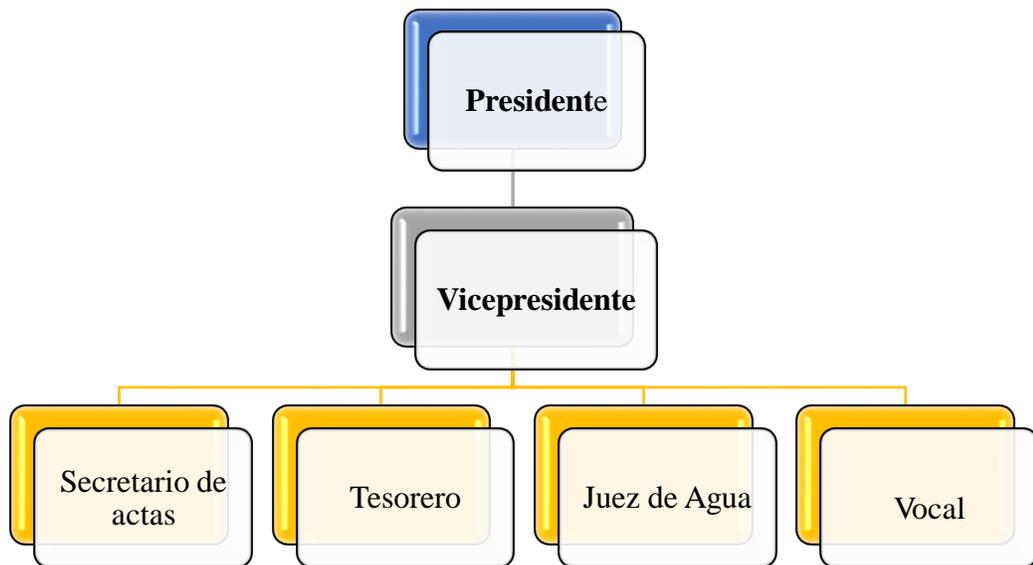
N°	Beneficiarios	Superficie ha.	Porcentaje de superficie cultivada	Cultivos sembrados	Sistema de Riego
1	Daniel Espinoza	2	10.5	Maiz (Grano)	Riego por Gravedad
				Papa (Intermedia)	Riego por Gravedad
2	Isidoro Flores	3	15.8	Maiz (Grano)	Riego por Gravedad
				Cebolla (Cabeza)	Riego por Gravedad
3	Alicia Flores	3	15.8	Maiz (Grano)	Riego por Gravedad
				Papa (Intermedia)	Riego por Gravedad
				Arveja (Verde)	Riego por Gravedad
4	Marcelo Lema	3	15.8	Maiz (Grano)	Riego por Gravedad
				Papa (Intermedia)	Riego por Gravedad
				Arveja (Verde)	Riego por Gravedad
5	Jose Flores	1.5	7.9	Cebolla (Cabeza)	Riego por Gravedad
				Manzana	Riego por goteo
6	Ruben Quiroga	1.5	7.9	Papa (Intermedia)	Riego por Gravedad
				Cebolla (Cabeza)	Riego por Gravedad
7	Francisco Flores	1	5.3	Maiz (Grano)	Riego por Gravedad
8	Marcial Quiroga	1.5	7.9	Papa (Intermedia)	Riego por Gravedad
				Durazno	Riego por goteo
9	Esthela Velasquez	1	5.3	Cebolla (Cabeza)	Riego por Gravedad
10	Ruben Quiroga	1.5	7.9	Papa (Intermedia)	Riego por Gravedad
				Arveja (Verde)	Riego por Gravedad
<b>TOTAL DE TERRENO</b>		<b>19</b>	<b>100</b>		

## 4.4 PROPUESTA DEL SISTEMA DE GESTIÓN SOCIAL DEL AGUA PARA RIEGO EN LA COMUNIDAD DE GUAYABILLAS

### 4.4.1 Estructura organizacional

La comunidad de Guayabillas actualmente cuenta con un presidente y Juez de agua en su comité de riego. Se pretende fortalecer esta organización de regantes, el cual estará conformada por las siguientes carteras; presidente, vicepresidente, secretario de actas, tesorero, juez de agua y vocal, los mismos que serán elegidos por voto directo respetando usos y costumbres en una asamblea de regantes.

**Figura 24.** Junta directiva



#### 4.4.1.1 Atribuciones del presidente:

- Presidir y dirigir las asambleas ordinarias y extraditarías y de cualquier acto oficial de la asociación.
- Buscar el cumplimiento de los objetivos y metas, así como las determinaciones de las asambleas.
- Representar a la asociación ante los organismos, instituciones públicas o privadas o en los actos oficiales, administrativos y otros de acuerdo a mandato.

#### **4.4.1.2 Atribuciones del vicepresidente:**

- Asumir las funciones de presidente en caso de ausencia o impedimento legal mientras retorne el titular o la asamblea designe el nuevo presidente.
- Fiscalizar las acciones de las instancias ejecutivas.

#### **4.4.1.3 Atribuciones del secretario de actas:**

- Redactar y firmar con el presidente, actas, y otros documentos de la asociación.
- Llevar el libro de registros de los asociados con todos los datos, así mismo el libro de jornales, mano de obra, controlar la asistencia de los asociados a las asambleas, etc.
- Llevar ordenadamente toda la correspondencia recibida y enviada, toda la documentación de la asociación.

#### **4.4.1.4 Atribuciones del Tesorero:**

- Cobrar los aportes y todo ingreso económico de los asociados y registrarlos en el libro correspondiente.
- Manejar todos los recursos económicos de la asociación
- Hacer el control y seguimiento del manejo de los recursos.
- Proporcionar informes económicos de forma trimestral al consejo de administración y al de vigilancia cuando lo requiera.

#### **4.4.1.5 Atribuciones Juez de agua:**

- Hacer la programación del mantenimiento, limpieza y control del caudal de salida de la vertiente.
- Planificar, programar y controlar el cumplimiento de los turnos de riego a nivel general.
- Planificar y dirigir el mantenimiento y reparación del sistema de riego.
- Hacer seguimiento al uso correcto del agua de riego por los socios e informar a la reunión de directorio o en caso de malos manejos a la asamblea, con el fin de hacer recomendaciones o sanciones en caso de reincidencia.

- Llenado y entrega de las boletas individuales de acuerdo al consumo de agua de los asociados para su pago al tesorero.
- Los jueces de agua y asociados están obligados a cuidar y no desperdiciar el agua, en caso de verificarse estas faltas por negligencia debe hacer cumplir su sanción.

#### **4.4.1.6 Atribuciones del Vocal:**

- Hacer conocer a los socios las convocatorias a reuniones y asambleas ordinarias y extraordinarias, la ejecución de trabajos, los turnos y programación de actividades.
- Cumplir las misiones que puedan encomendarles la asamblea o la reunión.
- Cooperar o reemplazar al juez de aguas, en el seguimiento y control de actividades de la asociación en caso de impedimento de los titulares.

#### **4.4.2 Duración de la directiva**

El periodo que ejerce la directiva será de 1 a 2 años al cabo de este tiempo la asamblea general podrá elegir o reelegir a sus directivos.

#### **4.4.3 Derechos de agua**

Los derechos de agua en el sistema, serán establecidos de acuerdo a usos y costumbres en base a la participación de cada beneficiario durante la ejecución del sistema de riego. La adquisición de los derechos implicará cumplir con los aportes de mano de obra y dinero acordado por la organización, hecho que habilitará a los usuarios para recibir los turnos de riego.

#### **4.4.4 Distribución**

De acuerdo a los principios locales de distribución de agua de la comunidad, la duración de entrega es de tiempo variable, es decir al derecho a “terminar de regar”. Por tal motivo la propuesta de tiempos de entrega fue realizados en base a los cultivos más representativos en cuanto a su producción en la zona de riego, el detalle de los cálculos de la propuesta se encuentra plan de riego en acápite anteriores.

El juez de agua debe informar a los regantes sobre la programación del riego indicando la fecha y hora de su turno de riego.

Una vez lleno el tanque de almacenamiento se procede a la apertura de las válvulas en las cámaras parcelares.

**Tabla 28.** Distribución de los tiempos de entrega de acuerdo a la tenencia de tierra

Meses del Año	Frecuencia de Riego por Cultivo						Frecuencia de riego	Tiempo de Riego	Requerimiento Neto m <sup>3</sup>	Superficie ha.
	Maíz	Papa	Arveja	Cebolla	Manzana	Durazno				
Junio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0
Julio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0
Agosto	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	5	16.64	3
Septiembre	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	3.00	5	40.69	4
Octubre	5.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	5	83.14	11
Noviembre	10.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	15.00	5	97.29	19
Diciembre	2.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	5.00	5	117.11	15.5
Enero	5.00	0.00	4.00	4.00	5.00	2.00	16.00	5	20.96	11
Febrero	5.00	0.00	0.00	3.00	1.00	1.00	10.00	5	12.10	11
Marzo	10.00	0.00	0.00	2.00	2.00	1.00	15.00	5	24.22	11
Abril	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	2.00	5	8.07	1
Mayo	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	5.00	6.00	5	8.45	1

Para la elaboración de la propuesta de distribución de riego, se consideraron aspectos como la tenencia de tierra de los 10 usuarios, la textura del suelo, la evapotranspiración de los cultivos, considerando además que un día tiene 12 horas hábiles para riego.

La modalidad de entrega será por monoflujo, es decir que cada tubería de distribución aportara los siguientes resultados:

**Caudal Q**

$$Q = L/s$$

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{10 \text{ l}}{13.77 \text{ s}}$$

$$Q = 0.73 \text{ l/s.}$$

#### **4.4.5 Actividades de operación**

Para la operación del sistema de riego, de acuerdo a él plan de riego y la necesidad de riego establecidos en el documento se asignarán los turnos de riego los cuales estarán habilitados de acuerdo a un cronograma de reparto de agua.

El control de uso de agua estará bajo la responsabilidad del comité de regantes. Sin embargo, la participación conjunta de los beneficiarios de la comunidad será decisiva en toda la operación del sistema.

Para la operación de la infraestructura hidráulica se precisa la realización de las siguientes actividades

- Actualización de turno de riego
- Operación del sistema para riego parcelario.
- Aforos
- Registro de caudal
- Control de distribución de agua
- Inspección del sistema para identificar las necesidades de mantenimiento

#### **4.4.6 Mantenimiento**

El mantenimiento se constituye como una de las tareas que deben realizar todos los usuarios en su sistema de riego, de manera que la infraestructura se encuentre en condiciones de hacer llegar el agua desde la fuente hasta las parcelas.

El mantenimiento de la infraestructura representa uno de los requisitos para poder acceder al uso del agua. Para cada uno de los usuarios, participar en el mantenimiento de manera proporcional con los derechos al agua adquiridos, significará la manutención de estos derechos.

El mantenimiento debe realizarse cada 6 meses para garantizar la duración de toda la infraestructura de todo el sistema de captación de agua para riego.

**Mantenimiento rutinario:** Actividad ejecutada en forma permanente por los usuarios, destacando la limpieza de la infraestructura de riego en general y la reparación de las

partes dañadas. Las reparaciones más frecuentes son: soldaduras de compuertas y válvulas, reemplazo de empaques de válvulas, sustitución de redes rotas o con fisuras.

**Mantenimiento preventivo:** Se realiza anticipando problemas que pudieran presentarse en el sistema, para minimizar las fallas de equipo e instalaciones tanto como sea posible.

El objetivo principal del mantenimiento preventivo es el de anticiparse al problema (prevenir), consiste en efectuar las reparaciones antes de que ocurran las fallas.

**Mantenimiento de emergencia:** Actividad a ejecutarse en forma rápida cuando se presentan daños ocasionados por factores externos (clima, hombre, animales) que comprometen el funcionamiento de la infraestructura de riego. Limpieza de los tubos de conducción y tanque de almacenamiento, reposición inmediata de tuberías rotas, compuertas, válvulas, filtros, etc.

**Tabla 29.** Mantenimientos de la infraestructura

Componentes del sistema	Tipo de Mantenimiento	Tareas
Reservorio de agua	Mantenimientos preventivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Limpieza de sedimentos y materia orgánica.</li> <li>➤ Engrasado de válvulas.</li> </ul>
Conducción y distribución	Mantenimiento rutinario cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Limpieza de la toma de agua, cámara desarenadora, cámara de llaves.</li> <li>➤ Limpieza del reservorio y tubos de distribución.</li> <li>➤ Limpieza de malezas que obstruyan al sistema.</li> </ul>
	Mantenimiento de emergencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Reparación de daños a la conducción</li> <li>➤ Reparación por exceso de lluvias.</li> </ul>

#### 4.4.6.1 Mantenimiento de toma de obra

El mantenimiento concierne principalmente:

- La limpieza de sedimentos.
- Limpieza de la tubería.
- Retiro de obstrucciones y vegetación circundante.
- Limpieza de la cámara desarenadora y retiro de sedimentos.

- Es importante conservar las partes metálicas con pintura anticorrosiva y engrasado de las válvulas.

#### **4.4.6.2 Mantenimiento del tanque de almacenamiento**

El mantenimiento concierne principalmente:

- Realizar la limpieza del tanque de almacenamiento, sacando el agua y retiro de sedimentos y materia orgánica.
- Pintado de válvula de llaves.
- Aceitado de la válvula de llaves.

#### **4.4.6.3 Mantenimiento de red de distribución**

El mantenimiento concierne principalmente:

- Realizar la limpieza de árboles alrededor de la toma de agua y del reservorio (Antes del periodo de lluvias – jornales a requerimiento).
- Recorrido por toda la red de distribución durante el periodo de lluvias con el objeto de identificar lugares con problemas de erosión, tuberías destapadas o algún inconveniente.
- Macheteado y limpieza de una senda por dónde va la tubería de distribución.

#### **4.4.7 Aporte en Dinero**

El aporte se desarrollará una vez al año, el monto de 30 Bs. por beneficiario de forma obligatoria para realizar las actividades de mantenimientos rutinarios programados por la directiva de la asociación de regantes.

También se realizará trabajos para solucionar algunas eventualidades que pudieran suscitar y la directiva vea la urgencia.

##### **4.4.7.1 Presupuesto de Mantenimiento**

Los trabajos de mantenimiento rutinario son realizados por los mismos asociados. Por esta razón no se considera el costo de mano de obra. De igual manera cada uno de los asociados hará uso de sus herramientas para realizar el trabajo y solamente se adquirirá algunos materiales que no tengan.

**Tabla 30.** Presupuesto de materiales para el primer año

N°	Materiales	Unidad	Cantidad	P.U. (Bs)	Subtotal (Bs)
1	Pegamento PVC	Global	1	30	30
2	Pintura anticorrosiva	Galón	1	35	30
3	Grasa	kg	2	20	40
4	Gasolina	L	2	10	20
5	Brocha	Piezas	2	20	40
6	Escobas	Piezas	2	30	60
7	Haragán	Piezas	2	30	60
8	Trapos	Piezas	2	20	60
Presupuesto total					<b>300</b>

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados y los resultados obtenidos se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. La comunidad de Guayabillas cuenta con una superficie bajo riego de 19 hectáreas, con un promedio de 1.9 ha por familia. De la superficie total el 5.26 % corresponden a cultivos de frutales, el 94.74 % es destinada a cultivos agrícolas (Maíz, papa, arveja, cebolla) cultivos con riego y cultivos a secano.
2. Durante la evaluación del estado del sistema de captación de agua (vertiente) y del reservorio, se llegó a establecer que estos se encuentran en buen funcionamiento, si bien se debe realizar mejoras en el sistema de captación, este a la fecha cumple su función captando un adecuado caudal para su almacenamiento, en cuanto al reservorio este se encuentra en buen funcionamiento, restando por impermeabilizar el mismo para evitar fugas que se pudieran presentar.
3. Considerando que el agua disponible proviene de una vertiente, la importancia de realizar un aforo se basa en que nos dota de información de la disponibilidad de agua, aunque no es posible calcular el volumen exacto de agua que transcurre durante los meses en los cuales se realizan las siembras de los cultivos. Estos datos nos sirven para hacer una planificación de la siembra, elaborar el plan de riego y la distribución de agua; para poder disminuir el consumo de los recursos hídricos.
4. La problemática en la comunidad de Guayabillas se llegó a encontrar en la administración del recurso hídrico con el descuido de los beneficiarios en la limpieza y mantenimiento de la infraestructura del sistema de captación y los tubos PVC que sufre agrietamientos por la presión del agua, obstrucción causados por la materia orgánica y sedimentos que reducen el flujo o bloquean

el paso de fluidos en épocas de lluvias afectando el abastecimiento del reservorio.

5. La demanda anual es de 5195.99 m<sup>3</sup> de agua para los cultivos de maíz, papa, arveja, cebolla, manzana y durazno llegan a ser cumplidas, gracias a que la oferta anual es de 12877.92 m<sup>3</sup> el cual llega a ser lo suficiente, más en los meses de noviembre y diciembre, donde hay más demanda de agua para los cultivos mencionados.
6. En cuanto a la calidad de agua y en base al contenido de sodio y la conductividad eléctrica, esta es clasificada como clase C1 y S1 de baja peligrosidad sódica apta para todo tipo de cultivos y suelos. Así mismo, el análisis periódico de la calidad de agua de riego permitirá un buen manejo de este recurso, que puede ocasionar problemas en la producción agrícola.
7. Se concluye que el cálculo de los diferentes parámetros de riego, como: la Lámina de Agua Aprovechable, Evapotranspiración real del cultivo, la Frecuencia de riego, el Tiempo de Riego, y la Dosis Bruta de riego; ya que con estos datos determinamos algunas de las características que representan tanto el cultivo a regar como el sistema de riego a implementar.
8. En definitiva, todo proyecto de tipo agrícola, requiere de un buen sistema de riego, que garantice su eficiencia y satisfaga los requerimientos de agua de un determinado cultivo, en caso de ser necesario para complementar con el contenido de humedad del suelo. Lamentablemente, en muchas comunidades, no se le da la suficiente importancia a este tema y los cultivos son dotados o abastecidos con sistemas poco fiables donde no se garantiza la cantidad requerida del líquido, su calidad ni tampoco la técnica del riego.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar un mantenimiento regular y adecuado del sistema de captación de agua, y del reservorio, cámara desarenadora, cámara de llaves, para asegurar su funcionalidad efectiva. y prolongar su duración.
- Ampliar el sistema de captación de agua de vertiente, reservorio para que épocas de estiaje el agua no falte a los productores.
- Se recomienda usar politubos alta presión de 2 pulg. desde la toma de agua hasta el reservorio para aumentar la duración de los tubos.
- La construcción de un cerco protector del sistema de captación de agua para evitar contaminación y daños materiales por animales.
- Se recomienda que los beneficiarios y su junta directiva con el dinero de los aportes, contraten especialistas, que realicen le mantenimiento de todo el sistema de riego.
- Se recomienda implementar el riego tecnificado que trae consigo ventajas como la conservación de las propiedades físicas y químicas de los suelos, y lo más importante la optimización en el uso del recurso hídrico.
- Implementar reservorios de agua pluvial, para en épocas de lluvia se aprovechado almacenando agua para riego.