

## **Introducción**

Uno de los principales problemas ambientales en el departamento de Tarija corresponde a la degradación de los suelos a causa de la erosión hídrica que se tiene, y la carencia de programas de control y recuperación de tierras afectadas por procesos erosivos.

El crecimiento de la población humana en el departamento en los últimos años, la demanda de recursos naturales para satisfacer las necesidades de las poblaciones, como la explotación indiscriminada de especies leñosas y la expansión de los cultivos agrícolas, está generando la deforestación de diferentes áreas y a su vez contribuyendo a la aceleración de los procesos erosivo.

Es por esta razón que la conservación de los Recursos Naturales es un tema de carácter importante para ser considerada en nuestra iniciativa de desarrollo sostenible. El manejo y conservación del agua es de especial importancia, en años recientes han desarrollado investigaciones amplias que confirman la escases de agua para consumo humano e irrigación. La razón principal es la deforestación continua y la contaminación de las cuencas hidrográficas que almacenan y producen agua, causando la degradación de los suelos que sufren cambios en algunas propiedades físico químico, lo que conlleva a una alteración en el ciclo hidrológico de las cuencas.

La necesidad de establecer medidas de control y estabilización de los suelos en las cuencas degradadas por erosión hídrica, permitirá recuperar tierras que están en desuso para generar a posterior actividades productivas que permitan mejorar la calidad de vida de las familias que habitan en estos lugares y con ello reducir la migración de nuestros productores a otros países búsqueda de mejores condiciones de vida.

Desde el punto de vista ambiental con este tipo de prácticas de control de los suelos permitiremos la recarga de agua de los acuíferos nuevamente, aumento de la cobertura vegetal para proteger al suelo de las gotas de lluvia y reducir con ello la velocidad de escorrentía y con ello la generación y transporte de sedimentos.

### **Justificación**

En la microcuenca el Huayco perteneciente a la subcuenca del Rio Mena, ha repercutido el deterioro de los suelos y los recursos naturales, manifestando una disminución de la cobertura vegetal y degradación del entorno natural, esto podría deberse al hecho de que en la zona existen suelos que carecen de cobertura vegetal a causa de la ganadería extensiva, la extracción de leña y madera y otras prácticas antrópicas que podrían estar causando el deterioro del recurso suelo principalmente.

La realización de una propuesta de control y estabilización de la erosión hídrica en la microcuenca, la misma que se encuentra severamente afectada por procesos erosivos viene hacer de mucha importancia ya que permitirá estabilizar las cárcavas que generan volúmenes considerables de sedimentos a consecuencia del agua de escorrentía y de la escasa vegetación.

Por otra parte desde una perspectiva social, con el desarrollo de esta investigación se pretenderá estabilizar los suelos afectados en la microcuenca y de la misma forma recuperar la vegetación en la zona. Con esta propuesta metodológica se podrá sensibilizar a las instituciones, organizaciones sociales productivas, de la importancia que se le debe brindar a zonas que se ven afectadas por este tipo de procesos erosivos, donde se debe trabajar de gran manera en su recuperación u/o estabilización.

## **Objetivo**

### **Objetivo General**

- Formular una propuesta de control y estabilización de suelos a través de técnicas estructurales y biológicas que nos permitan mejorar las condiciones en las que se encuentra la microcuenca el Huayco.

### **Objetivos Específicos**

- Determinación del banco edáfico de semillas a través de métodos de cuantificación y levantamiento de datos en parcelas de muestreo a través de técnicas de campo y laboratorio.
- Determinar las propiedades físicas del suelo como ser: densidad aparente, porosidad, textura e infiltración.
- Formular una propuesta que permita el control y estabilización de la microcuenca con bases técnicas para su evaluación futura.

## **Hipótesis**

La formulación de propuestas de control y estabilización, nos permitirán mejorar la microcuenca que se encuentra afectada por procesos de erosión hídrica.

# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### **1.1 Generalidades de la erosión**

La erosión del suelo es un fenómeno natural que es el causante de la pérdida gradual de terreno. La erosión es el proceso por el cual las partículas del suelo se mueven de un sitio a otro por medio de la acción del agua, viento u otro efecto. Es un proceso natural hasta que el hombre interviene utilizando equipo mecánico y acelerando el mismo con el movimiento de terreno para usos agrícolas, desarrollo urbano y para cualquier otro tipo de construcción. (Gonzales C.1997).

Los efectos de la erosión del suelo han alcanzado proporciones alarmantes debido a la eliminación de la vegetación para la construcción de casas, carreteras y otras edificaciones, y sin establecer medidas para el control de erosión y sedimentación aumentando el potencial de inundaciones. Al remover la capa vegetal que da cubierta al suelo, este queda expuesto y los efectos de la erosión son mayores cuando ocurre en un suelo inclinado. Una vez que la erosión ocurre tiene como consecuencia final la sedimentación.

Sin la protección de una capa de vegetación y de la acción fijadora de las raíces, cada gota de agua golpea como una bala el suelo descubierto (velocidad de caída 30'/seg). Es fácil observar la evidencia de la erosión que es causada por el movimiento o arrastre de agua (Gonzales C.1997).

La erosión es considerada como un proceso más de la degradación de los suelos. Sin embargo, en términos más rigurosos, debería diferenciarse entre los mecanismos de degradación o deterioro y los de pérdida del recurso. Entre los últimos cabría citar la

erosión y el sellado, mientras que entre los primeros el resto de los generalmente mentados en la literatura (contaminación, compactación, salinización, etc.). Debido a que el suelo no es un recurso natural renovable a escala humana, su pérdida por erosión o sellado puede considerarse irreversible. En consecuencia, el problema ambiental que genera debe abordarse mediante medidas preventivas. Por el contrario, la degradación también suele admitir técnicas de rehabilitación. En la presente contribución desglosaremos los tipos de procesos que denominamos erosivos.

La erosión no es un proceso en sí mismo, sino la manifestación fenomenológica de una multitud de procesos que dan lugar a la pérdida del recurso suelo, sin que intervenga el sellado por infraestructuras y urbanismo. Así, una clasificación muy general permitiría discernir entre erosión hídrica, eólica y por laboreo. Las dos primeras también acaecen en condiciones naturales. Sin embargo, el hombre, mediante prácticas, tiende a acelerarla, hasta el punto de que las pérdidas no pueden ser compensadas por las tasas naturales de formación del suelo. Es en estas situaciones en donde se produce un grave problema ambiental. En casos extremos, puede llegar a generar la denominada desertificación, que no es más que la manifestación fenomenológica de la pérdida o degradación del suelo bajo ambientes áridos, semiáridos y seco-subhúmedos (Ibáñez J.2006).

El término erosión proviene del verbo latino ERODERE, que tiene significado ROER. Erosión es el desprendimiento, transporte y deposición del material del suelo, los agentes causales pueden ser, el agua, el viento, el hielo, la gravedad, etc.

La erosión del suelo consiste en dos procesos, desprendimiento o desagregación y transporte, en general la desagregación aumenta, al aumentar al aumentar el tamaño de las partículas de suelo, mientras que el transporte aumenta al disminuir dicho tamaño.

La erosión del suelo puede definirse como remoción y pérdida del suelo de su lugar de origen y es ocasionada por la acción del agua, viento, temperatura y agentes biológicos.

### **1.1.2 Formas de erosión hídrica**

El Proceso de erosión hídrica puede presentarse bajo tres formas principales, erosión laminar, en surcos o regueros y en cárcavas.

#### **a) Erosión laminar**

Esta forma de erosión consiste en la pérdida de suelo de manera uniforme, sobre toda la superficie o en una franja amplia.

Esta forma de erosión raras veces ocurre ya que por lo general con el primer salpicamiento y movimiento del suelo se forman pequeños canales y en caso de ocurrir es muy difícil de detectar por los propios agricultores, quienes se dan cuenta hasta cuando aparecen al descubierto materiales extraños a la superficie.

Esta forma de erosión se detecta también por las raíces de las plantas que quedan al descubierto.

#### **b) Erosión surcos o regueras**

En la forma de erosión en surcos el desprendimiento se origina principalmente por la energía del flujo de agua y no por el choque de las gotas de agua de la lluvia, como ocurre en el caso de la erosión laminar.

La erosión en surcos adquiere su mayor gravedad con aguaceros intensos en suelos muy propicios para el escurrimiento y cuando la capa arable del suelo se erosionan fácilmente. La erosión en surcos arrastra parte de la capa, pero una vez que los surcos se han formado, gran parte de la disección se produce en profundidad y puede llegar hasta el subsuelo, pero la profundidad límite es aproximadamente 30 cm.

La erosión laminar, en cambio únicamente desgasta la capa superior del suelo (Vladimir Orsag ,2010).

### **c) Erosión en cárcavas**

Esta forma de erosión se presenta cuando la disección de los surcos pasa los 30 cm de profundidad de manera tal que el terreno no puede nivelarse con los instrumentos de labranza ordinarios.

La erosión en cárcavas se produce frecuente mente después de la erosión laminar y de erosión en surcos, y ocurre cuando en escurrimiento de un declive aumenta el volumen o velocidad lo bastante para disertar profundamente el suelo o cuando el agua concentrada corre por los mismos surcos el tiempo suficiente para ocasionar entalladuras profundas.

A menudo se forman cárcavas en depresiones naturales de la superficie del terreno donde se acumula el agua de escurrimiento y con frecuencia se inicia también las cárcavas en las rodadas y las huellas que hacen las maquinarias agrícolas y el ganado al moverse hacia arriba y abajo en los terrenos inclinados (Vladimir Orsag ,2010).

### **1.1.3 Formación de las cárcavas**

Es sabido que las cárcavas crecen por diversos procesos que pueden ocurrir aislada o simultáneamente. Estos procesos son:

- a) Frotamiento en el fondo o en lo lados de la cárcava por la corriente de agua y las materias abrasivas, como partículas se suelo de suelo o restos que el agua arrastre
- b) Erosión por el agua que se precipita en la cabecera de las cárcavas y que ocasiona la regresión progresiva de este.

- c) Desmoronamiento o caídas en las cárcavas de tierras de los lados de esta, debido a la acción lubricante de las aguas de infiltración a la socava por la acción del agua que corre por el fondo de la cárcava.

Las cárcavas pueden tener dimensiones muy diversas según su situación, su edad y los muchos factores que contribuyen a su desarrollo.

Pueden ser estrechas y poco profundas (0.6 a 0.9 m) o pueden alcanzar dimensiones enormes (9 a 12m. y 22 a 30 m. de ancho) (Vladimir Orsag ,2010).

#### **1.1.4 Mecanismos que intervienen en la erosión hídrica**

Según Suárez (1980), si se omite la erosión eólica, toda remoción de suelo exige la presencia de agua, ya sea superficialmente (partículas de suelo arrastradas aisladamente), o en la profundidad de su perfil (suelo arrastrado en masa). Con respecto al ataque superficial, su mecanismo conlleva dos acciones: acción de la precipitación y acción de la escorrentía (García, 1999).

##### **a) Acción de la precipitación**

Según García 1999, la gota de lluvia, cuando cae a través de la atmósfera, sufre cambios en su tamaño, aumentando o disminuyendo por condensación o evaporación. Desciende por la acción de la gravedad, frenando su caída la resistencia que ofrece el aire. En ausencia de obstáculos golpea el suelo con considerable fuerza, disgregando las partículas de suelo y proyectándolas en el aire.

Ellison 1947, citado por FAO (1994), señala que el impacto provocado por las gotas de lluvia, sobre la superficie del suelo, disgrega las partículas superficiales, ocasionando también transporte de partículas por aspersión.



## **b) Acción de la escorrentía**

Como consecuencia de la disgregación, se produce un sello superficial que disminuye sustancialmente la capacidad de infiltración del suelo. En el momento en que la precipitación pasa a ser mayor que la tasa de infiltración de agua en el suelo, se produce la retención y detención superficial del agua y, posteriormente, el escurrimiento superficial del agua que no infiltra (FAO, 1994).

Mintegui y López (1990), señalan que la formación del escurrimiento superficial dependerá del régimen de las precipitaciones y de las características hidrológicas del suelo. Si estas características permiten en todo momento la infiltración de una cantidad de agua igual o superior a la que aporta la precipitación, no se producirá ninguna corriente superficial; en caso contrario, se formará una lámina superficial de agua que escurrirá ladera abajo, en función de la pendiente del terreno.

## **1.2 Causas de la erosión hídrica**

Uno de los principales problemas ambientales corresponde a la degradación de suelos, la cual se define como el proceso degenerativo que reduce la capacidad actual o futura de los suelos para seguir desempeñando sus funciones características, lo que puede deberse tanto a causas naturales como a causas antrópicas.

En relación a esto, se pueden distinguir dos tipos de degradación de suelo: la erosión, provocada por el desplazamiento de las partículas del suelo; y la degradación *in situ* del suelo, representada por procesos de degradación física, como la compactación, o la degradación química, entre las que destacan la acidificación, la salinización o la pérdida de materia orgánica, entre otras. Según la Comisión Nacional del Medio Ambiente, la erosión corresponde al problema más frecuente de la degradación de suelos a nivel nacional, el cual afecta a una superficie de 34,5 millones de hectáreas. De esta superficie, cerca de un 80,5% presenta categorías de erosión moderada a muy

grave, lo que significa que los suelos han perdido entre el 40 y el 100% de su profundidad total (Conama, 1994).

### **1.2.1 Degradación del suelo**

El término degradación implica un deterioro, alteración y desgaste permanente de los recursos naturales de un determinado medio físico, alejándose cada vez más de su estado original hacia un estado de desequilibrio.

En el marco general de este concepto global, con reacción al suelo se tiene la degradación específica de una cuenca que es el peso total de los sedimentos transportados anualmente por el cauce principal en su sección de desagüe o salida.

Fournier evalúa la degradación específica de una cuenca en función a dos criterios que intervienen en el fenómeno de la erosión hídrica:

El clima, la precipitación y temperatura, relieve.

#### **a) La topografía**

Las características topográficas que inciden en la erosión hídrica son la pendiente y la longitud de la ladera, así como la forma y tamaño del área de drenaje.

#### **b) El clima**

Entre los factores climáticos que más inciden en la erosión hídrica está la precipitación, el viento y la temperatura. Existe una estrecha relación entre las características de la precipitación y la escorrentía. El viento en muchos casos cambia la velocidad de la lluvia y su ángulo de impacto sobre el suelo, afectando su fuerza erosiva.

### **c) La vegetación**

La vegetación protege a la superficie del suelo del impacto directo del agua, sea esta proveniente de lluvia o escorrentía.

La degradación de la vegetación durante siglos por su uso como combustible, hasta épocas recientes, en las cocinas majoreras y el sobre pastoreo, todavía en la actualidad, ha ocasionado la reducción de la protección de los suelos frente a la acción del agua y del viento. Como consecuencia de ello se ha producido una aceleración de los procesos de erosión hídrica y eólica.

#### **.1.2.2 Degradación física del suelo**

La degradación física se refiere a todos aquellos procesos que resultan en cambios adversos que pueden afectar las condiciones y propiedades físicas de los suelos. Casi todos los procesos causantes de la degradación física están muy relacionados entre si y conllevan a una reducción de la porosidad y en consecuencia a un deterioro en las relaciones aire, agua en el suelo (Ríos V. Javier, 2012).

#### **1.2.3 Compactación del suelo**

La compactación del suelo puede ser definida como la comprensión de una masa del suelo a un volumen más pequeño. En este proceso, cambios en las propiedades de la densidad son acompañados en cambios en las propiedades estructurales, en la conductividad térmica e hidráulica y en las características de la transferencia de gases en el suelo. Estos a su vez afectan balances químicos y biológicos. En pocas palabras, el ambiente del suelo es alterado de gran manera que todos los procesos del suelo son afectados en mayor o menor extensión dependiendo del grado de compactación (Ríos V. Javier, 2012).

#### 1.2.4 Densidad aparente

Una manera de expresar el peso de un suelo es la densidad aparente, la cual depende en gran medida de la estructura de suelo; por esta razón debe medirse en muestras no alteradas. Los suelos sueltos y porosos tienen bajas densidades aparentes, en tanto que los suelos compactados tienen una alta densidad aparente, por otra parte las texturas finas como las de arcilla, tienden a tener valores bajos, en tanto que los suelos arenosos y con rocas tienen en general densidades aparentes altas. La presencia de materia orgánica afecta de manera considerable a la densidad aparente, contribuyendo a rebajar los valores, debido a que la materia orgánica facilita la granulación de los suelos haciéndolos más sueltos y porosos. Los suelos de texturas finas son más ricos en materia orgánica que los de texturas gruesas, lo que es una razón más para que los primeros tengan normalmente densidades aparentes más bajas (Donoso 1994).

La medida de la densidad aparente debe ser realizada en la superficie del suelo y/o en una zona compactada. Según (Luters 2000), nos dice que para medir la densidad aparente es recomendable hacerlo al lado donde se practica la prueba de infiltración. Para obtener una medida más representativa de la densidad aparente del área, se pueden tomar muestras adicionales.

La densidad aparente es el cálculo que relaciona el peso con el volumen incluyendo los espacios porosos, en tanto, la densidad real no considera el volumen de poros.

$$Da = \frac{Pss (gr)}{Vol(cm^3)}$$

Da=Densidad aparente, en gr./cm<sup>3</sup>.

Pss =Peso del suelo seco (gr).

V =Volumen del cilindro m<sup>3</sup>

## **1.3 Porosidad**

### **1.3.1 Porosidad, distribución de poros y capacidad de retención hídrica**

Los cambios producidos por la temperatura en la estabilidad de los agregados ocasionan a su vez modificaciones en la porosidad y distribución de poros del horizonte superficial del suelo y en la capacidad de retención de agua del suelo.

La porosidad y distribución de tamaño de poros se ven afectadas muchas veces por altas temperaturas debido a los cambios en la distribución del tamaño de las partículas, cambios en la agregación y el taponamiento de los poros por la incorporación de algunos agregados que no son útiles al suelo también se ven afectados por la actividad inotrópica y el excesivo sobre pastoreo que se dan en algunas regiones y de tal forma estos suelos son afectados y disminuye la capacidad de almacenamiento de agua en las capas superficiales del suelo. Todo esto provoca una reducción de la infiltración del agua en el suelo que conlleva un aumento de la escorrentía superficial y favorece el arrastre de partículas y nutrientes (Farres, 1985). Esto también puede suponer un descenso de las tasas de oxigenación de los niveles inferiores del suelo y cambios en el estado químico y microbiológico del suelo.

Niveles de 40 a 50 % de porosidad son normales en los buenos suelos agrícolas. Una porosidad inferior a estos valores conduce a limitaciones de oxigenación y retención de agua para las plantas (Canedo 2006).

## **1.4 Factores que intervienen en la capacidad de infiltración**

1. Tipo de suelo: Entre mayor sea la porosidad, el tamaño de las partículas y el estado de fisuramiento del suelo, mayor será la capacidad de infiltración.

2. Grado de humedad del suelo: La infiltración varía en proporción inversa a la humedad del suelo, es decir, un suelo húmedo presenta menor capacidad de infiltración que un suelo seco.
3. Presencia de sustancias coloidales: Casi todos los suelos contienen coloides. La hidratación de los coloides aumenta su tamaño y reduce el espacio para la infiltración del agua.
4. Acción de la precipitación sobre el suelo: El agua de lluvia al chocar con el suelo facilita la compactación de su superficie disminuyendo la capacidad de infiltración; por otra parte, el agua transporta materiales finos que tienden a disminuir la porosidad de la superficie del suelo, humedece la superficie, saturando los horizontes más próximos a la misma, lo que aumenta la resistencia a la penetración del agua y actúa sobre las partículas de sustancias coloidales que, como se dijo, reducen la dimensión de los espacios intergranulares. La intensidad de esta acción varía con la granulometría de los suelos, y la presencia de vegetación la atenúa o elimina.
5. Cubierta vegetal: Con una cubierta vegetal natural aumenta la capacidad de infiltración y en caso de terreno cultivado, depende del tratamiento que se le dé al suelo.
6. La cubierta vegetal densa favorece la infiltración y dificulta el escurrimiento superficial del agua. Una vez que la lluvia cesa, la humedad del suelo es retirada a través de las raíces, aumentando la capacidad de infiltración para próximas precipitaciones.

7. Acción del hombre y de los animales: El suelo virgen tiene una estructura favorable para la infiltración, alto contenido de materia orgánica y mayor tamaño de los poros. Si el uso de la tierra tiene buen manejo y se aproxima a las condiciones citadas, se favorecerá el proceso de la infiltración, en caso contrario, cuando la tierra está sometida a un uso intensivo por animales o sujeto al paso constante de vehículos, la superficie se compacta y se vuelve impermeable. (Springall, 1976).

### **1.5 Generalidades sobre los bancos edáficos de semillas**

El suelo de los bosques y matorrales está recibiendo durante todo el año un aporte de semillas a través de los variados vínculos de dispersión que se han descrito en el capítulo anterior. Esta lluvia de semillas tiene una composición heterogénea, es decir llegan muchas semillas de algunas especies y muy pocas o ninguna de otras; también es heterogénea en el espacio, es decir de algunos micrositos se acumulan muchas semillas mientras que en otras el aporte es muy pequeño; por último, es heterogénea en el tiempo, es decir durante ciertas épocas la lluvia de semillas es intensa y variada mientras que en otras el aporte es pequeño.

Se denomina banco de semillas al conjunto de semillas viables que se acumulan en el suelo, bien enterrado o bien mezclado con la hojarasca, en una mancha determinada de bosque o matorral. El banco de semillas puede ser transitorio, si las semillas germinan antes de que pase un año desde su incorporación, por ejemplo, muchas especies de plantas anuales de las dehesas producen sus semillas en primavera, forman un banco transitorio de semillas para sobrevivir los rigores de la sequía veraniega, y la mayor parte de esas semillas germinan estimuladas por la primeras lluvias del otoño.

Las semillas del banco transitorio que no han podido germinar en el plazo del primer año después de ser dispersadas, por ejemplo porque están enterradas muy profundas, pierden su viabilidad y mueren. En cambio, las semillas de otras plantas tiene la capacidad de permanecer enterradas durante varios años formando un banco denominado persistente. Estas semillas enterradas pueden demorarse bastante en germinar pero son capaces de mantener su viabilidad hasta que las condiciones son favorables para la germinación y emergencia de a plántula (Marañón Teodoro, 1996).

### **1.5.1 Importancia de la regeneración natural**

La regeneración natural consiste en la integración de árboles y cultivo para conservar y proteger la cobertura vegetal, evitando la erosión y almacenando humedad en las áreas de cultivo.

- a) Es una alternativa para aquellas zonas secas de ladera y una forma de rescatar los árboles perdidos por el fuego o el corte.
- b) EL productor puede manejar la regeneración natural en áreas de cultivo, de descanso y en el terreno aledaño a la vivienda donde los árboles son mantenidos en sus sitios naturales, sin la intervención del productor. La regeneración natural se refiere a todas aquellas áreas o parcelas del productor donde la vegetación y el surgimiento de árboles se dan en forma natural sin reforestar.
- c) Es una práctica que evita la erosión y almacena humedad en las parcelas agrícolas, además permite que los cultivos soporten períodos largos de sequía (PESA, 2000).



### **1.5.2 Poder germinativo de las semillas**

La semilla se constituye en una tecnología esencial e imprescindible en la producción de alimentos, por lo que es necesario contar con una semilla de alta calidad para lograr mayor productividad. La semilla es una porción de vida, cuya función es dar continuidad a la vida de las especies y de diseminarlas. Así la semilla se constituye en la unión entre el pasado y una nueva generación, siendo portador de los caracteres hereditarios.

Con el objeto de preservar estas características así como las características fijadas por el mejorador en el proceso de desarrollo de una o más variedades, se establecen sistemas de producción de semillas.

La calidad de la semilla esta expresada básicamente por cuatro atributos: Calidad Genética, Calidad Fisiológica, Calidad física y Calidad sanitaria, atributos que influyen en la capacidad de la semilla para originar un cultivo uniforme, constituido de plantas vigorosas representativas de la variedad.

La gran importancia del control de calidad se debe a que los resultados obtenidos en el laboratorio a través de las pruebas de calidad son la base para tomar decisiones en las diferentes fases de producción de semillas: Producción, cosecha, secado, acondicionamiento, tratamiento y almacenamiento (Hiza Juan, 2006).

### **1.6 Prácticas de conservación de suelos**

Aquí se consideran todas las alternativas relacionadas con la protección y conservación del suelo y del agua, particularmente se da énfasis al control de la erosión y escorrentía, control de la degradación (física, química y biológica), mejoramiento y retención de humedad. Las prácticas de conservación de suelos y

aguas se integran a la producción de los cultivos, pastos y árboles. En general se pueden clasificar como: prácticas para almacenar, conducir, distribuir y aplicar las aguas de lluvias o de riego. Las prácticas y obras generalmente son costosas y requieren dominio para una construcción adecuada, es indispensable un mantenimiento continuo, muchas de ellas se deben adaptar a restricciones de pendiente, profundidad de suelo y comportamiento de las lluvias. Algunas de las más utilizadas son:

Acequias de laderas, acequias de infiltración, canales de desviación, pozas de almacenamiento, diques de contención (control de cárcavas y deslizamientos), cisternas, riego (superficial, goteo, aspersión), canales de drenaje, gavetas, caídas y saltillos de agua, embalses, terrazas (individuales, formación lenta, de banco, de huerto, de camellón), para actividades agrícolas como riego y pecuaria

### **1.6.1 Importancia de las prácticas biológicas**

La cobertura vegetal juega un papel fundamental en la conservación de los recursos suelos y agua debido a que:

- Amortigua el impacto directo de las gotas de lluvia sobre el suelo
- Favorece el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo gracias al aporte de materia orgánica .El aumento de la M.O. incrementa la estructuración y estabilidad de los agregados, mejora la infiltración y almacenamiento del agua en el suelo.
- Disminuye la velocidad del agua de escurrimiento y retiene los sedimentos arrastrados.

- La vegetación gracias a su transpiración, reduce el contenido de humedad en el suelo. Esto permite que luego de una nueva lluvia, el agua pueda almacenarse y no se pierda por escurrimiento.
- Las raíces de la vegetación, sujetan el suelo evitando su arrastre por el agua y el viento.
  
- Mejora el paisaje.

Es en este sentido que la implementación de prácticas biológicas son de suma importancia no solo para conservar el recurso suelo sino también para regular el régimen hidrológico de una micro cuenca, favorecer la biodiversidad y mejorar la calidad de vida de sus pobladores.(Vladimir Orsag 2010).

### **1.6.2 Características de las prácticas biológicas**

Las prácticas biológicas utilizadas con más frecuencia son:

- La forestación y reforestación de las partes altas de una cuenca, o microcuenca, áreas de amortiguamiento u otras zonas no aptas para uso agropecuario o susceptible a la erosión.
  
- Plantación de árboles cerca de obras físicas de conservación de suelos (muros de piedra, terrazas, diques, gaviones, taludes y reservorios de agua), con el objeto de evitar su deterioro al consolidarlas, y además darles a las áreas manejadas un aspecto más natural.

#### **a) Forestación y reforestación**

Las plantaciones forestales son prácticas biológicas importantes dentro de una visión integral de la conservación de los recursos suelo y agua, tanto a nivel finca como de

una cuenca hidrográfica. No obstante de sus ventajas aun gran parte de los pobladores rurales del altiplano y Valles del país resisten a su implementación debido a que los beneficios no son inmediatos.

Esta situación obliga a las instituciones que trabajan en programas de manejo de los recursos naturales a mostrar a la población rural y urbana beneficios que se pueden obtener con la implementación de áreas cubiertas por árboles o arbustos.

Según el programa de conservación y recuperación de suelos y agua en cuencas hidrográficas, 1985, los bosques son muy importantes para la existencia misma del hombre y el medio ambiente en general, ya que incide en los siguientes aspectos.

- Regula el régimen hidrológico de la microcuenca
- Evita que se genere agua de escurrimiento y afecte a las áreas de cultivo y otras zonas importantes de la micro cuenca
- Mejora la calidad de suelo
- Mejora el habitat para el ser humano y animales
- Mejora las condiciones climáticas
- Proporciona a los pobladores beneficios y servicios

Para la forestación de zonas susceptibles a la degradación de la cuenca, se debe hacer la preparación del suelo, la misma que se puede realizar de forma manual o mecánica, dependiendo principalmente de la pendiente, tipo de suelo y aspectos socioeconómicos. (Programa Nacional de Conservación de Suelos y Agua en Cuencas Hidrográficas, 1985).

#### **b) Plantación con ayuda de zanjas de infiltración**

Los pasos que recomienda el PNCSACH, 1985 para la plantación con ayuda de zanjas son las siguientes:

- Trazar curvas de nivel manteniendo distancias de acuerdo a la pendiente del terreno y al tipo de árboles que se van a plantar.
- Abrir zanjas de aproximadamente 30 cm de profundidad, 40 cm de ancho superior y 30 cm de ancho inferior, con taludes más pronunciados si son más sueltos.
- Colocar la tierra extraída de las zanjas en su borde inferior para formar un camellón donde se plantan los platines en hoyos abiertos en un sistema de tresbolillo.

### **c) Plantación con ayuda de terrazas angostas**

Según el PNCSACH, 1985, las terrazas que se utilizan para la plantación son plataformas angostas, transversales a la pendiente. Tienen un ancho aproximado de 1 m de ancho y una contrapendiente de 1%.

La construcción de pequeñas terrazas angostas es más eficiente en un 25 % que las zanjas de infiltración, porque su construcción es más rápida y menos laboriosa, en ambos casos el grado de uniformidad en la infiltración es el mismo.

Si se quiere reducir, los costos plantación, se pueden preparar pequeñas terrazas individuales en forma de media luna alrededor de cada planta con ayuda de piedras. Esto disminuye sustancialmente la mano de obra en comparación a los dos métodos anteriores.

Luego de establecida la plantación es importante realizar el manejo de la misma (podas raleos y cortes).

## **CAPITULO II**

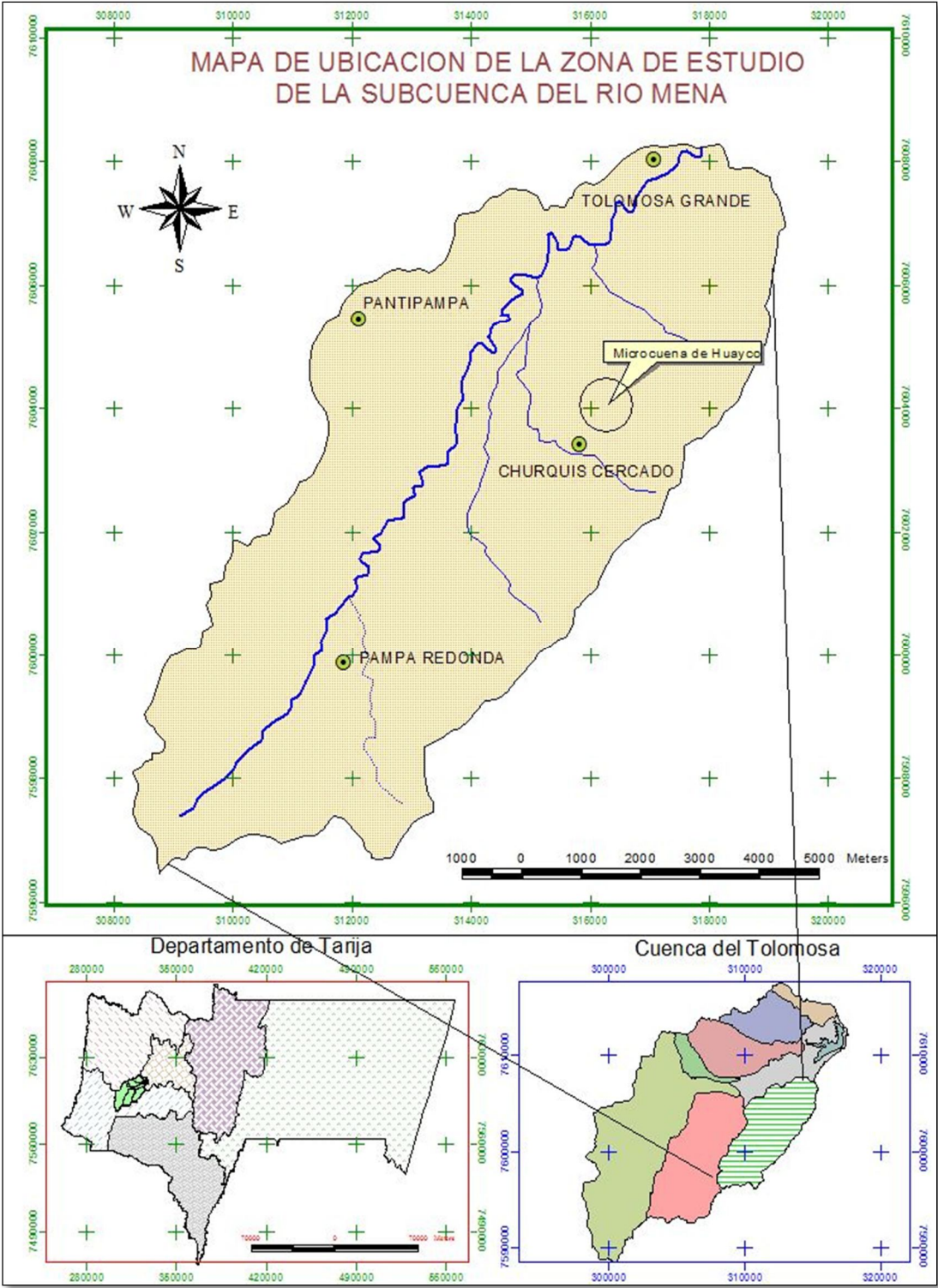
### **DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

#### **2.1. Localización y ubicación geográfica**

La microcuenca el Huayco, está ubicada a una altitud sur de  $21^{\circ}39'27''$  y una longitud oeste de  $64^{\circ}46'38''$ , la misma que está ubicada a 20 Km de la ciudad de Tarija, carretera Pampa Redonda.

La microcuenca el Huayco perteneciente a la Subcuenca del Río Mena, tiene una superficie de 3,06 has. Se ubica al sudoeste de la Subcuenca de Río Mena, en esta área se encuentra la comunidad de Churquis, y el Río de mayor importancia es el Río Mena.

**Nro. 1 Ubicación de la zona de estudio**

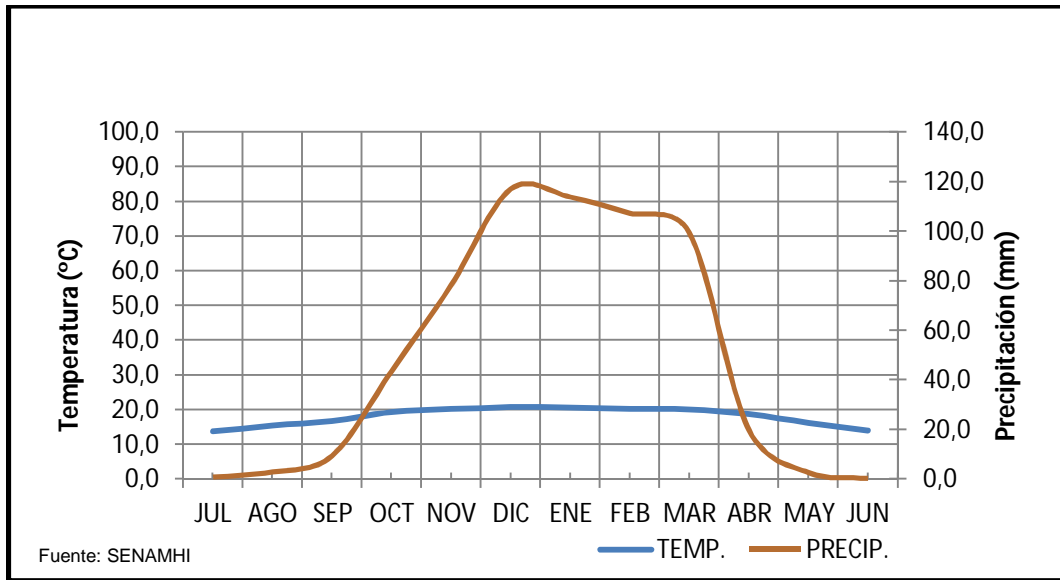


**Elaboración propia**

## 2.2. Factores biofísicos

### 2.2.1. Clima

Gráfica Nro. 1 Diagrama bioclimático



(SENAMHI 2006).

De acuerdo al gráfico se puede observar que julio, agosto y septiembre son los meses que presentan un periodo de sequía, por registrarse baja precipitación y temperaturas, mientras que en diciembre, enero, febrero y marzo son los meses que registran mayores precipitaciones y el mayor aumento de temperaturas de todo el año, constituyéndose en el periodo húmedo.

Las condiciones macro climáticas se caracterizan por su marcada estacionalidad de las precipitaciones pluviales, determinando dos periodos con alto contraste, el húmedo o lluvioso de noviembre a abril y el seco de mayo a octubre.

La microcuenca presenta un tipo de clima templado semiárido con temperaturas medias que oscilan entre 17°C a 25°C, con precipitaciones anuales que varían desde



los 800 mm a 900 mm, presentando un déficit hídrico desde abril a noviembre aproximadamente. (ZONISIG, 2001).

### **2.2.2. Suelo**

La formación del suelo en la microcuenca, cuenta con pendientes escarpadas de 30 a 60%, en cuanto a los relieves estos con pendientes entre 5-30%, son afectados por procesos de erosión hídrica en todas sus formas y grados.

Su formación geomorfología dominante es serranía montañosa, el uso que se le da al suelo es agro-silvopastoril en matorrales con ovino, caprino, bobino y cultivos anuales.

### **2.2.3. Erosión**

La problemática de la Subcuenca del Río Mena y en particular la microcuenca el Huayco, tiene una particular importancia en el Valle Central de Tarija por el efecto negativo de la degradación de los recursos naturales, especialmente del Suelo por los procesos erosivos del lugar. La erosión es el arrastre de partículas constituyentes del suelo, por acción del agua en movimiento, por la acción del viento y por la acción del hombre (Proyecto Múltiple San Jacinto 2010).

### **2.2.4. Hidrología**

La Subcuenca del Río Mena cuenta con una superficie de 6553 ha. Se ubica en el sudoeste de la cuenca, en esta área se encuentran las comunidades de: Pampa Redonda en la parte sur, Churquis en la parte central y Panti pampa, el río de mayor importancia es el Río Mena con una longitud de 18350m. La erosión moderada, en surcos, pequeñas cárcavas remontantes y erosión laminar ligera que afecta aproximadamente a un 36% de la subcuenca y la erosión severa con cárcavas que cubre el 33% de la sub cuenca (Proyecto Múltiple San Jacinto 2010).

### **2.2.5. Vegetación**

La vegetación es variable, dominan los matorrales xeromórficos, deciduos por la sequía en la época seca, y matorrales siempre verdes en laderas con microclimas más húmedos en laderas exposición Sur o Sureste, abanicos y pequeños valles.

Tanto la vegetación como el paisaje y los suelos son los más degradados de la cuenca. Predominan especies xerofíticas espinosas como el taquillo con espinas (*Prosopis alpataco*), taquillo (*Prosopis*) Churqui (*Acacia caven*) y algunas tholas (Proyecto Múltiple San Jacinto 2010).

### **2.3. Factores socioeconómicos**

La comunidad de Churquis tiene una Población de 448 habitantes de los cuales el 42 % son hombres y el 58% son mujeres. La tasa de analfabetismo es de 33 %, el 68 % corresponde a mujeres y el 32% a hombres. Un 25 % asiste al núcleo escolar. El idioma que predomina es el castellano. La comunidad cuenta con 182 viviendas de las cuales 30% tiene baños o letrinas, no cuentan con servicio de alcantarillado sanitario. El 4 % cuenta con cocinas a gas y el 96 % a leña.

La actividad principal es la ganadería, la agricultura a secano, transporte y construcción. Un 94% cuenta con tierras propias, 1 % alquila, el 4% son tierras cedidas por servicios y un 1 % prestadas por algún familiar.

Más del 52% de la subcuenca se destina al pastoreo extensivo, el resto a cultivos agrícolas a secano y áreas erosionadas (ZONISIG, 2001).

### **2.4. Fauna**

La existencia de animales en la zona es muy significativa, debido el tipo de labores a las cuales el comunarios está acostumbrado a realizar, labores que se basan más que nada en la agricultura, así mismo la presencia de animales mamíferos como bovinos

caprinos , etc., es muy típica del lugar, al contar cada familia con la presencia de ellos en sus propiedades, así también existen animales silvestres como liebres,etc., las mismas que no benefician a los agricultores más al contrario son animales dañinos para la producción de hortalizas ya que estos encuentran en ellas un alimento y es así de esta forma que los comunarios lo ven como animales no agradables en sus terrenos con producción (Proyecto Múltiple San Jacinto 2010).

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Materiales**

Para realizar la propuesta de control y estabilización de la microcuenca, fue necesario el uso de una serie de materiales tanto en fase de campo como fase de gabinete, lo mismos que se describen a continuación:

#### **Materiales Utilizados En Campo**

- GPS
- Tamizadores
- Platos Petri
- Bidones de agua
- Cuchillo edafológico
- Martillo
- Cronometro
- Cinta métrica
- Regla
- Bolígrafos
- Libreta de campo
- Fotocopias
- Bolsas de polietileno
- Cinta de embalaje
- Cilindros
- Cámara fotográfica
- Palas

### **Material biológico**

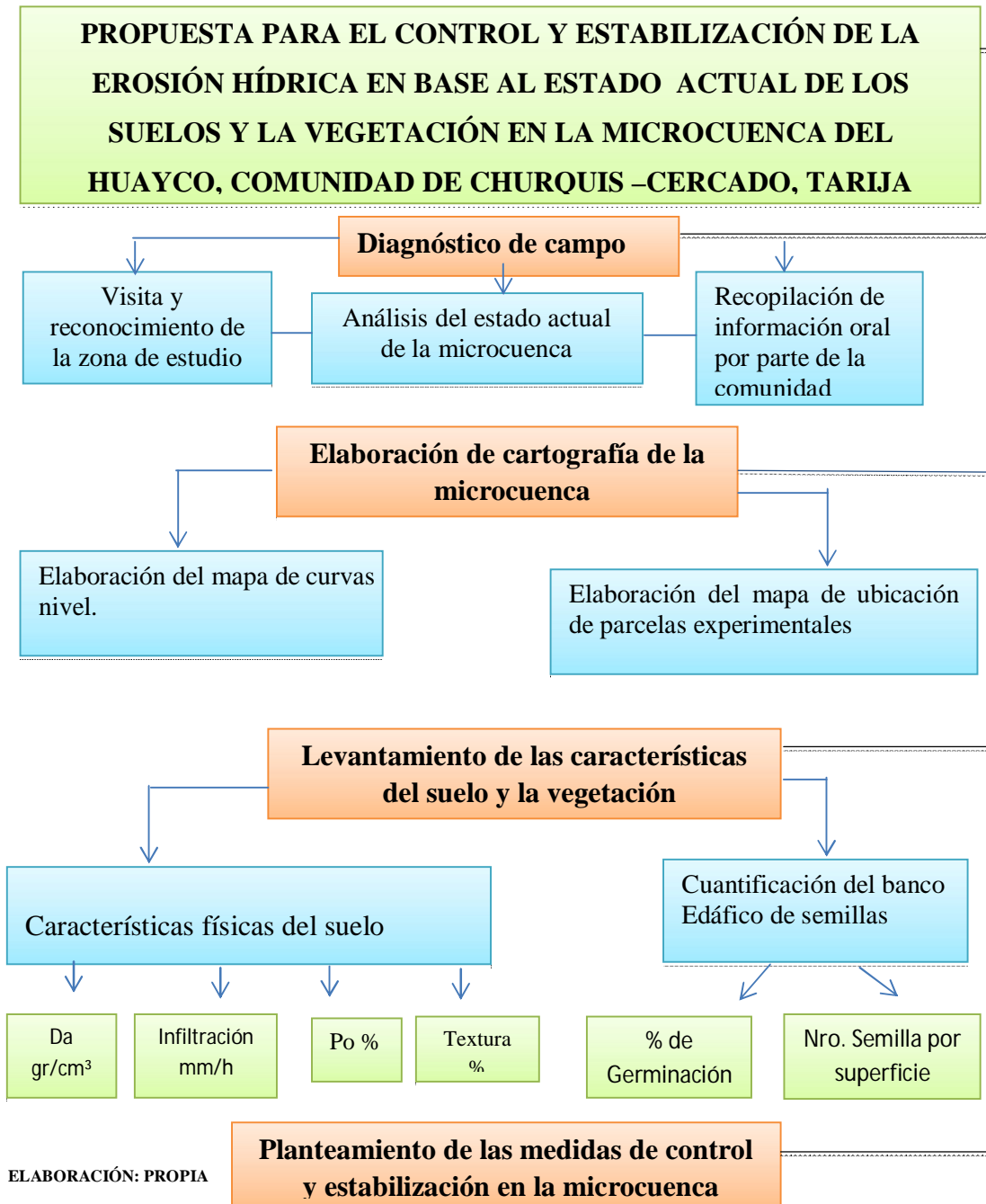
- Arena
- Semillas
- Maderas

### **Material de gabinete**

- Calculadora
- Cartuchos de tinta
- Bolígrafos
- Computadora

### 3.2 Métodos

Para el presente trabajo de investigación se realizó un diagrama de metodologías, el mismo que nos permitió conocer el orden secuencial para realizar las propuestas de control y estabilización de los suelos con procesos erosivos en el micro cuenca el huayco.



### **3.2.1 Reconocimiento de la zona de estudio**

Para la realización del reconocimiento de la zona de estudio, se utilizó cartas topográficas obtenidas por el Instituto Geográfico Militar (I.G.M.) e imágenes satelitales donde se pudo apreciar de buena forma como la presencia de erosión y la degradación de los suelos que afectan de gran manera al lugar. Se tomó tres zonas o parcelas de muestreo, las mismas que presentaban situaciones similares de degradación u erosión, en ella se realizó las pruebas del banco edáfico, las pruebas de infiltración. Una vez concluida esta etapa se procedió a la formulación medidas correctivas que ayuden en el proceso de estabilización.

### **3.2.2 Análisis de la situación actual de la microcuenca**

A partir de la visita que se realizó a la zona de estudio se procedió a analizar cada uno de los inconvenientes que afectan al lugar, así logrando a través de observaciones ver qué aspectos van a ser considerados como los más importantes a momento de realizar una propuesta de mejoramiento.

Es así que se pudo evidenciar que esta microcuenca presenta fuertes problemas de erosión hídrica y escasa cobertura vegetal causada por la desertificación existente en los suelos de la zona.

### **3.2.3 Recopilación de información oral por parte de la comunidad**

La comunidad es una de las principales fuentes de información al momento de recopilar información acerca de los principales problemas que se generan en la zona.

Es así que se realizó visitas a personas aledañas a la zona de estudio, para que a través de sus versiones obtener información clara acerca los problemas que más afectan a la microcuenca.

De igual manera con la ayuda de gente cercana y su desinteresada colaboración se obtuvo la información principal que se necesitaba acerca de los daños que se tienen en la zona, como evitar según sus conocimientos los problemas que aquejan el lugar y que propondrían hacer ellos en favor de la microcuenca, una serie de interrogantes que nos proporcionan una serie de pautas al momento de generar propuestas con fines de mejoramiento.

### **3.2.4 Instalación de parcelas de muestreo**

Las parcelas de muestreo ocupan superficies que oscilan entre 1.3 a 1.1 has, las mismas que por sus condiciones y características fisiográficas se distribuyen de forma al azar, donde se obtuvieron tres sitios de muestreo como se puede evidenciar en el mapa de delimitación de parcelas (Ver Mapa Nro. 3).

## **3.3 Elaboración de cartografía de la microcuenca**

La elaboración de los mapas se lo realizó a partir de información proporcionada por parte del ZONISIG, 2001 así mismo se utilizó herramientas se usó común (SIG.) sistema de información geográfica, Arcview 3.2, con el cual se elaboraron los mapas de trabajo.

### **3.3.1 Elaboración de mapa de curvas de nivel**

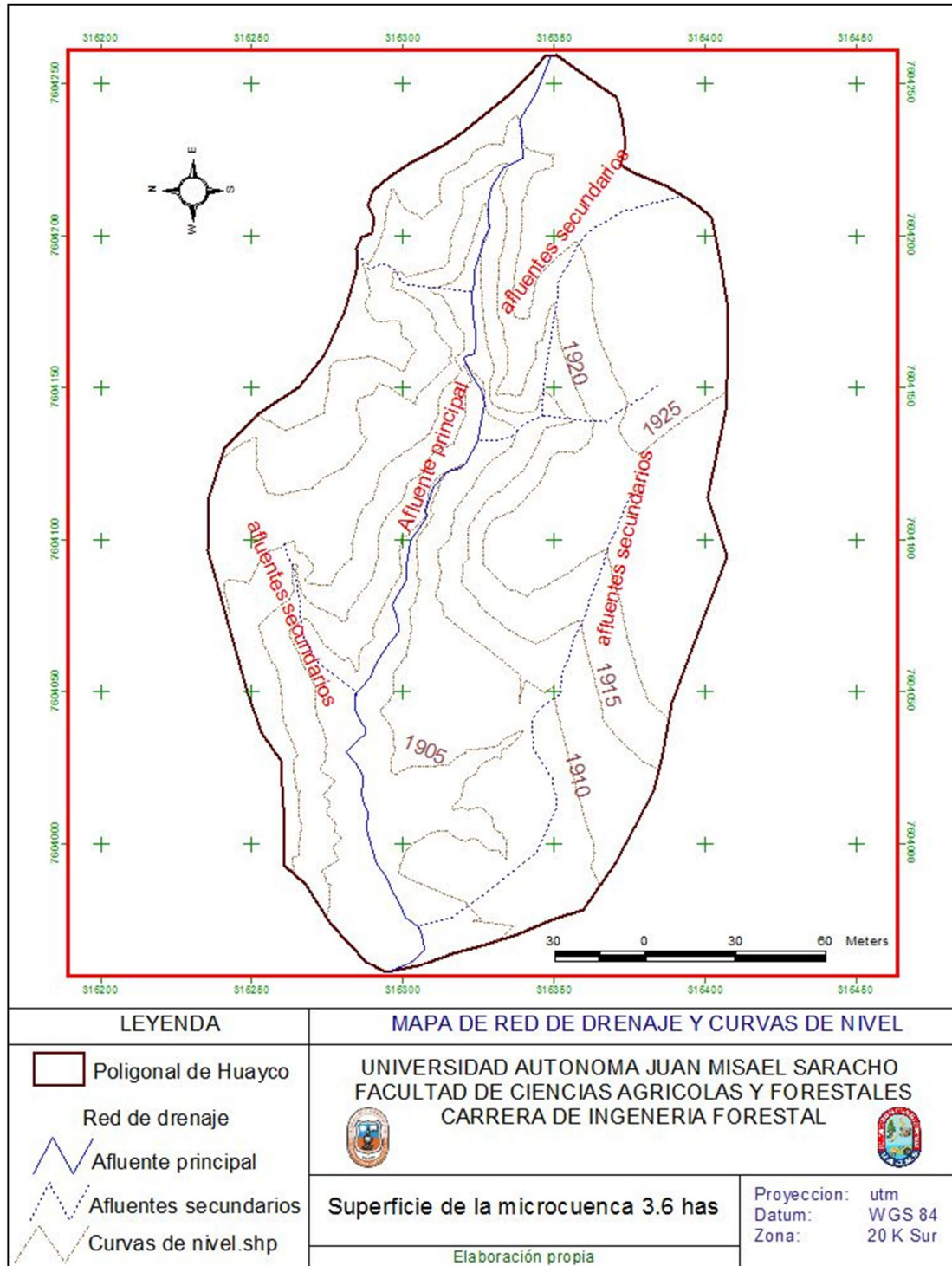
Se elaboró un mapa de curvas de nivel que nos permitió apreciar de mejor manera el estado actual de la microcuenca, a través de las alturas u cuotas se apreciaron de gran forma los procesos de erosión que afectan a toda la microcuenca, los datos procedentes del mapa fueron recopilados del ZONISIG, 2001, y la herramienta utilizada para su elaboración fue, Arcview 3.2 (Ver Mapa Nro. 2).



### **3.3.2 Elaboración de mapa delimitación de parcelas de muestreo.**

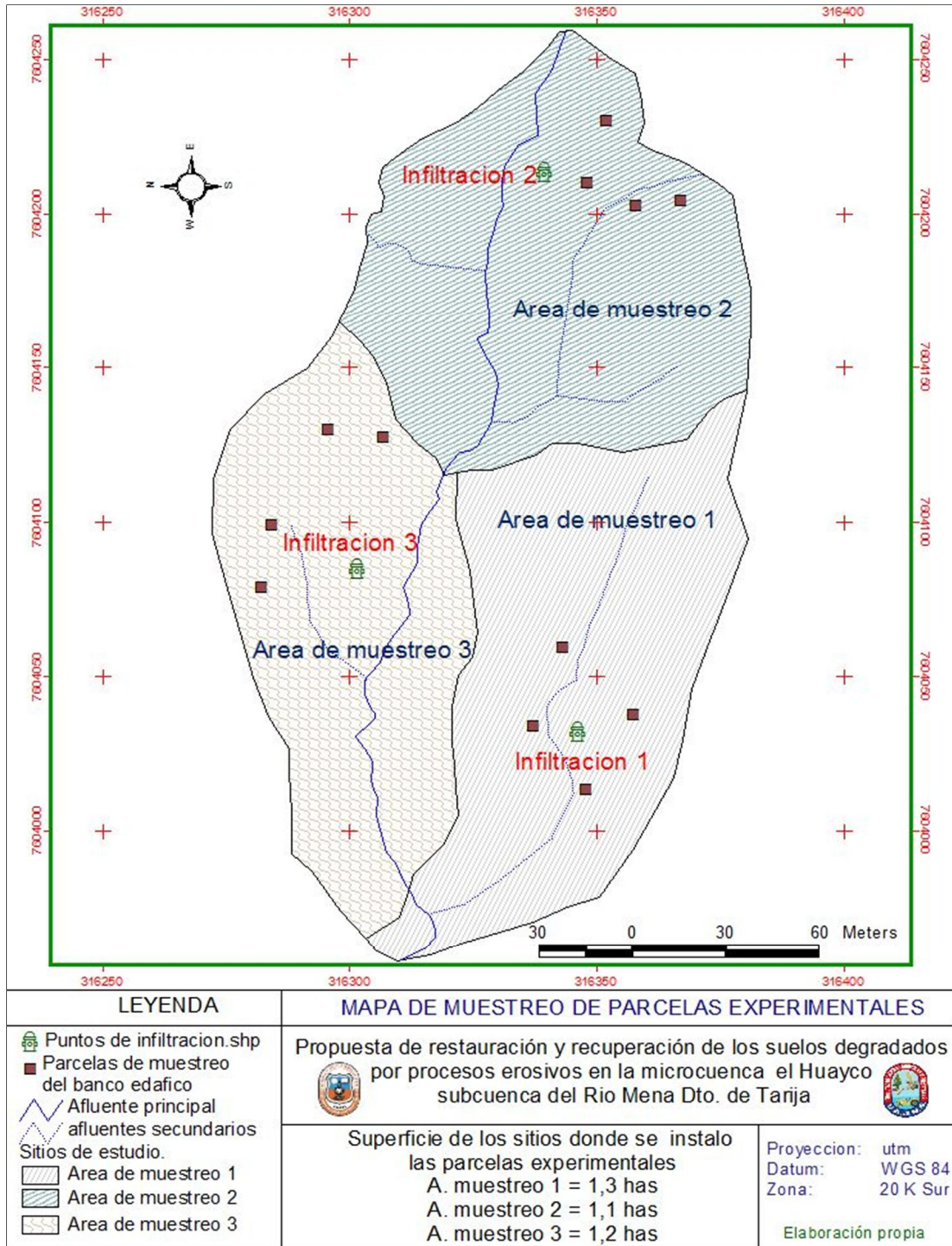
El mapa de delimitación de parcelas se lo realizó de acuerdo a la caracterización fisiográfica que se determinó en la zona, así también en él se identificaron los lugares donde se desarrollarían las diferentes pruebas tanto de infiltración como las pruebas del banco edáfico de semillas. La base de información para realizar el mapa se lo obtuvo del ZONISIG, 2001, y su elaboración se lo realizó con ayuda de la herramienta, Arcview 3.2 (Ver Mapa Nro. 3).

**Mapa Nro. 2 Red de drenaje y Curvas de nivel**



**Elaboración propia**

### Mapa Nro. 3 Delimitación de parcelas de muestreo



Elaboración propia

### 3.4 Levantamiento de las características físicas del suelo.

El levantamiento de las características físicas del suelo se la realizó de acuerdo a los siguientes parámetros que se muestran a continuación:

#### 3.4.1 Infiltración del suelo

La infiltración fue determinada en campo por el método del doble anillo, el cual consiste en insertar dos cilindros de acero el uno con un diámetro entre 8 a 12 cm y el otro de 15 a 20 cm en el suelo hasta una profundidad de 15 a 20 cm ,posteriormente se afora con agua los dos cilindros hasta la misma altura y con la ayuda de una regla milimétrica se empieza a medir las distintas alturas del agua en el cilindro interno, a intervalos periódicos, de modo de registrar intervalos a los 5, 10, 20, 30, 45, 60, 90.....hasta completar las tres horas como se muestra en la planilla de campo ( Bouwer H.,1986).

Los datos obtenidos de campo fueron ajustados mediante la fórmula de Philips como se detalla a continuación.

$$I = A + \frac{1}{2} S * t^{1/2}$$

**I**= Infiltración mm/h.

**A** = Factor relacionado con la conductividad hidráulica asimilable

**S** = Sortividad, que representa los efectos del potencial succión y gravitacional respectivamente.

**T<sup>1/2</sup>**= Tiempo

#### 3.4.2 Densidad aparente

El método utilizado para la densidad aparente es el Gravimétrico el cual consiste en colocarla muestra que se trajo de campo en la estufa a 105°C y controlar el peso del

suelo hasta que el mismo sea constante para obtener el peso del suelo seco (Pss), luego se saca el volumen del cilindro ( $Vd/cm^3$ ) utilizando en campo para extraer la muestra y con este valor se tiene la siguiente relación:

$$Da = \frac{Pss}{Volcm^3}$$

**Da** = Densidad aparente, en  $gr/cm^3$

**Pss** = Peso del suelo seco.

**V** = Volumen del cilindro.

### 3.4.3. Porosidad

La porosidad fue determinada de acuerdo a la siguiente formula como se la muestra a continuación:

$$Po = 1 - \frac{Da}{Dp} 100$$

**Po** = Porosidad%.

**Da** =Densidad aparente

**Dp** =Densidad de partícula

### 3.4.4 Determinación de la textura

El primer paso que se dio fue el de pesar 5 gr de suelo seco, sin materia orgánica, molerlo y posteriormente tamizarlo a través de una malla de < 2mm. Se colocó la muestra en una botella de 250 ml. También se agregó a la botella con suelo 10 ml del dispersante hexametáfosfato de sodio, luego se lleva aproximadamente 50 ml con

agua destilada y se agitó la botella con suelo, agua y dispersante por 5 minutos, y posteriormente se dejó reposar 12 horas.

Después del periodo del reposo se agitó la suspensión por 30 minutos con un agitador eléctrico luego se pasó la suspensión por el tamiz de 300 mallas, recogiendo el filtrado en cápsulas de porcelana. Se utilizó una pequeña cantidad de agua para separar la arena que queda en el tamiz; la arcilla y el limo quedarán en la suspensión, después pasar el filtrado a la botella de 250 ml y agregar agua destilada hasta que se tenga un volumen de 200 ml. Agitar la suspensión durante 2 minutos y dejar reposar por 1 hora 21 minutos 40 segundos, después se toma una alícuota de 25 ml a la profundidad de 2 cm. Luego colocar la alícuota de 25 ml en un bote de aluminio previamente pesado y secar en estufa a 105°C hasta que sea un peso constante. Después se pone la muestra a enfriar en el desecador y se pesa, y por último la arena retenida en el tamiz de 300 mallas pasarlas a un recipiente de aluminio previamente pesado y poner a secar en la estufa a 105°C hasta que el peso sea constante.

### **Cálculos**

$$\% \text{ de arena} = (B/A) \times 100.$$

Dónde:

A = peso de la muestra.

B = peso de arenas.

$$\% \text{ de arcilla} = (E / A) \times 100.$$

C = peso de arcilla + limo = (A - B).

$$\% \text{ de limo} = (F / A) \times 100.$$

D = peso del suelo en la alícuota (partículas < 0.002 mm).

$E = \text{peso de arcilla} = D \times 8.$

$F = \text{peso del limo} = A - B - E.$

Con los porcentajes de arena, limo y arcilla y mediante el uso del triángulo de textura se determina la textura del suelo ( USDA, 1999).

### **3.5 Cuantificación del banco edáfico de semillas**

La determinación del banco de semillas pone de manifiesto la existencia de semillas edáficas, para ello es necesario cuantificar e identificar los principales grupos de plantas que están presentes en el suelo (Walter Ayala, 1999).

La determinación de semillas en el suelo nos permitirá saber si en el área se puede realizar una regeneración natural, es decir que realizando este tipo de estudios se podrá saber si existen semillas en el suelo; de esta forma con la información que se genere se lograra establecer alternativas de control para la microcuencia a fin de poder ofrecer el restablecimiento natural del lugar (Miranda, V. 2003).

#### **3.5.1 Secuencia de procedimientos**

A efecto de determinar la presencia o ausencia de semillas en el suelo, los pasos a seguir son los siguientes:

➤ **Colección de muestras a nivel de campo.**

Se tomaron muestras de 5 cm de profundidad, utilizando un medidor de densidad aparente, o en su defecto de alguna otra manera que permita coleccionar una muestra de área conocida.

El número de muestras deberá estar asociado a la variabilidad de la pastura presente, y en el caso de estudios a nivel de campo se sugiere trabajar con muestras compuestas. (Anexo1, Foto 3).

Así mismo se eligieron seis puntos aleatorios en cada parcela de muestreo de vegetación, se marcó una superficie fija cuadrada, en donde se tomaron cuatro muestras de cada punto de muestreo correspondientes (Walter Ayala, 1999).

➤ **Rutina de laboratorio.**

A continuación se describen todos los pasos a seguir en el laboratorio:

- **Desmenuzado a mano.** Como primer paso se realizó el desmenuzado de la muestra en seco y a mano, eliminando aquellos restos vegetales de mayor tamaño.
- **Pasaje por zarandas.** Se pasa el material desmenuzado por una serie de zarandas a los efectos de descartar en primera instancia el material de mayor tamaño ( $>4.7$  mm), y posteriormente las partículas menores al tamaño de una semilla ( $<0.5$  mm). Esta fase puede ser repetida más de una vez, en función del tipo de suelo presente y/o cantidad de material vegetal acompañante. (Anexos:1, Foto5).

El material en suspensión es recogido, separando e identificando las semillas presentes con la ayuda de una lupa.

Posteriormente se realiza la fase de conteo y análisis de parámetros de calidad de semilla de interés, y germinación (Walter Ayala, 1999).



### **3.5.2 Análisis del porcentaje de germinación (Ver Anexo1, Foto Nro. 7)**

El objetivo de la prueba de germinación fue el de determinar el potencial máximo de germinación de un lote de semillas, es de esta forma que para poder determinar la existencia de semillas en los suelos de la microcuenca se desarrollaron análisis de laboratorio allí se determinó realizar ensayos de germinación para con esto determinar la presencia semillas, el tipo de semillas presentes en las muestras de suelo entre otros.

Se desarrollaron ensayos en el laboratorio donde se distribuyeron las muestras compuestas en embaces diferentes.

Así mismo se distribuyó las muestras en proporciones iguales en platillos Petri el estrato en arena de igual cantidad, así que se obtuvieron tres muestras expuestas a germinar en un periodo de un mes exacto. Seguidamente cada semana se realizaba los controles respectivos con la finalidad de obtener veracidad en los resultados.

Una vez terminados los ensayos se procedió a realizar los cálculos correspondientes de porcentaje de germinación a través de la fórmula que se muestra a continuación:

$$\%G = GDM \text{ (final)} \times VM$$

$\%G$  = Porcentaje de germinación

$GDM$  = Germinación diaria media final

$VM$  = Germinación diaria media

### **3.5.3 Análisis acerca de la cantidad de semillas por superficie (Ver Anexo 3, Cuadro Nro. 3)**

Para poder realizar el análisis del número de semillas por superficie total, se realizan una serie de estimación que vienen a ser generadas a partir de, el valor real de las semillas encontradas en el suelo y el tamaño real de toda el área que estuvo sujeta a

estudio. Para con esto obtener una estimación de la cantidad semillas que se encontrarían presentes en esta zona (Hermida, M. J. 2003).

La fórmula que se utilizó para determinar el análisis se la demuestra a continuación:

$$CSS = \frac{(CSE * STT)}{CME_x}$$

**Donde**

**CSS** = Cantidad de semillas por superficie n/m<sup>2</sup>

**CSS** = Cantidad de semillas encontradas

**STT** = Superficie total del terreno m<sup>2</sup>

**CME<sub>x</sub>** = Cantidad de muestras extraídas m<sup>2</sup>

**3.6 Planteamiento de las medidas de control y recuperación en la microcuenca**

La identificación de presencia o no de semillas, con junto a las características físicas del suelo capacidad de infiltración, porosidad densidad aparente y textura, nos permitirán realizar una propuesta de medidas de control y estabilización en la microcuenca el Huayco que sufre procesos de erosión hídrica.

La metodología que se utilizó para realizar las propuestas de restauración se detalla a continuación:

Primeramente se establecieron criterios a base de los datos que se obtuvo de los estudios de suelo y vegetación, donde se pudo evidenciar claramente los problemas que afectan a la zona.

A raíz de estos análisis se establecieron diferentes criterios que nos llevaron a identificar cuáles serían las medidas más apropiadas a adoptar al momento de establecer una propuesta, para ello se tomó muy en cuenta aspectos claves que nos permitan lograr un buen control y estabilización en la zona.

- **En función al mejoramiento y control**

- Establecimiento de obras de mejoramiento que nos permitan reducir y frenar agua de escorrentía causada por el compactamiento del suelo.

- Mejoramiento de la cobertura vegetal, en las partes que así lo necesiten.

- Reforestación de especies en las partes altas y medias de la microcuenca especies nativas como exóticas las mismas que debe cumplir ciertas características fundamentales.

- La incorporación de obras que nos brinde almacenamiento de agua para brindarle al suelo mayor humedad.

- El establecimiento de obras que lleguen a frenar y reducir el crecimiento de las cárcavas.

- a) **En función a lo económico y social**

- En lo posible las obras de mejoramiento deben estar sujetas al tipo de material que se encuentre en la zona

- Debe existir una interacción social con los propietarios y la comunidad acerca de los planteamientos de obras.

- En lo posible se debe minimizar los impactos ambientales

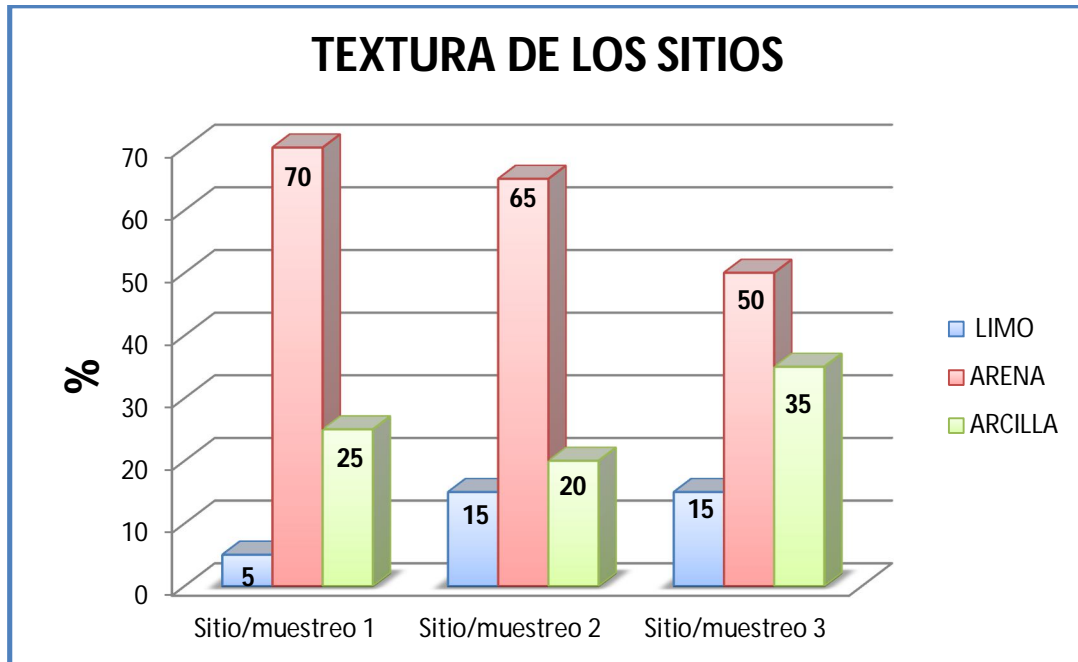
## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación a continuación se presentan los siguientes resultados obtenidos .

#### 4.1 Textura de los suelos de la microcuenca el huayco

**Gráfica Nro. 1      Comportamiento de la Textura**



De acuerdo a la gráfica Nro. 1 podemos observar el comportamiento de las clases texturales en los suelos de la microcuenca, en el primer sitio de muestreo nos da como resultado suelos franco arenosos ya que el porcentaje de arena es de 70%, arcilla 25% y el limo con un 5%. Para el caso del sitio 2 dio como resultado también un suelo franco arenoso por presentar un valor de 65% de arena, 20% de arcilla y un 15% de limo, y por último tenemos al sitio 3 que es un suelo franco arcillo arenoso

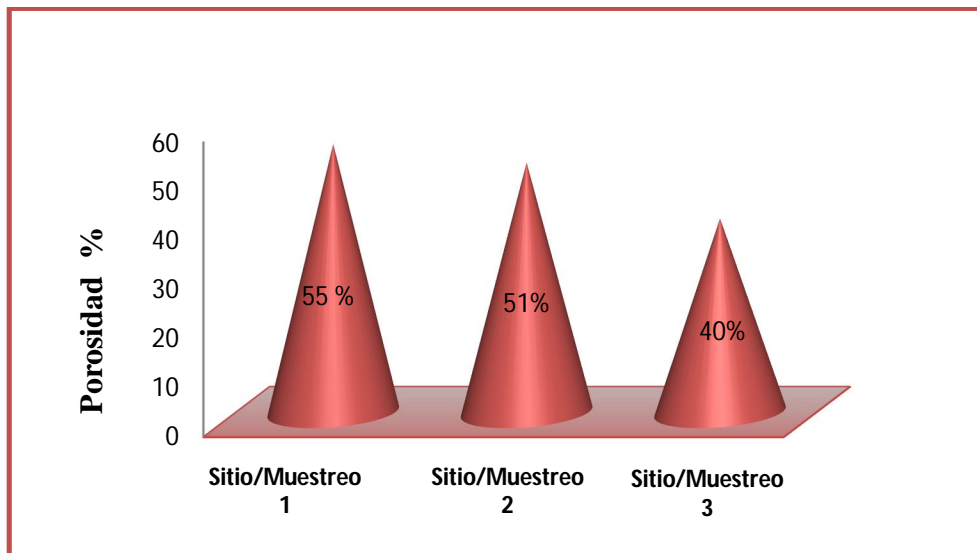
por presentar un valor de 50% de arena, 35% de arcilla y con menor proporción el limo con un 15 %.

Según (Canedo 2006) nos dice que los suelos arenosos están presentes en zonas de desgaste es decir en laderas o en lugares donde existe formaciones rocosas. Corroborando a este argumento se demuestra que la microcuenca el Huayco esta situada en un paisaje de ladera a los pies del serro Huayco por tal razón estos suelos presentan gran cantidad de arena por ser provenientes de un material parental de areniscas.

#### 4.1.1 Determinacion de la porosidad

Los efectos de degradación provocados por la erosión hídrica afectan de gran forma el comportamiento normal de la porosidad en los tres parcelas de muestreo, así como se muestra acontinuacion:

**Gráfica Nro. 2 Comportamiento de la porosidad**



Como se observa en la gráfica Nro. 2 los porcentajes de porosidad en los tres sitios de muestreo presentan diferencias, para el primer y segundo sitio los porcentajes son de 55 y 51 %, observando los valores no tienden a variar de gran manera, existiendo una leve diferencia entre estos, pero para el caso del tercer sitio se tiene un porcentaje de 40%.

Según (Cairo 1995), nos dice que los suelos con porosidades de 40 a 50% son de muy bajos a bajos y con porcentajes mayores a 50 son medios. Por lo tanto observando los valores obtenidos en la porosidad de los suelos de la microcuenca el Huayco son suelos muy bajos a moderados, lo cual indica que los suelos del sitio 3 son con menor espacio poroso y por ende son un tanto compactos y dificulta el crecimiento de la vegetación, por otra parte cabe recalcar que los sitios 1 y 2 tienen una mejor porosidad lo cual indica que son suelos menos densos dando oportunidad a que la vegetación se pueda desarrollar de mejor manera (Castillo 2005).

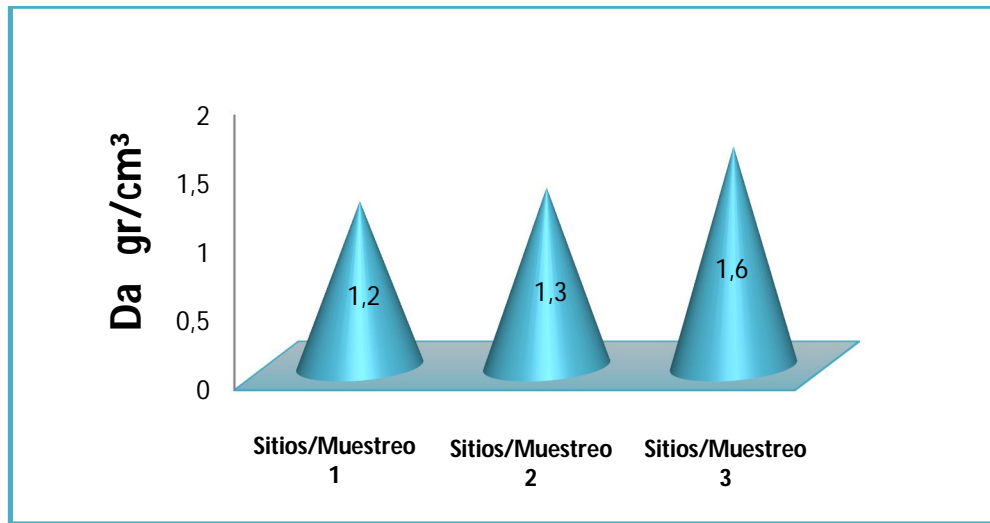
Según (Riverol col, 1995), la degradación de los suelos entre las manifestaciones más frecuentes que presenta esta es el elevado coeficiente de pérdida de materia orgánica, llegando así a producir grandes niveles de compactación en los suelos y con ello incrementos en la densidad y grandes pérdidas de los espacios porosos.

#### **4.1.2 Determinación de la densidad aparente**

La densidad aparente en suelos degradados tiende a generar un incremento debido a los altos índices de compactación generados por los problemas de erosión hídrica.

**Gráfica Nro. 3**

**Variaciones entre suelos con respecto a la Da.**



Como se puede observar en la gráfica Nro 3, los valores de densidad aparente para el tercer sitio de muestreo son mas elevados, con  $1.6 \text{ gr/cm}^3$  en comparación al primer y segundo sitio que cuentan con datos de  $1.2 \text{ gr/cm}^3$  y  $1.3 \text{ gr/cm}^3$ , obteniendo así que exista diferencias entre estos sitios.

La densidad aparente es la que nos indica el grado de compactación de los suelos es decir un suelo mucho más duro, en estos casos cuando la densidad es mayor el espacio poroso se ve más reducido y por ende la capacidad de infiltración será menor, en el sitio 3 la densidad aparente es un tanto más elevada con un valor de  $1,6 \text{ gr/cm}^3$  esto se debe a que estos suelos son muy visitados por los diferentes tipos de ganado logrando de esta manera que el suelo llegue a compactarse por el pisoteo de los animales. Si observamos la gráfica Nro 2 que es la porosidad se evidencia que el sitio 3 contiene un porcentaje más bajo del 40% de porosidad lo cual corrobora con el valor de la densidad aparenta, mientras que los demás sitios 1 y 2 tienen una menor densidad aparente lo cual indica que son suelos con mayor porcentaje de porosidad.

La densidad aparente varía de acuerdo al estado de agregación del suelo, al contenido de agua y la proporción del volumen ocupado por los espacios intersticiales, que existen incluso en suelos compactos. La densidad aparente es afectada por la porosidad e influye en la elasticidad, conductividad eléctrica, conductividad térmica, en la capacidad calorífica, volumen constante y en la dureza, etc. (Cano 2000).

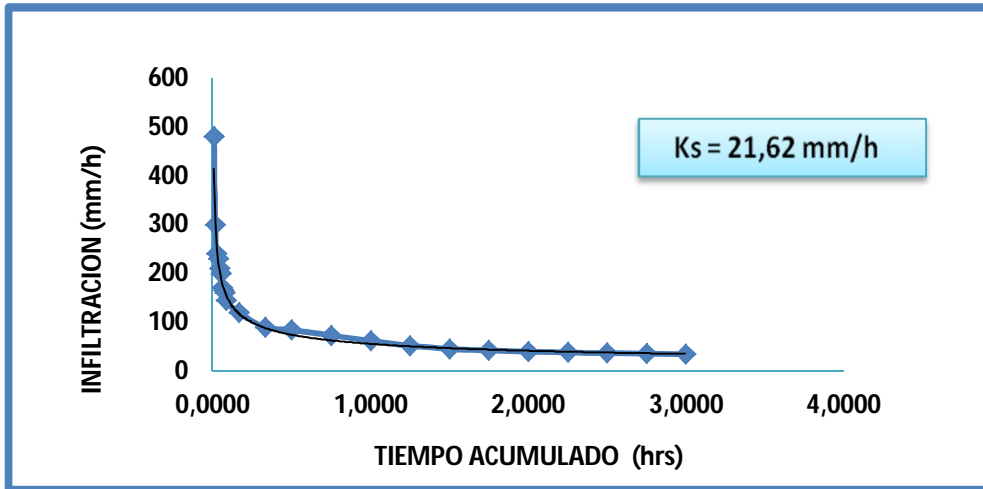
Según (Valera 2007), afirma que el cambio en la densidad aparente es producido por efecto de la degradación de los suelos como se puede evidenciar en los tres tipos de sitios estudiados, que son producto de la pérdida de la materia orgánica causada por la escasa vegetación en el lugar, haciendo que se generen zonas con suelos compactos a medida que transcurre el tiempo.

#### **4.1.3 Determinación de infiltración en el suelo**

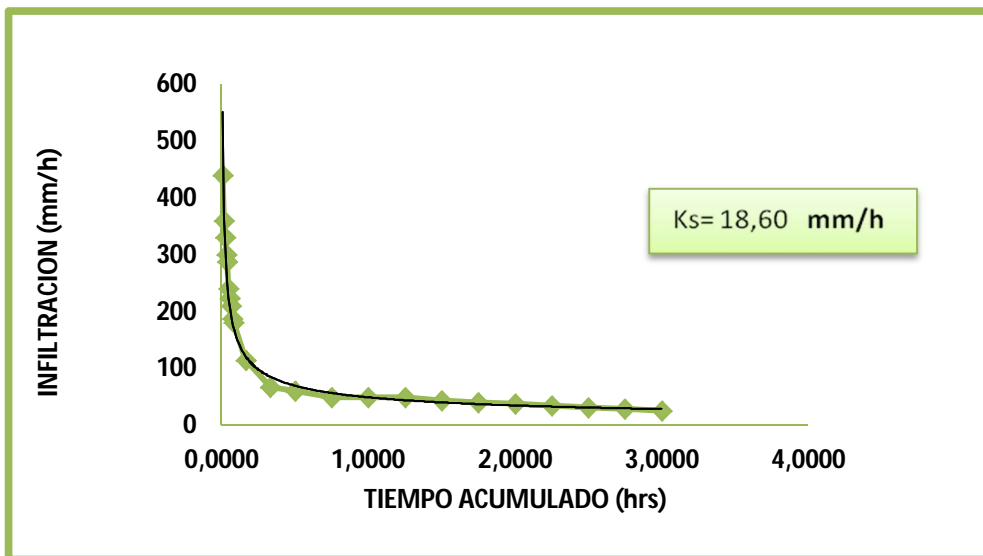
La infiltración del suelo se refiere a la cantidad máxima de agua que un suelo puede absorber por unidad de superficie horizontal y por unidad de tiempo. Es de esta manera que en función a los datos obtenidos mediante las pruebas de infiltración realizadas en las tres zonas ubicadas como referencia se determinó lo siguiente:



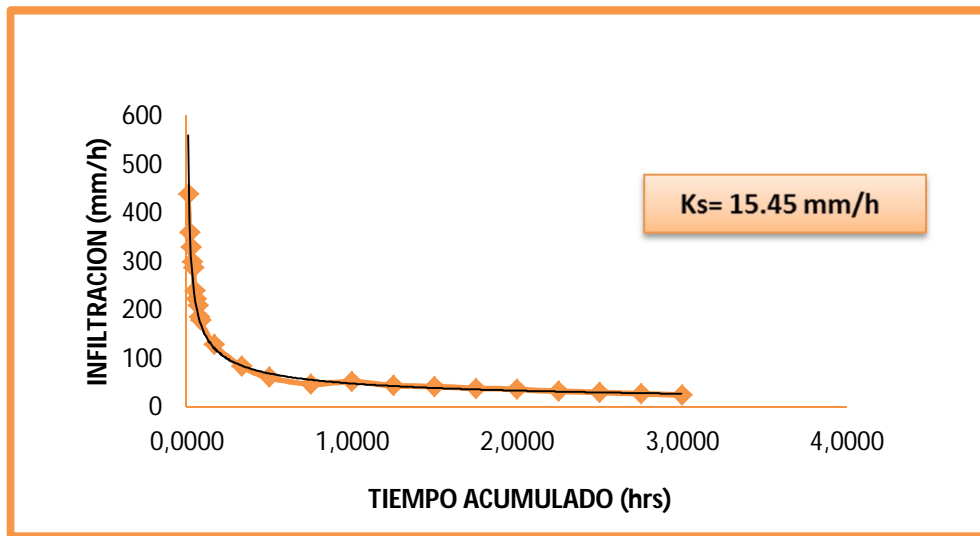
Gráfica Nro.4 Infiltración del primer sitio de muestreo



Gráfica Nro. 5 Infiltración del segundo sitio de muestreo.



**Gráfica Nro. 6 Infiltración del tercer sitio de muestreo**



Como se observa en las gráficas **Nro. 4, 5 y 6**, se observa que la infiltración al pasar los primeros treinta minutos para los tres casos es acelerada, y con el trascurso del tiempo esta se va estavilizando de gran manera haciéndose constante en el tiempo de tres horas, el sitio 1 presenta una mayor conductividad hidráulica de  $K_s=21,62 \text{ mm/hr}$  seguido del sitio 2 con un valor de  $K_s= 18,60 \text{ mm/hr}$  y por último tenemos al sitio 3 un valor menor de  $15,45 \text{ mm/hr}$ .

Como se puede verificar en los tres sitios donde se realizaron las pruebas de infiltración la conductividad hidráulica o sea la capacidad de absorber agua del suelo es muy baja, esto se debe al poco espacio poroso que existe en los suelos de la microcuenca, también se debe a los altos valores de densidad aparente, de esta manera estaría existiendo una escorrentía superficial y con severos problemas ya que arrastra gran cantidad de sedimento, y por ende se procede al labado de materia orgánica.

Según (Riverol M y col,1995), la infiltración en suelos degradados generalmente presenta estas características con suelos propensos a compactarse y con elevados índices de densidad lo cual coincide con los datos obtenidos de la microcuenca.

### **5.1.Determinacion del banco edafico de semillas**

Los bancos de semilla están formados por todas las semillas presentes en el suelo, el banco está compuesto en parte por semillas producidas en el área.

**Cuadro Nro. 2 Determinación de semillas presente en el suelo, en las tres parcelas de muestreo.**

| Sitios    | Nombre Cientifico | Familia |
|-----------|-------------------|---------|
| <b>P1</b> | -----             | Poaceae |
| <b>P2</b> | -----             | Poaceae |
| <b>P3</b> | -----             | Poaceae |

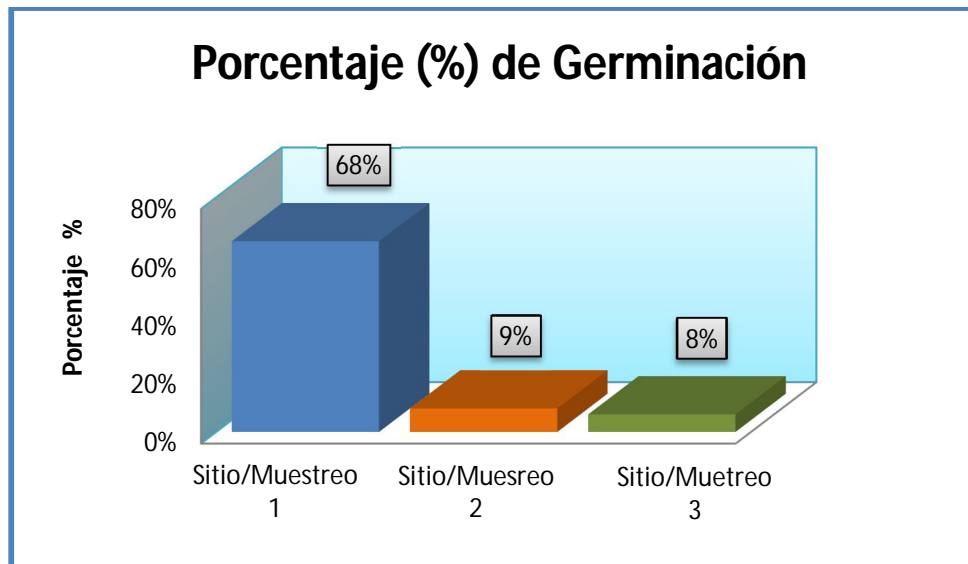
Como se observa en el cuadro Nro. 2, de acuerdo a las muestras extraídas y los ensayos de germinación realizados en los tres sitios de muestreo, se determinó que si existe presencia de semillas en los suelos de la microcuenca el Huayco, así también se pudo evidenciar que solo existía un tipo de especies de semillas, para los tres sitios de muestreos que se estudió.

La especie de semilla que se identificó fue una perteneciente a la familia de las Poaceae, especies gramíneas que generalmente tienen crecimiento acelerado y

predominante en estos lugares, es por esta razón que son estas utilizadas como forraje para el ganado.

La existencia de una sola especie en las zonas muestreadas, se explican debido a que estas zonas presentan una fuerte presencia de suelos degradados, por lo mismo la vegetación es muy escasa y así mismo es importante mencionar la presencia de los animales que habitan en la zona, los mismos que con el constante pisoteo ocasionan también que los suelos lleguen a compactarse logrando con ello que el agua por efecto de las precipitaciones lleguen a escurrirse y genere un lavado de semillas en el lugar, ocasionando la no existencia de estas semillas por efecto del escurrimiento, así también la pérdida de humedad en el suelo es otro factor que no favorece en el proceso de germinación natural, ya que la falta de humedad evita que las semillas que se encuentran en reposición en el suelo no lleguen a germinar de forma natural.

**Gráfica Nro. 7 Porcentaje de germinación en cada una de las parcelas de muestreo**



Como se observa en la gráfica Nro. 7 el porcentaje de germinación en los tres sitios de muestreo presenta datos significativos, para el caso del primer sitio un valor de 68%, se puede apreciar un buen porcentaje germinativo, lo cual nos indica que existió una buena cantidad de semillas en esa zona, para el segundo sitio se puede apreciar que el porcentaje de germinación es de 9%, poco elevado bajo y casi igual que el tercero que contiene al igual un porcentaje de 8% el cual no muy elevado.

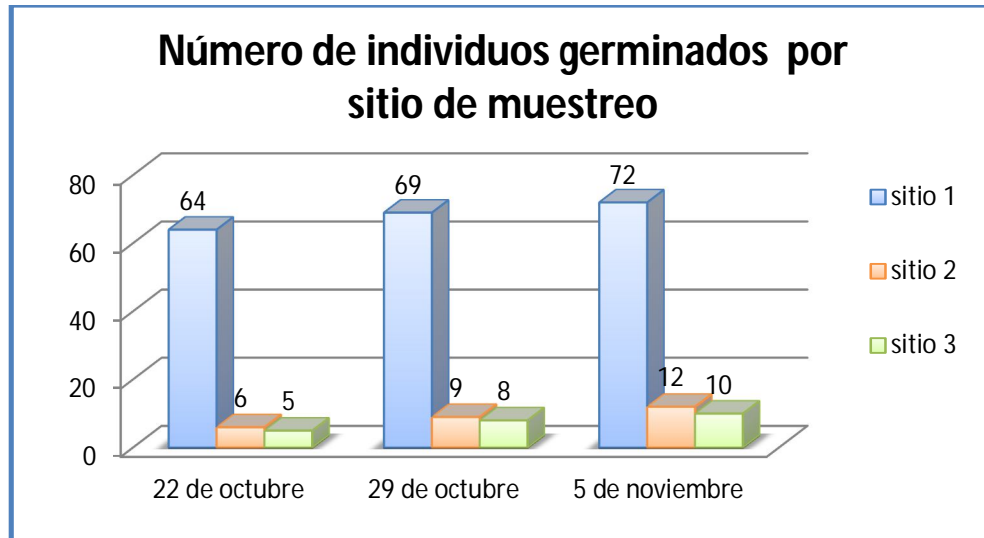
Todas estas tendencias se explican debido a que en el primer sitio de muestreo se podía apreciar la presencia de un número mayor de gramíneas, pasturas y árboles de churqui, además de que la topografía no era tan pronunciada, esto a su vez ayuda en gran manera a la acumulación de semillas.

Para el caso de la segunda parcela claramente se puede evidenciar que el lugar está ubicado en la parte alta de la micro cuenca, el mismo presenta mayor pendiente, además que la vegetación circundante es mucho menor al de la primera, haciendo ver así que en el lugar existe una menor cantidad de vegetación, y de esta manera se explica el por qué de estos bajos porcentajes, la forma del paisaje que lo rodea una colina en pendiente pronunciadas puede ser otro factor desfavorable ya que como se mencionaba anteriormente la zona cuenta con suelo arcillosos compactos, estos que a su vez ocasionan que el agua de lluvia llegue a escurrirse logrando con ello un desfavorable aporte de semillas al suelo a causa del lavado de semillas que se va a depositar en las partes bajas ocasionando que en el lugar no se pueda almacenar y o depositar semillas.

Para el caso de la tercera parcela podemos ver que existe una gran similitud con la segunda parcela, eso se debe a que las condiciones de vegetación y topografía no varían de gran manera, además es importante hacer notar que el tercer sitio es el que mayores índices de erosiones y remociones de masa presenta, por lo cual existe en

ellos siertas similitudes en sus datos y con ellos un porcentaje de germinacion bajo debido al bajo porcentaje de semillas presentes en el suelo.

**Gráfica Nro. 8 Dinámica de crecimiento de las semillas de acuerdo a un periodo ensayo**



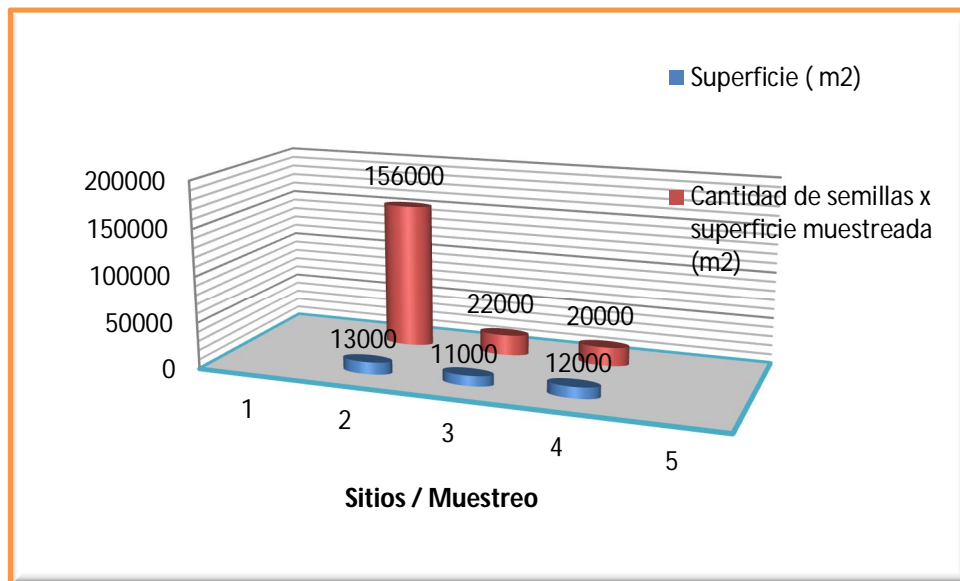
De acuerdo a la gráfica Nro. 8 se observa que el número de plantas emergidas presentan diferencias considerables de un sitio a otro, así mismo podemos apreciar el avance de crecimiento que se obtuvo cada semana, llegando así a un periodo considerable de crecimiento, en donde se tuvo como resultado que para el primer sitio de muestreo un número final de plantulas emergidas es de 72 unidades, para el sitio dos un número de 12 unidades de plantulas de semillas emergidas, y el tercer sitio fue el que menores unidades de semillas presentó tan solo 10 semillas germinadas.

Las condiciones fisiológicas adecuadas para la germinación y/o para el crecimiento y desarrollo del embrión, son de gran importancia y determinan el retraso o acelerado crecimiento de germinación (BASKIN, 1989) es decir que en los factores físicos y

climáticos afectan de gran manera los bancos de semilla, la pendiente y topografía vienen a considerarse factores de suma importancia, y determinantes al momento de querer regenerar una zona.

La razón por la cual existen estos datos puede deberse principalmente al estado de la vegetación que presenta la microcuenca, así también al estado de degradación con el cual cuenta el lugar, que por supuesto no es el mismo de un lugar a otro, y así a las diferentes pendientes y relieves diversas del terreno.

**Gráfica Nro. 9 Distribución de semillas de acuerdo a la superficie de cada sitio de muestreo.**



Como se puede observar en la gráfica Nro. 9 podemos apreciar la correlación que se realizó, para determinar cantidad de semillas necesarias para cada sitio de muestreo, en relación a la superficie de cada uno de los sitios de muestreo.

La cantidad de semillas muestreadas para el primer sitio de muestreo, de acuerdo a los datos obtenidos de los ensayos nos dan un valor de 72 unds. y realizando una correlación con este dato y la superficie real de este primer sitio, nos muestra que debe existir una cantidad de 156000 semillas en toda esta parte.

Para el segundo sitio de muestreo de igual forma se tiene un valor de 12 unds. de semillas y correlacionando estos datos con la superficie del tamaño real tenemos una cantidad de 22000 semillas para el segundo sitio muestreado.

Y para el tercer sitio que cuenta con un valor de 10 unds. tenemos un número de unidades de semillas de 20000, para el tercer sitio de muestreo.

La cantidad de semillas que se necesitan para cada sitio muestreado claramente se percibe que es muy elevada, esto puede deberse a los datos que el lugar no cuenta con grandes cantidades de vegetación, más al contrario son áreas desérticas con fuertes procesos erosivos y casi nada de vegetación arbórea, lo que viene ocasionando el poco aporte al suelo de semillas y la escasa presencia de bancos de semilla en la zona.

### **6.1 Propuestas para el control en la microcuenca de huayco que sufre procesos de erosión hídrica.**

La incorporación de técnicas para control y establecimiento de la microcuenca, demanda una importante fuente de conocimientos, por cuanto que los conocimientos referentes a tipo de información son muy necesarios para lograr a través de ello mejorar ciertas áreas que sufren estos tipos de daños.

Es de esta forma que a través de los datos que se pudo recavar del suelo y la vegetación en la microcuenca, nos permitimos proponer una serie de medidas que ayuden a contribuir en el mejoramiento y estabilización de la microcuenca.



A continuación a razón de lograr la estabilización en la microcuenca y evitar que los procesos de erosión en cárcavas sigan avanzando y con ello logremos mejorar el escaso grado de vegetación proponemos las siguientes medidas de control:

**a) La instalación de claustros o cerramientos**

Se propone la realización de un cerramiento perimetral en la microcuenca, con el propósito de evitar el acceso del ganado, tomando en cuenta que en la zona existe gran presencia de ganado.

El cerramiento preferiblemente debe ser realizado con materiales que tengan buena calidad, es decir que sean permanentes y no sufra desmoronamientos, y que sea accesible de bajos costos y de fácil implementación.

En este entendido se propone realizarlo de postes y alambre de puas, materiales accesibles que se los puede obtener fácilmente.

La instalación de cerramientos en la zona coadyuvará con el propósito que se persigue, que es el de estabilizar la microcuenca a través de el control que se pretende realizar.

De la misma manera con el cerramiento se podrá garantizar el normal crecimiento de plantas que se desea implementar como así se podrá mejorar de alguna forma el nivel de regeneración natural.

**b) Canales de desviación de agua de lluvia**

Se opta por proponer este tipo de obras debido a las cualidades con las que cuenta, ya que con la incorporación a la microcuenca de este tipo de trabajos se lograra interceptar, y desviar el agua de escorrentía.

Hay muchos aspectos que se deben plantear antes de la realización de la obra.

Para tal efecto primeramente se establece el lugar más apropiado, en donde se realizarán estos trabajos.

Es evidente que el canal debe ser contruido en la parte más alta de la microcuenca con el fin de lograr frenar el agua de escorrentia y asi evitar que los procesos de erosión sigan aumentando.

Una vez que se determina la sección donde se construirá el tipo de canales, se debe tomar en cuenta que este tipo de obras está sujeta a una serie de aspectos en cuanto a clima, suelo.

Para tal efecto es necesario determinar una serie de cálculos, los mismos que nos propicien un buen trabajo a momento de su implementacion y de la misma manera éstas obras de control ayuden a controlar la erosión en la microcuenca.

A continuación se presentan algunos de los cálculos que se deben realizar a momento de implementar los canales de desviacion de agua de lluvia.

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

Donde,

Q: Caudal en m<sup>3</sup>/s.

C: Coeficiente de escorrentía.

I: Intensidad de precipitación máxima (se recomienda usar una intensidad máxima en 30 minutos).

A: Área de impluvio en ha.

$$I = \frac{63,694 * T 0.164143}{D 0,469797}$$

**Donde:**

I: Intensidad de precipitación para el diseño de obras  
(mm/h).

T: Periodo de retorno en años.

D: Duración de la lluvia en minutos

### **c) Las zanjas de infiltración**

Se propone realizar la construcción de zanjas de infiltración en la zona, es con el objetivo de evitar que el proceso de erosión siga avanzando, así también por medio de estas zanjas se podrá capturar el agua de escorrentía y con ello se mejorará la infiltración del agua en el suelo que contribuirá en el crecimiento de la vegetación.

Toda vez que tras el análisis realizado en las pruebas de infiltración se pudo evidenciar la baja infiltración que se tiene en los suelos de la microcuenca.

Par poder establecer este tipo de obras es necesario tomar en cuenta una serie de estudios más detallados sobre:

#### **✓ La parte de la microcuenca donde se desea establecer la obra.**

Se debe situar la obra en la parte superior o media de la ladera, para con ello capturar el agua de escorrentía de mejor forma.

#### **✓ La capacidad exacta de volumen de agua que debe almacenar cada zanja.**

Es importante saber que al momento de diseñar las zanjas se debe tomar en cuenta un principio fundamental, saber que la cantidad de agua de lluvia que cae en la zona de captación debe ser menor o igual a la que capta y absorbe la zanja.

Es así que para poder determinar de buena forma este dato es necesario realizar una serie de cálculos antes de realizar las obras.

Así:

$$V_e = V_o + V_i$$

Donde:

$V_e$ : Volumen de escorrentía aportada por la zona de impluvio.

$V_o$ : Volumen de captación de la obra.

$V_i$ : Volumen de infiltración.

En este marco, se deben realizar los siguientes análisis:

- Definir el periodo de retorno (años).
- Determinar la intensidad máxima de precipitación en 1 hora (mm/h).
- Determinar de la velocidad de infiltración (mm/h)
- Definir el coeficiente de escorrentía

Fórmulas :

— *Para determinar el volumen de aportación de la zona de impluvio.*

$$V_{azi} = I \cdot S \cdot e$$

Donde:

$I$ : Intensidad de precipitación (máxima 1 hora) para el diseño de una obra (mm/h).

$S$ : Superficie de captación.

e : Coeficiente de escorrentía

— *Para determinar el volumen de captación de la obra*

$$V_{azz} = b \cdot h \cdot L$$

Donde:

b : Base de la zanja en metros.

h : Altura de la zanja en metros.

L: Largo de la zanja en metros

— *Para determinar el volumen de infiltración*

$$V_{azin} = b \cdot v \cdot L$$

Donde:

Vazin: Volumen de infiltración.

b : Base de la zanja en metros.

v : Velocidad de infiltración de la zanja en m/h.

L: Largo de la zanja en metros

✓ **El espaciamiento adecuado que nos permita un buen control de la erosión.**

Las líneas de zanjas deben quedar instaladas en una línea sin pendiente. Para esto se puede utilizar el nivel en A o la técnica de nivel.

Así también las zanjas separadas por tramos de 3.00 – 3.50 metros.

Se lo puede calcular por medio de la siguiente fórmula:

---

Donde:

d: es el distanciamiento horizontal

b: Base de la zanja en metros

h: Altura de la zanja en metros

v: Velocidad de la infiltración de la zanja en mm/h.

I: Intensidad de precipitación mm/h

e : Coeficiente de escorrentía



Imagen : PERTT

✓ **Las dimensiones de las obras.**

Las zanjas se construyen en el sentido de las curvas de nivel con una pendiente de  $0^\circ$  y con un largo que varía entre 2 – 5 metros, un ancho 0.3 metros y una profundidad de 0.3 metros.

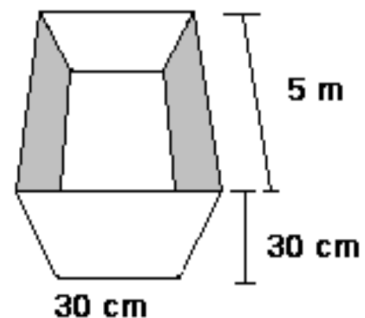
**Diseño de zanjas**

**Como:**

L: Largo de la zanja (5 metros)

A: Ancho de la zanja (30 centímetros)

H: Profundidad de la zanja (30 centímetros)



✓ **El mantenimiento de las zanjas.**

Para un buen mantenimiento de las zanjas y para darle mayor vida útil se recomienda lo siguiente:

Luego de pasada la época de lluvia se debe realizar un mantenimiento y limpieza de la zanja con la finalidad de evitar su rápida sedimentación.

Así también se recomienda la plantación de pastos en los camellones de las zanjas y árboles en el borde inferior de los extremos.



Imagen : PERTT

**d) Clasificación de las cárcavas**

Primeramente para establecer las medidas de control se realizó una clasificación de cárcavas, la misma que se muestra a continuación:

El resultado de la clasificación de las diferentes cárcavas existentes en la microcuenca el Huayco son las siguientes:

**Cuadro Nro. 2            Resumen de la clasificación de cárcavas**

| <b>Detalle</b>                           | <b>Nro. de cárcavas</b> |
|--|-------------------------|
| Cárcavas lineales medianas muy profundas | 1                       |
| Cárcavas bulbosas medianas muy profundas | 4                       |
| Cárcavas lineales medianas muy profundas | 1                       |
| <b>Total</b>                             | <b>6</b>                |

Como se puede apreciar en el cuadro Nro.2 al realizar la clasificación de las cárcavas según parámetro de forma tamaño y profundidad se determinó lo siguiente:

Se clasificó un total de seis cárcavas, de acuerdo a lo que se especificó anteriormente donde como resultado se obtuvo, cárcavas lineales medianas muy profundas y cárcavas bulbosas medianas muy profundas.

**e) Medidas de control en las cárcavas**

El principal objetivo que se persigue con el control de cárcavas, es el de disminuir la velocidad de agua de escorrentía, y de esta forma evitar su crecimiento en profundidad y anchura.

Todo esto con la finalidad de darle a la microcuenca un tratamiento de estabilización y así evitar su crecimiento posterior.

Para este fin se propone el establecimiento de Diques transversales de contención de sedimentos, colocados en forma escalonada a lo largo de las cárcavas, y tomando en cuenta que el área de estudio cuenta con material para su construcción (piedra).



Los diques de piedras utilizados deben tener una serie de características necesarios para su construcción, entre las que mencionamos a continuación:

- Los diques necesariamente deben tener forma piramidal
- La altura efectiva del dique no debe sobrepasar los 100 cm
- Debe tener muy en cuenta el espaciamiento entre diques, así también el número de diques que se desea implementar debe estar sujeto a la longitud del cauce.

Fórmula para determinar el espaciamiento unitario entre los diques

$$E = \frac{H}{P - ps} \times 100$$

E = Espaciamiento unitario entre dos diques consecutivos (m)

H = Altura de los diques (m)

P = Pendiente de la cárcava (%)

Ps = pendiente del sedimento (0.5-2 %)

#### **f) Estabilización de la cárcava con vegetación**

Toda vez que tras el análisis realizado en la microcuenca sobre si hay o no presencia de semillas en el suelo, y tras determinar que solo se encontró una especie de pasturas, es decir que no se tubo datos satisfactorios.

- Proponemos la implementación de programas de reforestación en la zona, tomando en cuenta este aspecto, y así señalando que en el lugar se cuenta con escasa vegetación.

- Para lograr este propósito se debe recurrir a la plantación de árboles, arbustos preferiblemente de especies de buena adaptabilidad y rápido crecimiento.
- Así también realizar la siembra de pastos especies de gramíneas que existen en la zona de estudio, y sembrarlos a lo largo de la cárcava con el propósito de mejorar las obras de control.
- Una vez controlado el escurrimiento en el área de drenaje y la cárcava, el paso siguiente es facilitar el crecimiento de vegetación dentro de la cárcava ya que esto permitirá la estabilización de las obras construidas con la ayuda de estas siembras.

A continuación se detallan algunas especies entre árboles, arbustos y pastos que se pueden implementar en el área:

| <b>Nro.</b> | <b>Nombre Común</b> | <b>Nombre Científico</b> | <b>Propiedades</b>   | <b>Adaptabilidad</b>                       |
|-------------|---------------------|--------------------------|--|--|
| 1           | Jarca               | <i>Acacia visco</i>      | Es una especie a la cual se le ha empleado con éxito en programas de reforestación y protección del suelo. | Es una especie muy resistente a la sequía. |

|   |           |                       |   |  |
|---|-----------|-----------------------|---|--|
| 2 | Churqui   | <i>Acacia caven</i>   | El churqui es una planta ideal para luchar contra la erosión, por su excelente capacidad de colonizar diversos ambientes y poseer una vigorosa regeneración.    | Presenta una gran extensión radicular que le permite un fuerte anclaje y resistencia a condiciones externas de sequía.   |
| 3 | Algarrobo | <i>Prosopis Nigra</i> | Es una especie óptima para reforestar áreas con fuertes procesos de erosión.  | Es muy adaptable ya que es un árbol típico de zonas secas o semiáridas   |
| 4 | Molle     | <i>Schinus molle</i>  | El molle es una especie muy óptima ha presentado buenos resultados en programas de reforestación debido a su buen crecimiento en laderas secas y poco profundas | El molle presenta una extensa formación de raíces que alcanzan grandes superficies y profundidades, por este motivo soporta varios meses de sequía haciéndose una planta especial para zonas áridas. |

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según los objetivos planteados a continuación le presentamos las conclusiones de los resultados que obtuvimos.

#### CONCLUSIONES

- De acuerdo a los datos que se obtuvo se pudo determinar el tipo de suelo para cada uno de los sitios de muestreo de la microcuenca, el primer sitio presenta suelos franco arenosos al igual que el segundo sitio, pero el tercer sitio presenta suelo franco arcillo arenosos.
- De la misma manera se pudo determinar la porosidad en la microcuenca, en las tres zonas estudiadas, para el primer sitio se determinó el mayor porcentaje de porosidad, del 55%, para el segundo sitio 51% y el tercero nos muestra un menor porcentaje tan solo 40%. Estos datos nos demuestran que la zona presenta porcentaje de bajos a moderados de porosidad.
- Para el caso de la densidad aparente el tercer sitio de muestreo obtuvo un aumento considerable de densidad aparente  $1.6 \text{ gr/cm}^3$ , estos datos nos demuestran la disminución que se tiene en esta parte de la microcuenca de los espacios porosos, reflejándose a través de esto datos una leve compactación del suelo, por otra parte el primero y segundo sitio de muestreo, tienen una menor densidad aparente lo cual nos indica que son suelos con mayor porcentaje de porosidad, y menos compactos.
- En cuanto se refiere a la infiltración los datos que se obtuvieron de los tres sitios estudiados nos muestran una baja capacidad de infiltración. De la misma forma los valores que se adquirió de la conductividad hidráulica,

nos reflejaron para el sitio 1, un valor de  $K_s$ . 21.62 mm/h., para el sitio 2 tenemos un  $K_s$ . de 18.60 mm/h, y para el tercer sitio un valor menor a los anteriores 15.45 mm/h. donde se aprecia de manera clara que la capacidad de infiltración en el primer sitio es un poco más favorable con relación a los sitios de muestreo 2, y 3.

- Así también para el caso del banco edáfico de semillas a través de los análisis de campo y laboratorio se pudo identificar la presencia de semillas en el suelo, pero no en grandes variedades ni cantidades, más al contrario solamente se determino la presencia de una sola variedad de semillas, la misma que tras un análisis pudo ser determinada, esta corresponde a una especie de pasto, perteneciente a la familia de (Poaceae-gramíneas) que generalmente crece en laderas y que son las que se utiliza como forraje para el ganado.
- La propuesta de control y estabilización de los suelos erosionados en la microcuenca el huayco, se la estableció a base de la información actualizada que se genero del suelo y vegetación, donde se plantearon obras de control que permitan a la microcuenca una estabilización del suelo y la vegetación, con el propósito de frenar el avance de la erosión.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda establecer estudios mas detallados, en la zona con la finalidad de obtener mayor información, y con ello establecer de mejor forma propuestas que vengan a mejorar zonas que cuentan con procesos erosivos
- Así también se propone establecer programas de socialización en las comunidades donde se pretendan implementar algún tipo de trabajo, ya que es muy importante contar con el apoyo de las personas beneficiarias que habitan el lugar.
- Para mejorar los bancos de semillas es recomendable reforestar el lugar incorporando especies nativas y especies que se adapten al sitio con buenas copas que aporten buena materia orgánica y a su vez semillas al suelo y se asegure con ello la regeneración natural.
- Y para finalizar es importante también que a la implementación de las obras de conservación y mejoramientos de suelos degradados, que se realicen controles apropiados durante y después de su implementación, con la finalidad de evitar deterioros o destrucciones de las mismas.

