

**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

# **INVENTARIO DE LAS FUENTES DE AGUA EN LA CUENCA PEDAGÓGICA DE YESERA MUNICIPIO DE CERCADO TARIJA**

## **1.1 Introducción**

El inventario de las fuentes de agua de una cuenca hidrográfica es importante, porque permite disponer de datos concretos de cuántas fuentes de agua existen y cuánto es su caudal disponible en épocas de estiaje, estos parámetros son la base fundamental para la planificación y el uso sostenido de los recursos hídricos.

En otras palabras, el inventario de las fuentes de agua es necesario para optimizar el uso del agua y la planificación hídrica, tomando en cuenta la cuenca como unidad de planificación, a fin de dar respuesta a la creciente presión sobre los recursos hídricos y a la tendencia de incremento de los periodos de sequía.

Actualmente existe disminución de disponibilidad de agua, para cubrir las necesidades de las comunidades, debido a la deficiente planificación del agua, a la vez el crecimiento poblacional, degradación ambiental, cambio climático, etc.

En este contexto amerita identificar e inventariar todas las fuentes de agua existentes en la Cuenca Pedagógica Yesera y cuantificar el caudal disponible en épocas de estiaje.

El presente trabajo de investigación se realizó aplicando la metodología “Inventario y planificación de las Fuentes de Agua” (IPFA) promovido por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua, las fuentes de agua fueron registrados, tales como ríos, quebradas, vertientes, atajados y presas. Posteriormente se armó una base de datos que fueron cartografiados digitalizados y georreferenciados (ubicación geoespacial de las fuentes de agua) en un sistema de información geográfica.

La finalidad del inventario de las diferentes fuentes de agua (puntuales y cauces) es de identificar, caracterizar, aforar, georreferenciar etc. y realizar recomendaciones concretas sobre el uso del agua sostenida, planificada a corto y largo plazo para las futuras generaciones venideras.

## **1.2 Planteamiento del problema**

El problema principal planteado en la Cuenca Pedagógica Yesera es la existencia de una escasa información de los recursos hídricos superficiales (loticos y lenticos), como son los ríos, quebradas, vertientes, atajados y presas, así como el potencial de las fuentes de agua. En consecuencia, no se cuenta con una información completa sobre la cantidad disponible del recurso hídrico en épocas de estiaje.

Los problemas secundarios planteados son que los recursos hídricos superficiales no se encuentran caracterizados, identificados, localizados, georreferenciados, cuantificados, ni aforados. La deficiente información sistematizada de los recursos hídricos superficiales comprendidos dentro del ámbito de la Cuenca Pedagógica Yesera, no permite conocer la ubicación de las fuentes de agua, coordenadas, caudales y volumen de los mismos, ni contar con mapas temáticos que plasmen dicha información.

## **1.3 Justificación**

**La Constitución Política del Estado establece:**

**Art. 16 I** Toda persona tienen derecho al agua y a la alimentación.

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

Actualmente el agua está cobrando mayor fuerza, por su vital importancia dentro de una cuenca hidrográfica, esto debido al cambio climático, el aumento demográfico de la población y el uso no planificado del agua, por ende, el recurso “agua” cada vez se torna más escaso.

Por otro lado, la falta de políticas a favor de los recursos hídricos (RRHH) y la deficiente planificación del uso del agua, nos llevan a buscar soluciones para poder garantizar el uso y manejo sostenido del agua para las futuras generaciones.

En este contexto es necesaria evaluar e inventariar todas las fuentes de agua de la Cuenca Yesera y cuantificar el caudal disponible en épocas de estiaje.

Dicho inventario permitirá la sistematización de datos de todas las fuentes de agua existentes en la Cuenca Pedagógica de Yesera (Presas, atajados, vertientes, ríos y quebradas) información que será útil para la toma de decisiones para nuevos proyectos con priorización para obras de conservación de las fuentes de agua, nuevas captaciones, sistemas de riego presurizados, por ende, mayor disponibilidad de agua para el uso cotidiano, riego y abrevado de animales.

La población total de las seis comunidades de acuerdo al Censo Nacional de Población y Vivienda 2012 realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE), alcanza a 1.594 habitantes que corresponden a 398 familias con una media de 4 y 5 miembros por familia. (MMAyA & UAJMS, 2018)

Los beneficios son proporcionar información útil para los productores de las seis comunidades (Caldera Grande, Yesera Sud, Yesera Centro, Yesera Norte, Yesera San Sebastián y Chiguaypolla) de la Cuenca Pedagógica Yesera, para el municipio de Cercado, así como para el Organismo de Gestión de Cuencas Yesera. Según el censo del INE 2012, los beneficiarios de manera directa e indirectamente son 1594 habitantes.

Las oportunidades que ofrece el inventario de las fuentes de agua, es buscar nuevos proyectos, con la investigación realizada el Organismo de Gestión de Cuencas (OGC). Yesera tendrá una base teórica y práctica para gestionar nuevos proyectos de inversión con respecto a fuentes de agua.

A través de nuevos proyectos de agua y riego que se gestionarán por las máximas autoridades de Yesera, directamente será fortalecido el sistema productivo.

De no realizar el trabajo de investigación de inventario de las fuentes de agua, los productores no tendrán información con certeza de con cuantas fuentes de agua cuentan por comunidad, ni una base teórica y práctica que sustente la necesidad de agua, ni donde priorizar las gestiones de nuevos proyectos. Por ejemplo, la comunidad

de Yesera San Sebastián no cuenta con ningún tipo de presa construida a excepción de un atajado privado, productores ubicados al margen del río Yesera simplemente se limitan a regar mediante el bombeo con motobombas gasolineras desde el río Yesera hasta sus respectivas parcelas de cultivos.

#### 1.4 Hipótesis

Las comunidades de la Cuenca Pedagógica de Yesera, no cuenta con agua suficiente que garantice su uso y disponibilidad durante todo el año calendario, a falta de un buen manejo de los recursos hídricos para la conservación, y uso de este recurso. Ya sea para el consumo cotidiano, riego de cultivos, abrevado de animales y piscícola.

#### 1.5 Operacionalización de variables

##### 1.5.1 Variable independiente

- Inventario e identificación

##### 1.5.2 Variable dependiente

- Fuentes de agua

**Tabla 1.** Operacionalización de variable independiente

Variable independiente	Definición	Indicadores	Medición
Inventario e identificación	Referido a la cantidad de datos de fuentes puntuales de agua y cauces existentes en la Cuenca Pedagógica Yesera	Aprovechamiento del recurso hídrico	L/seg.

**Fuente:** Elaboración propia, 2021.

**Tabla 2.** Operacionalización de variable dependiente

Variable dependiente	Definición	Indicadores	Medición
Fuentes de agua	Ríos, quebradas, vertientes atajados y presas	Q=Caudal	L/seg.

**Fuente:** Elaboración propia, 2021.

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo general**

- Evaluar las potencialidades y estado situacional de las fuentes de agua aplicando la metodología “Inventario y Planificación del Uso de Fuentes de Agua” (IPFA) con el fin de contribuir a la gestión del agua en la Cuenca Pedagógica de Yesera.

### **1.6.2 Objetivos específicos**

- Determinar el estado situacional del uso de las fuentes de agua en la Cuenca Pedagógica de Yesera, a través de un diagnóstico con actores claves de las comunidades involucradas, para identificar los principales problemas, potencialidades y riesgos.
- Identificar, localizar, aforar los caudales en ríos, quebradas, y vertientes, empleando técnicas de hidrología de aguas superficiales.
- Generar mapas temáticos con una base de datos georreferenciada que contenga información básica de las fuentes de agua inventariadas de la zona de estudio, empleando herramientas geomáticas.

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

## 2.1 Antecedentes

En el plan departamental del agua de Tarija denominado “Agua para todos y para siempre” promovido por la Secretaría de Medio Ambiente y Agua del Gobierno Autónomo Departamental de Tarija, en colaboración con la asistencia técnica del ART-PNUD, SNV-COSUDE y AVINA.

Han determinado el balance de los recursos hídricos disponibles denominado oferta y demanda de agua, muestra que la disponibilidad anual presenta un margen considerable de oferta, con excepción de las cuencas de Tomayapo y Santa Ana, donde en el futuro (años 2022 a 2032) se presentará un importante déficit. Para estas dos cuencas, se deben diseñar y priorizar estrategias y/o proyectos de agua para el consumo humano y garantizar la seguridad alimentaria de sus habitantes.

En la priorización de cuencas se debe considerar lo siguiente: el potencial del suelo, agua, población, programas de desarrollo e infraestructura hidráulica existente. Asimismo, su importancia ambiental y socioeconómica. Bajo este sustento, la cuenca de Santa Ana se encuentra dentro de las cuencas priorizadas para su manejo integral.

El año 2015 se realizó un trabajo de investigación que titula "Inventario e Identificación de los Recursos Hídricos Superficiales de la Cuenca Río Rejo" en Cajamarca-Perú por la investigadora Rocío del Pilar Alfaro Paisig.

La realización de esta investigación ha permitido conocer la ubicación espacial de las fuentes de agua, con el fin de establecer una línea base en recursos hídricos de la cuenca Río Rejo y contar con una base de datos que permita evaluar los recursos hídricos superficiales, que permita conocer la disponibilidad de este recurso para la optimización de su aprovechamiento y uso sostenido del agua en sus diversos usos.

El método Pfaster ha permitido la delimitación de la unidad hidrográfica, que corresponde a la cuenca del río Rejo con código de 49897698-nivel 8.

Este trabajo de inventario ha permitido identificar y registrar en el periodo de agosto del año 2015, un total de 226 fuentes de agua superficiales, conformados por 181 manantiales, 25 bofedales, 10 quebradas y ríos, 10 lagunas.

Las presas son de gran interés público por dos razones: la primera hace referencia a la función de almacenar y regular el agua para el bienestar de la sociedad, con sus múltiples usos; la segunda razón se refiere a los factores de riesgo de este tipo de infraestructura. Por ambos motivos, estas infraestructuras son consideradas como “estratégicas”.

La importancia es aún mayor en un país como Bolivia, donde la topografía accidentada montañosa, la alta demanda social de acceso al agua, y las necesidades de adaptación al cambio climático presentan grandes desafíos. (MMAyA, VRHR, & PROAGRO, Inventario Nacional de Presas, 2010)

El año 2010 se realizó el inventario nacional de presas en Bolivia, registrando en total 287 presas en siete de los departamentos del país, posiblemente se pueden añadir algunos casos en proceso de construcción y otros que no han sido reportados a la fecha del presente informe.

El departamento que concentra la mayoría de las presas es Cochabamba; debido a las condiciones favorables que ofrece la cordillera oriental y los valles interandinos, su uso es destinado principalmente a la agricultura; le sigue en importancia Potosí cuyas construcciones datan de la época colonial para abastecimiento de agua de consumo humano para las poblaciones urbanas y mineras. (MMAyA, VRHR, & PROAGRO, Inventario Nacional de Presas, 2010)

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 La metodología inventario y planificación del uso de fuentes de agua (IPFA)**

Es una herramienta técnica que posibilita generar una visión global de una microcuenca, en cuanto a sus demandas y potencialidades hídricas. A través de esta metodología se pretende otorgar a los gobiernos subnacionales (departamentales, municipales, regionales, etc.) y otras instituciones involucradas en la gestión del agua a nivel local, de una herramienta metodológica que coadyuve a la planificación concertada del uso y la protección de las fuentes de agua.

La Metodología IPFA tiene por objetivo principal establecer las potencialidades y las demandas de uso de las fuentes de agua de una microcuenca, para orientar la planificación de intervenciones que contribuyan al desarrollo humano, productivo y socioeconómico para Vivir Bien y en armonía con la Madre Tierra. (MMAyA, 2014).

### **2.2.2 ¿Qué es el inventario de los recursos hídricos?**

El inventario es una herramienta que nos permite analizar el estado de las fuentes de agua, los tipos de usos, las características de la organización para la gestión del agua, los conflictos (actuales y potenciales y los procesos de contaminación existentes), además posibilita la comprensión de la dinámica entre la oferta y la demanda de agua; con el fin de asegurar el equilibrio ambiental y responder a la demanda social, económica y productiva. Esta herramienta nos sirve para planificar el uso eficiente y sostenible del recurso. Pronamachcs, 1997 citado por (Espinoza, 2012).

### **2.2.3 Inventario hídrico**

El inventario hídrico es la base para el plan de manejo de este recurso, de tal manera que los mismos son previos a un plan de manejo. Planificar y realizar un inventario tiene muchas razones, normalmente se necesita la información para poder tomar alguna decisión ya sea para manejo, aprovechamiento, etc.

Durante todo el proceso de un inventario hídrico es importante recordar que la única razón porque se realiza el inventario es que alguien necesita información, sea dueño de la tierra, el concesionario del estado, etc. (Marklud 1995). Citado por Luque (2015).

### **2.2.4 Ciclo hidrológico**

El ciclo hidrológico se define como la consecuencia de fenómenos por medio de los cuales el agua pasa de la superficie terrestre, en la fase de vapor, a la atmósfera y sale en su fase líquida y sólida. La transferencia de agua desde la superficie de la tierra hacia la atmósfera, en forma de vapor, se debe a la evaporación directa, a la transpiración de las plantas y animales y por sublimación (paso directo del agua sólida a vapor de agua) catalán, 1962 citado por Espinoza (2012).

### **2.2.5 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 “Divortium aquarum”. 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).

Villegas 2004, citado por Anaya (2012), Las cuencas hidrográficas son algo más que sólo áreas de desagüe en o alrededor de nuestras comunidades. Son necesarias para brindar un hábitat a plantas y animales, proporcionan agua potable para la gente, sus cultivos, animales e industrias. También nos proporcionan la oportunidad para divertirnos y disfrutar de la naturaleza. La protección de los recursos naturales en nuestras cuencas es esencial para mantener la salud y el bienestar de todos los seres vivos, tanto en el presente como en el futuro.

Según Ordoñez (2011) dentro de la cuenca, se tienen los componentes ambientales, ecológicos, hidrológicos, y socioeconómicos, cuyas funciones a continuación se describen:

#### **2.2.5.1 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

#### **2.2.5.2 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.

#### **2.2.5.3 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.

#### **2.2.5.4 Función Socioeconómica**

- Suministra recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población.
- Provee de un espacio para el desarrollo social y cultural de la sociedad.

#### **2.2.5.5 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. Faustino 2006, citado por Anaya (2012).

#### **2.2.5.6 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).

Comparando la oferta y demanda se puede denominar cuencas balanceadas (cuando la oferta y demanda son compatibles), deficitarias (cuando la demanda es mayor que la oferta) y con exceso (cuando la oferta es mayor que la demanda). (Faustino & Giménez, 2000)

#### **2.2.5.7 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).

#### **2.2.6 Gestión integral de recurso hídrico**

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. (Global Water Partnership) citado por Ordoñez (2011)

### **2.2.7 Vertientes**

Las vertientes son formaciones geológicas donde el agua subterránea aflora en forma natural creando arroyos 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.

Al vaciar 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. (Arumí, 2017)

### **2.2.8 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.

### **2.2.9 Actividades antrópicas del hombre en la cuenca hidrográfica**

Las actividades antrópicas que el hombre realiza en una cuenca para su subsistencia afectan directamente al equilibrio de los ecosistemas, acelerando la degradación de los recursos naturales suelos, fauna, flora y los recursos hídricos.

Nuestros recursos hídricos se enfrentan a una serie de graves amenazas, todas ellas originadas principalmente por la actividad humana. Algunas de estas amenazas son la

sedimentación, la contaminación, el cambio climático, la deforestación, los cambios en el paisaje y el crecimiento urbano.

Una de las más graves amenazas sobre los recursos hídricos es la degradación de los ecosistemas, que a menudo tiene lugar a causa de cambios en el paisaje como el desmonte, la transformación de los paisajes naturales en tierras agrícolas, el crecimiento urbano, la construcción de carreteras y la minería a cielo abierto. Cada uno de los cambios en el paisaje tiene un impacto específico, por lo general directamente sobre los ecosistemas naturales, y directa o indirectamente sobre los recursos hídricos. (GreenFacts, s.f.)

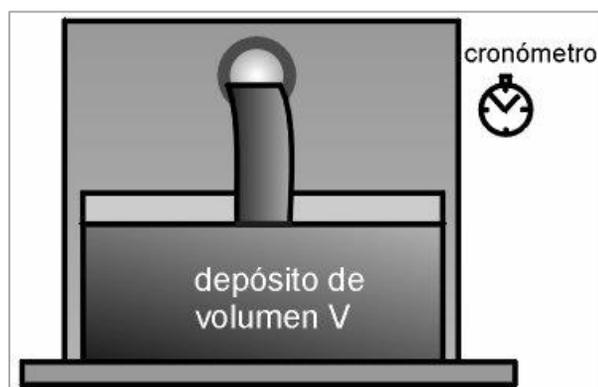
### 2.2.10 Medición del escurrimiento (aforos)

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. (Villón, 2002).

### 2.2.11 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.

**Figura 1.** Aforo Volumétrico



**Fuente:** (Villón, 2002)

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. (Villón, 2002).

### **2.2.12 Método de aforo por objeto flotante**

En las zonas rurales es muy difícil contar con equipos que ayuden a determinar el caudal de agua que fluye por un río, una acequia o un canal. Pero existen métodos totalmente manuales y muy simples. Este método consiste en ubicar un punto inicial y un punto final, colocar una rama seca en el punto inicial y anotar el tiempo que demora al desplazarse hasta el punto final, se realizará 3 repeticiones y se tomará un tiempo promedio. Calcular la velocidad con la longitud y el tiempo promedio, medir el ancho y la profundidad del canal para calcular el área de la sección. Con estos datos y el factor de corrección (C), se procede a calcular el caudal en lts/seg. ([www.turbinas3hc.com](http://www.turbinas3hc.com)) citado por Luque (2015).

$$\text{Fórmula: } C * V * A * 1000$$

#### **Donde:**

**Q** = Es el caudal, en l/s

**C** = Es el factor de corrección

**V** = Es la velocidad del agua en m/s

**A** = Es el área, en m<sup>2</sup>

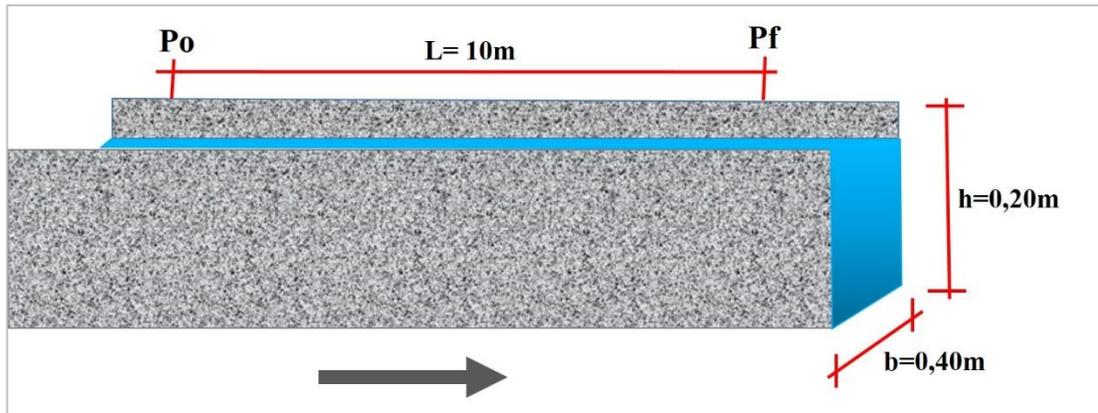
#### **Factores de Corrección**

**C** = 0.8 para canal de concreto

**C** = 0.7 para canal de tierra

**C** = 0.5 para arroyo quebrado

**Figura 2.** Método de aforo por objeto flotante



**Fuente:** [http://www.turbinas3hc.com/servicios/download/medir\\_caudal\\_altura.pdf](http://www.turbinas3hc.com/servicios/download/medir_caudal_altura.pdf)

### 2.2.13 Demanda vs Disponibilidad

En un proyecto, puede ocurrir entre la demanda y la disponibilidad de agua para un determinado periodo, lo siguiente:

- Que la disponibilidad del agua sea mayor o igual que la demanda, en este caso se puede realizar una derivación directa.
- Que la disponibilidad de agua sea menor que la demanda, en este caso para satisfacer esta demanda se debe regular o almacenar. (Villón, 2002).

El recurso hídrico, está siendo altamente afectado por la presión humana, agravando cada vez más su disponibilidad (cantidad y calidad). Estos factores de presión son fundamentalmente la sobreexplotación de acuíferos, el vertimiento de sustancias contaminantes a los cuerpos de agua, los cambios en el uso del suelo tales como la deforestación, las prácticas agrícolas inadecuadas, el incremento de urbanizaciones en zonas de producción hídrica, entre otros.

Este decrecimiento en la disponibilidad hídrica aunado a un alto índice de crecimiento poblacional, generan conflictos los cuales están incrementando y que tienden a agravarse; si no se toman las medidas necesarias, como la regulación del uso del agua a través de mecanismos de planificación normativas y leyes que permitan su protección y su distribución en forma racional.

En ese sentido, es necesario determinar el estado actual de la oferta y disponibilidad del recurso hídrico, así como la presión por la demanda del mismo, teniendo en cuenta su distribución espacial y temporal, que permita establecer lineamientos a seguir para su protección, y que sirva de base a los usuarios del recurso y planificadores, para considerar su uso y disponibilidad en proyectos actuales y futuros.

Si al proceso de variabilidad climática, se le incorpora el tema de Cambio Climático, observamos que el comportamiento espacial y temporal de la precipitación, temperatura y caudal, vienen sufriendo alteración en su régimen que hacen prever la probabilidad de ocurrencias de eventos extremos asociados a una deficiencia o exceso de agua. En ambos casos, es importante cuantificar el recurso hídrico superficial, para buscar el equilibrio entre las necesidades antrópica y del ecosistema natural. (Ordoñez, Balance Hídrico Superficial, 2011)

#### **2.2.14 Sistema de información geográfica (SIG)**

Según Escobar, 1994 citado por Luque (2015), alude que un Sistema de Información Geográfica (SIG), es un modelo informatizado del mundo real, descrito en un sistema de referencia cartográfico, creado y manejado mediante herramienta computacional y establecida para satisfacer determinados objetivos y necesidades de información del territorio, capaz de responder un conjunto de preguntas específicas, que a la vez pueden ser dinámicas. La base de un Sistema de Información Geográfica es una serie de mapas digitales representando diversas variables, o bien mapas que representan diversos objetos a los que corresponden varias entradas en una base de datos.

Según GASPARI et al. (2019), Sistema de Información Geográfica (SIG) es un sistema integrado, conformado por hardware, software y datos geográficos, y diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión.

El software denominado SIG es una herramienta para procesar, almacenar y presentar grades volúmenes de información manejados o manipulados por un especialista, sin el especialista el SIG no funciona.

El propósito de un Sistema de Información Geográfica (SIG) es convertir datos geográficos en información apta para la toma de decisiones, por medio de la transformación de esa información obtenida en forma de mapas y otras bases de datos. El elemento esencial de un SIG es su capacidad de procesamiento donde se supone la conformación de bases de datos coherentes, validadas, y sujeta a la edición y actualización. Estas bases de datos deben contener una ubicación geográfica o datos georreferenciados, que son referidos a una posición con respecto a un sistema de coordenadas terrestres. La tecnología de los SIG busca articular las bases de datos gráficas con las bases de datos alfanuméricas que representan los diferentes rasgos del territorio, tales como caminos, cursos de agua, asentamientos poblacionales, actividades económicas, etc. Los ámbitos en que pueden ser aplicados los SIG son muy diversos, y generalmente son implementados en entornos de trabajos interdisciplinarios. Hay ejemplos de utilización de SIG en cartografía, investigaciones científicas, planificación de políticas públicas, gestión ambiental del territorio, marketing, logística, demografía, sólo por citar algunos casos. (Gaspari, Rodríguez, & Montealegre, 2019).

#### **2.2.14.1 Componentes de un SIG**

Otra forma distinta de ver el sistema SIG es atendiendo a los elementos básicos que lo componen. Cinco son los elementos principales que se contemplan tradicionalmente en este aspecto.

- **Datos.** Los datos son la materia prima necesaria para el trabajo en un SIG, y los que contienen la información geográfica vital para la propia existencia de los SIG.
- **Métodos.** Un conjunto de formulaciones y metodologías a aplicar sobre los datos.

- **Software.** Es necesaria una aplicación informática que pueda trabajar con los datos e implemente los métodos anteriores.
- **Hardware.** El equipo necesario para ejecutar el software.
- **Personas.** Las personas son las encargadas de diseñar y utilizar el software, siendo el motor del sistema SIG. (Olaya, 2011) citado por Alvaro (2019)

#### **2.2.15 Sistema de posicionamiento global (G.P.S.)**

El Sistema de Posicionamiento Global (G.P.S.) es un sistema que tiene como objetivo la determinación de las coordenadas espaciales de puntos respecto de un sistema de referencia mundial. Los puntos pueden estar ubicados en cualquier lugar del planeta, pueden permanecer estáticos o en movimiento y las observaciones pueden realizarse en cualquier momento del día. Para la obtención de coordenadas, el sistema se basa en la determinación simultánea de las distancias a cuatro satélites (como mínimo) de coordenadas conocidas. Estas distancias se obtienen a partir de las señales emitidas por los satélites, las que son recibidas por receptores especialmente diseñados. (Huerta, Mangiaterra, & Noguera, 2005).

Una de las principales aplicaciones o funciones de un Sistema de Posicionamiento Global (G.P.S.) es la determinación de la ubicación de un objeto mediante coordenadas métricas, Universal Transversal de Mercator (UTM).

#### **2.2.16 Mapas temáticos**

Según la I.C.A. (Asociación Internacional de Cartografía): "Un mapa temático es aquél que está diseñado para mostrar características o conceptos particulares. En el uso convencional de los mapas, este término excluye los mapas topográficos." Por convención, el término mapas temáticos es distinto a mapas topográficos, esta separación tiene un valor práctico, ya que desde un punto de vista teórico los mapas topográficos también presentan información cualitativa y cuantitativa de alguna característica especial, como lo es la topografía. Por lo tanto, la Cartografía Temática es aquella que utilizando soporte de cartografía básica o derivada, desarrolla algún aspecto o fenómeno geográfico particular o concreto utilizando formas cartografiables,

todo mapa temático está compuesto por dos elementos fundamentales, una base geográfica o mapa base, y una capa de contenido específico o temático. El usuario habrá de ser capaz de integrar ambas visual y mentalmente, durante la lectura del mapa. El mapa base proporciona información espacial sobre la que referenciar el contenido propio correspondiente a un cierto tema específico. Deberá estar correctamente diseñado e incluir únicamente la cantidad de información necesaria para transmitir el mensaje. Podemos definirlo como una imagen más o menos sintética del territorio, cuyo objetivo es la referenciación geográfica del contenido temático del mapa. En cuanto al contenido temático, son importantes la simplicidad y legibilidad del mismo. (Paira, 2007)

### **2.3 Definición de términos básicos**

#### **2.3.1 Fuentes de agua**

Una fuente de agua se refiere al agua de origen (como ríos, arroyos, lagos, embalses, manantiales y aguas subterráneas) que proporciona agua a los suministros públicos de agua potable y a los pozos privados. (E.P.A., 2022)

#### **2.3.2 El hombre**

Es el elemento más importante de la cuenca, porque es el único que puede planificar el uso racional de los recursos naturales para su aprovechamiento y conservación. (Vásquez, 2000) citado por Arone (2016).

Sin embargo, el hombre contrariamente, en sus actividades cotidianas de subsistencia también degrada la cuenca y sus elementos.

#### **2.3.3 Caudal**

Volumen de agua que pasa por una determinada sección transversal del cauce del río en un intervalo de tiempo y se expresa en m<sup>3</sup>/s o Ltr/s. (Cahuna & Yugar, 2009).

#### **2.3.4 El agua**

Elemento fundamental de la cuenca y de la vida, ya que permite potenciar o disminuir la capacidad productiva de los suelos. La forma como ocurre y se traslada dentro de la

cuenca puede producir grandes beneficios (riego, agua potable, pesca, electricidad, insumo industrial, navegación, etc.) o grandes desastres (erosión, inundaciones, etc.) (Cruz, 2016).

### **2.3.5 Afluente**

Curso de agua, río que se une a otro mayor en el que vierte sus aguas. Sinónimo de tributario. (Bernal, s.f). Citado por Alfaro (2015).

### **2.3.6 Cauce**

Cavidad de dimensión variable por donde discurren las aguas de un río o de una quebrada, cuyo lecho y márgenes permanecen sensiblemente estables durante un largo periodo de tiempo desde su nacimiento, hasta su afluencia a otro río. (A.N.A.s.f.)

### **2.3.7 Época de estiaje**

Son los meses más críticos durante el año con caudales más bajos de agua del río. En Bolivia ocurre por lo general durante el invierno.

### **2.3.8 Sección de aforo**

Sección transversal de un cauce abierto en el que se realizan mediciones de velocidad y profundidad del nivel de agua. (A.N.A.s.f.)

### **2.3.9 Corriente perenne**

Que contienen agua durante todo el año calendario ya sea en épocas lluviosas o épocas de estiaje.

### **2.3.10 Corrientes intermitentes**

En general, escurren durante las estaciones lluviosas y secan durante el periodo de estiaje.

### **2.3.11 Corrientes efímeros**

Son corrientes que existen apenas durante o inmediatamente después de los periodos de precipitaciones.

### **2.3.12 Ríos**

Son corrientes de agua que fluyen sobre sus cauces. Pueden ser de dos tipos, según su estacionalidad: permanentes, con agua durante todo el año; y estacionales, con agua solo en alguna parte del año, por lo general en la época de lluvias. (L. RR.HH N° 29338, 2009). Citado por Alfaro (2015).

### **2.3.13 Presa**

Barrera construida en el cauce de un curso de agua con el propósito de almacenar, desviar o peraltar un determinado caudal superficial o subterráneo. (Agua potable - Fuentes de abastecimiento y obras de captación, 2008) citado por Alfaro (2015).

### **2.3.14 Cuenca Pedagógica**

La “Cuenca Pedagógica” se define como “una Escuela de Gestión Social y Comunitaria del Agua, donde el encuentro entre el saber local de las comunidades y el conocimiento académico-institucional, desarrolla y fortalece las capacidades de los actores locales, cuadros de autoridades, líderes, y profesionales en cuanto a prácticas, técnicas, formas organizativas interculturales y, sobre todo, modelos o mecanismos de gestión solidaria-recíproca complementaria-equitativa del agua en la cuenca, en base a la valorización de las culturas comunitarias del agua en armonía con los otros componentes de la Madre Tierra y las necesidades productivas de la población. Esta interacción intercultural de saberes genera tecnología y ciencia del propio pueblo, replicable por los participantes en cuencas aledañas o de otros municipios”. Un elemento central del Programa “Cuencas Pedagógicas”, es promover el encuentro entre saberes locales y conocimientos académicos-universales. Con ello se busca una revaloración de conocimientos ancestrales (en lo cultural, lo organizacional y lo tecnológico, etc.), que hayan demostrado ser valiosos para el buen manejo de los recursos naturales y del territorio, normalmente poco reconocidos por académicos y otros profesionales en la búsqueda de “soluciones para el desarrollo”. Por otro lado, no se trata de desmerecer el aporte de la ciencia moderna, sino más bien de procurar que ésta se encuentre,

interactúe y se integre con la realidad y el conocimiento local. (MMAyA & UAJMS, 2018) Citado por Sandoval (2019).

### **2.3.15 Importancia del inventario de los recursos hídricos**

El Inventario de Fuentes de Agua Subterránea es una herramienta importante para la toma de decisiones en la gestión de los recursos hídricos, que consiste en el registro en un tiempo y espacio de todas las fuentes de agua subterránea, es decir, sus afloramientos naturales (manantiales) como de todas aquellas estructuras hidráulicas de acceso a la fuente de agua subterránea, ya sea con fines de aprovechamiento hídrico, control y monitoreo de la cantidad y calidad, tales como: pozos, piezómetros, galerías filtrantes y cochas. (A.N.A., 2020).

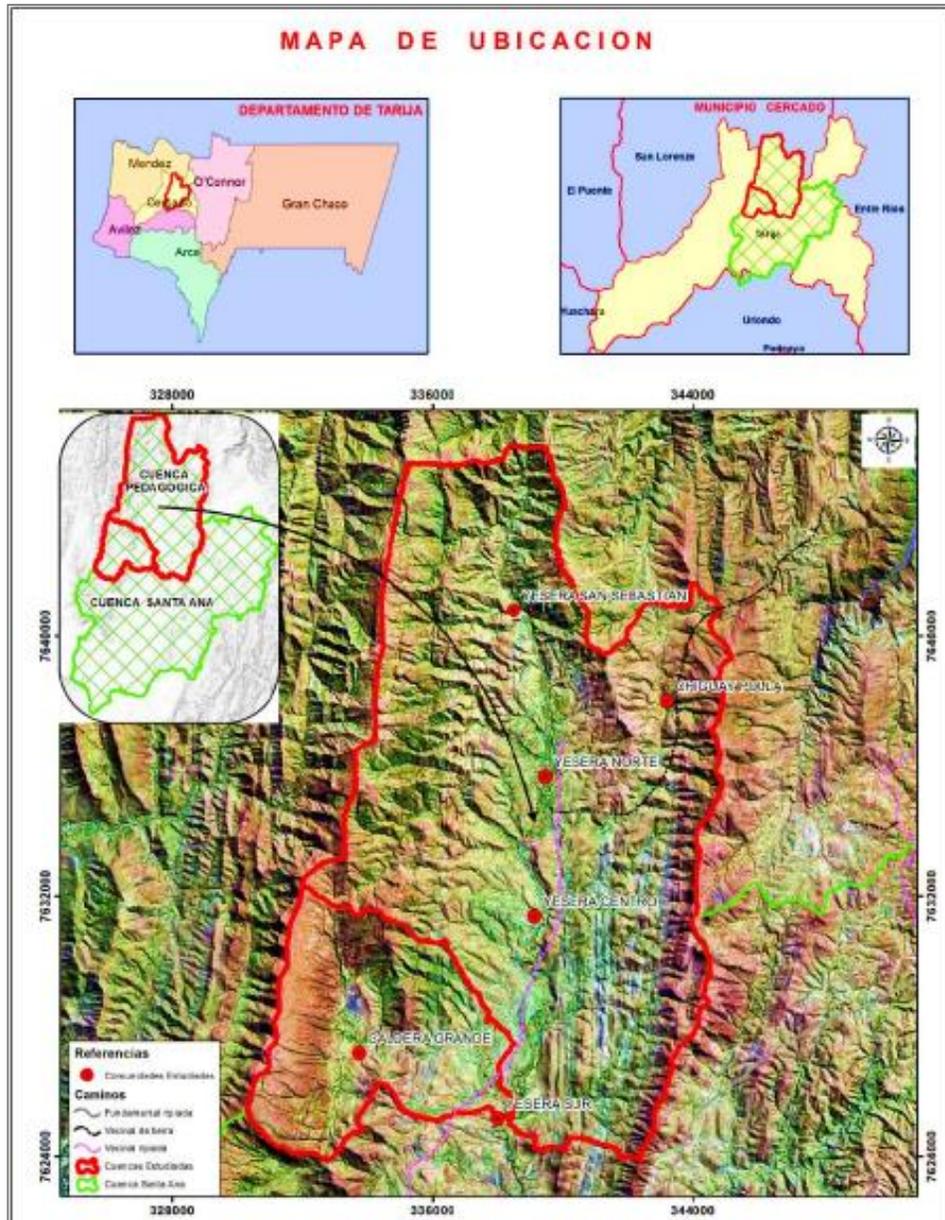
Por tal razón, la A.N.A. presenta la **Guía para Realizar Inventario de Fuentes de Agua Subterránea**, un instrumento de gestión cuyo objetivo es uniformizar los criterios y procedimientos que deben ser considerados al momento de desarrollar un inventario. Este documento describe las etapas de la ejecución del inventario: actividades preliminares, trabajo de campo, trabajo de gabinete e informe final, así mismo contiene las instrucciones para un adecuado registro de los datos de las fuentes de agua subterránea en la ficha de campo. (A.N.A., 2020)

**CAPÍTULO III**  
**MATERIALES Y MÉTODOS**

### 3.1 Localización

La Cuenca Pedagógica de Yesera, se ubica en Bolivia en el Departamento de Tarija, Provincia Cercado, Municipio de Cercado, en las Comunidades de Yesera Sud, Caldera Grande, Yesera Centro, Yesera Norte, Chiguaypolla y Yesera San Sebastián.

**Figura 3.** Área de estudio



**Fuente:** (MMAyA & UAJMS, 2018)

Geográficamente se encuentra ubicada entre los paralelos 21°17'20'' y 21°28'10'' de Latitud Sur y meridianos 64°29'46'' y 64°38'27'' de Longitud Oeste.

En orden jerárquico, Bolivia cuenta con tres macro cuencas (Cuenca del Amazonas, Cuenca del Altiplano, Cuenca de la Plata).

A nivel departamental Tarija cuenta con Tres cuencas hidrográficas mayores (Cuenca de Bermejo, Cuenca de Pilcomayo y Cuenca endorreica o también llamada cuenca de Tajzara).

La cuenca de Bermejo se divide en 20 cuencas menores, una de ellas es la cuenca de Santa Ana con una superficie de 575,88 Km<sup>2</sup>, en donde se encuentra la sub cuenca del río Yesera, denominado Cuenca Pedagógica Yesera.

La accesibilidad hacia la Cuenca Pedagógica Yesera, se localiza a una distancia de 35 km aproximadamente, desde la capital de Tarija. Para llegar al área de estudio se debe tomar el tramo Tarija-Santa Ana, para luego ingresar camino hacia Yesera.

## **3.2 Aspectos biofísicos**

### **3.2.1 Clima**

Para la caracterización climática se dispone de dos estaciones meteorológica ubicadas dentro de la cuenca en estudio: Estación de Yesera Norte y estación de Yesera Sud, ambas pertenecen al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

Temperatura media mensual del área de intervención según la estación meteorológica Yesera Sud es de 16.6 °C con oscilaciones anuales entre 12,4°C a 20.5°C con temperaturas máximas extremas que llegan a los 39°C y mínimas extremas en los meses de invierno el termómetro baja hasta los -10°C, con fríos que limitan en general la producción agrícola. Los meses más cálidos son octubre, noviembre, diciembre y enero; mientras que los más fríos son junio y julio. (MMAyA & UAJMS, 2018).

Las precipitaciones se producen sobre todo en el periodo de octubre a abril con generación de escorrentía superficial.

En el periodo de mayo a septiembre existe escasa precipitación, esta no genera escorrentía superficial. (MMAyA & UAJMS, 2018).

La precipitación media mensual del área de intervención es de 55,1 mm, lo cual nos permite clasificar al lugar como un clima templado medianamente seco. En cuanto a la precipitación anual promedio es de 661,9 mm. (MMAyA & UAJMS, 2018).

### **3.2.1.1 Esguerrimiento**

El esguerrimiento en la zona es proporcional a las precipitaciones y además coinciden en tiempo, los mayores caudales se presentan en los meses lluviosos: diciembre, enero, febrero y marzo. En este periodo el agua es abundante, incluso se tiene excedentes que no se aprovechan dentro de la cuenca.

Existen tierras cultivables pero el agua en los meses secos no alcanza, se necesita regulación del agua mediante presas y fomentar el riego más eficiente en la aplicación del agua pudiendo ser por goteo y aspersion. (MMAyA & UAJMS, 2018).

### **3.2.1.2 Uso actual del recurso hídrico**

El uso actual de los recursos hídricos es de aprovechamiento para la producción agropecuaria, en la cuenca Yesera se identificaron diecisiete presas de agua, destinadas para riego principalmente, permitiendo cubrir aproximadamente entre el 55 a 60% de la demanda de riego. Sin embargo, el uso del agua no es eficiente puesto que se practica un riego tradicional por inundación, causando erosión o degradación a los suelos. (MMAyA & UAJMS, 2018).

El uso del agua y recursos naturales (RRNN), es limitado para el sector pecuario y doméstico en las 6 comunidades que se encuentran en la cuenca pedagógica Yesera, si bien es cierto existen reservorios de agua que fueron construidos por entidades públicas y privadas, pero es insuficiente su abastecimiento. La situación de sequías y problemas ambientales provocan que los RRNN cada año sean menos y la cuenca se vea más afectada. (MMAyA & UAJMS, 2018).

### 3.2.2 Geología

Las estructuras geológicas de la zona están conformadas por serranías bajas de la formación Icla, Santa Rosa y Guamampampa, cuyas colinas están conformadas por rocas de origen sedimentario; de lutitas y limolitas mecáceas, gris oscuras; areniscas sabulíticas blanquecinas y areniscas arcósicas gris marrón y limolitas gris oscuras, de la era paleozoica y periodo devónico. También se tiene la formación Yesera, del periodo terciario, conformada por conglomerados, areniscas arcillosas, limolitas y arcillas rojas.

En la parte baja se tienen pie de montes de poca magnitud y antiguas terrazas en depósitos fluvio-lacustres del cuaternario, conformado por gravas, arenas, limos y arcillas, en algunos sectores también existe la presencia en superficie de bloques y fragmentos de rocas especialmente en los taludes. (MMAyA & UAJMS, 2018)

**Tabla 3.** Descripción geológica

<b>Símbolo</b>	<b>Periodo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Sup. (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
D	Devónico	Areniscas, lutitas y limolitas	197,26	93,36
S	Silúrico	Areniscas, cuarcitas y diamictitas	8,66	4,10
C	Cuaternario	Depósitos aluviales, fluvio-lacustres y coluviales	5,37	2,54
<b>TOTAL</b>			<b>211,29</b>	<b>100,00</b>

**Fuente:** MMAyA & UAJMS, 2018

La Cuenca Pedagógica Yesera se caracteriza por presentar un paisaje típicamente de valle seco, con elevaciones que no sobrepasan los 3.000 msnm, por lo que, las serranías circundantes son levemente suaves. (MMAyA & UAJMS, 2018).

No es posible efectuar un análisis completo de los procesos geomórficos hipogénicos del área, ya que la acción de los agentes geomorfológicos epigenéticos se distribuye de la siguiente manera:

- Meteorización química nada perceptible

- Meteorización mecánica ninguna
- Remoción en masa ninguna
- Erosión pluvial moderada
- Erosión eólica moderada

En cuanto a los depósitos que se advierten presentes en el área, podemos indicar a las morrenas laterales, depósitos coluviales, fluvio-lacustres, terrazas y depósitos glaciales.

Sistema cuaternario, estos depósitos son comunes tanto en las laderas como en el lecho de los ríos y quebradas.

Los depósitos fluviales están representados en la zona, por sedimentos turbosos, arcillas orgánicas de mediana a alta plasticidad, limos y arenas muy finas.

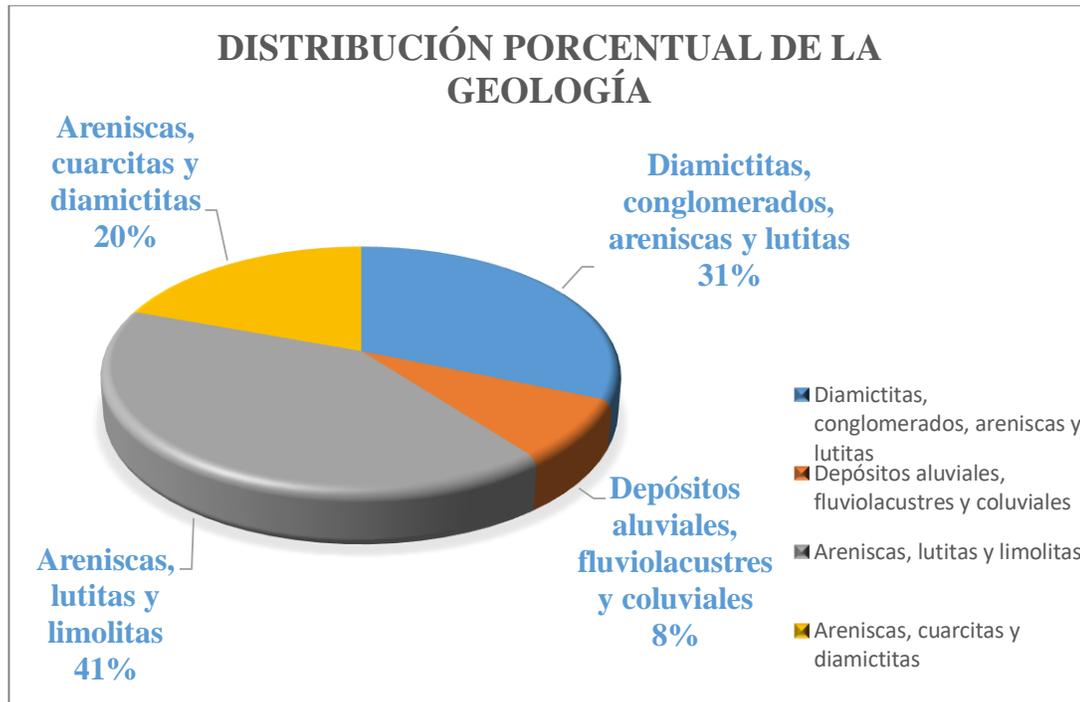
Los sedimentos aluviales están representados por gravas, arenas y limos ubicándose a lo largo de los cauces y quebradas. (MMAyA & UAJMS, 2018).

**Tabla 4.** Geología de la Cuenca Pedagógica de Yesera

DESCRIPCIÓN	PERIODO	SÍMBOLO	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	%
Diamictitas, conglomerados, areniscas y lutitas	Carbonífero	C	66,77	31,36
Depósitos aluviales, fluviolacustres y coluviales	Cuaternario	Q	17,52	8,23
Areniscas, lutitas y limolitas	Devónico	D	87,32	41,01
Areniscas, cuarcitas y diamictitas	Silúrico	S	41,29	19,4
<b>TOTAL</b>			<b>212,9</b>	<b>100</b>

**Fuente:** (Atlas Yesera, FCAF, & UAJMS, 2021)

**Figura 4.** Geología de la Cuenca Pedagógica de Yesera



**Fuente:** (Atlas Yesera, FCAF, & UAJMS, 2021)

### 3.2.2.1 Paleozoico

#### Devónico

Se identifican los sedimentos devónicos de areniscas, lutitas y limolitas, dispuestos en la parte central en las laderas de la cuenca, de grano fino a muy fino, bien estratificadas en bancos, con delgadas intercalaciones de lutitas gris oscuras, presentando una estructuración secuencial negativa, iniciando con pelitas culminando en espesos paquetes arenosos.

#### Carbonífero

Geológicamente, la región morfológica de la Cordillera Oriental representa la secuencia estratigráfica más completa del país, con afloramientos de rocas proterozoicas a recientes y con secuencias marinas a continentales. Las facies son también variadas, mayormente clásticas, pero con desarrollo de plataformas de diamictitas, conglomerados, areniscas y lutitas en el carbonífero.

Durante la mayor parte del paleozoico inferior constituyo una cuenca intracratónica, somera a profunda, con algunas fases compresivas y distensivas separando los principales ciclos tecto-sedimentarios, para luego conformar cuencas continentales de antepaís y trazarco, con importantes fases compresivas con un intenso magmatismo asociado.

### **Silúrico**

La estratigrafía de ciclo cordillerano en la llanura de la faja Chapare-Boomerang se presenta con formaciones del silúrico, sin que ello signifique que las unidades detalladas estén presentes en toda el área, debido principalmente a efectos de acuñaamiento.

En la cuenca Yesera encontramos este paisaje geológico en la ladera izquierda con 19.40% del área total de la cuenca.

### **3.2.2.2 Cenozoico**

#### **Cuaternario**

El cuaternario se desarrolló a través de secuencias lacustres, fluviales, coluvio-aluviales y eólicas, constituidas por sedimentos clásticos de distinto tamaño de grano, así como de carbonatitas lacustres.

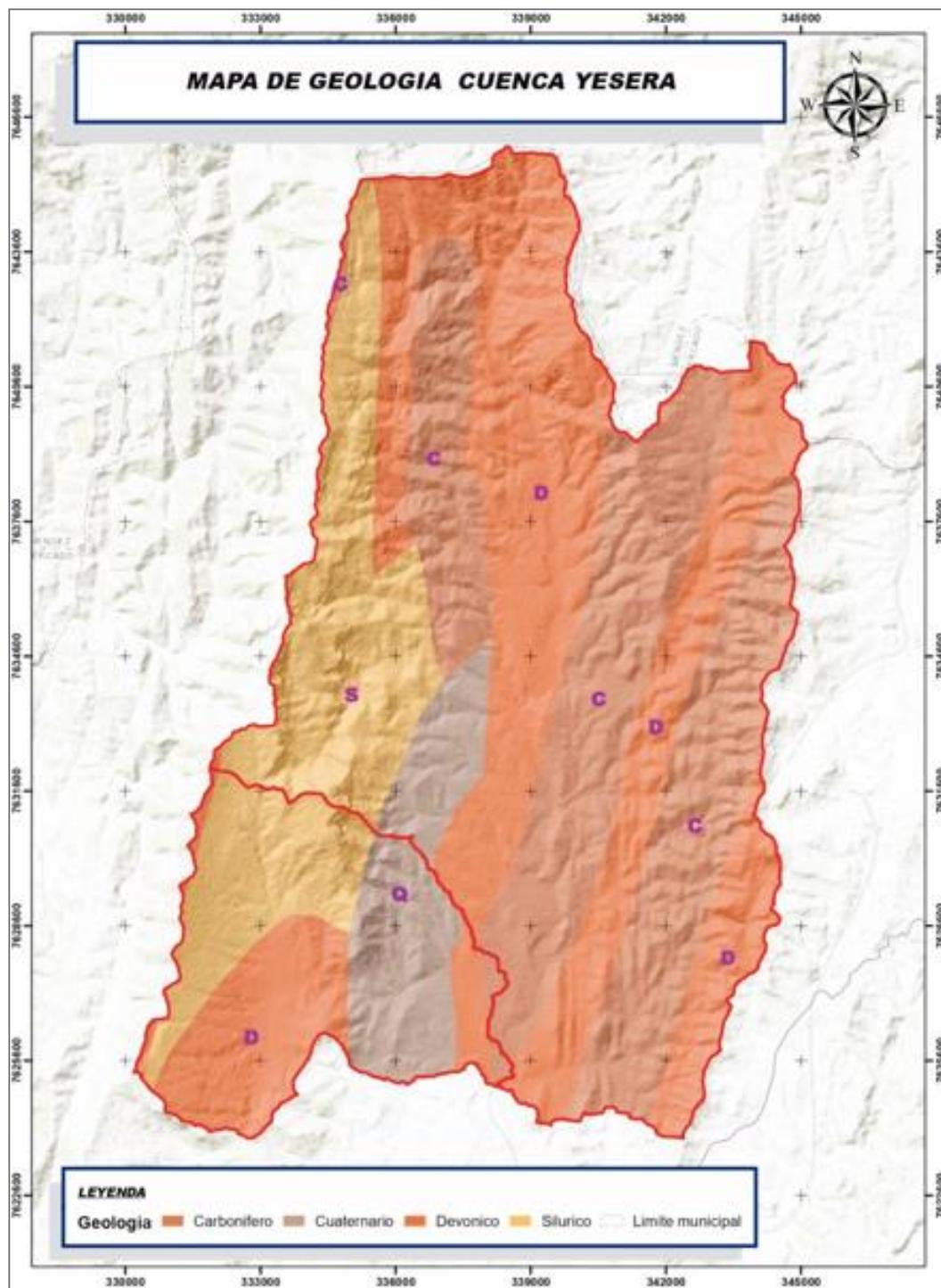
Este paisaje geológico ubicado en la parte central y baja de la cuenca Yesera con un 8.23% del área total formado por depósitos aluviales, fluvio lacustres, con presencia de gravas, arenas y arcillas.

**Figura 5.** Columna cronoestratigrafía

ERA	SISTEMA/PERIODO		DESCRIPCIÓN
C E N O Z O I C O	CUATERNARIO		<u>Q</u> Depósitos aluviales, fluvio lacustres, fluvio glaciales, coluviales, lacustres, morrenas, y dunas. Gravas, arenas y arcillas.
	T E R C I A R I O	N E O G E N O	<u>M</u> Domos volcánicos (intermedios a ácidos)
			<u>N</u> Todas soldadas.
			<u>N-N</u> Flujos de lavas, estrato volcanes/tobas soldadas.
		<u>Ng</u> Conglomerados, areniscas, arcillas, yesos, margas, tobas, lavas, intercaladas y diapiros.	
	P A L E O G E N E O	<u>Pg</u> Areniscas, limolitas, arcillitas y calizas.	
<u>Pg/Ng</u> Conglomerados, areniscas, limolitas, calizas, margas, diapiros intercalan tobas y lavas. Areniscas, lentes de conglomerados, lutitas y limolitas.			
M E S O Z O I C O	CRETÁCICO		<u>K</u> Conglomerados, calizas, areniscas, limolitas, margas y basaltos intercalados. Areniscas, arcillas y limolitas.
	JURÁSICO		<u>J-K</u> Areniscas.
	TRIASICO		<u>Tr</u> Areniscas, conglomerados, arcillitas, calizas y yeso.
P A L E O Z O I C O	PERMICO		<u>P</u> Calizas, margas, lutitas, areniscas y manchas de antracita.
	CARBONÍFERO		<u>C</u> Diamictitas, conglomerados, areniscas y lutitas.
	DEVÓNICO		<u>D</u> Areniscas, lutitas y limolitas.
	SILÚRICO		<u>S</u> Lutitas, limolitas, cuarcitas y diamictitas.
	ORDOVÍCICO		<u>O</u> Areniscas, limolitas, cuarcitas, pizarras, lutitas y lavas almohadilladas.

**Fuente:** VRHR-PDCRG 2014, citado por (Atlas Yesera, FCAF, & UAJMS, 2021)

**Figura 6.** Geología de la Cuenca Pedagógica de Yesera



**Fuente:** (AtlasYesera, FCAF, & UAJMS, 2021)

### **3.2.3 Fisiografía**

Las zonas montañosas en la cuenca pedagógica Yesera pertenecen a la provincia geológica de la cordillera oriental.

#### **3.2.3.1 Cordillera oriental**

La cordillera oriental de Bolivia se caracteriza por estar formada por cadenas paralelas que despliegan de norte a sur, y las cuales en muchas ocasiones se internan en regiones boscosas y húmedas, ricas en productos agrícolas y ganaderas.

La cordillera oriental es la cadena montañosa que constituye el ramal oriental y más importante de la cordillera de los andes en Bolivia. Tiene una extensión de aproximadamente 1.200 km de largo y cuenta con más de 600 picos de los cuales la altitud sobrepasa 5000 metros. Su componente geológico principal es el granito. La cadena de montañas marca la separación entre las bajas tierras de la cuenca amazónica y la alta meseta andina. (AtlasYesera, FCAF, & UAJMS, 2021)

#### **3.2.3.2 Serranías**

Las serranías a nivel de paisaje son altas, medias y bajas que representan un 66.01% del paisaje de la cuenca Yesera, de formas alongadas con cimas subredondeadas, irregulares, cuyas divisorias de aguas son perfectamente discernibles; la disección varía de moderada, fuerte a muy fuerte, las pendientes varían desde fuertemente escarpado de 30 a 60% a extremadamente escarpado >60%. La cantidad de piedras y rocas superficiales varía desde poca a mucha. El material a partir del cual han sido modeladas las serranías es preponderantemente de origen sedimentario, como areniscas, lutitas, limonitas, y arcillita, con intercalaciones de rocas metamórficas como cuarcitas. (AtlasYesera, FCAF, & UAJMS, 2021)

#### **3.2.3.3 Colinas**

Las colinas representan un 19.71% de la fisiografía de la cuenca Yesera, con divisorias de aguas poco discernibles, está constituida por colinas altas ligeramente disectadas, pendientes entre 10 a 30%, superficiales a moderadamente profundos, bien pedregoso y afloramientos rocosos. (AtlasYesera, FCAF, & UAJMS, 2021)

#### **3.2.3.4 Piedemontes**

Los piedemontes se encuentran ubicadas en la parte baja de la cuenca con un 14.27 % del área total. Este gran paisaje presenta inclusiones de llanuras de piedemontes. Las pendientes varían desde ligeramente ondulado (2-5 %), ondulado (5-8 %), fuertemente ondulado (8-15 %), moderadamente escarpado (15-30 %), con poco afloramiento rocoso, constituidos por material coluviales, coluvio-aluvial, incluso de origen glacial o fluvio-glacial de diverso grado de selección. (AtlasYesera, FCAF, & UAJMS, 2021)

#### **3.2.3.5 Llanuras**

Las llanuras fluvio-lacustres, aluviales y fluvio-glaciales están surcadas por cursos de agua que le imprimen una disección que varía desde ligera, moderada, fuerte a muy fuerte. Las pendientes varían generalmente desde plano casi plano (0-3 %), ligeramente ondulado (3-8%), moderadamente ondulado (8-15%), con pendientes fuertemente onduladas en los "badlands", sin afloramientos rocosos y con pedregosidad superficial entre ninguna a abundante.

Estos paisajes afloran sedimentos ordovícicos y suelos aluviales profundos formados por sedimentos sueltos del cuaternario.

En las terrazas aluviales, a lo largo de las márgenes de los ríos Guadalquivir, Sella, Pinos, El Molino, Tolomosa, Santa Ana, Yesera y Tarija, se tiene la acumulación y posterior entallamiento y profundización de los ríos mencionados. Las llanuras fluvio-glaciales, aledañas a las montañas que fueron afectadas por glaciación, forman un paisaje suavemente ondulado y se ubican en una pequeña región por la comunidad de Pinos Sud. (AtlasYesera, FCAF, & UAJMS, 2021)

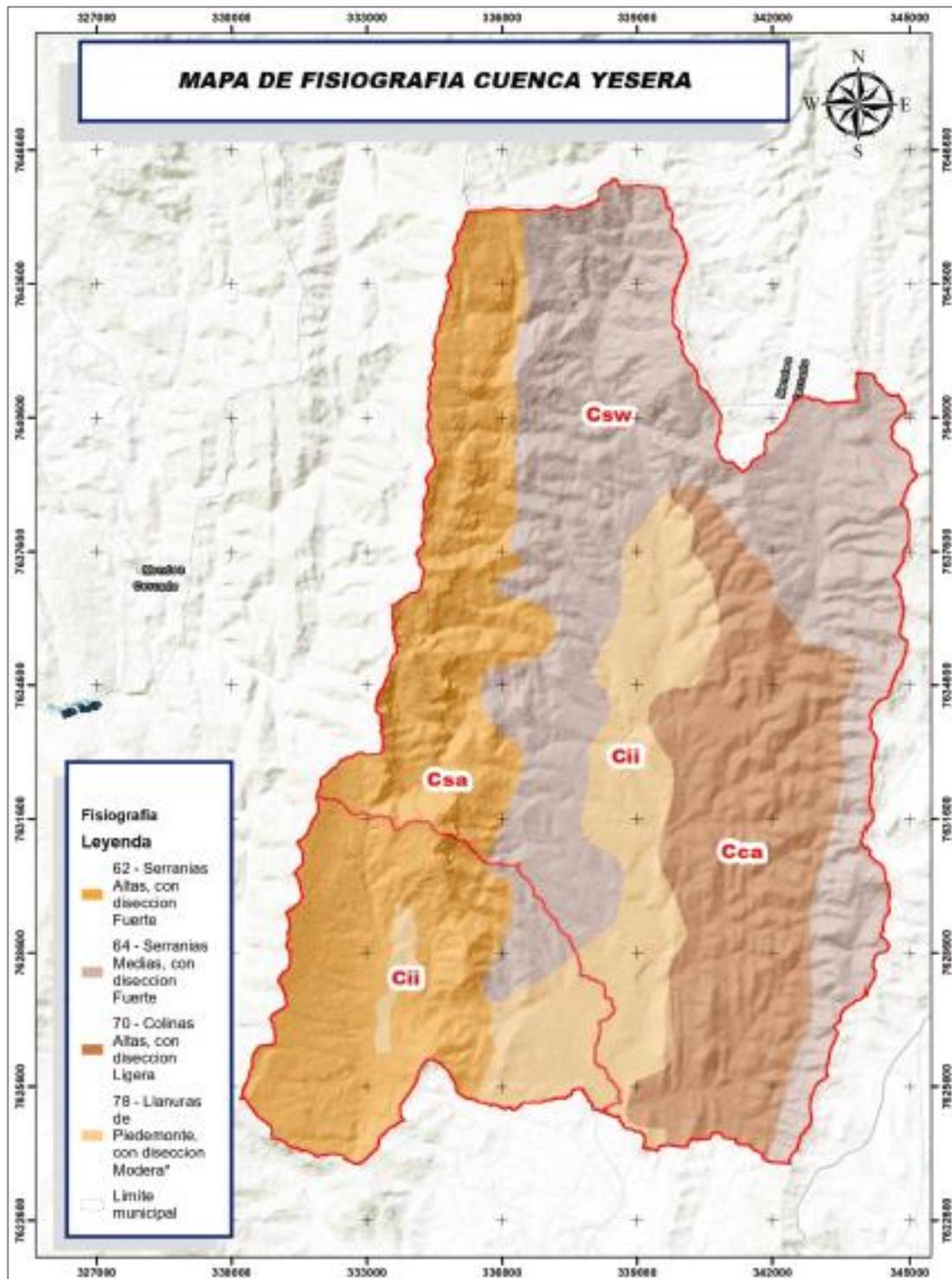
**Tabla 5.** Fisiografía de la Cuenca Pedagógica de Yesera

<b>FISIOGRAFÍA</b>	<b>ÁREA Km2</b>	<b>%</b>
Serranías Altas, con disección Fuerte	62,81	29,50
Serranías Medias, con disección Fuerte	77,73	36,51
Colinas Altas, con disección Ligera	41,97	19,71
Llanuras de Piedemonte, con disección Moderada	30,38	14,28
<b>TOTAL</b>	<b>212,89</b>	<b>100</b>

**Fuente:** (AtlasYesera, FCAF, & UAJMS, 2021)

**Figura 7.** Distribución porcentual de la fisiografía

**Figura 8.** Fisiografía de la Cuenca Pedagógica de Yesera



**Fuente:** (Atlas Yesera, FCAF, & UAJMS, 2021)

### 3.2.4 Suelos

Los suelos del área de estudio, están caracterizados en unidades fisiográficas bien definidas, el material parental de los suelos, en su mayoría es procedente de rocas del periodo Tríasico y Cretásico, encontrándose en su litología formada por areniscas, lutitas y limonitas.

Las características físicas de los suelos van variando de acuerdo a la posición fisiográfica en que se encuentren, pero de manera general se puede decir que los suelos ubicados en los complejos montañosos son poco profundos, generalmente tiene un contacto lítico próximo y se evidencia presencia de afloramientos rocosos, siendo su textura de pesada mediana. (MMAyA & UAJMS, 2018).

**Tabla 6.** Clasificación de suelos según la taxonomía de la FAO

<b>TIPOS DE SUELOS SEGÚN FAO</b>	<b>Ha.</b>	<b>%</b>
Asociación Leptosol - Cambisol - Phaeozem	5651,49	26,74
Asociación Cambisol - Leptosol	12715,75	60,17
Asociación calcisol - Lixisol	2764,36	13,08
<b>TOTAL</b>	<b>21131,60</b>	<b>100,0</b>

**Fuente:** (MMAyA & UAJMS, 2018)

#### 3.2.4.1 Asociación Leptosol - Cambisol – Phaeozem

Localizada en el margen oeste de la subcuenca y en la comunidad Caldera Grande. El paisaje geomorfológico son laderas en cuarcitas, areniscas y conglomerados cubierto con vegetación herbácea densa, graminoide baja, arbustiva, subalpino y vegetación herbácea semidensa, graminoide baja, mixto, montano.

Los leptosoles son suelos superficiales con espesores menores a los 10 centímetros y texturas francas a más gruesas.

Los cambisoles se localizan en las partes con mayores profundidades efectivas, presentan un ligero desarrollo pedológico que cumple los requisitos de un horizonte cámbrico, la textura es franca en la superficie y un poco más fina en el sub horizonte.

Los phaeozem se encuentran un poco más dispersos dentro de esta unidad, los pedones cumplen los requisitos de un horizonte mólico, la textura es igual que los cambisoles excepto por el color de la capa superficial que es más oscura, el pH en todos los casos es ácido y fertilidad moderada. (MMAyA & UAJMS, 2018)

#### **3.2.4.2 Asociación Cambisol – Leptosol**

Se ubica en el Norte y Este de la Subcuenca de Yesera, en las comunidades de Yesera San Sebastián, Chiguaypolla, Mullicancha y Comarca Lajas. El paisaje geomorfológico comprende laderas en areniscas, lutitas, limonitas y diamictitas, cubierto con vegetación de matorral ralo, bajo a medio, mayormente caducifolio, deciduo por sequía, montano y vegetación herbácea, semidensa, graminoide, baja, mixto, montano.

Los suelos son de muy superficiales a superficiales, con abundantes fragmentos gruesos en el perfil, de colores pardo oscuros a pardo amarillento oscuros, textura media, en las partes más bajas se encuentran los cambisoles con algunas evidencias de desarrollo pedológico, el pH es por lo general ligeramente ácido, la fertilidad natural es baja. (MMAyA & UAJMS, 2018).

#### **3.2.4.3 Asociación Calcisol – Lixisol**

Se ubica en las comunidades de Yesera Norte, Yesera Centro, Caldera Chica y Yesera Sud. El paisaje geomorfológico comprende abanicos y pequeños valles sobre depósitos fluvio- lacustres, cubiertos con vegetación de matorral denso a semidenso, alto, xeromórfico, deciduo por sequía, montano y áreas antrópicas. Estos suelos se caracterizan por presentar un desarrollo pedológico mayor que el caso anterior.

Los calcisoles son suelos de pH básico y alta saturación de bases. La presencia de carbonatos tiene implicaciones agronómicas al aumentar la concentración de bicarbonatos que bloquean la absorción de hierro por las plantas (clorosis férrica). Estos suelos ocupan área semiáridas y subhúmedas con precipitación estacionalmente irregular.

Los lixisoles se encuentran sobre todo en los restos de terraza antigua lacustre, Estos son suelos con el mayor desarrollo pedogenético. Dentro del perfil, la arcilla ha sido transportada o eluviada de los horizontes superficiales a un horizonte subsuperficial de acumulación “iluvial”. Se forman en relieves planos a inclinados, frecuentemente a partir de materiales aluviales, coluvio - aluviales o lacustrinos. La formación de estos suelos presupone varios requisitos, entre ellos lógicamente la presencia de arcilla en el medio, procesos dispersivos que faciliten su migración y periodos de alternancia lluviosos y secos, que contribuyen a translocar las arcillas en periodos húmedos seguidos por su acumulación durante la época seca. (MMAyA & UAJMS, 2018).

### **3.2.5 Vegetación**

La vegetación natural tiene múltiples relaciones con los componentes bióticos y abióticos del medio como protector del suelo, estabilizador de pendientes regulador de la cantidad de agua en la cuenca Yesera, habitad de la fauna silvestre; expresión de la fauna silvestre, expresión de las condiciones locales ambientales y estabilidad ecológica y calidad general del ecosistema.

#### **3.2.5.1 Tipo, cobertura y manejo de la vegetación**

La cobertura vegetal es poco densa. Varía desde la paja, pastos y musgo que se encuentran en las partes altas de la sub cuenca y entre las cotas 2.700 y 3.000, hasta superficies ampliamente expuestas en que se tienen generalmente árboles aislados de “churquis” (algarrobo). La vegetación corresponde a un clima o piso ecológico de Tierras Altas, con variaciones de los pisos ecológicos que llegan en la parte media hasta el bosque espinoso montano bajo subtropical. Localmente, especialmente a lo largo de los cauces, se tienen pequeñas áreas antropizadas con eucaliptos, molles y sauces. (MMAyA & UAJMS, 2018)

**Tabla 7** Especies forestales más comunes

Nombre Común	Nombre Científico
Churqui	<i>Acacia caven</i>
Algarrobo blanco	<i>Prosopis alba</i>
Algarrobo negro	<i>Prosopis nigra</i>
Molle	<i>Schinus molle</i>
Jarca	<i>Acacia visco</i>
Chañar	<i>Geofraea decorticans</i>
Aliso	<i>Alnus sp.</i>
Chilca	<i>Bacharis sp.</i>
Tusca	<i>Acacia aroma</i>
Tola	<i>Paratrephia lepidophylla</i>

Fuente: (MMAyA & UAJMS, 2018)

### 3.2.6 Fauna

Según informaciones de los pobladores se pueden observar diferentes especies de vertebrados que cumplen las funciones de equilibrio del ecosistema natural. Se encuentran como las especies más importantes y predominantes se tienen las siguientes:

**Tabla 8** Fauna

Nombre Común	Nombre científico
Comadreja	<i>Mistela nivalis</i>
Murciélago	<i>Desmodus rotundus</i>
Zorrino	<i>Mephitismephitis</i>
León (puma americano)	<i>Puma concolor</i>
Liebre	<i>Lepus californicus</i>
Uron	<i>Mustela putorius turo</i>
Zorro	<i>Didelphys virginiana</i>
Patos de las torrenteras	<i>Merganetta armata</i>
Víbora	<i>Vipera aspis</i>
Pájaros - palomas	-
Taraschis	-
Bientefue	-

Fuente: (MMAyA & UAJMS, 2018)

### 3.2.7 Uso de la tierra

En cuanto al uso de la tierra, las partes bajas de la cuenca Yesera, los terrenos cuaternarios se encuentran sometidas a cultivos agrícolas en tres modalidades de riego como se indica a continuación:

- A riego, con dotación hídrica insuficiente durante parte del año, siendo los principales cultivos el maíz, la papa, arveja, trigo, maní, tomate, cebolla y frutales.
- Medio riego, que no alcanza a dotar de agua al cultivo más que en época húmeda sin llegar a cubrir la estación seca.
- Secano, que, en las partes bajas, con cultivos de maíz, papa, arveja y trigo, especialmente.

La agricultura asentada en los suelos cuaternarios de la cuenca Yesera normalmente no presenta problemas erosivos cuando se realiza en terrenos con pendientes inferiores al 2%, aun cuando su vecindad a los cauces la somete a inundaciones y daños por erosión lateral causados por la irregularidad y torrencialidad del régimen hidrológico existente en la zona, que necesitan de defensivos en sus márgenes y en general de una mejora de este régimen de las descargas que se presenta en muchos casos como una necesidad urgente. (MMAyA & UAJMS, 2018).

En las laderas y terrenos comunales se práctica el pastoreo libre o pastoreo extensivo de ganado vacuno, ovino y caprino, sin que existan cercados y control por rotación de la superficie pastada.

Estos aprovechamientos carecen de ordenamiento y regulación en especial en lo que respecta al ganado menor, y es uno de los factores negativos principales para la rehabilitación de la cuenca Yesera, dado el continuo esquilmo del pasto, que impide la floración y rebrote de las especies más apetecidas, el constante ramoneo de las cabras sobre los brotes de la vegetación arbórea y arbustiva y el desordenado traslado de los rebaños con su continuado efecto de compactación y sellado de la capa superior del suelo, que impide la germinación de las semillas, anula la capacidad de infiltración y

favorece una elevada emisión de escorrentías superficiales. (MMAyA & UAJMS, 2018).

**Tabla 9.** Uso actual de la tierra

Descripción	Ha.	%
Agrosilvopastoril en matorrales con caprinos, ovinos y cultivos anuales	12346,60	58,40
Ganadero extensivo con ovinos y caprinos	6880,30	32,60
Agropecuaria extensiva con cultivos anuales y perennes y vacunos, ovinos y caprinos	828,70	3,90
Silvopastoril con vacunos, caprinos, ovinos y extracción de productos del bosque	675,80	3,20
Agrosilvopastoril en matorrales con cultivos anuales, caprinos, ovinos, vacunos y extracción de leña	203,80	1,00
Agrícola intensivo con cultivos anuales	196,40	0,90
<b>Total</b>	<b>21131,60</b>	<b>100,00</b>

**Fuente:** (MMAyA & UAJMS, 2018)

### 3.2.8 Aspectos Socio-demográficos

La población total de las seis comunidades de interés de acuerdo al Censo Nacional de Población y Vivienda 2012 realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE), alcanza a 1.594 habitantes que corresponden a 398 familias con una media de 4 y 5 miembros por familia como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 10.** Población de área de estudio

Comunidad	Mujer	Hombre	Total	% Mujer	%Hombre
Caldera Grande	38	37	75	51	49
Chiguaypolla	44	62	106	42	58
Yesera Centro	180	183	363	50	50
Yesera Norte	219	223	442	50	50
Yesera San Sebastián	59	61	120	49	51
Yesera Sud	243	245	488	50	50
<b>TOTAL</b>	<b>783</b>	<b>811</b>	<b>1594</b>	<b>49</b>	<b>51</b>

**Fuente:** (MMAyA & UAJMS, 2018)

Las principales actividades en que se sustentan las familias de las comunidades de la Cuenca Pedagógica Yesera, es el cultivo de forma extensivo mecanizada y manual cultivándose maíz, papa, arveja, cebolla etc. tanto a riego por inundación y secano.

La producción excedente es comercializada en el mercado campesino de Tarija, y cierta parte es para el consumo propio.

Los residuos de la producción agrícola como es la chala de maíz se almacenada para incorporar en la alimentación del ganado en épocas de sequía.

La crianza extensiva de animales (ganado vacuno, caprino, ovino y porcino) es también uno de sus principales fuentes de ingresos monetarios y provisión de carne para el consumo propio, cueros y lanas y otros.

También existe en la zona la producción de frutas como durazno, frutilla, arándano, uva, y manzana, que se comercializa en el mercado campesino y consumo propio.

Otras actividades son que trabajan como jornaleros por día o contratos (cavado o ablandamiento de pequeñas parcelas (frutales, huertos caseros mixtos) de forma manual. también trabajan como sembradores y cosechadores, por lo general estas labores los realizan las mismas familias del hogar padre, esposa e hijos.

La principal actividad de los varones es la agricultura, dedicándose a la misma el 79,60% de los trabajadores, el 2,10% son chóferes, el 0,40% son porteros, el 0,40% enfermeros, y el 1,90% son profesores, y el restante 15,60% corresponde a los que no respondieron. (MMAyA & UAJMS, 2018)

La principal actividad a la que se dedican las mujeres son labores de casa, dedicándose a la misma el 84,60% de las mujeres, esta actividad conlleva todas las tareas domésticas del hogar, siendo la fundamental la crianza y educación de los hijos, por otra parte en las labores de casa se incluye las faenas donde las mujeres ayudan a la siembra, la cosecha, el riego, el cuidado de los animales, etc. actividad de gran aporte que hace la mujer a la economía del hogar y que sin embargo no tiene conciencia de la misma, ni es valorada por ella misma ni por los miembros de la familia, el 0,40% corresponde a las mujeres dedicadas a la agricultura, el 1,00% corresponde a las mujeres que son

profesoras, el 1,00% de las mujeres se dedican tanto a labores de casa como son profesoras y el restante 13,00% de las mujeres no respondieron. (MMAyA & UAJMS, 2018).

**Tabla 11.** Principales actividades en la Cuenca Pedagógica de Yesera

Actividad	Género	%	Actividad	Género	%
Agricultura	Hombres	79,60	Labores de casa	Mujer	84,60
Choferes	Hombres	2,10	Agricultura	Mujer	0,40
Porteros	Hombres	0,40	Profesoras	Mujer	1,00
Enfermeros	Hombres	0,40	Labores de casa y profesora	Mujer	1,00
Profesores	Hombres	1,90	No respondieron	Mujer	13,00
No respondieron	Hombres	15,60			
<b>TOTAL</b>		<b>100,00</b>			<b>100,00</b>

**Fuente:** (MMAyA & UAJMS, 2018)

### 3.3 Materiales

#### 3.3.1 Materiales de campo

- Libreta de campo.
- Planillas.
- Tablero de apuntes.
- Cámara fotográfica.
- GPS. Garmin.
- Cronómetro.
- Calculadora.
- Azadón.
- Cartas topográficas.
- Balde graduado.
- Recipientes de 1 y 5 litros.
- Tubos de PVC de 2" y 5"
- Wincha.
- Regla.
- Objeto flotador.
- Otros

#### 3.3.2 Material de gabinete

- Se emplearon los siguientes programas: Google Earth Pro, ArcGis, Global Mapper, Sas Planet, Word, Excel, Power Point y otros.

- Imágenes satelitales descargado del Software SASPlanet del servidor (Satellite Google maps).
- Laptop Toshiba Satellite Core i7.
- Impresora Hp.

### **3.4 METODOLOGÍA**

Para el siguiente estudio se usó como guía de referencia la metodología “Inventario y planificación del uso de las fuentes de agua” (IPFA) elaborado como base guía por parte del MMAyA

En el manual se debe tomar en cuenta la gran diversidad biofísica, social, económica y cultural que existe en torno al manejo del agua en las cuencas de Bolivia, lo que determina que no sea posible dar una prescripción precisa sobre la mejor forma de desarrollar el inventario de las fuentes de agua, por esta razón la metodología del manual se constituirá como un documento de orientación.

**La metodología empleada comprende tres fases como se indica a continuación**

#### **3.4.1 Fase I: Recolección de información, preparación y planificación del inventario**

Se realizó actividades de coordinación con los representantes de cada comunidad de la Cuenca Pedagógica Yesera posteriormente la identificación, reconocimiento y delimitación de la cuenca, recabando la mayor información posible, llenando las fichas de campo. Los pasos a seguir son los siguientes:

**Paso 1:** Identificación, reconocimiento de la cuenca uso de ficha anexo 1

La visita de reconocimiento consistió en un recorrido rápido por la cuenca en estudio que dio una idea general y que se debe recoger toda la información básica de campo como: (ubicación, vías de acceso, distancias, centros poblados, y otra información importante y relevante para el inventario).

**Paso 2:** Preparación y coordinación del ingreso al área de estudio

Se coordinó el ingreso a la cuenca con los representantes de cada comunidad, tomando todas las previsiones necesarias para garantizar el éxito del trabajo de campo. En este sentido se consideró las siguientes actividades:

- Recopilación de información primaria y secundaria existente en la cuenca (geográfica, textual, y numérica), posteriormente se analiza, se procesa y se selecciona la información más útil.
- A partir de esta información se preparó un mapa base de la cuenca en general, mapa de la red de drenaje y mapa de accesibilidad.
- Preparación de los equipos y materiales necesarios para el trabajo de campo, considerando las actividades a realizarse (aforos, ubicación de puntos de aforo).
- De acuerdo a la estimación preliminar de las fuentes de agua, se preparó las fichas de campo necesarias.

#### **3.4.2 Fase II: Inventario de fuentes de agua uso de fichas 2.1 y 2.2**

##### **Paso 1:** Desarrollo del inventario de fuentes de agua

- Se imprimió imágenes satelitales con su respectiva red de drenaje y vías de acceso.
- Con ayuda de una carta topográfica y comunarios de lugar se identificó los nombres de ríos, quebradas, vertientes, atajados y presas.
- Se determinará la posición de las fuentes de agua (vertientes, quebradas, ríos y presas) u otro uso mediante el uso de un sistema de posicionamiento global (G.P.S), para conocer las coordenadas de ubicación en (U.T.M.) de las fuentes de agua y cualquier otro elemento que sea necesario mapear.
- Las mediciones de caudal se efectuaron en todos los puntos de confluencia de ríos y quebradas, los puntos de ingreso de vertientes. Se realizó aforo del caudal principal, y del caudal afluente.

### 3.4.2.1 Descripción del procedimiento para el aforo de caudales por el método volumétrico y del flotador

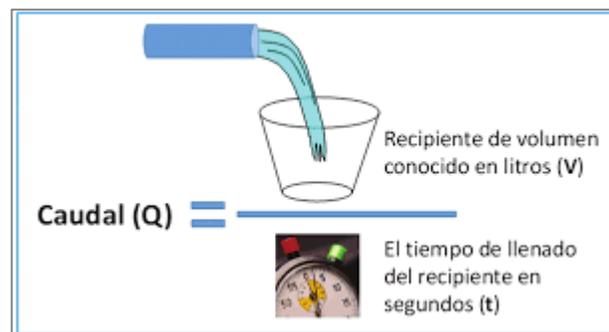
#### 3.4.2.1.1 Método volumétrico

La determinación del caudal aplicando este método, resulta de la medición del tiempo que tarda en llenar, un flujo de agua a un recipiente de volumen conocido (graduado) o fácilmente cuantificable. Es un método directo puntual, preciso y confiable.

#### 3.4.2.1.2 Equipos y materiales requeridos

- Balde graduado.
- 1 m de tubería de 2 a 5 pulgadas de diámetro.
- Cronómetro.
- Azadón o picota para acondicionar el terreno en el punto donde se instalará el tubo para el aforo.

**Figura: 9** Método volumétrico



#### 3.4.2.1.3 Procedimiento

- 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 estabilice 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 controlados de volumen y tiempos de llenado, se calcula el caudal de la fuente de agua, aplicando la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{V(l)}{T(s)}$$

**Donde:**

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

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

**T**= Tiempo en segundos.

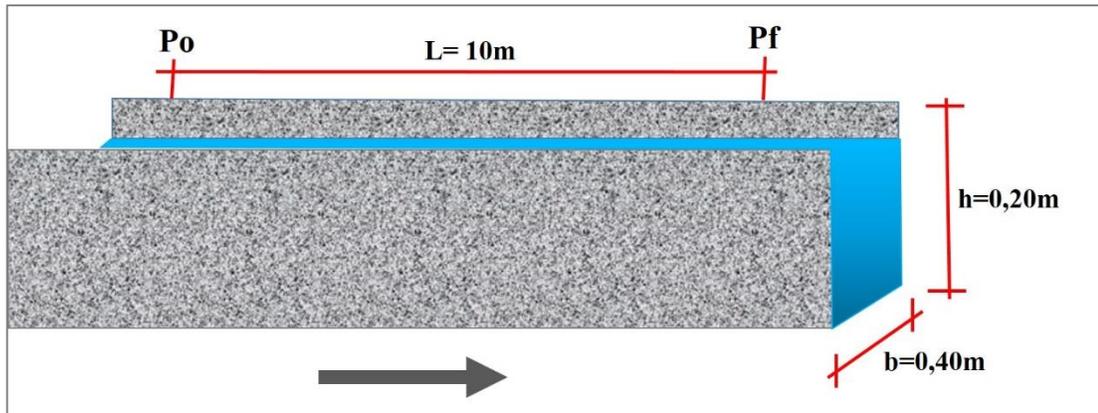
#### **3.4.2.1.4 Método del flotador**

Este método es sencillo, pero sólo permite estimar en forma aproximada el caudal. Se debe estimar la velocidad del agua y el área del cauce.

#### **3.4.2.1.5 Equipos y materiales requeridos**

- Cronómetro.
- Planillas.
- Wincha.
- Cámara.
- Regla.
- Flotador.

**Figura 10.** Método del flotador



**Fuente:** [http://www.turbinas3hc.com/servicios/download/medir\\_caudal\\_altura.pdf](http://www.turbinas3hc.com/servicios/download/medir_caudal_altura.pdf)

#### 3.4.2.1.6 Procedimiento

- 1.- Ubicar en el cauce un tramo aproximado 10 m (L) de sección uniforme. Marcar el punto **Po** al inicio del tramo y el punto **Pf** al final del tramo seleccionado
- 2.- A la altura del punto **Po** soltar un objeto flotante y anotar el tiempo (T) (seg) que demora en desplazarse hasta la altura del punto **Pf**, realizar por lo menos 3 mediciones del tiempo (T) y saque un promedio para realizar el cálculo de la velocidad. Ejemplo:

$$T1 = 6.0 \text{ seg.}$$

$$T2 = 6.5 \text{ seg.}$$

$$T3 = 7.0 \text{ seg.}$$

$$T = (6.0 + 6.5 + 7.0)/3$$

El tiempo promedio resultante es **6.5 seg.**

- 3.- Calcular la velocidad (V) del agua utilizando la siguiente fórmula:

$$V = \frac{L}{T}$$

Siguiendo con el ejemplo ( $L = 10m$  ;  $T = 6.5seg.$ )

$V = 10m/6.5seg \rightarrow$  Da como resultado **1.53m/seg.**

4.- Medir el ancho del canal ( $B$ ) en metros y la profundidad del agua ( $H$ ) en metros, para calcular el área de la selección. Mediante la siguiente formula:

$$A = B * H$$

Para el ejemplo, consideremos que  $B = 0.50m$  y  $H = 0.20m$ , entonces;

$$A = 0.50m * 0.20m = 0.10m^2.$$

5.- Observar el tipo de terreno del canal para seleccionar el factor de corrección ( $C$ ) del caudal:

#### **Factores de Corrección**

$C = 0.8$  para canal de concreto

$C = 0.7$  para canal de tierra

$C = 0.5$  para arroyo quebrado

6.- Calcular el caudal ( $Q$ ) en litros por segundo mediante la siguiente formula:

$$Q = C * V * A * 1000$$

#### **Donde:**

$Q$  = Es el caudal, en l/s

$C$  = Es el factor de corrección

$V$  = Es la velocidad del agua en m/s

$A$  = Es el área, en  $m^2$

Continuando con el ejemplo y considerando que el canal es de tierra, tenemos:

$$Q = 0.7 * 1.53 * 0.10 * 1000$$

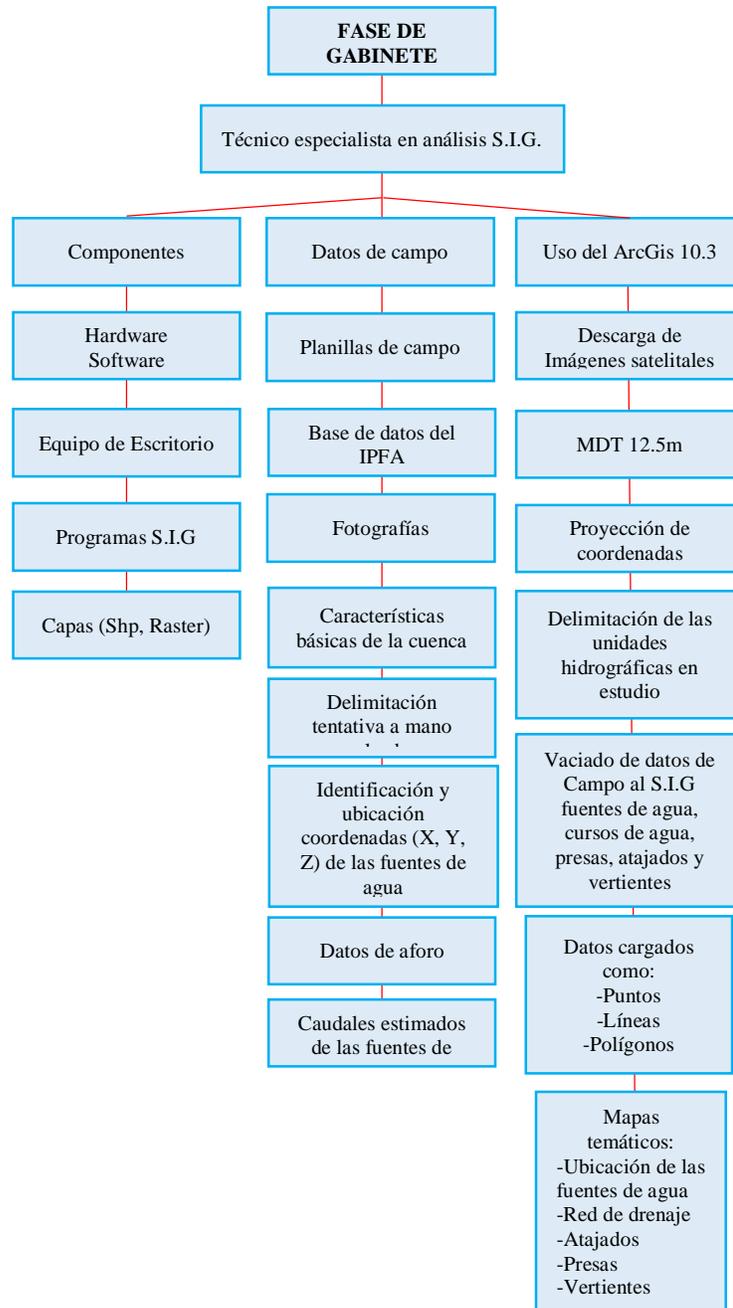
$$Q = 107.1 \text{ lts/seg.}$$

### **3.4.3 Fase III Procesamiento y análisis técnico de los datos recolectados**

Ingreso de datos en un sistema de información geográfica (SIG)

Los datos de campo son cargados a una base de datos elaborada previamente en el programa Excel, para luego vincularla al (SIG) sistema de información geográfica, posteriormente procesar toda la información de las fuentes de agua y la elaboración de mapas temáticos.

**Figura 11.** Flujograma de procesamiento de datos empleando el sistema de información geográfica ArcGis



**Fuente:** Elaboración propia, 2021.

Una vez colectada la información en campo de las fuentes de agua, los datos se lo vinculó al programa ArcGis 10.3 para generar mapas temáticos y tablas consolidadas de las fuentes de agua.

Los datos obtenidos en trabajos de campo y registrados en las respectivas fichas de campo, se lo vinculo a un sistema de información geográfica (SIG) como puntos, líneas y polígonos (fuentes puntuales de agua y cursos principales de agua).

**Paso 1:** Sistematización del inventario

- Una vez recolectada la información en campo de las fuentes de agua (fichas, de campo, planillas, fotografías etc.), se procedió al vaciado de la misma a una base de datos diseñada para tal efecto. El ingreso de datos se realizó después de cada jornada de campo.
- Las imágenes y datos georreferenciados serán procesados en el programa ArcGis 10.3 para la elaboración de mapas temáticos.
- Tablas consolidadas: fuentes de agua, características, comportamiento, capacidad de las fuentes para satisfacer los requerimientos de diferentes tipos de usos.

**Paso 2:** Análisis de información los recursos hídricos

Una vez que la información recolectada en campo haya sido ingresada a la base de datos se procederá al análisis técnico de la información generada de las fuentes de agua.

**3.4.3.1 Procedimiento**

- Mediante la consulta a la base de datos, se elaboró cuadros de resumen de la información recolectada y procesada.
- Con el mismo fin se construirán mapas temáticos (localización de las fuentes de agua, cauces naturales).
- A partir de esta información se elaboró una tabla resumen en la que se visualice el potencial de cada fuente de agua para diferentes tipos de uso (riego).

**Paso 3:** presentación y validación de los resultados en una reunión general

- En una comunidad y con la participación de todos sus representantes, se desarrolló un evento en el que se presentó, revisó y se validó los resultados del inventario de las fuentes de agua.

**Tabla 12.** Síntesis de fases y pasos

Fase	Paso	Descripción	Requerimientos	Productos
I. Recolección de información y preparación del inventario.	1. Identificación y delimitación de las unidades hidrográficas.	Se recopiló y analizo información cartográfica y documental de las cuencas. Se realizó una visita de reconocimiento del área de trabajo.	-Mapa base guía -Mapa de accesibilidad -Mapa de la red de drenaje -Carta topográfica -Planillas -Transporte	Información primaria y secundaria relevante, para la realización del inventario de las fuentes de agua y preparación de la logística
	2. Coordinación de ingreso a la cuenca Yesera	Se informó a los corregidores comunales los objetivos del trabajo.	-Mapa base -Marcadores -Papelógrafos	Coordinación con las comunidades involucradas
II. Inventario de las fuentes de agua	1. Inventario de fuentes de agua, puntuales y cauces naturales	Se trabajó en base al requerimiento de la ficha 2.1 y 2.2	-GPS -Cronometro -Recipientes -Wincha -Fichas 2.1;2.2 -Cámara -Transporte	Inventario y caracterización de las fuentes puntuales de agua y cauces naturales, mapas temáticos.
III. Procesamiento y análisis técnico de los datos recolectados	1. Elaboración de una base de datos.	Se generó una base de datos informática digital para su posterior análisis.	-Planillas -Laptop -Programas SIG -Información primaria	una base de datos georreferenciados de todas las fuentes de agua existentes en la cuenca Yesera
	2. Ingreso de datos a un sistema de información geográfica y análisis de datos.	Se efectuó tablas de resumen, gráficos y mapas temáticos de las fuentes de agua.	-Laptop -Hojas de Excel -Base de datos -Imágenes satelitales -Software ArcGis	Síntesis de la información de campo y representación en mapas temáticos
	3. Presentación y validación de resultados en una reunión general	Se lo realizó una reunión general, con los representantes de cada comunidad.	-Laptop -Proyector -Refrigerio -Actas -Transporte	Validación del trabajo de investigación

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADO Y DISCUSIÓN**

## **4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1.1 Red hidrográfica**

La Cuenca Pedagógica de Yesera cuenta con un área total de 212.98 Km<sup>2</sup>, con un perímetro de 76.05 Km, con una cota mínima de 2101 m.s.n.m. y cota máxima de 3324 m.s.n.m., con un punto de origen o desfogue de cota 2072 m.s.n.m. y una longitud del cauce principal de 28.45 Km, desde el punto de vista hidrográfico el río Yesera tiene un tipo de corriente permanente durante todo el año calendario.

### **4.1.2 Estado situacional de las fuentes de agua en la Cuenca Pedagógica de Yesera**

Realizada la evaluación del estado situacional de las fuentes de agua en la Cuenca Pedagógica Yesera, con la participación de actores claves de las comunidades (Yesera Sud, Caldera Grande, Yesera Centro, Yesera Norte, Chiguaypolla y Yesera San Sebastián) se tiene lo siguiente resultados:

La comunidad Yesera San Sebastián no cuenta con ninguna Presa construida, solo atajados construidos de tierra en parcelas de cultivos y en zonas estratégicas para la cosecha de agua en épocas de lluvia (diciembre a marzo)

Los comunarios que habitan en márgenes del río Yesera, aprovechan el agua por aducción del mismo río por gravedad, algunos utilizan motobombas gasolineras de 2 a 3 pulgadas que bombean el agua desde el río Yesera directo a sus cultivos, también bombean el agua y almacenan en sus atajados para el riego y abrevado de sus animales.

Los productores que se encuentran muy distantes del río principal (Río Yesera) son los que sufren las consecuencias de la no disponibilidad de agua para sus cultivos, limitándose solo a cultivar en épocas de lluvia.

La comunidad de Chiguaypolla cuenta con 5 Presas construidas, distribuidas a lo largo del río Mullicancha (ver Gráfico 1.) las cuales abastecen durante todo el año para el riego de cultivos de frutillas, arándanos, durazneros, papa, maíz, vid, cebolla y arveja.

Habitantes que viven en las zonas altas y distantes a las presas solo siembran en épocas de lluvia, pues las quebradas existentes en la comunidad de Chiguaypolla en su mayoría en épocas de estiaje se encuentran secas sin caudal debido a la inexistencia de acuíferos subterráneos y la escasa cobertura vegetal.

Las comunidades de Yesera Norte, Yesera Centro, Yesera Sud y Caldera Grande cuentan con agua durante todo el año calendario, una de las presas más importantes se encuentra en la comunidad de Caldera Grande llamada del mismo nombre que abastece año redondo a las comunidades de Yesera Sud, Yesera Centro, regando más de 1200 hectáreas aproximadamente (Ver Tabla 1.)

Se evidenció mediante el Proyecto de Cuencas Pedagógicas Yesera se fue implementando paulatinamente la Gestión Integral de Recursos Hídricos y Manejo Integral de Cuencas (GIRH-MIC) de esta manera optimizando el uso del agua con sistemas de riego tecnificado por aspersión, riego a goteo, implementación de camellones en parcelas medianas de los productores que producen frutilla y arándano con resultados muy alentadores a futuro, de esta manera se contribuye al uso sostenible y planificado de las fuentes de agua, dejando atrás el uso deficiente y mala práctica del agua que nuestros ancestros practicaban el riego por inundación provocando el arrastre de materiales sólidos sedimentando las presas y disminuyendo su capacidad de almacenamiento, los agroquímicos también contaminan y degradan la fertilidad del suelo.

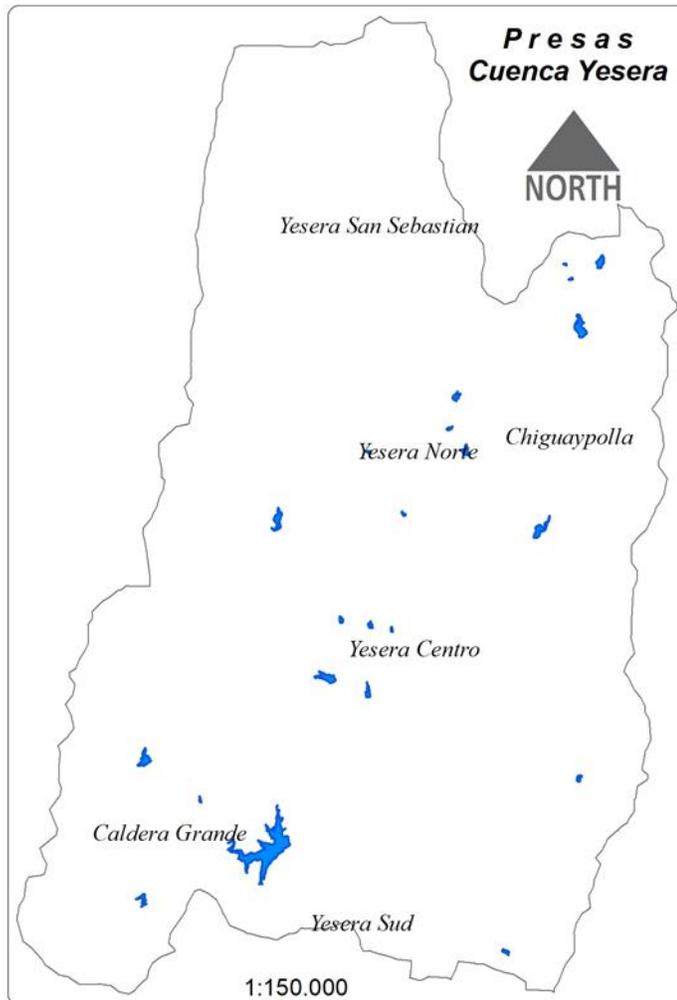
También se evidenció la deficiente conducción del agua a las zonas de cultivos muy periféricas de las presas, cultivos que se encuentran por muy encima de la cota de desfogue de las presas, se constató la existencia pequeñas microcuencas con gran potencial de almacenamiento de agua, lugares que son estratégicos para la construcción de atajados.

Es evidente la posibilidad de riesgos y problemas en contornos de las fuentes de agua y presas, actualmente se están realizando gestiones para nuevos proyectos, por parte de las autoridades del Organismos de Gestión de Cuencas Yesera (OGC) coordinando con el Municipio, UAJMS, FAO, y MMAyA. Proyectos para el cerramiento y plantación

de especies nativas en todas las presas, y manejo de la vegetación aguas arriba de las cuencas aportantes, de esta manera disminuyendo la sedimentación y colmatación de las presas así prolongando la vida útil para las futuras generaciones.

#### 4.1.3 Inventario de fuentes de agua ríos, quebradas, vertientes y presas

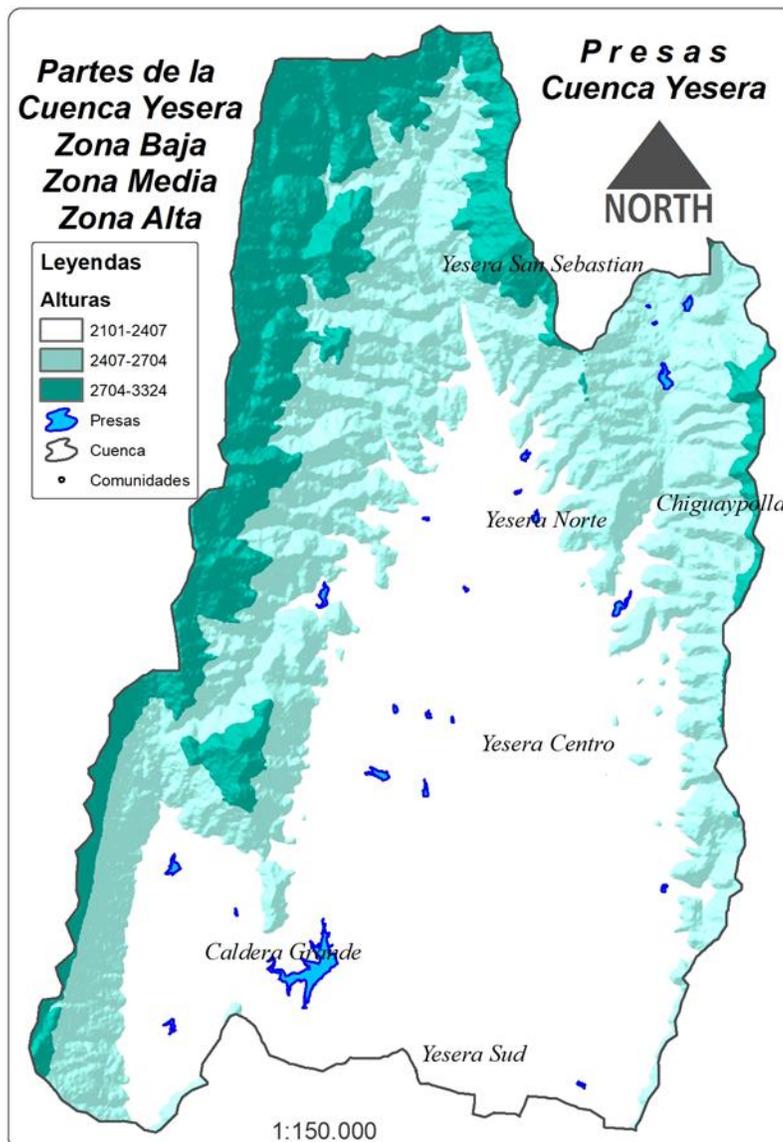
##### 4.1.3.1 Presas construidas en la Cuenca Pedagógica de Yesera



En el trabajo de inventario de presas de la cuenca Yesera, se registró la existencia de 22 presas, la gran mayoría construidas de material tierra del lugar, presas que fueron construidas por diferentes instituciones del municipio de Cercado Tarija. Son 19 presas de tierra con revestimientos, 1 de tipo enrocado y 2 de tipo hormigón. (Ver Gráfico 2)

Los principales usos del agua almacenada en las presas son principalmente para el riego, abrevado de animales, conservación del medio ambiente y piscícola. (Ver Tabla 1)

La presa más importante se encuentra ubicada en la comunidad Yesera Sud, denominado Presa Calderas con un volumen de 4460000 m<sup>3</sup> de agua almacenada con un espejo de agua de superficie de 47.38 ha. (Ver Mapa 1)



La cuenca Yesera cuenta con una cota máxima de 3324 m.s.n.m., y como cota mínima 2101 m.s.n.m. que corresponden a la cordillera oriental.

La temperatura media mensual en el área de intervención es 16.6 ° C, con temperaturas máximas extremas que llegan hasta los 39 ° C, los meses más cálidos son de Octubre, Noviembre, Diciembre y Enero.

La precipitación media mensual de la cuenca Yesera es de

55,1 mm, lo cual nos permite clasificar al lugar como un clima templado medianamente seco. En cuanto a la precipitación anual promedio es de 661,9 mm.

El escurrimiento en la zona es proporcional a las precipitaciones y además coinciden en tiempo, los mayores caudales se presentan en los meses lluviosos: diciembre, enero, febrero y marzo. En este periodo el agua es abundante, incluso se tiene excedentes que no se aprovechan dentro de la cuenca Yesera.

Se constató la construcción de 18 presas en la zona baja de cuenca Yesera y 4 presas en la zona media de la cuenca, que se encuentran en la comunidad de Chiguaypolla.

El estado situacional de las 22 presas inventariadas, el factor común es la falta de manejo de aguas arriba de las cuencas aportantes, debido a este problema las presas se han visto colmatadas por el arrastre de sedimentos sólidos disminuyendo su capacidad de almacenamiento y vida útil, aun que actualmente se vienen realizando actividades como cerramientos perimetrales alrededor de las presas, plantaciones forestales con especies nativas en cercanías de las presas con el objetivo de amortiguar los embates de la escorrentía superficial, el arrastre de materiales sólidos y disminuir la erosión. Y degradación de los suelos.

**Imagen 1.** Presa Churquis



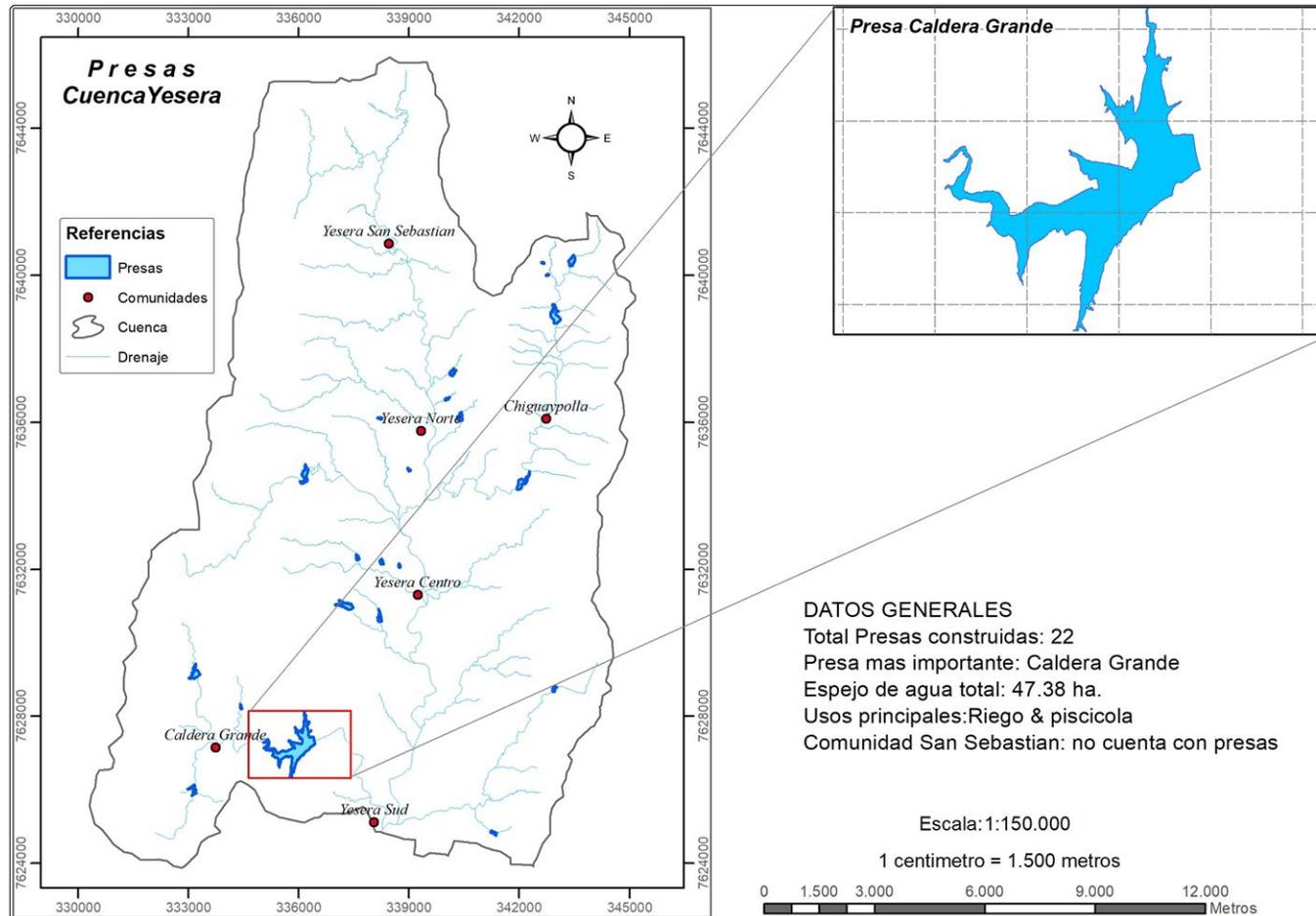
**Fuente:** Elaboración propia, 2021.

Durante el inventario de las presas en épocas de sequía no se encontró ninguna presa seca por ende hay un potencial de riego durante todo el año calendario, el problema es la deficiente conducción de agua y la falta de aducciones hacia los cultivos agrícolas.

En cuanto a los riesgos es inevitable la contaminación de agro químicos tóxicos, que alteran el desarrollo normal de los alevines de carpa sembrados en la gran mayoría de

las presas, por otra parte, la sedimentación también es un riesgo que afecta directamente los productores.

#### 4.1.3.2 Mapa 1. Presas construidas en la Cuenca Pedagógica de Yesera



Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.1.3.3 Tabla 1. Presas construidas en la Cuenca Pedagógica de Yesera

Nº	Cod.	Comunidades	Nombre de las presas	UTMWSG84;20SUR		ALTITUD msnm	Espejo de agua (ha)	Perimetro (m)	Usos principales	Material	Vol.(m3)	Flia_Ben .	Año de construcción	Area bajo riego (ha)
				XCOORD	YCOORD									
1	CHI01	Chiguaypolla	Presa Tramposa	343431	7640381	2493	2,91	854,11	Riego,abrevado, piscicola	Tierra		16	2016	5,60
2	CHI02	Chiguaypolla	Presa Cooperativa	342644	7640333	2481	0,18	204,53	Riego y abrevado	Tierra		12	2009	2,16
3	CHI03	Chiguaypolla	Pascual	342768	7640005	2475	0,23	230,07	Riego	Tierra		11	2009	2,07
4	CHI04	Chiguaypolla	Casa Vieja	342978	7638882	2434	6,76	1635,43	Riego, piscicola y Ambiental	Tierra	711.200	18	2008	166,67
5	CHI05	Chiguaypolla	Vuelta de Tiros	342041	7634323	2304	4,73	1575,85	Riego, piscicola y Ambiental	Hormigon		35	2008	58,33
6	YEN01	Yesera Norte	Lomitas	340182	7637351	2308	1,56	784,48	Conservacion, Ambiental	Tierra		55	2004	12,70
7	YEN02	Yesera Norte	Abrita	340031	7636630	2288	0,46	384,09	Riego	Tierra		12	2004	3,25
8	YEN03	Yesera Norte	Peña Colorada	340394	7636128	2280	1,97	676,40	Riego, abrevado, piscicola	Tierra		31	2005	21,56
9	YEN04	Yesera Norte	Los Rios	338219	7636101	2321	0,34	292,54	Riego	Tierra		16	2005	3,18
10	YEN05	Yesera Norte	Churquis	339000	7634699	2261	0,38	284,60	Riego	Tierra		12	2015	4,30
11	YEC01	Yesera centro	Payuyo	336174	7634567	2332	4,36	1595,15	Riego	Hormigon		80	2012	60,00
12	YEC02	Yesera centro	Cementerio	338739	7632090	2197	0,33	269,19	Riego, abrevado, piscicola	Tierra		15	2006	2,68
13	YEC03	Yesera centro	Churquialito	338259	7632185	2205	0,71	512,72	Riego y conservacion	Tierra		15	2005	7,37
14	YEC04	Yesera centro	Corralito	337599	7632311	2230	0,80	410,06	Riego	Tierra		15	2005	3,99
15	YEC05	Yesera centro	Colpana	338204	7630680	2171	1,65	849,76	Riego	Tierra		16	2006	14,00
16	YEC06	Yesera centro	Tipa	337278	7631011	2192	4,63	1514,19	Ambiental y Riego	Tierra	410.200	36	2007	68,37
17	YES01	Yesera Sud	Calderas	335942	7627153	2125	47,38	9421,27	Riego y piscicola	Enrocado	4.460.000	250	2012	1200,00
18	YES02	Yesera Sud	Hornos 1	342947	7628737	2247	0,92	453,55	Riego	Tierra		23	2015	12,50
19	YES03	Yesera Sud	Hornos	341302	7624833	2150	0,73	468,88	Riego y abrevado	Tierra		12	2017	9,61
20	CAG01	Caldera Grande	Nueva Presa	333180	7629163	2222	4,36	1337,74	Riego y piscicola	Tierra		40	2014	30,00
21	CAG02	Caldera Grande	Presa Cuencas	334427	7628252	2197	0,30	325,78	Fuera de uso	Tierra		0	2005	0,00
22	CAG03	Caldera Grande	Abra	333132	7626013	2196	1,92	1160,12	Riego, abrevado	Tierra		10	2007	5,60
0	***	La comunidad de <i>Yesera San Sebastian</i> no registro ningun tipo de presa												
<b>TOTAL</b>	<b>6 comunidades</b>	<b>22 presas</b>					<b>87,61</b>	<b>25240,51</b>				<b>730</b>		<b>1693,94</b>

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Realizado el inventario de presas en las 6 comunidades (Chiguaypolla, Yesera Norte, Yesera Centro, Yesera Sud, Caldera Grande y Yesera San Sebastián) de la Cuenca Pedagógica Yesera, los resultados se detallan a continuación por comunidades:

#### **4.1.3.4 Presas construidas en la comunidad Chiguaypolla**

Chiguaypolla cuenta en total con 5 presas construidas, 4 presas se encuentran en la zona media de cuenca Yesera, con un rango de 2407 a 2704 m.s.n.m. y 1 en la zona baja de la cuenca con un rango de 2101 a 2407 m.s.n.m., de las 22 presas registradas, la presa más alta de la Cuenca Yesera se encuentra en la comunidad Chiguaypolla, la presa tramposa, o también llamada presa final con una altitud de 2493 m.s.n.m. con un espejo de agua de 2.91 ha, sus principales usos son para el riego, abrevado de animales y piscícola. (Ver imagen 2)

**Imagen 2.** Presa la Tramposa



**Fuente:** Elaboración propia, 2021.

Las 5 presas existentes en la comunidad Chiguaypolla, 4 son construidas de tierra con revestimiento de piedras medianas, 1 presa construida de hormigón (presa Vuelta de tiros). (Ver imagen 3 y Gráfico 2)

La superficie del espejo de agua en épocas de estiaje total de las 5 presas es de 14.81 ha. Aproximadamente. Representando un 0.07 % de total del área de la cuenca pedagógica Yesera. La superficie que se riega con las 5 presas es de 234.83 ha. Beneficiando a más de 92 familias de la comunidad Chiguaypolla.

**Imagen 3.** Presa Vuelta de Tiros



**Fuente:** Elaboración Propia, 2021.

#### **4.1.3.5 Presas construidas en la comunidad Yesera Norte**

La comunidad Yesera Norte cuenta en total con 5 presas construidas (Lomitas, abrita, peña colorada, los ríos y Churquis) que se ubican en la zona baja de la cuenca Yesera

con un rango de 2101 a 2407 m.s.n.m. de las 5 presas ya mencionadas, la más importante es la presa Peña Colorada ubicada al Este de la comunidad de Yesera Norte, a una altitud de 2280 m.s.n.m. con un espejo de agua de 1.97 ha. En épocas de estiaje. Sus principales usos son para el riego, abrevado de animales conservación y piscícola. Beneficiando a más de 31 familias y regando 21.56 ha. (Ver imagen 4)

**Imagen 4.** Presa Peña Colorada



**Fuente:** Elaboración Propia, 2021.

Las 5 presas existentes y pertenecientes a la comunidad Yesera Norte están construidas de tierra del lugar, con revestimiento de piedras mediana acomodadas. (Ver Gráfico 1 y 2).

La superficie total del espejo de agua en épocas de estiaje de las 5 presas es de 4.71 ha. Representando el 0.02 % de total de la superficie de la cuenca pedagógica Yesera. La superficie que se riega con las 5 presas es de 44.99 ha. Beneficiando a más de 126 familias de la comunidad Yesera Norte.

#### **4.1.3.6 Presas construidas en la comunidad Yesera Centro**

La comunidad Yesera Centro es el más numeroso en cuanto a presas construidas, (Payuyo, Cementerio, Churquialito, Corralito, Colpana y Tipa) contando con 6 presas, construidas en la zona baja de la cuenca Yesera con un rango de altitud de 2101 a 2407 m.s.n.m.

De las 6 presas ya mencionadas anteriormente, la de más importancia es la presa Tipa, construida de tierra, ubicada al Oeste de la comunidad de Yesera Centro, a una altitud de 2192 m.s.n.m. con un espejo de agua de 4.63 ha. En épocas de estiaje. Sus principales usos son para el riego, abrevado de animales conservación, piscícola y ambiental. Beneficiando a más de 36 familias y regando 68.37 ha. (Ver imagen 5)

La segunda más importante es la Presa Payuyo, construida de material hormigón, ubicada al Nor-Oeste de la comunidad Yesera Centro, a una altitud de 2332 m.s.n.m. el espejo de agua es de 4.36 ha. Medida en épocas de estiaje. Su principal uso es para el riego, Beneficiando a más de 80 familias y regando 60.00 ha. (Ver imagen 6)

De las 6 presas correspondientes a la comunidad Yesera Centro, 5 presas están construidas de tierra con revestimiento de piedra acomodada, y 1 presa (Payuyo) se construyó de material hormigón la segunda más importante. (Ver Gráfico 1 y 2)

El área total del espejo de agua medida épocas de estiaje de las 6 presas es de 12.48 ha. Representando el 0.06 % de total de la superficie de la cuenca pedagógica Yesera. Los usos principales son el riego, conservación, piscícola y ambiental. La superficie que se riega con las 6 presas es de 156.41 ha. Beneficiando a más de 177 familias de la comunidad Yesera Centro.

**Imagen 5.** Presa Tipa



**Fuente:** Elaboración Propia, 2021.

**Imagen 6.** Presa Payuyo



**Fuente:** Elaboración Propia, 2021.

#### **4.1.3.7 Presas construidas en la comunidad Yesera Sud**

En la comunidad Yesera Sud se ha registrado 3 presas, (Calderas, Hornos y Hornos1) presas que fueron construidas en la zona baja de la Cuenca Yesera, con un rango de altitud de 2101 a 2407 m.s.n.m.

De las 3 presas que se registró en la comunidad de Yesera Sud, la de más importancia por su gran envergadura y potencial turístico es la Presa Calderas, construida de material enrocado, ubicada al Oeste de la comunidad de Yesera Sud, a una altitud de 2125 m.s.n.m. con un espejo de agua de 47.38 ha. Que fue medido en épocas de estiaje. Sus principales usos son para el riego, piscícola. Beneficiando a más de 250 familias y un potencial de riego más de 1200.00 ha. (Ver imagen 7)

Las 3 presas de la comunidad Yesera Sud, 2 están construidas de tierra con revestimiento de piedra acomodada, y 1 presa (Calderas) la construcción es de tipo enrocado. (Ver Gráfico 1 y 2)

El área total del espejo de agua que se midió en épocas de estiaje de las 3 presas es de 49.03 ha. Representando el 0.23 % de total de la superficie de la cuenca pedagógica Yesera. Los principales usos son para el riego, piscícola y abrevado de animales. La superficie que se riega con las 3 presas es de 1222.11 ha. Beneficiando a más de 285 familias de la comunidad Yesera Sud.

**Imagen 7.** Presa Calderas



**Fuente:** Elaboración Propia, 2021.

#### **4.1.3.8 Presas construidas en la comunidad Caldera Grande**

La comunidad de Caldera Grande registró la construcción de 3 presas, (Nueva presa, Abra y Presa Cuencas), en la zona baja de la Cuenca Caldera Grande, con un rango de altitud de 2101 a 2407 m.s.n.m.

De las 3 presas localizadas en la comunidad Caldera Grande, la más importante es la llamada Nueva Presa, construida de tierra con revestimiento rocoso acomodado, se encuentra ubicada hacia el Norte de la comunidad Caldera Grande, a una altitud de 2222 m.s.n.m. con un espejo de agua de 4.36 ha. Que fue medido en épocas de estiaje. Sus principales usos son para el riego, Beneficiando a más de 40 familias y se riega más de 30 ha. (Ver imagen 8)

La presa Cuencas también llamada presa quebrada, actualmente se encuentra en desuso por presentar grandes fisuras, debido a este defecto ha perdido la capacidad de almacenar el agua en épocas lluviosas.

Las 3 presas de la comunidad Caldera Grande fueron construidas de tierra con revestimiento superficial de piedra acomodada. (Ver Gráfico 1)

El área total del espejo de agua que se midió en épocas de estiaje de las 3 presas es de 6.58 ha. Representando el 0.03 % de total de la superficie de la cuenca pedagógica Yesera. Sus usos principales son para el riego, piscícola y abrevado de animales. La superficie que se riega con las 2 presas es de 35.60 ha. Beneficiando a más de 50 familias de la comunidad Caldera Grande.

**Imagen 8.** Nueva presa



**Fuente:** Elaboración Propia, 2021.

#### **4.1.3.9 Presas construidas en la comunidad Yesera San Sebastián**

La comunidad Yesera San Sebastián es la más lejana de la cuenca pedagógica Yesera, ubicada al extremo norte, en la zona media de la cuenca Yesera, con rangos de altitud de 2407 a 2704 m.s.n.m. que, realizado el inventario de presas, no se registró ninguna presa construida, debido a la lejanía y por presentar una mayor gradiente altitudinal. (Ver imagen 9)

**Imagen 9.** Vista panorámica de la Comunidad Yesera San Sebastián



**Fuente:** Elaboración Propia, 2021.

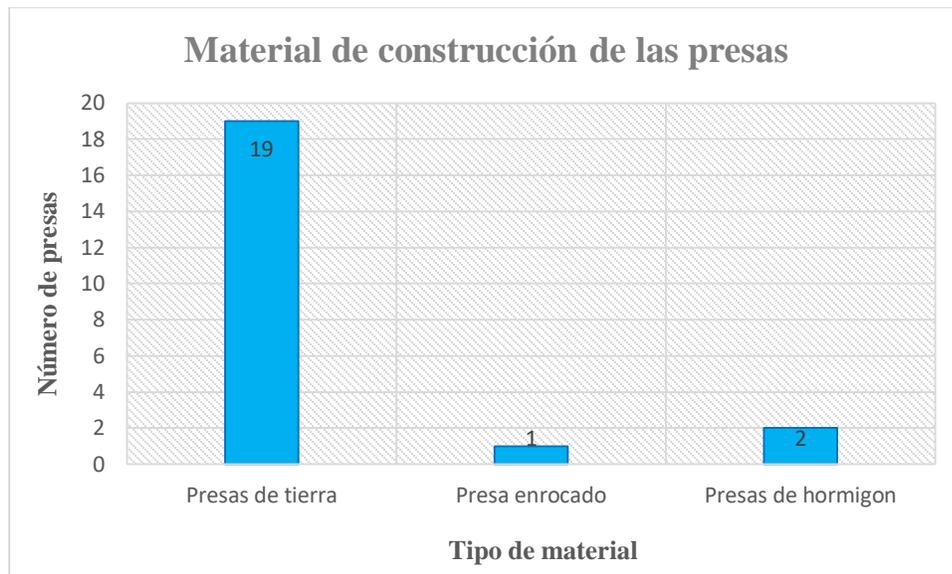
En resumen, se registró 22 presas en las 6 comunidades de la Cuenca Pedagógica Yesera, con excepción de la comunidad Yesera San Sebastián donde no se encontró ninguna presa, el espejo de agua se midió en los meses de Septiembre a Octubre apoyándose a imágenes satélites descargados de los meses mencionados. Como resultado la superficie fue de 87.61 ha representado el 0.41 % del área total de la Cuenca Yesera.

**Gráfico 1.** Presas construidas por comunidades

**Fuente:** Elaboración Propia, 2021.

El gráfico 1. Trata de indicar visualmente el número de presas que se encuentran construidas en cada comunidad de la Cuenca Yesera.

La comunidad de Yesera San Sebastián no cuenta con ningún tipo de presa, Chiguaypolla cuenta con 5 presas, Yesera Norte también con 5 presas, Yesera Centro es el que más presas tiene contando con 6 presas, Yesera Sud con 3 presas, y por último Caldera Grande con 3 presas.

**Gráfico 2.** Material de construcción de las presas

**Fuente:** Elaboración Propia, 2021.

El gráfico 2. Indica el tipo de material que se empleó para la construcción de las 22 presas existentes distribuidas en las 6 comunidades de la cuenca pedagógica Yesera.

En el gráfico se constató que como material principal y materia prima se usó tierra que se compactó con maquinarias, que posteriormente se revistió con una camada de piedra acomodada, para la construcción de 19 presas. Se encontró 1 presa (Calderas) de tipo enrocado con revestimiento de hormigón. (Ver Imagen 10)

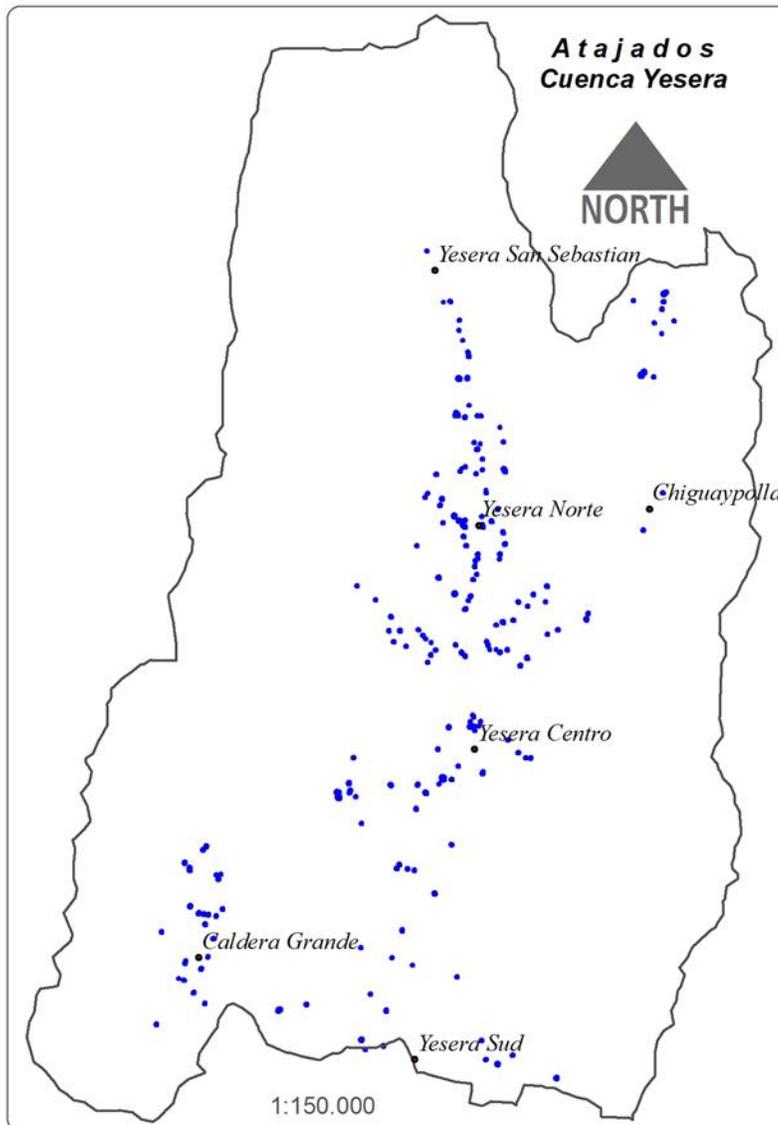
Por último 2 presas (Presa Vuelta de Tiros y P. Payuyo) construidos con material de hormigón.

**Imagen 10.** Construcción de la Presa Calderas de tipo enrocado



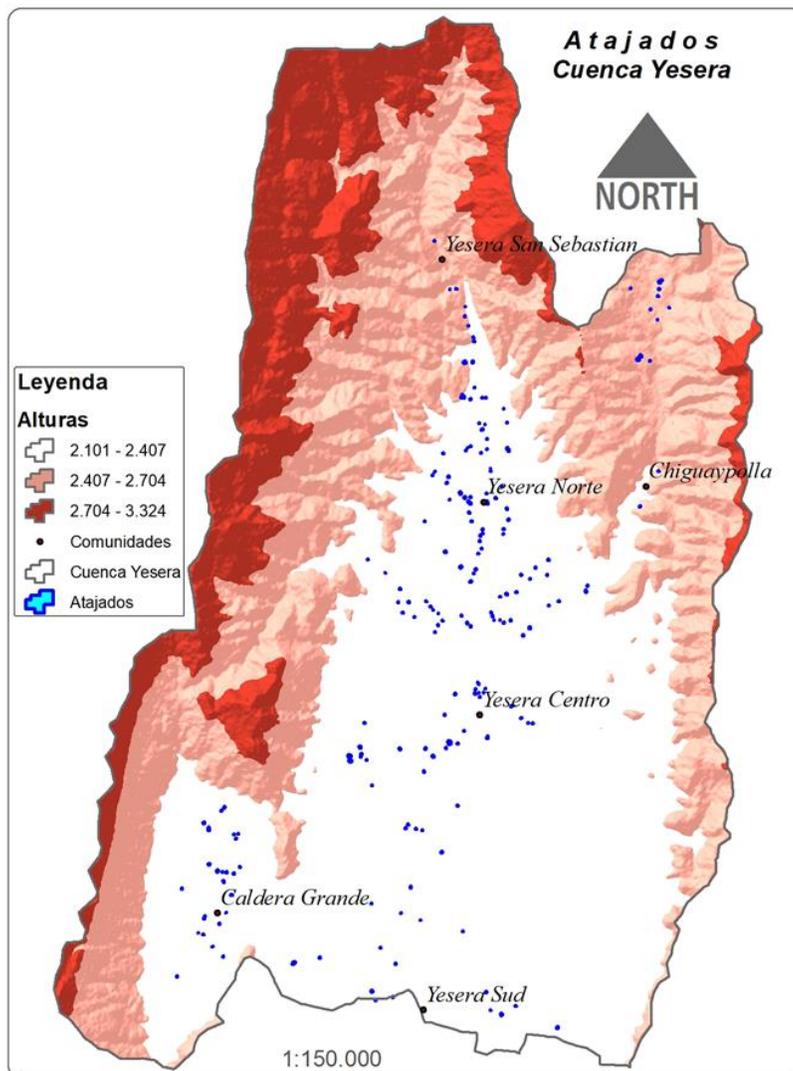
**Fuente:** VRHR, & PROAGRO, Inventario Nacional de Presas, 2010.

#### 4.1.3.10 Atajados construidos en la Cuenca Pedagógica de Yesera



Como resultado del inventario de atajados en la Cuenca Pedagógica Yesera, se registró un total de 195 atajados construidos y distribuidos en las seis comunidades, de la Cuenca Pedagógica Yesera, como material principal para su construcción se usó tierra de lugar, con un total de 186 atajados que fueron construidos de tierra. Y 9 atajados fueron construidos con material de hormigón, (Ver Gráfico 3.) se

constató que el 100% de los atajados, su uso es para el riego de cultivos y abrevado de animales. La superficie total del espejo de agua es de 8.20 ha con un volumen promedio estimado de 87.04 m<sup>3</sup>, de agua aproximadamente.



Los atajados están ubicados y construidos en la zona baja con un rango de altitud de 2101 a 2407 m.s.n.m. y en la zona media con un rango de altitud de 2407 a 2704 m.s.n.m. (Ver Mapa 2)

De los 195 atajados registrados en la Cuenca Pedagógica Yesera, se evidenció que los atajados son construcciones antiguas, principalmente de material de tierra,

que al transcurrir los años se han colmatado de sedimentos sólidos, por ende la capacidad de almacenamiento de agua se ha visto reducido.

Los problemas en los atajados son: algunos no se encuentran ubicados en zonas estratégicas para el almacenamiento de agua en épocas de lluvias, debido a los límites territoriales, solo se almacena el agua de lluvia que cae dentro del perímetro del atajado. (Ver Imagen 11)

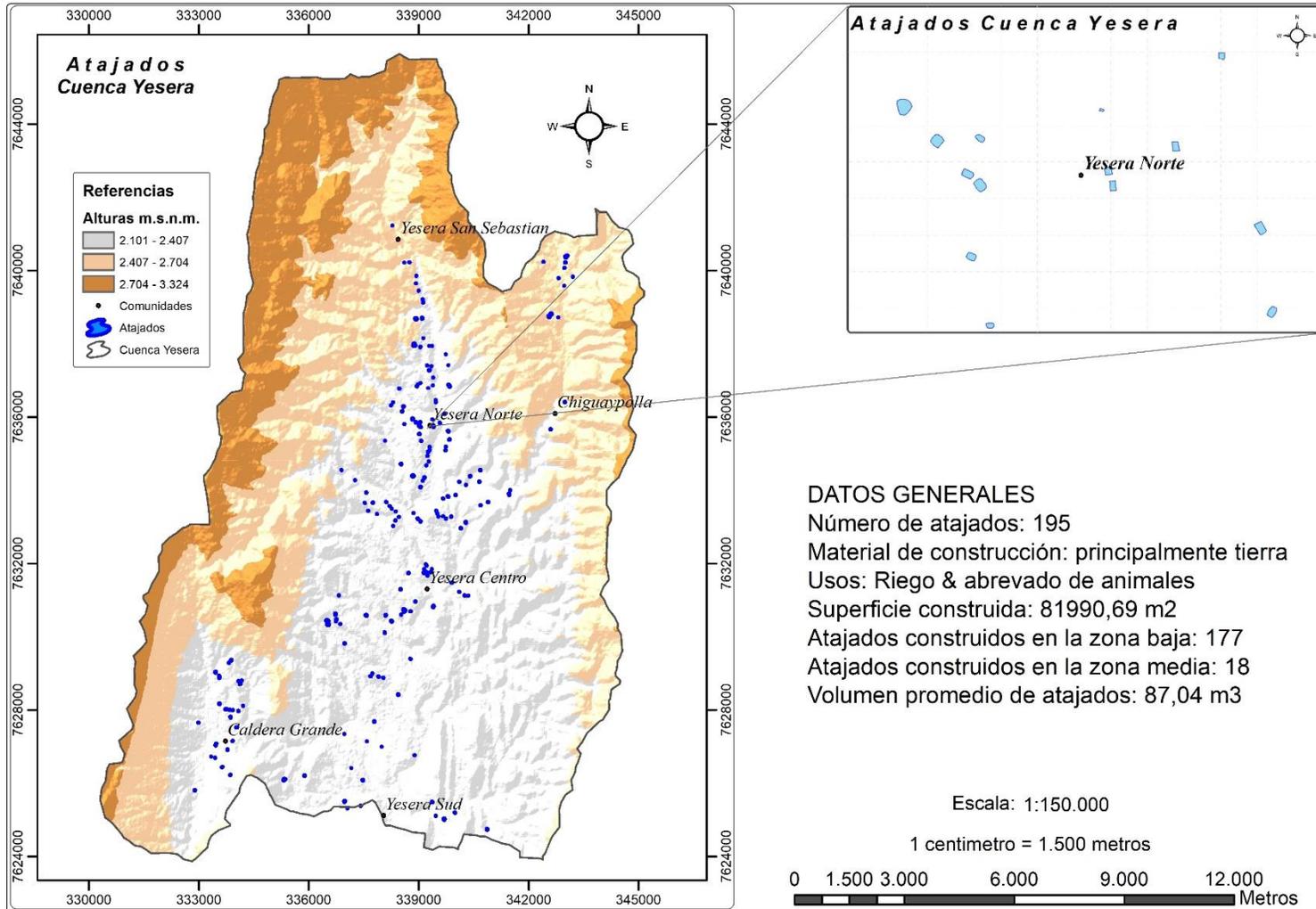
**Imagen 11.** Atajado de tierra



**Fuente:** Elaboración Propia, 2021.

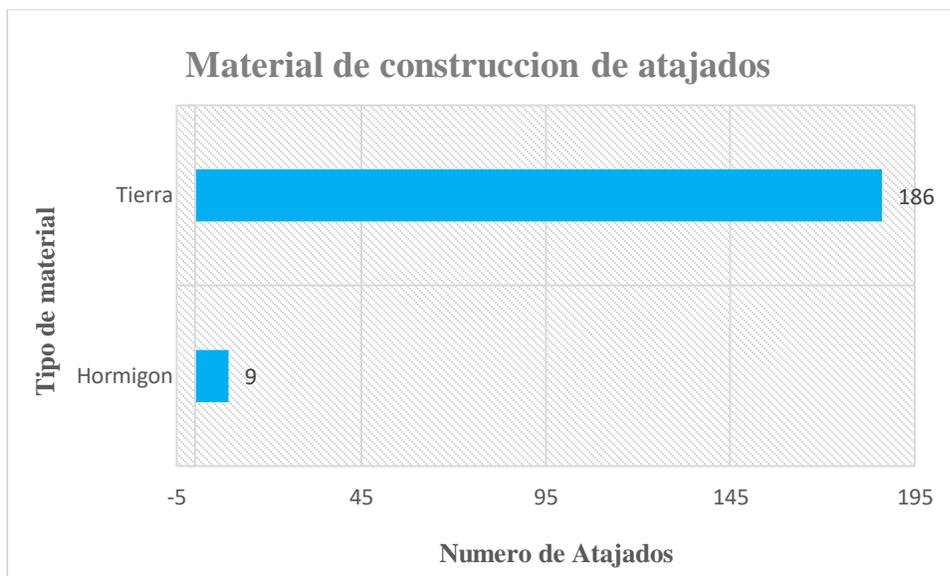
En cuanto a las potencialidades existen puntos estratégicos en pequeñas microcuencas para la construcción de atajados y almacenamiento del agua de lluvia y parte del escurrimiento superficial de aguas arriba, pero existe el riesgo de arrastre de sedimentos y agroquímicos tóxicos de los cultivos existentes en las laderas cercanas.

#### 4.1.3.11 Mapa 2. Atajados construidos en la Cuenca Pedagógica de Yesera



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Gráfico 3. Tipo de material para la construcción de atajados



**Fuente:** Elaboración propia, 2021.

En el gráfico 3. Podemos visualizar y observar la cantidad de atajados construidos y el tipo de material que se empleó para su construcción.

Haciendo un total de 195 atajados, en 186 atajados como materia prima para su construcción se empleó tierra del mismo lugar. (Ver Imagen 12), 9 atajados fueron construidos con material de hormigón. (Ver Imagen 13)

**Imagen 12.** Atajado de tierra



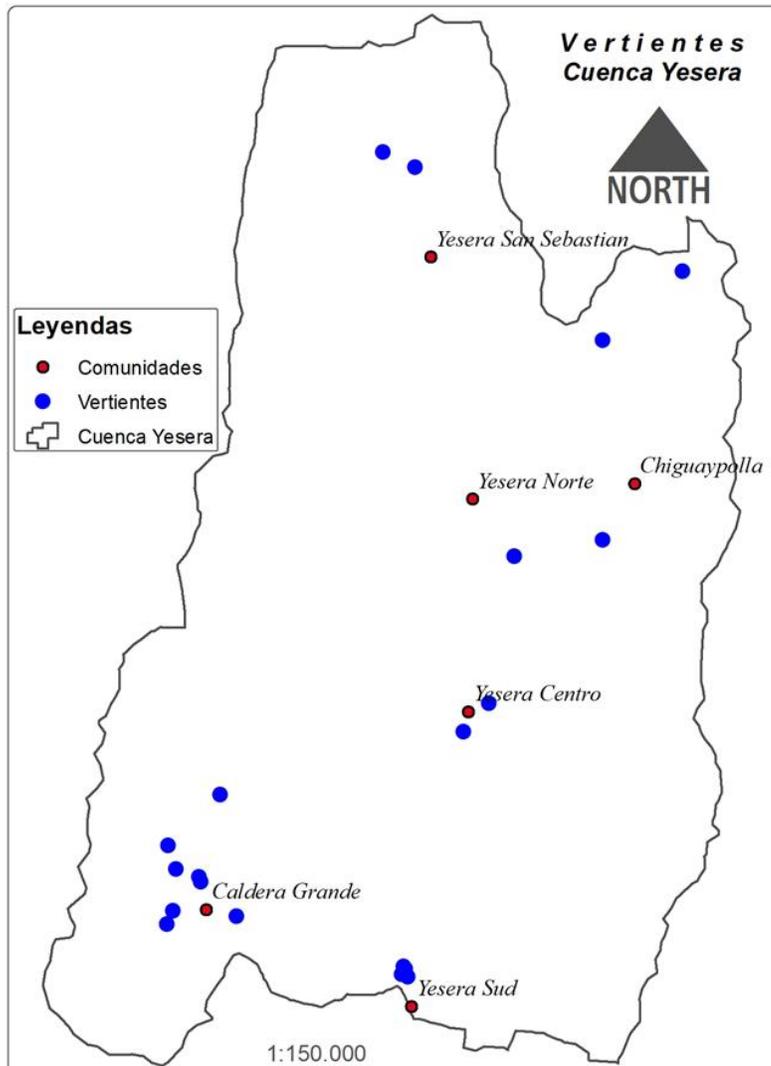
**Fuente:** Elaboración propia, 2021.

**Imagen 13.** Atajado construidos de hormigón



**Fuente:** Elaboración propia, 2021.

#### 4.1.3.12 Vertientes inventariadas en la Cuenca pedagógica de Yesera



El inventario y registro de las vertientes se realizó con ayuda de los comunarios conocedores del lugar que indicaron y señalaron la ubicación de la existencia de vertientes y se los procedió al registro en planillas diseñadas para tal efecto, tomando datos de las coordenadas métricas en UTM y su altitud m.s.n.m. El estado en que se encontraban, usos y el caudal.

Como resultado final del inventario se

localizó y se procedió al registro 20 vertientes en toda la Cuenca Pedagógica Yesera. Las vertientes que aun en épocas de sequía vertían un caudal mínimo se procedieron a la medición del caudal, como resultado del aforrado por método volumétrico, se obtuvo un caudal aportante total de 0.84 l/s. y un caudal promedio de 0.04 l/s. A pesar de la época de estiaje 13 vertientes se encontraron con un caudal mínimo que es de régimen permanente afloran durante todo el año calendario y 7 vertientes son temporales que solo afloran en épocas lluviosas y un par de meses en épocas de estiaje. (Ver Tabla 2).

El estado situacional de las vertientes en que se encontraron se observó que se encuentran descuidadas, debido a que el caudal en épocas de estiaje es muy bajo por lo tanto los comunarios de lugar no le dan mucha importancia, las 20 vertientes localizadas tiene un gran potencial si se efectuarán plantaciones forestales nativas en los alrededores, puesto que la cobertura vegetal a corto y mediano plazo seria de mucha relevancia para la retención de humedad e infiltración del agua de escorrentía en los acuíferos subterráneos. La imagen 14 es una de las vertientes con afloramiento de agua de régimen permanente, en sus alrededores existe buena cobertura vegetal herbácea y arbustiva que sus hojarasca y raíces actúan con esponjas de agua, para la recarga de acuíferos subterráneos.

**Imagen 14.** Vertiente de régimen permanente



**Fuente:** Elaboración propia, 2021.

En la imagen 14 se observa una vertiente con afloramiento durante todo el año calendario, los comunarios realizaron la excavación para la construcción de zanjas de infiltración para su mejor aprovechamiento del recurso hídrico, también lo usan como bebederos de sus animales.

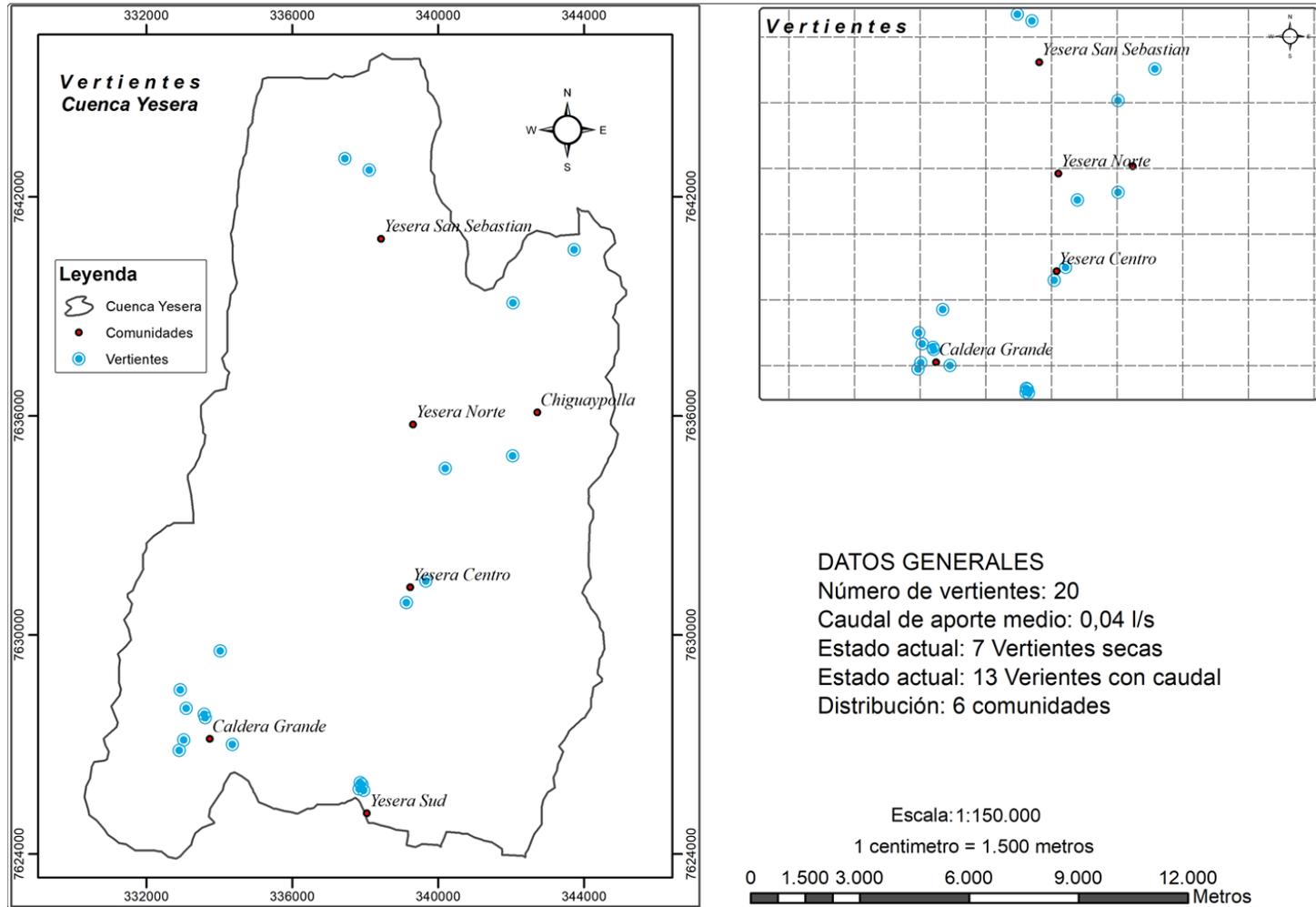
Los riesgos de las vertientes son: la escasa cobertura vegetal en su entorno, ampliación de la frontera agrícola y el no darle importancia, a causa de estos factores algunas desaparecieron secándose definitivamente.

**Tabla 2.** Vertientes de la Cuenca Pedagógico de Yesera

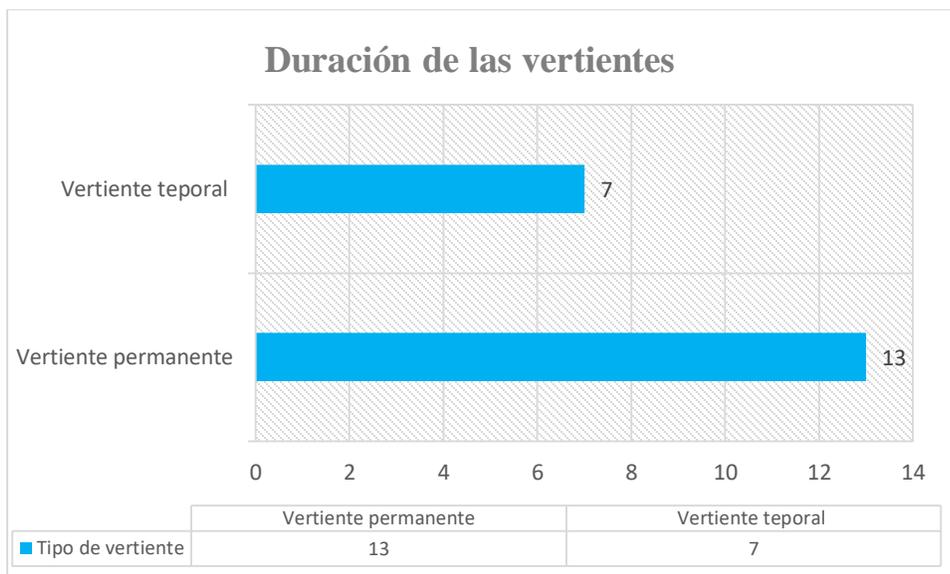
N°	Nombre	UTMWSG84;ZONA20SUR		Altitud	Estado actual	Caudal (l/s)
		XCOORD	YCOORD	m.s.n.m.		
1	vertiente	334029	7629556	2321	Permanente	0,41
2	vertiente	332934	7628495	2222	Seco	0,00
3	vertiente	332907	7626836	2190	seco	0,00
4	vertiente	334364	7627002	2167	permanente	0,22
5	vertiente	333588	7627824	2178	Permanente	0,05
6	vertiente	333621	7627731	2177	Permanente	0,01
7	vertiente	338115	7642735	2463	Permanente	0,02
8	vertiente	343734	7640549	2506	Permanente	0,02
9	vertiente	337843	7625781	2079	Permanente	0,03
10	vertiente	337964	7625738	2069	Permanente	0,01
11	vertiente	337915	7625900	2078	Permanente	0,01
12	vertiente	337870	7625946	2083	Permanente	0,01
13	vertiente	339135	7630883	2162	Permanente	0,04
14	vertiente	342060	7639100	2523	Seco	0,00
15	vertiente	342053	7634906	2356	Seco	0,00
16	vertiente	340205	7634564	2278	Seco	0,00
17	vertiente	337449	7643046	2583	Seco	0,00
18	vertiente	333094	7627989	2208	Seco	0,00
19	vertiente	339665	7631472	2201	Permanente	0,01
20	vertiente	333028	7627122	2202	Seco	0,00
<b>TOTAL</b>						<b>0,84</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2021.

4.1.3.13 Mapa 3. Vertientes inventariadas en la Cuenca Pedagógica de Yesera



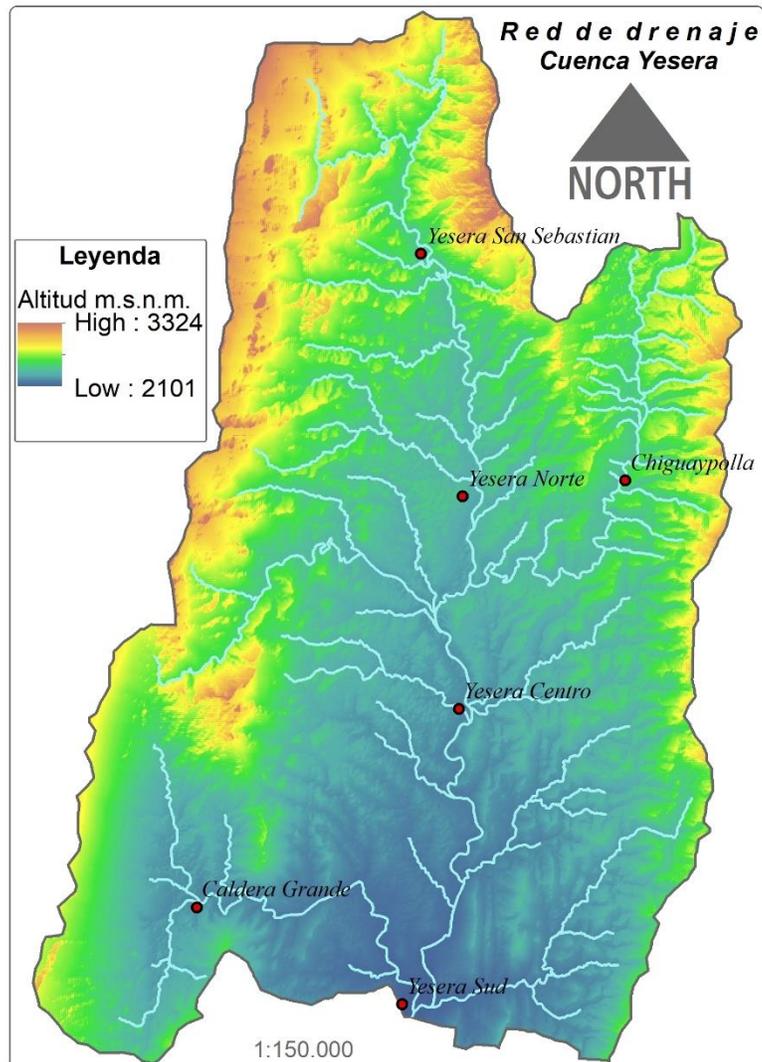
Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Gráfico 4.** Duración de las vertientes

**Fuente:** Elaboración propia, 2021.

En el gráfico 4 describe e indica la duración en tiempo de las vertientes, registrado y sistematizado 20 vertientes en toda el área de la cuenca pedagógica Yesera, 7 vertientes son temporales que afloran en épocas de lluviosas y un par de meses en épocas de estiaje luego se secan, por ultimo 13 vertientes son de régimen permanente que afloran durante todo el año calendario.

#### 4.1.3.14 Inventario de la red de drenaje (Quebradas y Ríos)



La Cuenca Pedagógica Yesera cuenta con un área total de 212.98 Km<sup>2</sup>, un perímetro de 76.05 Km, la cota mínima es de 2101 m.s.n.m. y una cota máxima de 3324 m.s.n.m., el punto de origen o desfogue de toda la cuenca Yesera es de 2072 m.s.n.m. con una longitud del cauce principal de 28.45 Km. Desde el punto de vista hidrográfico el río Yesera tiene un tipo de corriente permanente que fluye agua durante todo el año calendario.

Los resultados son los siguientes: Se identificó e inventario un total de 51 cauces o corrientes de agua, de las cuales 10 son ríos principales y 41 quebradas, ambos cauces sumados tiene una longitud total de 204.50 Km, y un caudal promedio de 27.40 l/s. (Ver Tabla 3. y Mapa 4.)

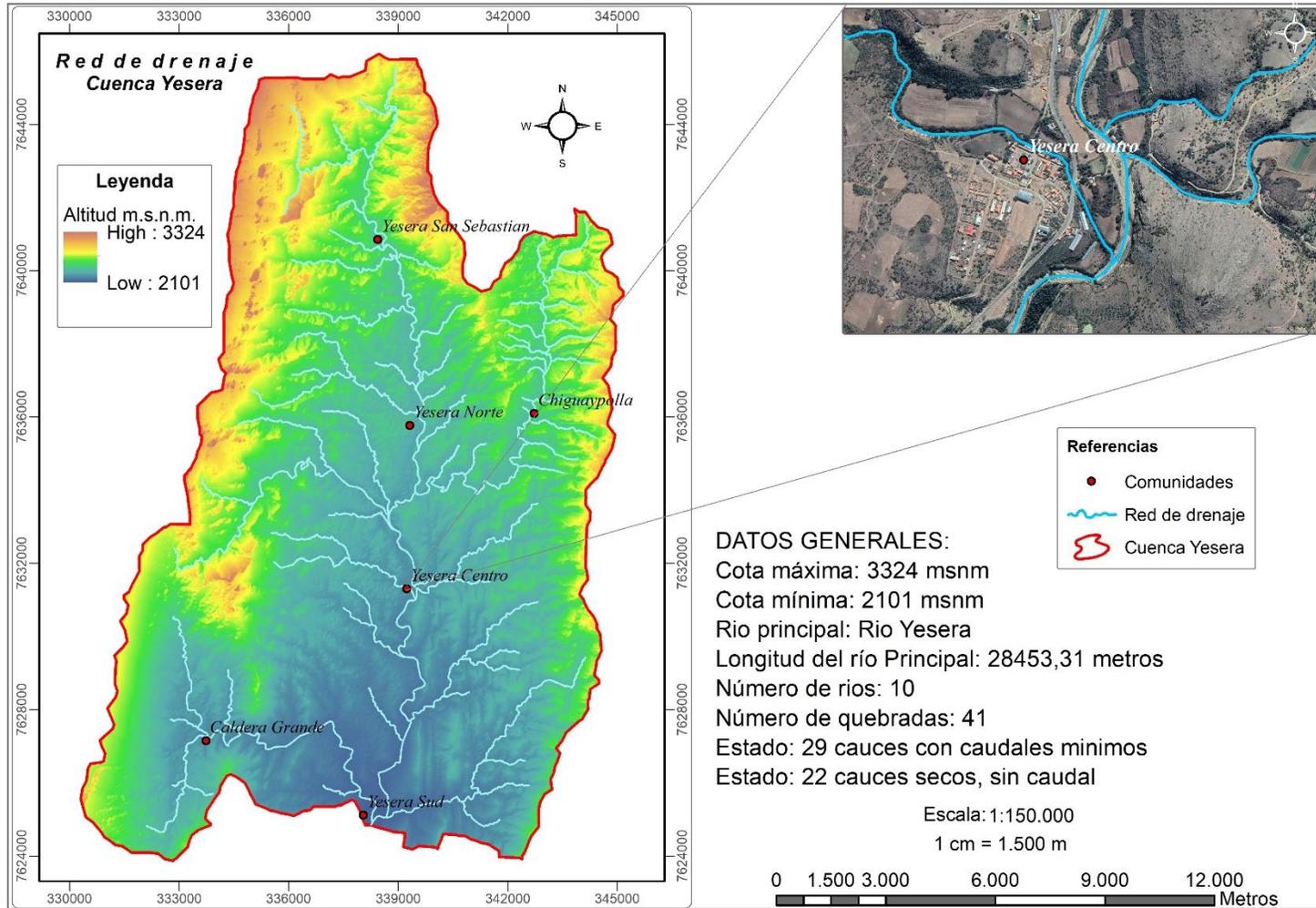
El estado situacional de la red de drenaje en la cuenca Yesera es que los ríos principales son de tipo permanente con caudal mínimo durante todo el año calendario, esto se debe al afloramiento constante del agua de los acuíferos subterráneos que sobresalen en épocas de estiaje. Las quebradas se encontraron algunas secas totalmente, algunas con

un caudal mínimo esto se debe a la escasa o casi nula vegetación y la inexistencia de acuíferos subterráneos a lo largo de las quebradas.

Es muy importante el manejo de la vegetación aguas arriba en las cabeceras de las cuencas aportantes, de esta manera incrementado considerablemente la vegetación que a corto y mediano plazo ayudaría a la retención de humedad e infiltración del agua de escorrentía en los acuíferos subterráneos. Así potenciar las fuentes de agua.

Los riegos en la red de drenaje (Ríos y Quebradas) es inevitable en épocas lluviosas, sin embargo se puede controlar y amortiguar los embates de riadas y grandes crecidas abruptas, mediante la construcción de obras longitudinales y transversales en puntos estratégicos de los cauces más caudalosos existentes en la zona alta y media de la cuenca Yesera.

4.1.3.15 Mapa 4. Red de drenaje (ríos y quebradas) de la Cuenca Yesera

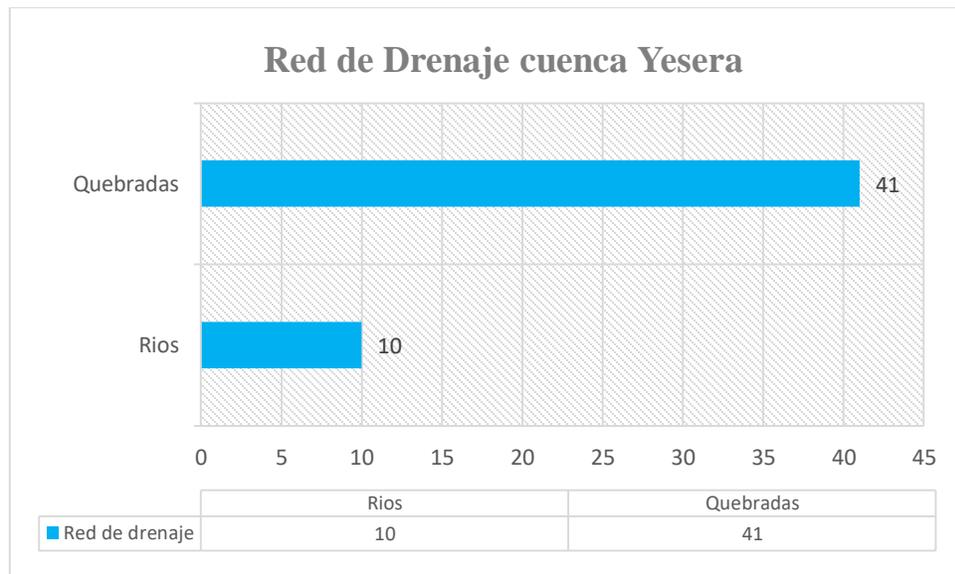


Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Tabla 3.** Red de drenaje (ríos y quebradas) de la Cuenca Yesera

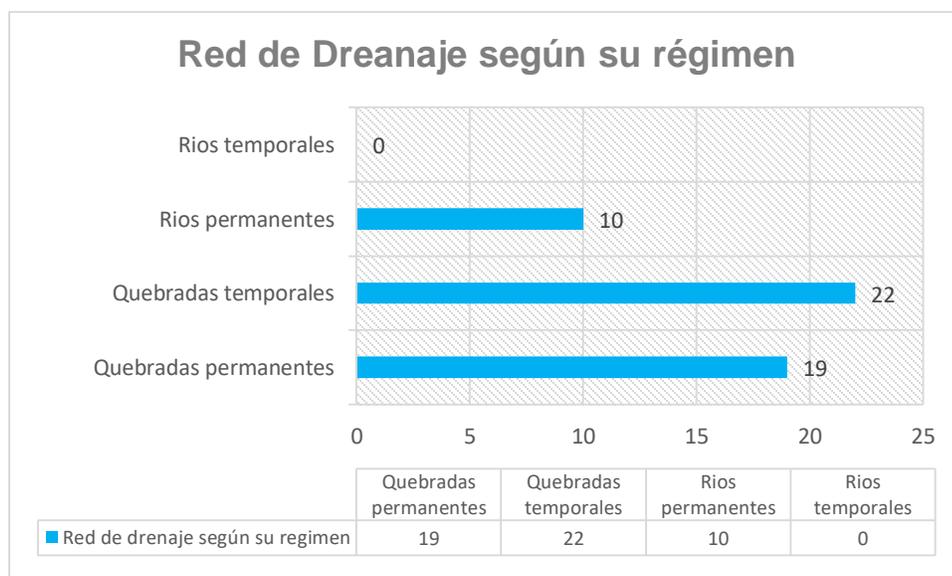
Nro.	Código	Nombre	UTMWSG84;ZONA20SUR		Altitud msnm	Caudal (l/s)	Estado	Régimen	Longitud (m)
			XCOORD	YCOORD					
1	858989	Río Yesera	338246	7624841	2072	13,50	Con caudal	Permanente	28453,31
2	858988	Río Calderas	338287	7624918	2078	0,22	Con caudal	Permanente	12877,28
3	8589882	Q. Cañitas	337959	7625807	2086	0,22	Con caudal	Permanente	1248,76
4	8589892	Río Hornos	338662	7625066	2078	0,84	Con caudal	Permanente	13963,8
5	8589894	Río Monte	339337	7627673	2111	0,81	Con caudal	Permanente	10050,33
6	8589893	Q. Piedra Larca	339136	7627147	2103	0,00	Sin caudal	Temporal	1955,18
7	8589895	Río Tipas	339151	7629451	2137	0,22	Con caudal	Permanente	4167,35
8	8589895	Q. Tambo	339467	7631023	2179	0,09	Con caudal	Permanente	8046,12
9	8589895	Río Campanas	339193	731308	2175	0,82	Con caudal	Permanente	6951,58
10	8589895	Q. El Choro	339439	7631372	2175	0,00	Sin caudal	Temporal	837,89
11	8589896	Q. Rumichi	338901	7632924	2201	0,00	Sin caudal	Temporal	2235,73
12	8589896	Río Angosto	338737	7633282	2208	0,19	Con caudal	Permanente	16596,98
13	8589897	Q. Renguera	338744	7633347	2210	0,11	Con caudal	Permanente	4468,22
14	8589899	Q. Peña Colorada	339570	7635140	2249	0,12	Con caudal	Permanente	2340,52
15	8589899	Río Piray	339507	7636117	2270	0,75	Con caudal	Permanente	10565,21
16	8589899	Q. Cabeza Cura	339678	7636446	2275	0,00	Sin caudal	Temporal	834,82
17	8589899	Q. Fortin	339494	7636728	2282	0,00	Sin caudal	Temporal	1816,06
18	8589899	Q. Lomitas	339613	7636976	2288	0,10	Con caudal	Permanente	1568,87
19	8589899	Q. Posa el Sauce	339567	7638064	2315	0,00	Sin caudal	Temporal	2065,98
20	8589899	Q. Angel Sandova	339358	7638834	2333	0,78	Con caudal	Permanente	4716,57
21	8589899	Q. Millar	338958	7640351	2375	0,00	Sin caudal	Temporal	1523,81
22	8589899	Q. Higuera	338939	7640348	2375	0,08	Con caudal	Permanente	3959,42
23	8589899	Q. Marcadero	338670	7640709	2390	0,28	Con caudal	Permanente	2161,97
24	8589899	Q. Millu	338053	7641585	2433	0,19	Con caudal	Permanente	1181,44
25	8589899	Q. Alizal	338937	7644410	2568	0,00	Sin caudal	Temporal	1655,92
26	8589899	Río Chilcal	338298	7443090	2475	5,76	Con caudal	Permanente	6893,16
27	8589899	Q. Abra del Gauch	337746	7643214	2521	0,00	Sin caudal	Temporal	1329,72
28	8589886	Q. Cuencas	334745	7627485	2163	0,16	Con caudal	Permanente	2462,26
29	8589889	Q. Agua Clara	333515	7627506	2184	0,18	Con caudal	Permanente	919,04
30	8589888	Q. Abra Gamoned	333764	7627269	2175	0,23	Con caudal	Permanente	5556,79
31	8589898	Río Mullicancha	339445	7633918	2227	0,81	Con caudal	Permanente	13369,24
32	8589898	Q. Ciro	339979	7634319	2245	0,00	Sin caudal	Temporal	1380,79
33	8589898	Q. Felix	330809	7634420	2271	0,00	Sin caudal	Temporal	1222,13
34	8589898	Q. Moro Veladero	342292	7634638	2325	0,10	Con daudal	Permanente	1385,52
35	8589898	Q. Cajoncitos	342537	7635293	2340	0,05	Con caudal	Permanente	1645
36	8589898	Q. Lampazar	342581	7635904	2360	0,10	Con caudal	Permanente	2178,66
37	8589898	Q. Laurel	342615	7636100	2365	0,00	Sin caudal	Temporal	336,57
38	8589898	Q. Churo	342956	7636476	2380	0,00	Sin caudal	Temporal	1531,12
39	8589898	Q. Beta de Barro	342694	7636417	2078	0,00	Sin caudal	Temporal	358,91
40	8589898	Q. Paschitas	342998	7637188	2401	0,10	Con caudal	Permanente	623,57
41	8589898	Q. Pantano	343057	7637263	2403	0,00	Sin caudal	Temporal	1691,16
42	8589898	Q. Huayco	343180	7637532	2406	0,00	Sin caudal	Temporal	1342,18
43	8589898	Q. Peña Diablo	343093	7637906	2418	0,00	Sin caudal	Temporal	1603,21
44	8589898	Q. Peña Alta	343003	7638206	2428	0,00	Sin caudal	Temporal	1649,01
45	8589898	Q. Peña Aguilita	343003	7638569	2437	0,00	Sin caudal	Temporal	1076,9
46	8589898	Q. Guindo	342911	7639083	2455	0,13	Con caudal	Permanente	1164,84
47	8589898	Q. Pajal Amirillo	343069	7639015	2456	0,00	Sin caudal	Temporal	1255,49
48	8589898	Q. Seca	332995	7639735	2474	0,00	Sin caudal	Temporal	1682,62
49	8589898	Q. Abra Cajas	343589	7640541	2518	0,40	Con caudal	Permanente	1726,55
50	8589898	Q. Guindo1	343517	7640032	2505	0,06	Con caudal	Permanente	1448,14
51	8589898	Q. Palca	343023	7637744	2412	0,00	Sin caudal	Temporal	2426,99
<b>TOTAL</b>						<b>27,40</b>			<b>204502,69</b>

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Gráfico 5. Quebradas y Ríos**

**Fuente:** Elaboración propia, 2021.

En el gráfico 5 se indica el número de quebradas y ríos que se registró durante el trabajo de inventario realizado en la Cuenca Pedagógica Yesera. Contando con un total general 51 cauces de los cuales 41 son quebradas y 10 son ríos.

**Gráfico 6. Red de drenaje según su régimen**

**Fuente:** Elaboración propia, 2021.

En el gráfico 6 se visualiza la red de drenaje según su régimen, de ríos temporales, ríos permanentes, quebradas temporales y quebradas permanentes que fueron inventariados en épocas de estiaje específicamente en los meses de septiembre a octubre en la gestión 2021.

En este trabajo de investigación no se encontró ningún río seco, sin embargo se registró 10 ríos con caudales mínimos permanentes, respecto a las quebradas se encontraron 22 quebradas secas sin caudal debido a que el trabajo se realizó en épocas de sequía. Finalmente 19 quebradas con caudal permanente durante todo el año calendario.

#### 4.1.4 Elaboración de mapas temáticos a partir de una base de datos georreferenciados

Como resultado de todo el proceso del inventario de las fuentes de agua de la Cuenca Pedagógica Yesera, se generó una base de datos con información primaria y de fuentes secundarias, a partir de esta base de datos se elaboró los siguientes mapas temáticos:

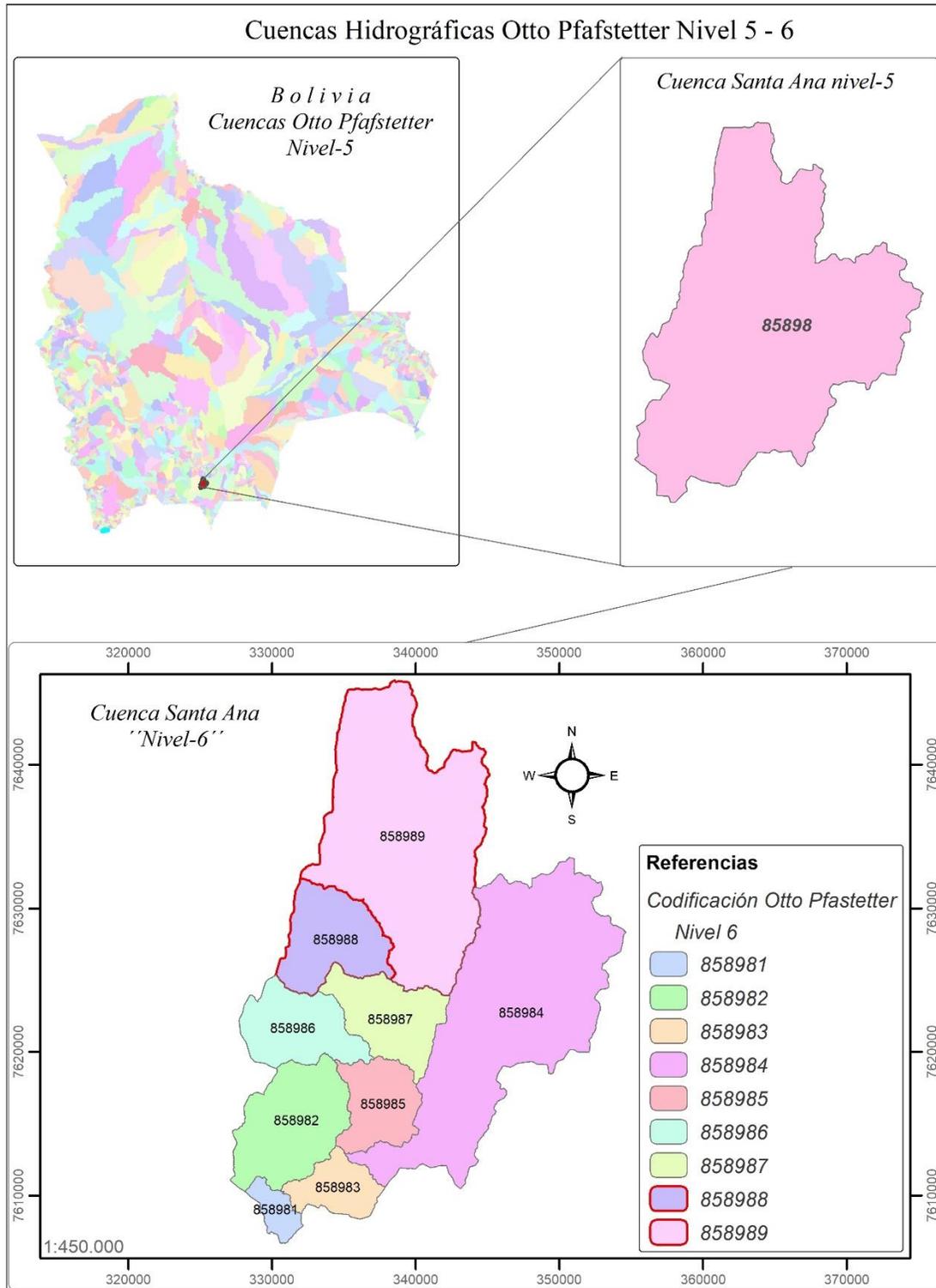
**Tabla 13.** Mapas temáticos de la Cuenca Yesera

Nº	Nombres	Fuente
1	Mapa de Cuencas Hidrográficas de codificación Otto Pfastetter Nivel 5 - 6	Elaboración Propia
2	Mapa de Cuencas Hidrográficas de codificación Otto Pfastetter Nivel 6 - 7	Elaboración Propia
3	Mapa de presas construidas en la Cuenca Pedagógica Yesera	Elaboración Propia
4	Mapa de atajados construidos en la Cuenca Pedagógica Yesera	Elaboración Propia
5	Mapa de vertientes inventariadas en la Cuenca Pedagógica Yesera	Elaboración Propia
6	Mapa de la red de drenaje (ríos y quebradas) de la Cuenca Pedagógica de Yesera	Elaboración Propia

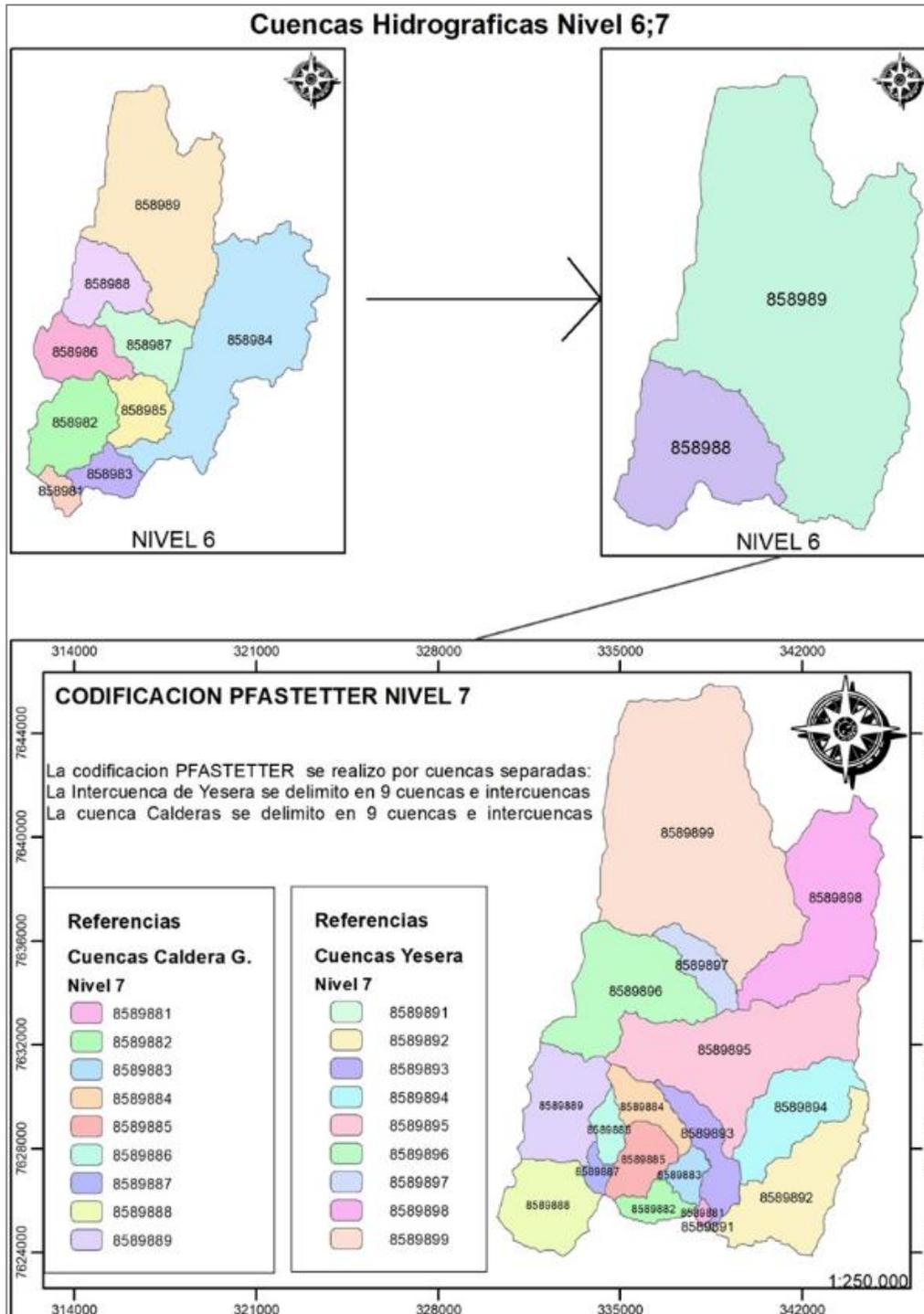
**Fuente:** Elaboración propia, 2021.

A continuación, se presenta 6 mapas temáticos que fue elaborado en el Software ArcGis 10.4, ampliamente empleado en la cartografía.

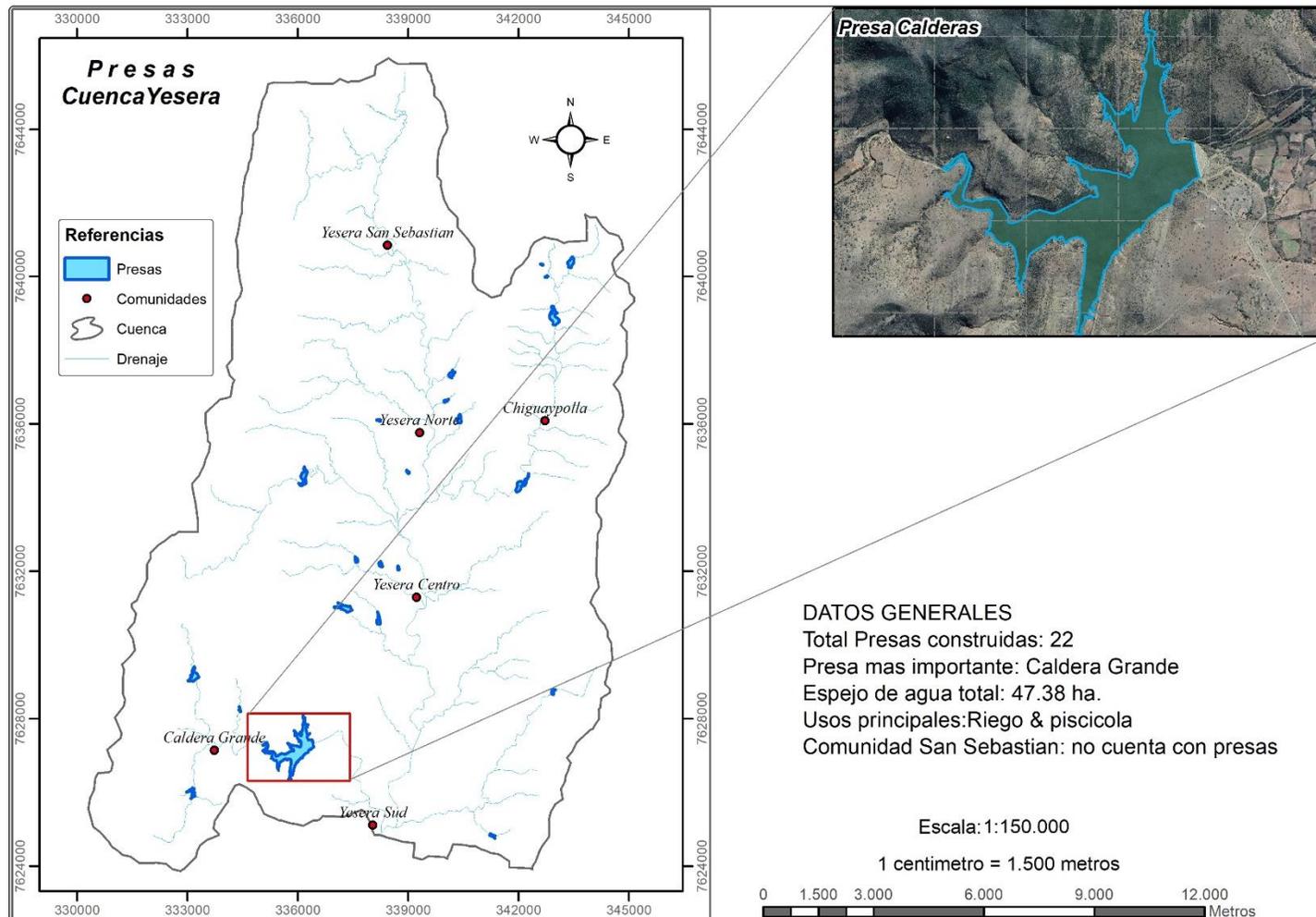
**4.1.4.1 Mapa de Cuencas Hidrográficas Codificación Otto Pfafstetter Nivel 5-6**



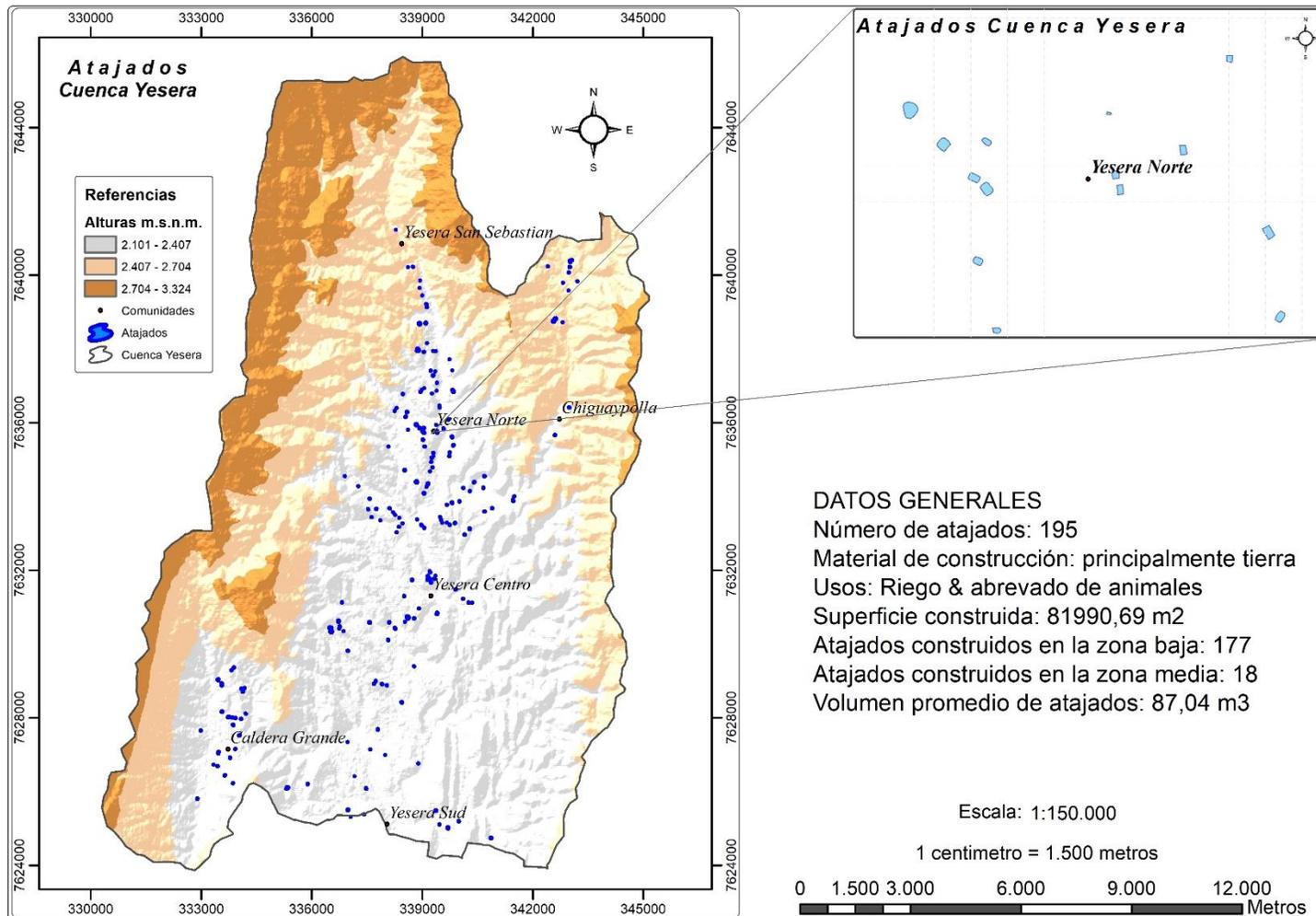
4.1.4.2 Mapa de delimitación y codificación Otto Pfastetter Nivel 6 y 7



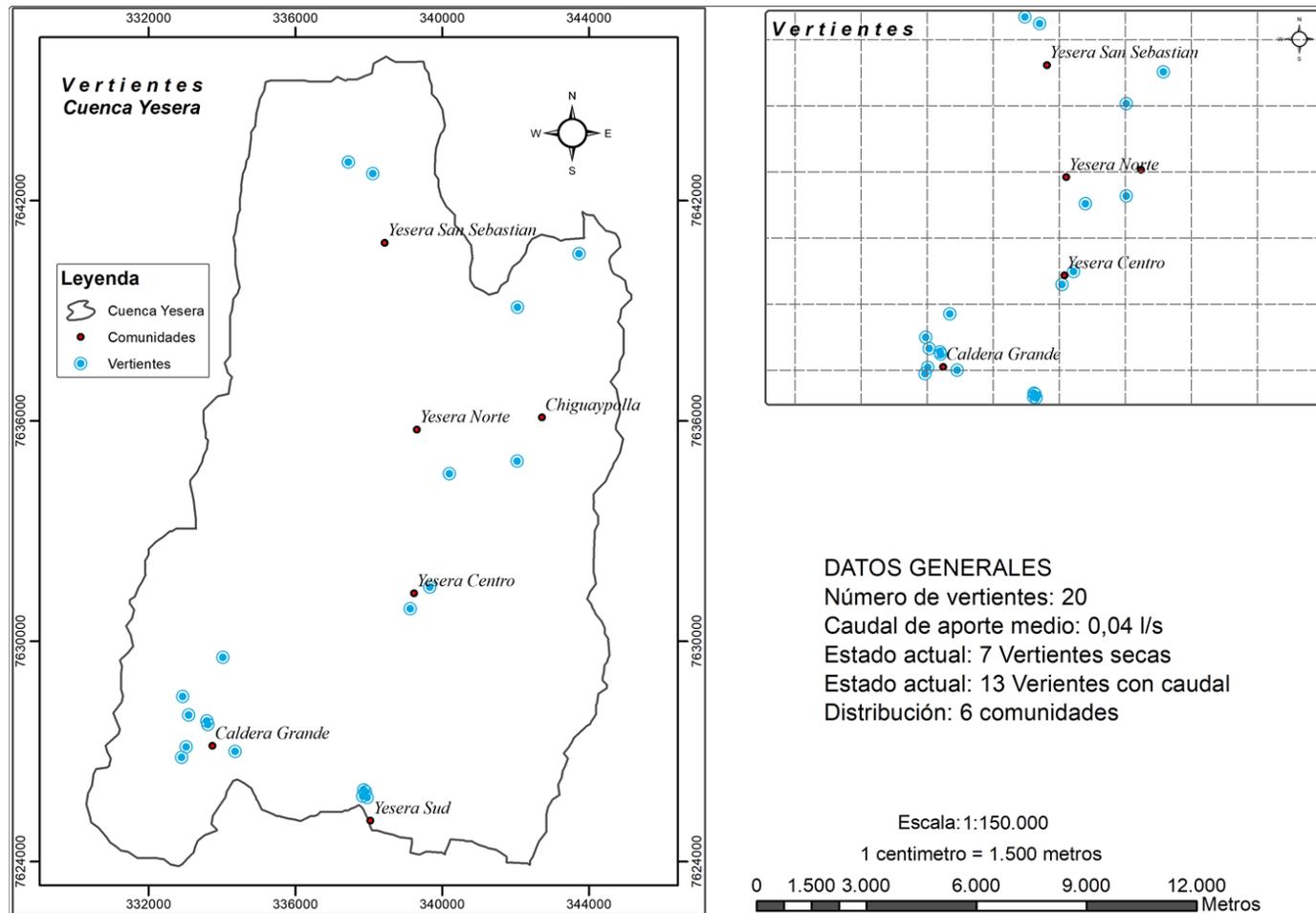
#### 4.1.4.3 Mapa de presas construidas en la Cuenca Pedagógica de Yesera



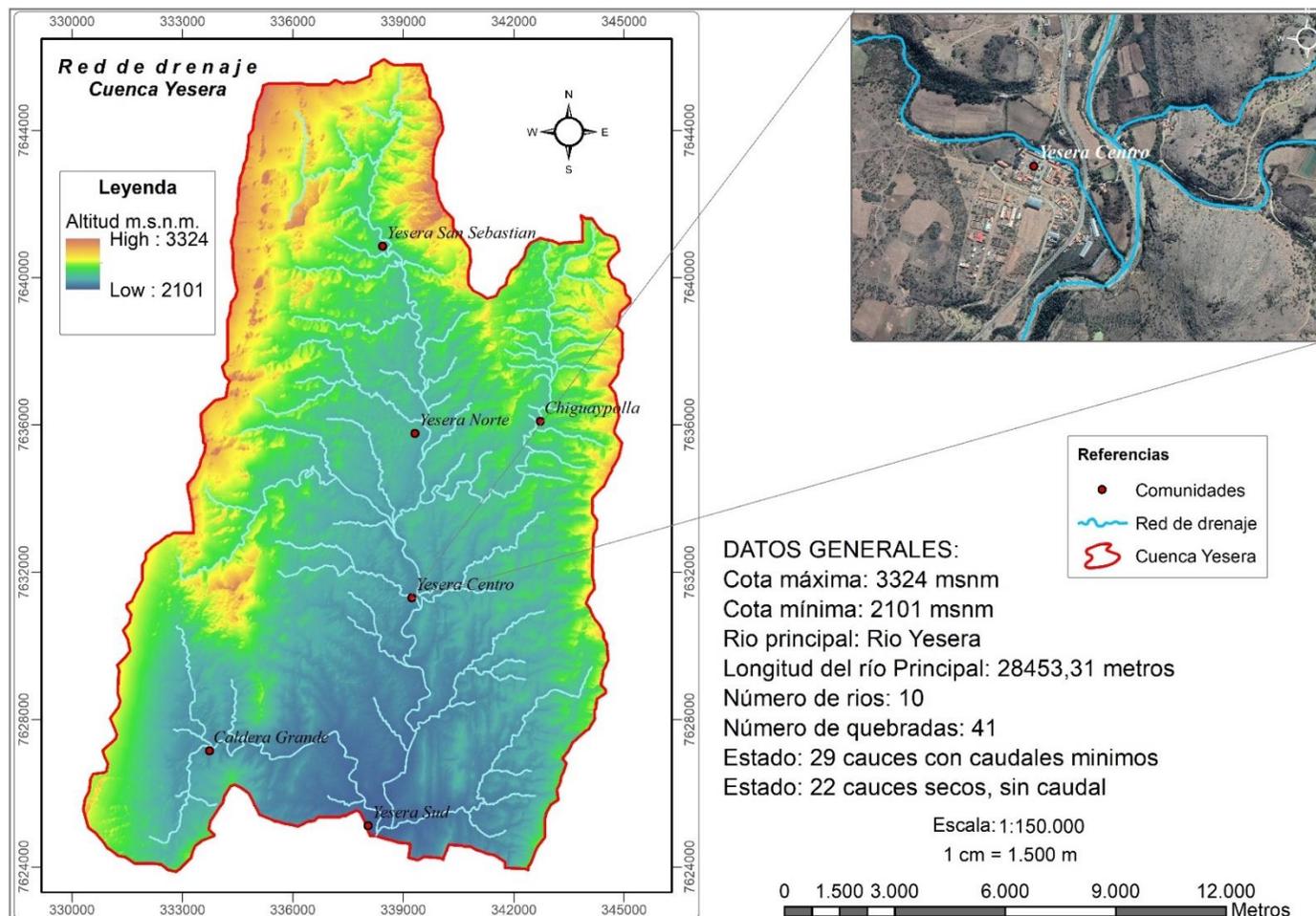
#### 4.1.4.4 Mapa de atajados construidos en la Cuenca Pedagógica de Yesera



### 4.1.4.5 Mapa de vertientes registradas en la Cuenca de Yesera



#### 4.1.4.6 Mapa red de drenaje (ríos y quebradas) de la Cuenca Yesera



#### 4.1.4.7 Descripción de mapas temáticos

**Tabla 14.** Descripción de los mapas temáticos

Mapa temático	Descripción
<p><b>Mapa de Cuencas Hidrográficas de Codificación Otto Pfasterter Nivel 5-6</b></p>	<p>Para la elaboración del mapa temático se, descargo shapefile de la página web gratuita Centro Digital de Recursos Naturales de Bolivia, descargado las capas Cuencas Nivel 5 de toda Bolivia, se extrajo la cuenca de interés en este caso la cuenca de Santa Ana de codificación Otto Pfasterter 85898 Nivel 5. Posteriormente mediante una serie de procesos se obtuvo como resultado final la codificación a un nivel 6. De la cuenca Caldera Grande con una codificación 858988 y la Intercuenca Yesera con codificación 858989. Ambas unidades hidrográficas se le denominó Cuenca Pedagógica Yesera.</p>
<p><b>Mapa de Cuencas Hidrográficas de codificación Otto Pfasterter Nivel 6 - 7</b></p>	<p>Las 2 unidades hidrográficas de interés la Cuenca Caldera Grande con una codificación 858988 y la Intercuenca Yesera con codificación 858989. Se codifico por separado a un nivel más detallado Nivel 7. Como resultado se obtuvo 9 cuencas e intercuencas de la Cuenca Caldera Grande. Otras 9 cuencas e intercuencas de la Intercuenca Yesera. Obteniendo 18 unidades hidrográficas a un nivel 7 de toda la Cuenca Pedagógica Yesera.</p>

<p><b>Mapa de presas construidas en la Cuenca Pedagógica de Yesera</b></p>	<p>De acuerdo al mapa de presas y la base de datos se registró la existencia de 22 presas en toda el área de la cuenca Yesera, gran parte construidas de material tierra del lugar, presas que fueron construidas por diferentes instituciones del municipio, Son 19 presas de tierra con revestimiento rocoso, 1 de tipo enrocado y 2 de tipo hormigón. La presa más importante se encuentra ubicada en la comunidad Yesera Sud, denominado Presa Calderas con un volumen de 4460000 m<sup>3</sup> de agua almacenada y un espejo de agua de superficie 47.38 ha.</p>
<p><b>Mapa de atajados construidos en la Cuenca Pedagógica de Yesera</b></p>	<p>El mapa de atajados se elaboró a una escala de 1:150.000, que su equivalencia seria: 1 centímetro en el papel representa a 1.500 metros en el terreno. En toda la cuenca Yesera se registró 195 atajados, como material principal para su construcción se empleó la tierra de la misma excavación, los principales usos son para el riego de cultivos y abrevado de animales, la superficie total de todas los atajados es de 81990.69 m<sup>2</sup>. Con 177 atajados ubicados en la zona baja de la cuenca Yesera y 18 atajados en la zona media de la cuenca.</p>
<p><b>Mapa de vertientes inventariadas en la Cuenca Pedagógica de Yesera</b></p>	<p>El mapa de vertientes se elaboró a una escala de 1:150.000, que su equivalencia seria: 1 centímetro en el papel representa a 1.500</p>

	<p>metros en el terreno. Durante los recorridos para la realizar el trabajo de campo se registró 20 vertientes, distribuidos en las 6 comunidades de la Cuenca Yesera, con ayuda de comunarios conocedores del lugar.</p>
<p><b>Mapa de la red de drenaje (ríos y quebradas) de la Cuenca Pedagógica Yesera</b></p>	<p>La Cuenca Pedagógica Yesera cuenta con un área total de 212.98 Km<sup>2</sup>, un perímetro de 76.05 Km, la cota mínima es de 2101 m.s.n.m. y una cota máxima de 3324 m.s.n.m., el punto de origen o desfogue de la cuenca Yesera es de 2072 m.s.n.m. con una longitud del cauce principal de 28.45 Km. Desde el punto de vista hidrográfico el río Yesera tiene un tipo de corriente permanente que fluye agua durante todo el año calendario. Dentro del área de la cuenca Yesera se registró y sistematizo 51 cursos de agua, de las cuales 10 son ríos principales y 41 quebradas, con una longitud total de 204.50 Km, y un caudal promedio de 27.40 l/s. o 1644.00 l/min.</p>

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1 CONCLUSIONES

Con el desarrollo del presente trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones.

- Se concluye que las seis comunidades de la Cuenca Pedagógica de Yesera cuentan con 22 presas, 195 atajados que garantizan el abastecimiento de agua durante todo el año calendario, no obstante, se evidenció la deficiente conducción del agua para su distribución hasta las parcelas de cultivos más lejanas.
- Realizado el inventario de las fuentes de agua de tipo lentico se encontraron 22 presas construidas por diferentes instituciones del municipio de Cercado siendo de uso principal para el riego, abrevado de animales, y piscícola. En el inventario de las fuentes de agua de tipo lotico corrientes de agua, se registraron 51 cauces entre quebradas y ríos, constatándose de que los ríos están con un caudal base mínimo en épocas de estiaje. Con apoyo de imágenes satelitales de muy alta resolución (2m x 2m) se identificaron los atajados construidos con maquinaria pesada, en su mayoría están construidos de tierra en los terrenos de cultivos de los comunarios y en zonas estratégicas para la cosecha de agua en épocas lluviosas, la gran mayoría fueron construidos en la zona baja de la cuenca Yesera. Las vertientes se identificaron con el apoyo de los comunarios conoedores del lugar, encontrándose un total de 20 vertientes, 13 vertientes con caudal permanente y 7 vertientes temporales.
- Concluido trabajos en campo y gabinete como producto final se creó una base de datos que en función de ello se elaboró mapas temáticos empleando sistemas de información geográfica (SIG) donde se representó toda la información de las fuentes de agua georreferenciados respectivamente.
- A través del trabajo de investigación realizado se constató escasez de agua para el riego en la zona baja y en la zona media, por la falta de canales de riego y aducciones que no llegan a las áreas de cultivos que se encuentran muy periféricos de las presas y corrientes de aguas.

- El estado situacional de las 22 presas inventariadas, el factor común es la falta de manejo de la vegetación aguas arriba de las microcuencas aportantes, debido a este problema las presas se han visto colmatadas por el arrastre de sedimentos sólidos disminuyendo su almacenamiento y vida útil, en épocas de estiaje no se encontró ninguna presa seca lo que significa que hay un potencial de riego durante todo el año calendario, la conducción de agua es deficiente por la falta de aducciones hacia los cultivos, los riesgos son inevitables la contaminación de agro químicos tóxicos, que alteran el desarrollo normal de los alevines de carpa sembrados en la gran mayoría de las presas, por otra parte la colmatación paulatina de sedimentos.
- En los 195 atajados de la Cuenca Yesera, se evidenció que los atajados son de construcciones antiguas principalmente de material de tierra, que al transcurrir los años se han colmatado de sedimento sólidos por ende la capacidad de almacenamiento de agua se ha visto reducido, los problemas en los atajados son: algunos no se encuentran ubicados en zonas estratégicas para el almacenamiento de agua en épocas de lluvias debido a los límites territoriales, solo se almacena el agua de lluvia que cae dentro del perímetro del atajado, en cuanto a las potencialidades existen puntos estratégicos en pequeñas microcuencas para la construcción de atajados y retención parte del escurrimiento superficial de aguas arriba, con el riesgo de arrastre de agroquímicos tóxicos de los cultivos existentes en las laderas aledañas.
- El estado situacional de las vertientes en que se encontraron se ha visto que están descuidadas, debido a que el caudal en épocas de estiaje es muy bajo por lo tanto los comunarios no le dan mucha importancia, las 20 vertientes localizadas tienen un gran potencial si se efectuarán plantaciones forestales nativas en alrededores, puesto que la cobertura vegetal sería de mucha ayuda para la retención de humedad e infiltración en los acuíferos subterráneos, los riesgos de las vertientes es el no darle importancia, la escasa cobertura vegetal,

ampliación de la frontera agrícola, debido a estos factores algunas tienden a desaparecer.

- El estado situacional de la red de drenaje en la cuenca Yesera es que en los ríos principales cuentan con caudal permanente durante todo el año calendario, debido a los acuíferos subterráneos que afloran aun en épocas de estiaje, las quebradas se encontraron algunas secas totalmente, algunas con un caudal mínimo esto se debe a la escasa o casi nula vegetación y la inexistencia de acuíferos subterráneos a lo largo de las quebradas, es muy importante el manejo de aguas arriba en las cabeceras de las microcuencas, incrementado considerablemente la vegetación esto ayudaría a la retención de humedad e infiltración del agua de escorrentía en los acuíferos subterráneos, así potenciar las fuentes de agua, los riegos en la red de drenaje es inevitable en épocas lluviosas, sin embargo se puede controlar y amortiguar los embates de riadas y crecidas del caudal de manera abrupta mediante la construcción de obras longitudinales y transversales en puntos estratégicos a lo largo del cauce de la zona alta y media de la cuenca Yesera.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Se considera necesario realizar un inventario de las fuentes de agua y medición del caudal en los meses más lluviosos de diciembre a enero.
- Realizar trabajos de batimetría en las presas más importantes de la Cuenca Pedagógica Yesera, para determinar su volumen de almacenamiento actual
- Realizar la medición del caudal en sistemas de riego tecnificado, por aspersión, por goteo y el riego tradicional por inundación, y realizar las comparaciones de eficiencia y optimización.
- Reforestar y forestar en todas las vertientes con un radio de 25 metros a la redonda.
- Por último la priorización de construcción de canales de riego, incremento de cobertura vegetal alrededores de las presas y el manejo de la vegetación aguas arriba de las cuencas aportantes.