

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se tienen problemas de desertificación a causa de fenómenos como la erosión hídrica, el sobrepastoreo y el aprovechamiento inapropiado que realizan los mismos pobladores de la comunidad de Churquis Cercado sin darse cuenta el daño que ocasionan a los bosques naturales, lo cual está provocando un acelerado proceso de degradación de los suelos y la pérdida de nutrientes y materia orgánica.

Según (Canedo, 1996) el aumento de materia orgánica y la formación de fragmentos finos de roca retienen más agua en la superficie ofreciendo un suelo más húmedo lo cual ayuda al crecimiento y desarrollo de la vegetación, en algunos lugares como ser quebradas y cañadas se puede observar esta situación ya que la vegetación es más densa, en las partes húmedas de la comunidad de Churquis que está situada en la subcuenca del Río Mena departamento de Tarija se observa este tipo de comportamiento, al existir especies arbóreas que tienen una distribución, entre las más conocidas están los algarrobos, tarcos y también existen tipas que están de forma aislada, estas especies crecen en lugares donde existe mayor cantidad de humedad lo cual hace que estas plantas lleguen a tener volúmenes considerables (Casal y col. 2003). En estas zonas la vegetación es natural y no existen estudios de cuantificación del volumen de madera que está en el lugar.

Para planificar el manejo de especies forestales en bosque natural es necesario conocer la calidad de sitio de las mismas. En términos forestales se denomina sitio al espacio donde crecen los árboles (Gonda y Cortés, 2001). Por lo tanto este incluye no solo las características físicas, químicas y biológicas del suelo, sino también la precipitación, la temperatura, la humedad del aire, el viento, etc. Para predecir la productividad y el crecimiento de los rodales es necesario conocer la calidad de sitio, o sea cuán bueno es un sitio para el desarrollo de una especie determinada. Existen distintos métodos para determinarla, cada uno con sus ventajas y desventajas. Uno de los métodos más comunes y conocidos es realizar estudios de suelo tanto en sus

propiedades físico - químicas para poder analizar el comportamiento de los mismos de acuerdo al intercambio catiónico y de esta manera poder hacer una comparación en el ciclo biológico que existe entre suelo y vegetación.

En el departamento de Tarija Provincia Cercado existen algunas investigación que se realizaron en la comunidad de Laderas en lo que se refiere a la calidad de sitio de algunas especies forestales como el quebracho blanco (Acosta, 2008), pero tales estudios se efectuaron con métodos indirectos los cuales se relacionan con factores climáticos y edáficos.

Esta investigación pretende realizar estudios de calidad de sitio tomando dos factores característicos como ser el estudio del suelo y el levantamiento dasométrico el cual se considera como un método directo de evaluar la calidad de sitio.

JUSTIFICACION

Dentro de la subcuenca del Rio Mena existen varias comunidades, una de ellas es la comunidad de Churquis, esta comunidad cuenta con un gran potencial socioeconómico (P.M.S.J, 2010), entre estos están la agricultura ya que de estos lugares se obtienen diversas verduras como ser: la cebolla, lechuga, apio, y orégano también existe producción de maíz y papa. Por otro lado la ganadería también juega un papel muy importante al momento de vender este producto ya sea como carne o leche, pero estos no solo son las únicas actividades que realiza la comunidad también existe la parte forestal ya que extraen madera del lugar, para diferentes usos como ser para la construcción de cercas, potreros, utilizan como combustible (leña) y en algunos casos venden este producto maderable pero en cantidades muy reducidas. La vegetación más dominante son los churquis (*Acacia caven*) razón suficiente para que esta lleve como nombre la comunidad de Churquis. También se puede decir que en la parte más alta de la comunidad por ejemplo en laderas medias e inferiores existe otro tipo de vegetación arbórea compuesta de tipa blanca y tarco.

El problema central que presenta la comunidad es la erosión hídrica y la pérdida de suelo que se da año tras año. Cabe recalcar que la comunidad de Churquis está dentro de la subcuenca del Rio Mena y es una de las más erosionadas de la cuenca del Tolomosa y aporta gran cantidad de sedimento al lago San Jacinto (Proyecto Múltiple San Jacinto, 2010).

Por tal razón, se pretende realizar un estudio de la calidad de sitio de las especies arbóreas tipa blanca y tarco para cuantificar el volumen que existe en la zona para que de esta manera se pueda proponer de control biológico (reforestación), al no existir regeneración natural, con el propósito de que estos suelos no lleguen a perder toda su cobertura vegetal por el proceso erosivo y de esta manera mantener estas especies nativas, que son muy importantes para el ecosistema forestal.

Con este contexto se justifica el desarrollo del presente trabajo, para conocer bajo un proceso metodológico de investigación, las causas y efectos que genera la pérdida de la vegetación natural en ese tipo de suelos, por lo consiguiente es necesario que exista un programa de reforestación para que la comunidad conserve estos pequeños bosquetes de tipa blanca y tarco, los cuales generan microclimas favorables, retienen al suelo y mantienen vivos los cursos de agua freáticas y superficiales.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar la calidad de sitio de las especies nativas: tipa blanca (*Tipuanatipu*) y tarco (*Jacarandá mimosifolia*) en la comunidad de Churquis, a través de análisis físico-químicos de suelo y levantamientos dasométricos de las especies arbóreas ya mencionadas, y comprobar la interacción entre suelo y planta.

Objetivos específicos

- Identificar y valorar las principales características físicas, externas e internas del suelo como así también las características químicas orientado a la identificación y evaluación de sitios para las especies de tipa blanca y tarco.
- Identificar las características dasométricas de las especies de tipa blanca y tarco correlacionando con las principales características edáficas con el fin de identificar y evaluar la calidad de sitio de las especies indicadas.
- Identificar y evaluar la calidad de sitio integrando variables edáficas y dasométricas para las especies de tipa y tarco en la comunidad de Churquis

HIPÓTESIS

Los bosques naturales que existen en la comunidad de Churquis provincia Cercado están compuesto por tipas (*Tipuanatipu*) y tarcos (*Jacarandá mimosifolia*) las cuales reflejan la buena calidad del sitio.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Medición de la Calidad del Suelo

La calidad del suelo abarca los componentes físicos, químicos y biológicos del suelo y sus interacciones. Por esto, para captar la naturaleza holística de la calidad, o salud, del suelo, deberán ser medidos todos los parámetros. Pero no todos los parámetros tienen la misma relevancia para todos los suelos, o situaciones. Por ejemplo, la conductividad eléctrica para determinar la salinidad puede no ser útil en el sector oriental de los EEUU, donde la salinidad no es problema. Un grupo mínimo de propiedades del suelo, o indicadores de cada uno de los tres componentes del suelo son seleccionados sobre la base de su aptitud para indicar la capacidad del suelo para funcionar en usos y climas determinados. Los indicadores del equipo de calidad del suelo son seleccionados primariamente para evaluar la calidad agrícola del suelo. El equipo debería ser usado como un instrumento de análisis para detectar la tendencia o dirección general de la calidad del suelo: si los actuales sistemas de manejo están conservando, mejorando o degradando el suelo. El adecuado uso del equipo y la correcta interpretación de los resultados dependen de lo bien que sean interpretados los indicadores con relación a uso de las tierras y objetivos ecológicos, (Luters, 2000).

1.1.1 Caracterización del Lote o Sitio

Es importante obtener información sobre el sitio y los suelos como sea posible. Los indicadores de la calidad del suelo deben ser evaluados dentro del contexto de las características del sitio, y climáticas. Una hoja, para registrar una "Descripción de sitio para calidad del suelo, debe ser llenada durante la evaluación de calidad edáfica. Los siguientes son detalles que deberían ser considerados cuando se realiza una estimación de calidad del suelo a campo: (Luters, 2000).

- 1) Serie de Suelos.- el nombre de la serie puede encontrarse en el relevamiento edáfico del condado.
- 2) Signos de erosión.- incluyen cárcavas, surcos, desarrollo de pedestales, áreas expuestas de subsuelo, daño a plantas por materiales transportados por el viento, etc.
- 3) Historia de manejo.- este ítem incluye una descripción del manejo pasado y presente de tierras y cultivos; tipo, volumen y método de fertilización; uso previo; y nivelado de tierras.
- 4) Pendiente y aspectos topográficos del predio.- registre porcentaje de la pendiente en los sitios de muestreo dentro del lote, y mencione lomas, elevaciones, depresiones, pozos etc.
- 5) Locación del lote y de las áreas de muestreo.- incluye Longitud y Latitud (si hay una unidad GPS disponible), una indicación sobre la ubicación (metros de distancia desde un sitio de referencia), y un dibujo del predio mostrando las áreas de muestreo.
- 6) Información climática.- este ítem incluye precipitaciones y temperaturas promedio altas y bajas para cada mes (datos de un condado son suficientes).
- 7) Ubicación de áreas ecológicamente sensible.- este ítem incluye la locación de lagunas, cauces, zonas muy húmedas y otros sitios ecológicamente frágiles adyacentes al predio en cuestión.

1.1.2. Sitio forestal

Se define al sitio forestal como un área de tierra, y los factores climáticos del suelo y bióticos que constituyen su medio ambiente y que en conjunto determina su capacidad del área, para desarrollar arboles u otro tipo de vegetación. (Zergers, 1990).

1.1.3. El concepto de sitio y la variación espacial

Aun cuando el nombre "sitio" tenga una clara connotación espacial, el concepto fundamental que conlleva no se refiere al espacio en sí, sino a las condiciones que lo caracterizan. En dasometría el interés central de este concepto está en la caracterización del potencial de crecimiento que se asocia a una localidad o área determinada.

Los factores fundamentales que determinan el crecimiento, son:

1. Factores climáticos: La temperatura del aire, la humedad, la energía radiante., precipitación, viento, etc.
2. Factores edáficos: La profundidad efectiva, las propiedades físico químicas, la humedad, el pH, los microorganismos, etc.
3. Factores topográficos: Pendiente y forma del relieve, altitud y exposición
4. Factores de competencia: Otros árboles, vegetación menor, animales, hombre, etc.

Los factores anteriores, pueden ser descritos en términos de ciertas características numéricas específicas. Por ejemplo, oferta de agua disponible bajo el suelo, profundidad efectiva de la raíz, acumulación de humus en el horizonte "A", nivel de fósforo disponible en el suelo, y así sucesivamente para cada factor (Lavery, 1986). En realidad, todos los factores intervienen por sí solos o en una gran interacción dando como resultado un crecimiento potencial específico (Corbalan, 2006).

1.1.4. Clasificación del sitio

Los sitios pueden ser clasificados de manera cualitativa y cuantitativa. Siempre que sea posible es preferible una clasificación cuantitativa para evitar la subjetividad. En el contexto de la producción de madera la calidad de sitio se usa para definir el potencial de producción maderable de alguna especie seleccionada.

Esta definición de calidad de sitio tiene sentido sólo para la o las especies y sus condiciones de manejo específicas. Lo que es bueno para una especie no necesariamente lo es para otra.

Es esencial medir e interpretar el sitio con fidelidad ya que en conjunto con la densidad del rodal, controla el tamaño, cantidad y valor de los productos. El sitio debe ser mapeado para el manejo de los bosques. Estos mapas son la base del pronóstico del rendimiento, la regulación y las intervenciones silvícolas de los rodales.

La calidad de un sitio puede ser medida ya sea a través de los factores que definen el crecimiento de un rodal o a través de su respuesta. De cualquier modo son interactuantes: la respuesta modifica el ambiente y vice-versa.

Las dos formas de evaluar el sitio son: (Corvalán, 2006).

- Midiendo uno o más factores considerados asociados con el crecimiento de los árboles. De ésta manera, se intenta evaluar el sitio en términos de los factores causales en sí mismos.
- Midiendo alguna característica de los árboles o la vegetación menor considerada sensible al sitio. Este enfoque evalúa el efecto del ambiente en la vegetación.

1.1.5. Evaluación de la calidad de sitio

La evaluación de la calidad de sitio tiene por objeto determinar el potencial de un sitio para producir árboles, la evaluación de la calidad de sitio toma en cuenta tanto el

crecimiento de los árboles, como los factores ambientales que lo determinan (Rodríguez, 2004).

1.1.6. Medición de los factores asociados con el crecimiento

De los numerosos factores ambientales que afectan el crecimiento de los árboles, aparentemente el más importante es el suelo. Sin embargo, las características significativas en el crecimiento de los árboles no siempre son las mismas. La humedad, textura, profundidad, cantidad de arcilla en el horizonte A y B, nivel de nutrientes y temperatura tienen diferentes efectos proporcionales, dependiendo de la clase de suelo y especie. Cuando se intenta definir el sitio en grandes agregaciones de superficie, tales como regiones geográficas o grandes cuencas es común utilizar la información climática (precipitación, número de días nublados, número de heladas, temperatura media máxima del verano, temperatura mínima media en invierno) y mapas de suelo al nivel de asociaciones y/o fases. Con esta información es posible conseguir una buena estratificación preliminar de la población que permite realizar la toma de muestras y luego la modelación del sitio (García, 1970).

1.1.7. Evaluación de la calidad por el área basimétrica

El área basimétrica (AB) o crecimiento en diámetro se consideran más sensibles que el crecimiento en altura a la variación de los cambios ambientales. Además, el área basimétrica es mejor predictora de la producción que la altura. Sin embargo, tiene algunas desventajas que han limitado mucho su uso como predictor de la calidad de sitio (Bengoa, 1993).

1.- Es muy sensible frente a actuaciones selvícolas, ante las que reacciona de manera contraria a la altura dominante. Mientras que la altura dominante se tiende a estancar temporalmente tras una clara fuerte, el AB, tras el descenso drástico que supone la clara, reacciona con un crecimiento rápido que se normaliza progresivamente. Sin embargo, es posible su utilización en masas muy poco intervenidas.

2.- Conocer la curva de crecimiento en altura dominante es relativamente sencilla mediante análisis de tronco. Esto no ocurre con el área basimétrica para la que son necesarias mediciones periódicas en parcelas permanentes. Este escollo puede ser salvado recurriendo a la modelización área basimétrica-edad. Esta modelización, si no se dispone de parcelas permanentes se puede hacer de dos formas:

- Desarrollar modelos de árbol individual ya que sí que podemos disponer de los crecimientos de árboles individuales.
- Modelizar la distribución diamétrica y compatibilizarla con el crecimiento de los árboles dominantes.

1.1.8. El fin de realizar plantaciones forestales

El aprovechamiento selectivo de los bosques viene ocasionando la reducción de las poblaciones naturales de las especies forestales más valiosas, así como también tanto desabastecimiento de materia prima a las industrias como encarecimiento de productos. Frente a esta situación, una solución técnica es el establecimiento de plantaciones, ya sea para el enriquecimiento de bosques aprovechados, ya sea para repoblar áreas sin bosques (Otárola y col, 2001).

1.1.9. Exigencias del tarco (*Jacaranda mimosifolia*)

Es un árbol que crece en zonas de alta insolación y es muy resistente a la sequía. Actualmente ha sido introducido en todas las zonas tropicales y subtropicales del continente americano, vive mejor en la cercanía de la costa, desde el nivel del mar hasta los 2400 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura entre 22 a 26° C. Se debe tomar muy en cuenta que este árbol no soporta las heladas, sobre todo en los ejemplares jóvenes, que llegan a morir (Schulz, 1963).

La planta presenta escasas exigencias en cuanto a la calidad de suelo, pero se puede indicar que requiere suelos que tengan buen drenaje y sean ricos en materia orgánica

(Vázquez, 1985). Suelos con un buen contenido de potasio ayudan a que las plantas se desarrollen mejor.

1.1.10. Exigencias de la tipa blanca (*Tipuana tipu*)

Árbol semicadusifolio, de 10 a 15 metros de altura de copa amplia, redondeada, algo aparasolada y el tronco grueso. Se multiplica por semillas sin dificultad es un árbol resistente al frío de rápido crecimiento y que admite bastante bien la poda. Hay que formarle la cruz bastante alta para evitar que sus largas ramas cuelguen hasta el suelo, este árbol necesita suficiente espacio para desarrollarse no es tan exigente en cuanto se refiere a las exigencias edáficas (Alberto, 2009).

1.1.11. Componentes del suelo

El suelo está formado por cuatro componentes principales: una fracción mineral, una fracción orgánica, una fase líquida y una fase gaseosa. Asociado a estos cuatro constituyentes un amplio rango de organismos vivos. Las relaciones que se establecen entre estos cuatro componentes dan lugar a un amplio rango de propiedades físicas y químicas del suelo (Varela, 2007).

1.2. Variables químicas

1.2.1. Materia orgánica

La Materia Orgánica del suelo es un término de difícil definición y que engloba a los materiales orgánicos en todos los estados de descomposición. Hablando en sentido amplio, la materia orgánica del suelo puede ser agrupada en dos categorías. La primera es un material relativamente estable, denominado humus, que es resistente a una rápida descomposición ulterior. La segunda incluye aquellos materiales orgánicos que se hallan sujetos a una descomposición francamente rápida.

La materia orgánica es una porción activa e importante de un suelo, aunque la mayoría de los suelos cultivados contienen de 1 a 5% de materia orgánica, sobre todo, en los primeros 25 cm del suelo., esa pequeña cantidad, puede modificar las características físicas del suelo y afectar fuertemente sus propiedades químicas y biológicas. La materia orgánica está constantemente bajo cambio y debe ser remplazada continuamente para mantener la productividad del suelo (Canedo, 2006).

1.2.1.1. Papel de la materia orgánica en la formación del suelo y en la creación de su fertilidad.

La materia orgánica comprende todos los compuestos orgánicos que se encuentran en el suelo, todos los restos de plantas y animales, así como los productos orgánicos de la transformación de esos residuos, conocidos como humus la composición y propiedades de la materia orgánica del suelo como componente de este, está influenciada por los procesos naturales de formación de suelos, controlados por la interacción de los factores formadores. Materia orgánica (Cairo y Fundora, 1994).

La mayor parte de la materia orgánica del suelo tiene origen vegetal y proveniente de la vegetación herbácea espontánea, de los bosques y de los restos de las cosechas; es la principal fuente de nitrógeno y azufre para las plantas, a veces también de fósforo, tal es así que generalmente más del 95% del nitrógeno total del suelo se encuentra en la materia orgánica del mismo. Su influencia es decisiva en las propiedades físicas como la estructura (granulación) del suelo y la capacidad de retención de la humedad. Las plantas superiores influyen en la formación del suelo, tanto durante el período de crecimiento y desarrollo como después de muertas, cuando sus residuos aéreos y radicales caen en la superficie o quedan formando parte del espesor del suelo (Morales 2003).

1.2.2. Nitrógeno

Está íntimamente vinculado a los microorganismos y materia orgánica del suelo; todos ellos, en una u otra forma, están ligados a las transformaciones que este elemento sufre en el suelo, aunque la oxidación y fijación está reducida a un número pequeño de especies típicas del suelo.

La primera fase de las muchas transformaciones que experimenta el nitrógeno en el suelo, es el desdoblamiento de las proteínas para dar lugar a los aminoácidos. La descomposición continúa hasta la liberación del nitrógeno en el medio, generalmente en forma de amoníaco. Estos procesos son llevados a cabo por bacterias, hongos y actinomicetos (Canedo, 2006).

1.2.3. Formas del nitrógeno del suelo

El nitrógeno se encuentra en el suelo como compuesto inorgánico en forma de óxidos nitroso (N_2O), dióxido de nitrógeno (NO_2), amoníaco (NH_3), amonio (NH_4), nitrito (NO_2) y nitrato (NO_3).

De éstos, los cuatro primeros son gases y por lo general, no se dan en concentraciones lo bastante grandes como para ser detectados; los restantes son formas iónicas que se encuentran en la solución del suelo: el nitrito y el nitrato se hallan sólo, o casi exclusivamente, en forma de iones de libre difusión. El amonio en forma intercambiable y en la solución del suelo, así como los nitratos y nitritos no llega a constituir, en conjunto, el 2% del contenido total de nitrógeno en los suelos. Sin embargo tienen gran importancia cualitativa, puesto que son las formas que las plantas utilizan.

El nitrógeno orgánico que se incorpora a los suelos, en forma de residuos animales y vegetales, es fundamentalmente de naturaleza proteínica. Estas sustancias se ven sometidas a un ataque microbiano que quizás provoque la casi desaparición de la proteína original, que es en parte sustituida por proteína microbiana mientras que el nitrógeno restante pasa a formas inorgánicas o elementales (Canedo, 2006).

1.2.4. El fósforo

El fósforo es el segundo elemento en importancia en el suelo. El núcleo de cada célula vegetal contiene fósforo, por lo que la división y crecimiento celular son dependientes del adecuado suministro. Por ésta razón el fósforo se concentra en las células que se dividen. El fósforo es, un elemento esencial y constituyente en procesos de transferencia de energía vitales para la vida y el crecimiento.

Las plantas absorben fósforo como iones ortofosfato, $H_2PO_4^-$, y HPO_4^{2-} . El contenido en el suelo como nutriente es por lo general crítico, porque el suministro de fósforo en la mayoría de los suelos es bajo y no está realmente disponible para las plantas, aún que, el Fósforo total de un suelo arable promedio es aproximadamente de 220 a 1000 partes por millón, el contenido en la solución del suelo es de 0.1 a 1 ppm (Canedo 2006).

1.2.5. Potasio

El potasio es uno de los nutrientes extraídos del suelo en mayor cantidad por las plantas. Algunas especies extraen y acumulan en sus tejidos hasta el 8% de su peso seco. El potasio es uno de los elementos más abundantes en el suelo calculándose que representa hasta un 2.6 % de la corteza terrestre. A pesar de esta abundancia en algunos casos puede ser deficiente para las plantas al no encontrarse en formas disponibles, especialmente en sistemas agrícolas muy extractivos o sobre suelos arenosos después del cultivo de especies exigentes en este elemento (Canedo, 2006)

1.2.5.1. Formas del potasio del suelo

El potasio se encuentra en el suelo como integrante constitutivo de las partículas del suelo o no intercambiable y en esta forma no puede ser utilizado por las plantas. Por efecto de la meteorización algo de este potasio, con el tiempo, puede solubilizarse y pasar a una forma adsorbida por los coloides del suelo, a esta se le llama potasio intercambiable y está disponible para las plantas. La velocidad de

esta transformación es dependiente de las características de la roca formadora del suelo y en tanto en algunos suelos puede ser lo suficiente para abastecer el requerimiento de los cultivos en otros puede estar tan limitada que requiera fertilización en forma continua para obtener cosechas de alto rendimiento. Los análisis muestran que la proporción del potasio intercambiable está relacionado con el tamaño de las partículas del suelo y que existe una tendencia a que suelos con mayor proporción de partículas pequeñas como los arcillosos contengan una mayor proporción de este elemento a la inversa de lo que ocurre con los suelos más arenosos (Olson 1994).

1.2.6. pH definición y concepto

EL pH es considerado como uno de los indicadores más importantes del equilibrio químico de los suelos, el pH o inverso del logaritmo de la concentración de hidrogeniones es un concepto, que en el suelo, está estrechamente ligado a la Saturación de Bases.

La reacción del suelo (pH) es una indicación de la acidez o alcalinidad del suelo y es medida en unidades de pH. La escala va de 0 a 14 con pH 7 como el punto neutro. A pH 7, la concentración de iones de hidrógeno (H^+) es igual a la concentración de iones hidróxido (OH^-). Un pH de 0 a 7 indica un suelo ácido; de 7 a 14 el suelo es alcalino (básico). La concentración de H^+ , sustancia que se mide al determinar el pH, tiene un cambio amplio entre cada número completo de pH. Así, un suelo de pH 5 tiene 100 veces más H^+ en solución que un suelo con pH de 7 (Canedo, 2006).

1.3. Variables físicas

1.3.1. Infiltración

La infiltración es el movimiento del agua de la superficie hacia el interior del suelo; es un proceso de gran importancia económica, porque es vista como un proceso de ganancia de agua en el ecosistema. Del agua infiltrada se proveen casi todas las plantas terrestres y muchos animales; alimenta al agua subterránea, manantiales y a la vez a la mayoría de las corrientes en el período de estiaje; reduce las inundaciones y la erosión del suelo. (Heras, 1970).

En el proceso de infiltración se pueden distinguir tres fases:

- a).- Intercambio. Se presenta en la parte superior del suelo, donde el agua puede retornar a la atmósfera por medio de la evaporación debido al movimiento capilar o por medio de la transpiración de las plantas.
- b).- Transmisión. Ocurre cuando la acción de la gravedad supera a la de la capilaridad y obliga al agua a deslizarse verticalmente hasta encontrar una capa impermeable.
- c).- Circulación. Se presenta cuando el agua se acumula en el subsuelo debido a la presencia de una capa impermeable y empieza a circular por la acción de la gravedad, obedeciendo las leyes del escurrimiento subterráneo. (Custodio, 1983).

1.3.1.1. Capacidad de infiltración

Según (Carpeana, 2005) definen a la capacidad de infiltración a la velocidad de infiltración que se produce cuando el suelo está encharcado con una pequeña lámina de agua en la superficie.

1.3.1.2. 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).

1.3.2. 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 tiene 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.

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

Da = Densidad aparente, en gr. /cc.

Pss = Peso del suelo seco (gr).

V = Volumen del cilindro m³

1.3.3. Porosidad

1.3.3.1. 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 antrópica y el excesivo sobrepastoreo 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.

Por tanto, la porosidad porcentual de un suelo se podrá calcular por su diferencia con la fórmula:

$$Porosidad\% = \frac{DR - DA}{DR} * 100$$

DR= densidad real o de partículas

DA= densidad aparente

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).

1.3.4. Exigencias físicas de la tipa blanca y el tarco

Generalmente las especies arbóreas de tipa y tarco se adaptan muy bien a suelos arenosos que presenten una buena porosidad, también los suelos en donde crecen estas especies tienen que presentar una buena infiltración de igual forma los suelos no tienen que ser tan densos para que la especie pueda desarrollarse con mayor facilidad (Schuls, 1996).

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

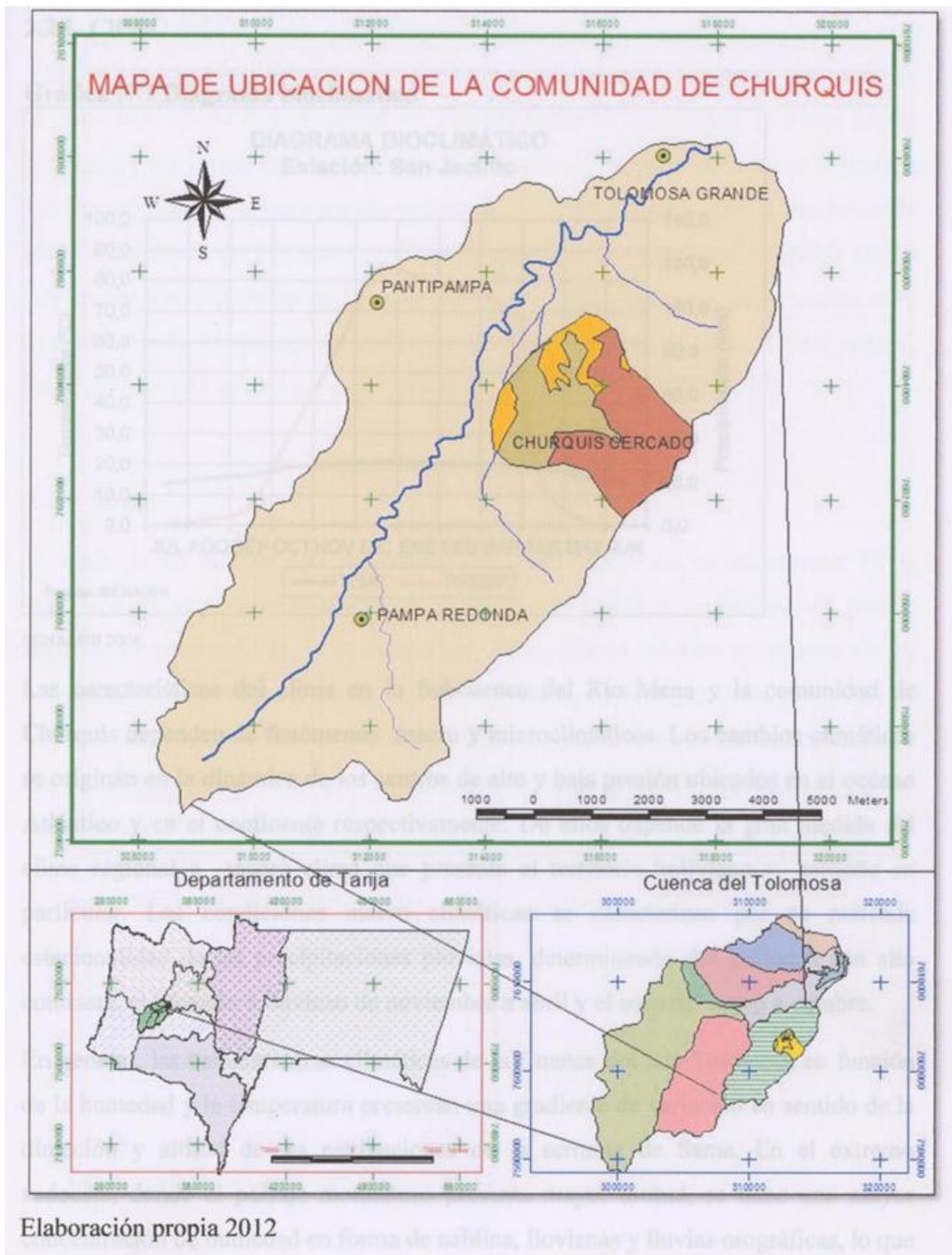
2.1. Subcuenca del Río Mena

La subcuenca tiene una superficie de 6553 ha. Se ubica en el sudoeste de la cuenca del Río Tolomosa, en esta área se encuentra las comunidades de: Pampa Redonda en la parte sur, Churquis en la parte central y Pantypampa, el río de mayor importancia es el Río Mena con una longitud de 18350 m. ya que este llega a ser uno de los torrenciales que presenta esta cuenca y aporta demasiado sedimento al embalse del lago San Jacinto. (Proyecto Múltiple San Jacinto, 2010).

La erosión moderada, en surcos, pequeñas cárcavas remontantes y erosión laminar ligera que afecta aproximadamente a un 30% de la subcuenca y la erosión severa con cárcavas que cubre el 33% de la subcuenca.

El área donde se realizó el estudio fue en la comunidad de Churquis que está dentro de la subcuenca del Río Mena, se encuentra ubicada a 22 Km de la ciudad de Tarija, carretera Pampa Redonda con una altitud de $21^{\circ} 39' 43''$ y una longitud oeste de $64^{\circ} 47' 18''$.

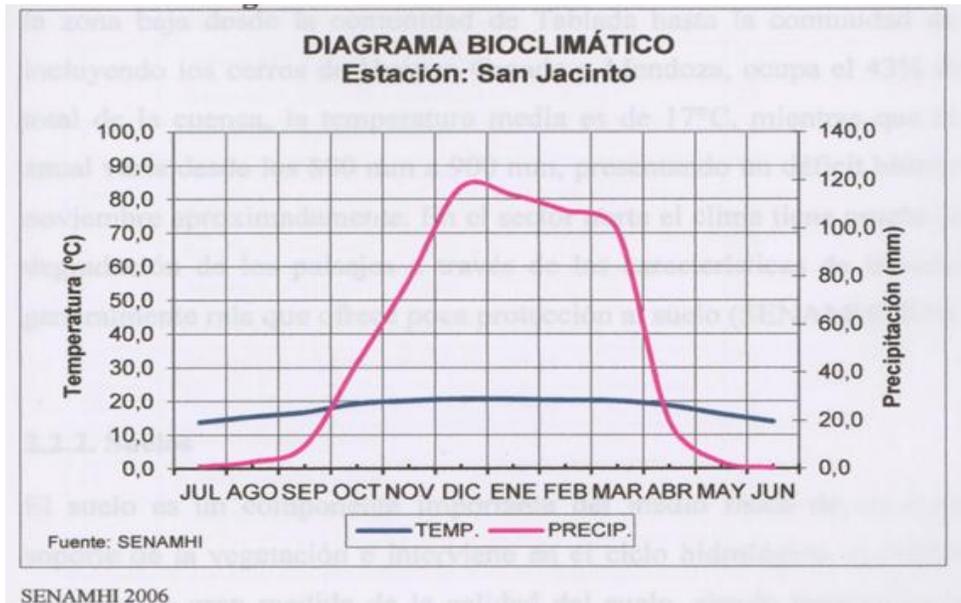
Mapa N° 1 Ubicación de la zona de estudio



2.2. FACTORES BIOFÍSICOS

2.2.1. Clima

Grafica N° 1 Diagrama bioclimático



Las características del clima en la subcuenta del Río Mena y la comunidad de Churquis dependen de fenómenos macro y micro climáticos. Los cambios climáticos se originan en la dinámica de los centros de alta y baja presión ubicados en el océano Atlántico y en el continente respectivamente: de ello depende la gran medida del clima regional o micro clima que presenta el territorio boliviano y tarijeño en particular. 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.

En general, las características climáticas de la Cuenca del Río Tolomosa en función de la humedad y la temperatura presentan una gradiente de variación en sentido de la dirección y altitud de las estribaciones de la serranía de Sama. En el extremo sudoeste, donde el paisaje montañoso presenta mayor altitud, se tiene mayor concentración de humedad en forma de neblina., lloviznas y lluvias orográficas, lo

que no ocurre en el paisaje del valle en el extremo noroeste cuya altitud va descendiendo hasta los 1890 msnm.

Templado semiárido. - Este clima se presenta en el extremo noreste de la cuenca, en la zona baja desde la comunidad de Tablada hasta la comunidad de Pinos Norte, incluyendo los cerros de Huayco Grande y Mendoza, ocupa el 43% de la superficie total de la cuenca, la temperatura media es de 17°C, mientras la precipitación anual varía desde los 800mm a 900 mm, presentando un déficit hídrico desde abril a noviembre aproximadamente. En el sector norte el clima tiene mucha influencia en la degradación de los paisajes a través de las características de la cobertura vegetal, generalmente rala que ofrece poca protección al suelo (SENAMHI 2006).

2.2.2. Suelos

El suelo es un componente importante del medio físico de un ecosistema. Es el soporte de la vegetación e interviene en el ciclo hidrológico. La calidad del paisaje depende gran medida de la calidad del suelo, siendo también un soporte de las actividades productivas, a través de los cultivos agrícola, ganadería y en toda su forma de ocupación territorial orientada al aprovechamiento de los recursos naturales.

En la comunidad de Churquis se tiene 15 unidades de suelo unidades de suelo, detalladas en el siguiente cuadro:

CUARO N° 1 Unidad de suelos de la comunidad de Churquis

| N° | Unidad | SUPERFICIE | |
|--------------|-----------------------------------------|------------|------|
| | | (ha) | (%) |
| 1 | Asociación cambisol - lixisol | 43 | 20 |
| 2 | Asociación leptosol - cambisol | 27 | 12 |
| 3 | Asociación leptosol - cambisol | 0.02 | 0.01 |
| 4 | Asociación leptosol - cambisol | 15 | 6 |
| 5 | Asociación leptosol - lixisol | 18 | 6 |
| 6 | Asociación leptosol - lixisol | 2 | 0.2 |
| 7 | Asociación leptosol - lixisol | 28 | 9 |
| 8 | Asociación leptosol - lixisol | 19 | 9 |
| 9 | Asociación leptosol - lixisol | 3 | 0.3 |
| 10 | Asociación regosol - cambisol - lixisol | 15 | 7 |
| 11 | Asociación regosol - cambisol - lixisol | 20 | 8 |
| 12 | Asociación regosol - cambisol - lixisol | 18 | 8 |
| 13 | Asociación lixisol | 13 | 6 |
| 14 | Asociación lixisol | 16 | 7 |
| 15 | Asociación lixisol | 7 | 0.9 |
| Total | | 243 | 100 |

Fuente: (ZONISIG, 2001)

2.2.3. Erosión

La problemática de la Cuenca del Río Tolomosa, y la comunidad de Churquis que está dentro de la misma tiene una particular importancia en el Valle Central de Tarija por el efecto negativo de la degradación de los recursos naturales de la Cuenca, 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

Los ríos que recorren la Cuenca de Tolomosa nacen en la serranía de Sama mientras avanza su recorrido aumenta su caudal. Entre los ríos que atraviesan la zona se encuentran por el sur el río Mena y los ríos, al oeste el río Calderillas y por el norte el río Sola y el río San Andrés, los cuales tienen a su vez quebradas y riachuelos como afluentes, este caso se da más frecuente en la comunidad de Churquis por presentar varios riachuelos y quebradas (P.M.S.J 2010).

2.2.5. Vegetación

La vegetación natural es la parte más visible de un ecosistema y es la expresión de un ecosistema o las condiciones ambientales locales, del tipo de clima, suelo, cantidad de agua y nutrientes.

El tipo de vegetación dominante en la zona de estudio comunidad de Churquis pertenece a: Amazónicas, Andino y Chaqueño montano. El dominio Amazónico está representado por la provincia Tucumano-Boliviana con dos distritos: Bosque montano con el Aliso (*Alnus jorullensis*) y el pino de cerco (*Podocarpus parlatorei*) y en las selvas de transición con la tipa blanca (*Tipuana tipu*). El dominio Andino con los bosques de Queñua (*Polylepis* sp). Y el dominio Chaqueño Montano que actualmente solo cuenta con especies arbustivas secundarias.

La subcuenca del río Mena y la comunidad de Churquis que está dentro de la misma está conformada por las siguientes unidades de cobertura y de acuerdo a las clases de formación. (Proyecto Múltiple San Jacinto, 2010).

Matorral ralo bajo medio, mayormente caducifolio, deciduo por sequía montano. –

Ubicado por las comunidades de Guerrahuayco, San Pedro de Sola, San Andrés, estancia Magdalena y las laderas del cerro Huaca, Huayco Grande de Mendoza, el

clima es templado semiárido, a una altitud de 2000 msnm. Es un matorral, denso con suelos más profundos y menos intervenidos, hasta ralo en los sitios más intervenidos. La especie dominante es el churqui, asociado con arbusto como: tholilla hoja dentada, brillante (*Braccharis* sp), hediondilla (*Cestrum parqui*), en forma aislada se presenta el molle (*Schinus molle*).

Matorral semidenso medio, mayormente siempre verde, semideciduo montano. -

La unidad se ubica en sector de Tururmayo y en las laderas con exposición dominante norte y sur de la comunidad de Churquis. Están formados por: chacatea (*Dodonea viscosa*), también de thola (*Eupatroidium bunmifolium*), la paja (*Elyonurus muticus*). La composición florística y las características de suelo de la unidad inducen al pastoreo extensivo y cultivos agrícolas dispersos y pastoreo extensivo con ganado mixto.

Matorral denso a semidenso, alto xeromórfico, deciduo por sequía, montano. – Se

desarrolla en el piso ecológico montano, tiene un clima templado semiárido. Presenta dos estratos al arbustivo formado por: molle (*Schinus molle*) que tiene una cobertura semidensa a rala, existiendo también taquillo (*Prosopis alpaltaco*), tinajerillo (*Crotón prhygnyamus*), tarco (*Jacaranda mimosifolia*) en forma aislada tipa blanca (*Tipuana tipu*) y algarrobo (*Prosopis* sp). Por la existencia de especies palatables para el ganado, la unidad se destina al pastoreo extensivo en matorral xeromórfico de sustitución con ganado bovino.

CUADRO N° 2 ESTRATO ARBÓREO

| Nombre Científico | Nombre común | Familia |
|-----------------------|---------------|--------------------------|
| Prosopis alba | Algarrobo | Leguminosa Mimosoidea |
| Prosopis nigra | Tacko | Leguminosa Mimosoidea |
| Geoffroea decorticans | Chañar | Leguminosa Papilionoidea |
| Schinus molle | Molle | Anacardiáceas |
| Acacia visco | Jarca | Leguminosa Mimosoidea |
| Tipuana tipu | Tipa blanca | Leguminosa Papilionoidea |
| Salix | Sauce criollo | Salicáceas |
| Salix humboltiana | Sauce llorón | Salicáceas |
| Sambucus australis | Sauco mololo | Caprifoliácea |
| Jacaranda mimosifolia | Tarco | Bignoniácea |
| | Huancar | |
| Polilepsis ssp | Q'ëñua | Rosáceas |
| Alnus jorullensis | Aliso | Betulácea |
| Podocarpus parlatorei | Pino de cerro | Podocarpáceas |

Fuente: (P.M.S.J 2010)

CUADRO N° 3 ESTRATO ARBUSTIVO

| Nombre Científico | Nombre Común | Familia |
|-----------------------|--------------|-----------------------|
| Prosopis alpataco | Taquillo | Leguminosa Mimosoidea |
| Schinus polygamus | Chirimolle | Anacardiáceas |
| Atamisquea emarginata | Atamisqui | Capparidáceas |
| Carcia quesifolia | Higuerilla | caricaceas |
| Lycium sp. | Sisico | Solanáceas |
| Acacia aramo | Tusca | Leguminosa Mimosoidea |
| Accacia caven | Churqui | Leguminosa Mimosoidea |

Fuente: P.M.S.J 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 % de niños y jóvenes asisten 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 servicios de alcantarillado sanitario. El 4% con cocinas a gas y el 96 % a leña (P.N.M.S.J 2010).

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 53 % de la subcuenta se destina al pastoreo extensivo, el resto a cultivos agrícolas a secano y áreas erosionadas (P.M.S.J 2010)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

Materiales de campo

- Herramientas (picos, palas y martillo)
- Bolsas de polietileno
- Cilindros metálicos
- Galones de agua para pruebas de infiltración
- Cronometro
- Engrampadora
- Planillas
- Cinta diametrica
- Eclímetro
- GPS
- Flexometro
- Cartas topográficas

Materiales de Laboratorio

- Estufa o mufla
- Balanza analítica
- Dicromato de potasio
- Ácido sulfhídrico
- Agua destilada
- Sulfato de amonio
- Pipeta
- Muestras de suelo

- Tubos de ensayo de 20 ml
- Vasos de precipitado de 50 ml
- Erlenmeyer

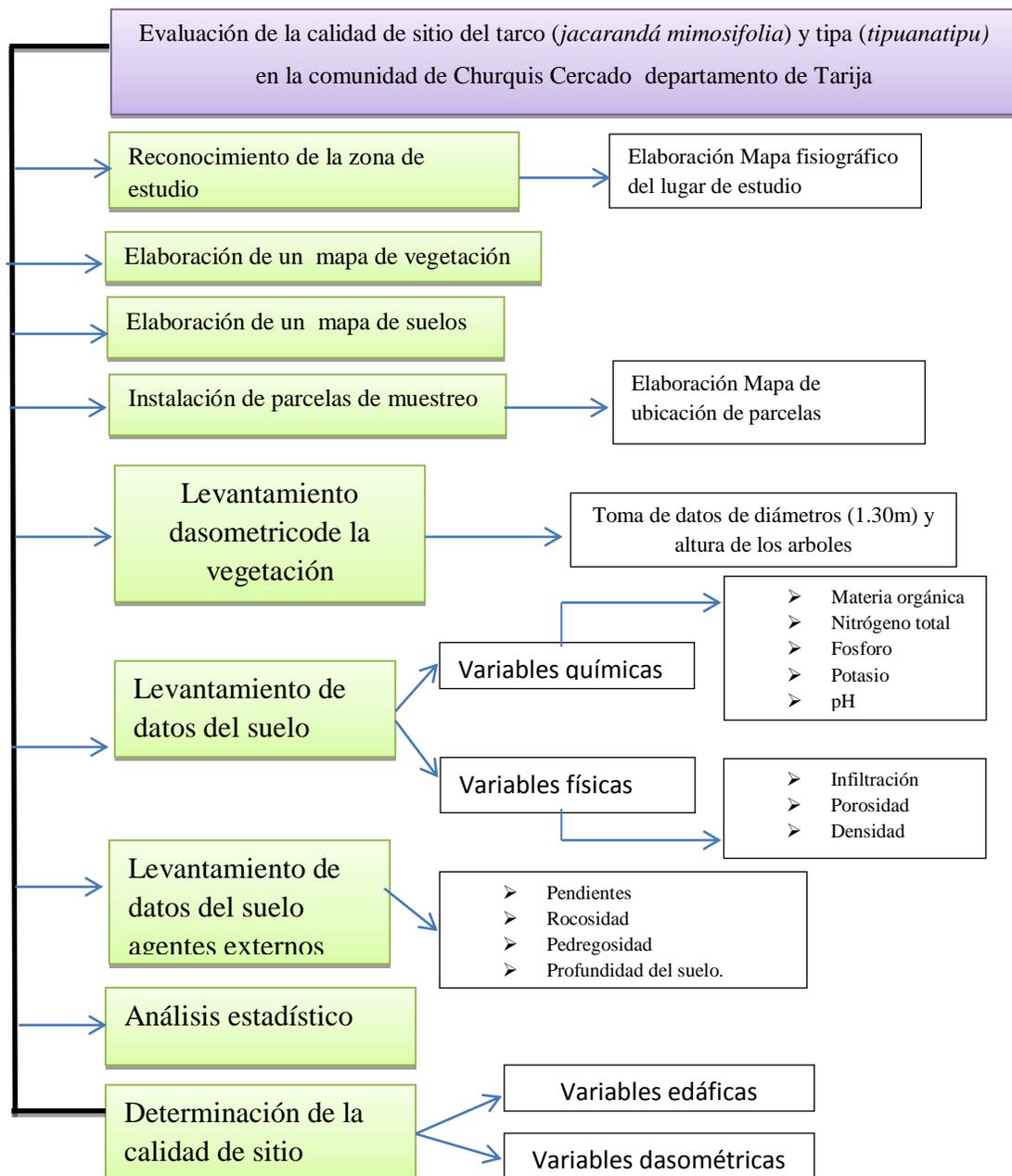
Gabinete

- Computadora
- Resmas de papel
- Calculadora
- Cartuchos de tinta

3.2. MÉTODOS

Para el presente trabajo de investigación se realizó un diagrama de metodología el cual permitió conocer el orden secuencial del estudio de la evaluación de la calidad de sitio en la comunidad de Churquis subcuena del Rio Mena.

CUADRO N° 4 DIAGRAMA DE METODOLOGÍA.



3.2.1. Reconocimiento de la zona de estudio y elaboración de un mapa fisiográfico.

Para hacer el reconocimiento de campo se utilizó cartas topográficas obtenidas por el Instituto Geográfico Militar (I.G.M) e imágenes satelitales para poder observar los lugares más representativos donde la asociación vegetal de tipa blanca y tarco es dominante. Se tomó dos zonas de estudio para el levantamiento dasométrico de la vegetación las cuales están comprendidas por rodales de tipa blanca y tarcos, para realizar el levantamiento de suelo se tomaron tres sitios, en bosque donde predomina la tipa blanca, el siguiente sitio fue en bosque de tarco y por último se realizó un levantamiento de suelo testigo en lugares erosionados donde no existe presencia de estas dos especies. Una vez concluido esta etapa se procedió a realizar un mapa fisiográfico de la comunidad de Churquis (ver mapa N° 2).

3.2.2. Elaboración de un mapa de vegetación

Se elaboró un mapa de vegetación donde se identificó los diferentes estratos todo esto se realizó para saber en qué estrato se encuentra presente las especies que se sometieron a un proceso de estudio como ser: la tipa blanca y el tarco, la información fue recopilada del ZONISIG 2001 (ver mapa N° 3).

3.2.3. Elaboración de mapa de suelos

También se elaboró un mapa de suelos ya que este nos sirvió de mucho al momento de elegir los lugares más representativos para realizar la descripción del suelo, tanto para analizar los agentes externos como los internos de los suelos también sirvió para establecer que lugares eran los más representativos para realizar las pruebas de infiltración, los datos procedente de este mapa fueron recopilados del ZONISIG 2001 (ver mapa N° 4).

3.2.4. Instalación de parcelas de muestreo

Una vez que se hizo el reconocimiento de campo se procedió a la instalación de las parcelas de muestreo, se identificaron tres sitios de acuerdo a la fisiografía del terreno se identificó mediante imágenes satelitales y en campo tres tipos de geoformas ladera, pie de monte y terraza en estos sitios se realizó todo el trabajo de campo.

Para el cálculo de número de muestras o parcelas se recurrió a la norma 248/98 que indica una intensidad de muestreo de 2,5% para árboles con un DAP de 20 y 40 cm por tanto el área total de la zona de estudio fue de 243 has por tanto, le corresponde un una intensidad de 2,5% con estos valores se efectuó el siguiente cálculo:

$$I = \frac{\textit{Area muestreada}}{\textit{Area total}}$$

Dónde:

I= 2, 5%

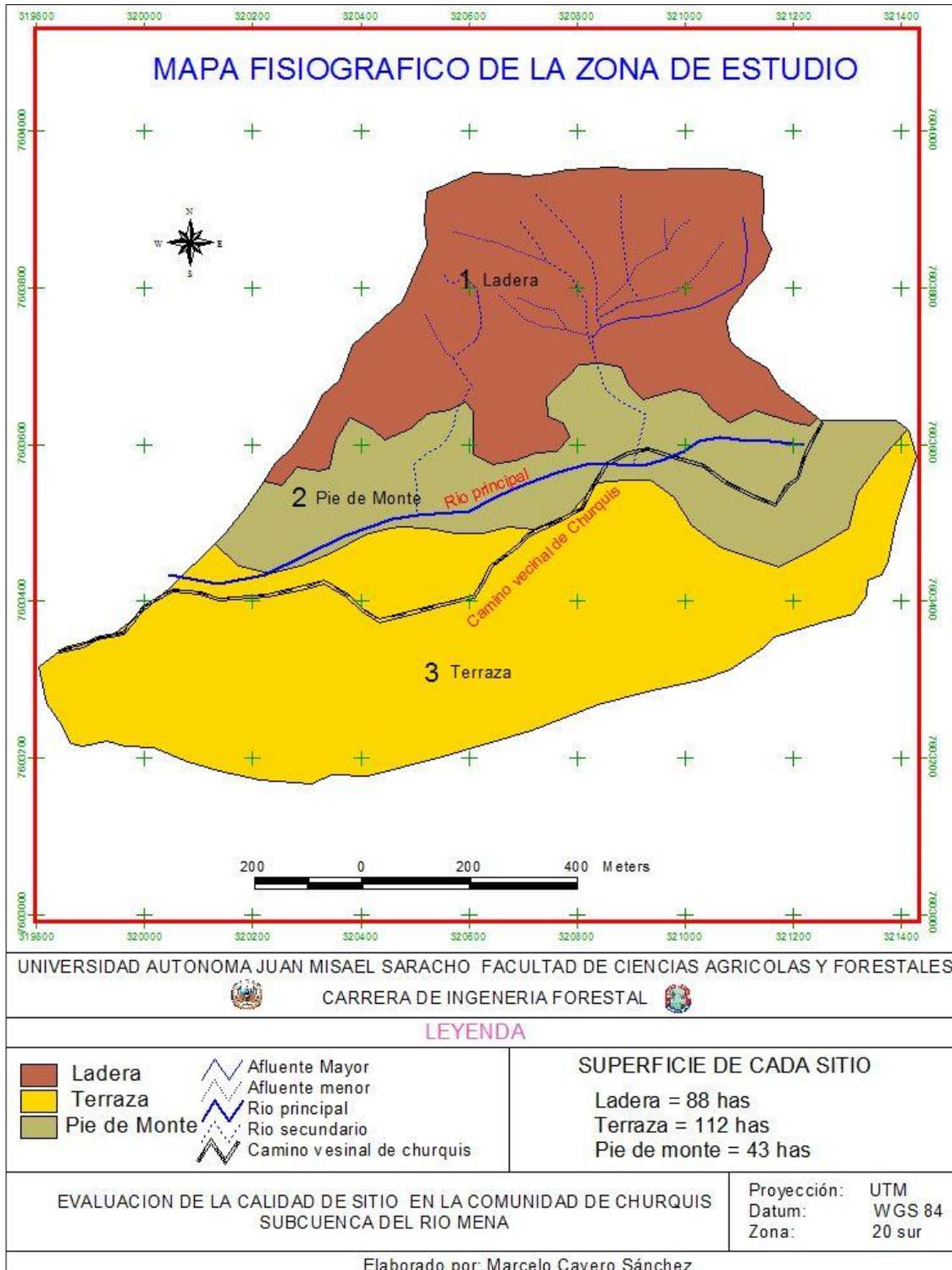
At= 243 has

Portanto;

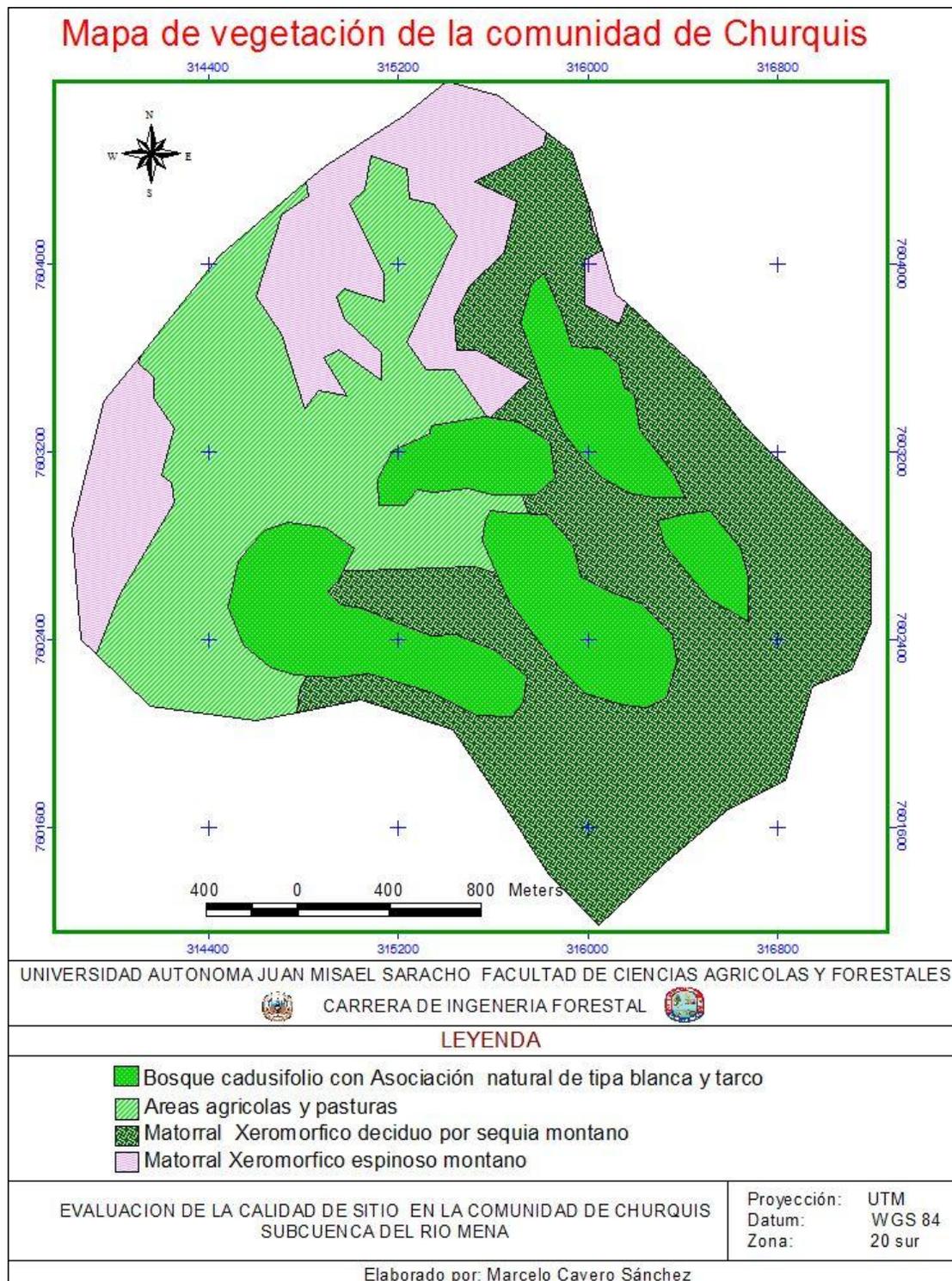
$$0,025 = \frac{\textit{Areamuestreada}}{243 \textit{ has}} \quad \textit{Am} = 243 * (0,025) = 6 \textit{ has}$$

Las parcelas de muestreo ocupan 6 has; mismas que por las condiciones y características fisiográficas se decidió distribuir al azar 6 parcelas de 1 has cada una como se indica en el mapa de ubicación de marcelas (ver mapa N° 5).

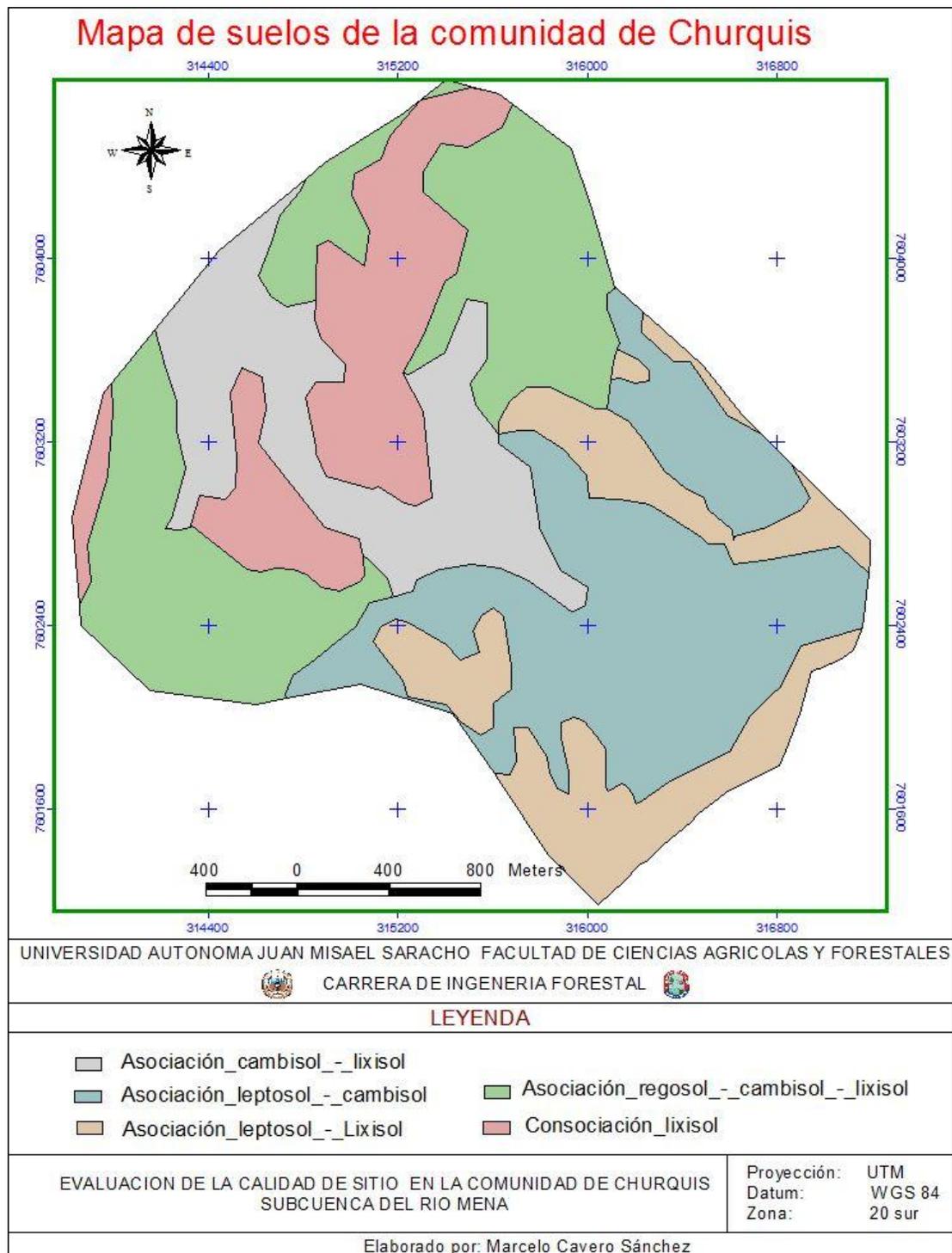
Mapa N° 2 Paisajes fisiográfico de la comunidad de Churquis



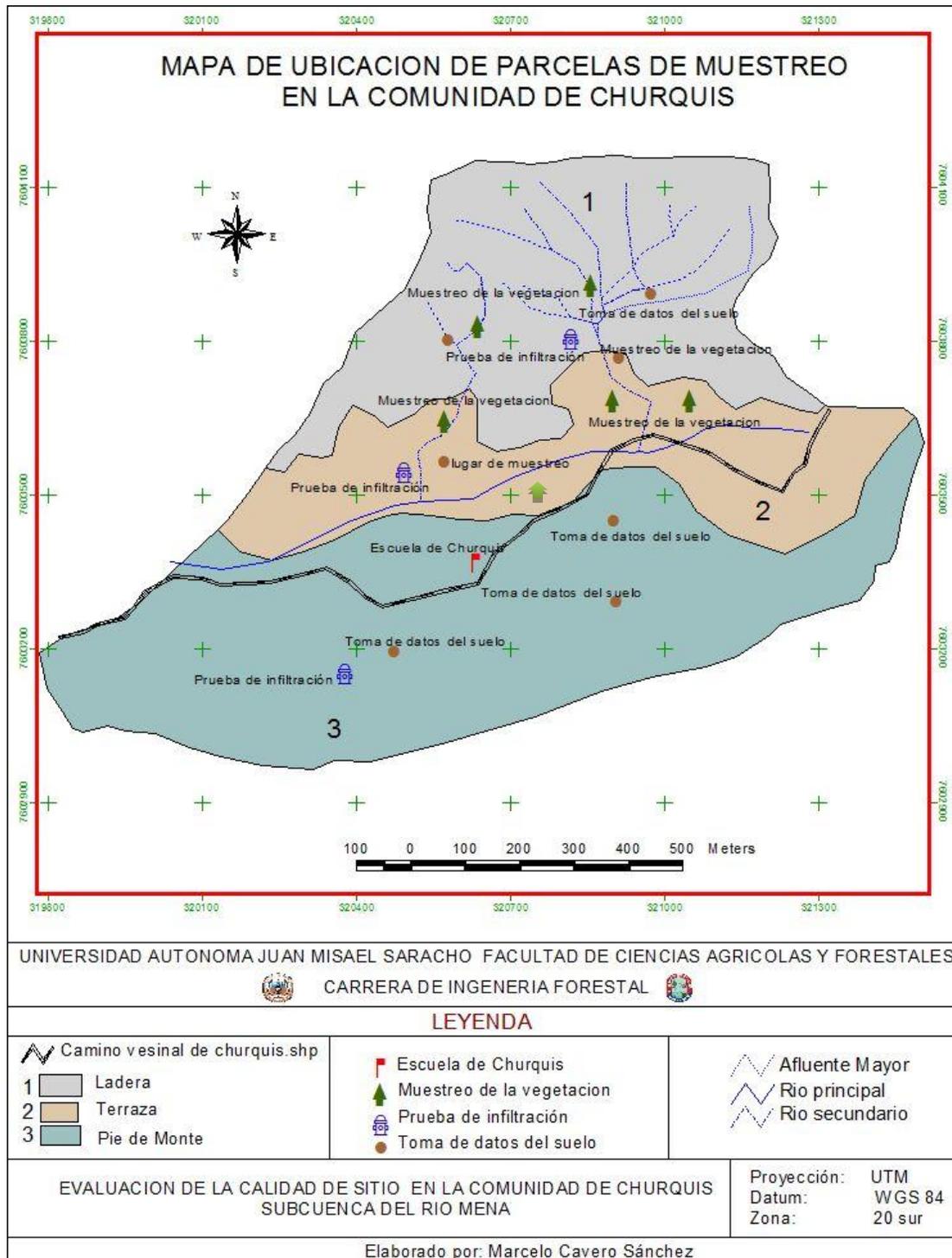
Mapa N° 3 Vegetación de la comunidad de Churquis



Mapa N° 4 Suelos de la comunidad de Churquis



Mapa N° 5 ubicación de parcelas de muestreo



3.2.3. Levantamiento dasométrico de la vegetación

El levantamiento dasométrico se lo realizó en árboles a partir de un diámetro mayor de 20 cm, se tomó este criterio de diámetro mínimo porque todos los ejemplares de tipa blanca y tarco a este diámetro son arbolitos un poco desarrollados con alturas de 4 a 5 m por lo cual ya presentan volúmenes mínimos, por otra parte las mediciones que se hicieron de estas dos especies fueron las siguientes: la medición de diámetros a la altura de 1.30 m, la medición de altura comercial y altura total, éstas mediciones se las realizo para poder cuantificar el volumen de madera que existe en la zona de estudio (ver anexo N° 14).

Levantamiento de las características externas del suelo

El levantamiento de las características externas del suelo: Pendiente, rocosidad superficial, pedregosidad superficial, disección y otras como relacionadas a procesos geomorfológicos, se realizó empleando planillas elaboradas por el docente de la materia FOR 015 Geomorfología (Ing. Linder Espinoza) para prácticas de Identificación de componentes del paisaje, entre ellos el suelo (Ver Aneo N° 17) . Conviene indicar que la primera parte del levantamiento de datos se realizó, durante la práctica de campo con estudiantes de la indicada materia bajo la dirección del docente.

3.2.4. Levantamiento de las características internas del suelo.

Una vez establecida el área de trabajo mediante la cartografía realizada, e identificación de las áreas de estudio, se procedió al levantamiento de los datos de campo de la siguiente manera:

a).- El levantamiento de los datos de suelo en los sitios donde existe la vegetación y en zonas erosionadas toma en cuenta criterios como: relieve en general, pendiente, micro relieve, posición topográfica y otros. Estos son criterios para la ubicación de los perfiles del suelo.

Para la descripción de los perfiles se toma en cuenta en cada uno de los suelos donde existe vegetación y en sitios donde no existe cobertura vegetal de acuerdo a la (FAO, 1986) se debe tener en cuenta que al iniciar el estudio de una calicata es conveniente hacer una primera observación en los frentes y paredes laterales, con el fin de reconocer la posible variabilidad lateral. En este momento es preferible no limpiar las superficies, ya que la estructura se identifica mejor si el perfil ha tenido ocasión de secarse y además, puede haber caracteres temporales, tales como eflorescencias salinas, que constituyan una información que podría perderse.

Al cavar una calicata hay que aplicar criterios respetuosos con el suelo a rehabilitar una vez acabado el estudio. Para ello el material de la parte superior, correspondiente al epipedón, se sitúa separadamente del resto, de forma de no mezclar los materiales y al tapar la calicata se pueda reponer en su lugar y se rehabilite el suelo adecuadamente. La excavación se realiza de forma que la calicata quede orientada para recibir luz solar sin sombras en algún momento del día y al frente sea lo más vertical posible, evitando colocar tierra encima, o alterar la vegetación natural o cultivo, de forma que se puedan tomar fotografías de calidad.

b).- Luego de haber descrito cada perfil detalladamente, se procedió a la toma de muestras para los análisis físicos químicos extrayendo aproximadamente $\frac{1}{2}$ Kg. de suelo de cada horizonte, los cuales fueron etiquetados en bolsas de polietileno y llevadas al laboratorio para el análisis correspondiente.

c).- Posteriormente de recoger las muestras de suelo se realizó la toma de la densidad aparente con la ayuda de un cilindro metálico con las dimensiones de 3.2cm de diámetro y una altura de 5.4cm, el cual se lo introduce al centro, al lado derecho e izquierdo en la pared de cada horizonte con la ayuda de un trozo de madera y un martillo. Luego las tres muestras recogidas se las coloca en una bolsa de polietileno correctamente codificado para realizar el análisis correspondiente en laboratorio (ver anexo N° 2 fotos n° 5)

d).- Después de tomar los datos de suelo se procedió a medir la infiltración en cada una de las áreas donde existe vegetación y en lugares erosionados de la comunidad de Churquis, para la cual se aplica el método del “doble anillo” según (Bouwer, 1986) que se lo utiliza para determinar la velocidad de infiltración del suelo.

3.2.5. Variables a estudiar

Para evaluar la calidad de sitio de la zona de estudio es necesario realizar una toma en algunos parámetros químicos como físicos, para poder identificar los problemas que aquejan los suelos en la comunidad de Churquis Subcuenca del Río Mena.

3.2.5.1. Variables físicas

A continuación se menciona las variables físicas que se utilizaron para la evaluación de la calidad de sitio de la comunidad de Churquis.

a).- Densidad aparente

El método utilizado para la densidad aparente es el gravimétrico el cual consiste en colocar la muestra 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 (P_{ss}),

luego se saca el volumen del cilindro (Vol_{cm^3}) que se utilizó en campo y con este valor se determinara la densidad aparente.

$$Da = \frac{P_{ss}}{Vol_{cm^3}}$$

Da = Densidad aparente, en Kg/l

P_{ss} = Peso del suelo seco, en Kg

V =Volumen del cilindro, en m^3

b).- Porosidad

La porosidad se determinó de acuerdo a la siguiente fórmula como se la presenta a continuación:

$$Porosidad\% = \frac{DR - DA}{DR} * 100$$

Po =Porosidad%.

Da =Densidad aparente

DR =Densidad real o de partícula

$$DR = \frac{\text{masa gr}}{\text{vol cm}^3}$$

c).- Infiltración

La infiltración se la realizó en campo por el método del doble anillo, el cual consistió 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 afuera con igual los dos cilindros hasta la misma altura y con la ayuda de una regla milimétrica se empezó 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. Los datos obtenidos en campo se ajustarán mediante la fórmula de Philips como se detalla a continuación.

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

I=Infiltraciónmm/h.

A=Factorrelacionadoconlaconductividadhidráulicaasimilable

S =Sortividad,querepresentalosefectosdelpotencialde succión y gravitacional respectivamente.

$t^{1/2}$ =Tiempo (s).

d) Determinación de la textura

El primer paso que se dió 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.

(Ver anexo N° 2 foto n° 4).

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).

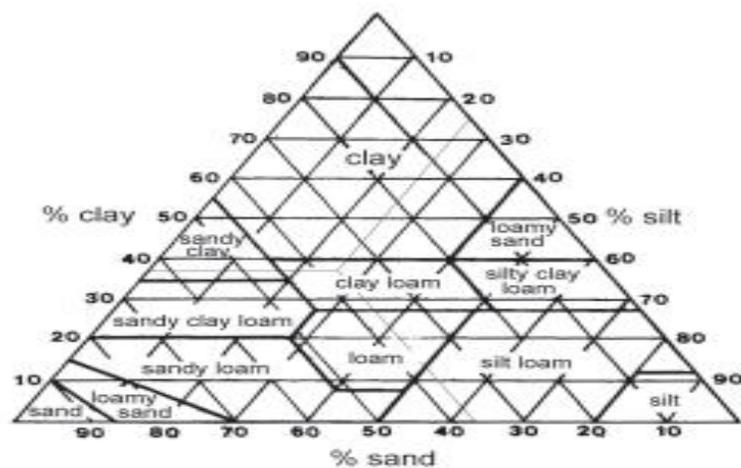
$$\% \text{ de limo} = (F / A) \times 100.$$

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

E = peso de arcilla = D x 8.

F = 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)



Triángulo textural, Ortiz 1975.

3.2.5.2. Variables químicas

A continuación se menciona las variables químicas que se utilizaron para la evaluación de la calidad de sitio en la comunidad de Churquis.

a).- Materia Orgánica

Para el caso de la materia orgánica se utilizó el método de Walkley y Black por digestión húmeda con dicromato de potasio, que consiste en pesar 2 gr. de la muestra de suelo y colocar en un erlenmeyer de 500ml. de capacidad, añadir 10ml de dicromato de potasio, medidos con una pipeta, luego agregar 20ml de ácido sulfúrico concentrado, dejar reposar durante 30 minutos, para luego añadir 200ml de agua destilada, luego valorar con la solución de sulfato ferroso hidratado, 0.5N, hasta que la solución adquiera un color verde brillante, registrar el dato en el formulario como G_M , en forma para la preparación del testigo y titular también con sulfato amónico, 0.5 N. luego registrar como $T G$ para aplicar la siguiente fórmula:

$$CO = 3.89(1 - G_M / G_T)$$

$$MO = 5.15(1 - G_M / G_T)$$

$$MOT = 6.70(1 - G_M / G_T)$$

CO = Cantidad de carbono orgánico presente en la muestra, en %. Este carbono es oxidado

MO = Materia orgánica fácilmente, oxidable presente en la muestra, en %.

MOT = Materia orgánica total presente en la muestra de suelo, en %.

$M G$ = Gasto de sulfato ferroso amónico, 0.5 N, utilizado en la valoración de la muestra de suelo, en ml.

$T G$ = Gasto de sulfato ferroso amónico, 0.5 N, empleando en la titulación del Testigo, en ml.

b).- Nitrógenototal

El nitrógenototal se determina en laboratorio mediante el método de Kjeldahl, el cual consiste en colocar y pesar aproximadamente 0.1 gr. de la muestra de suelo sobre un plato o balanza analítica, registrar el peso a 0.001 gramos, luego transferir la muestra a un balón Kjeldahl añadiendo 1.1 gramos de mezcla catalizadora, después calentar el balón cuidadosamente hasta que se detenga la formación de espuma, dejar enfriar el balón, para añadir cuidadosamente 15 ml de agua destilada, después debe transferir el contenido del balón cuantitativamente al aparato de destilación, pipetear 5 ml de la solución indicadora de ácido bórico y colorado debajo del condensador del equipo de destilación, abrir luego la llave de vapor y destilar hasta que el destilado alcance los 35 ml en elrlenmeyer, luego titular el destilado de la solución estándar de ácido sulfúrico 0.05 N hasta color rosado. Registrar el gasto como volumen de ácido sulfúrico 0.05 gastado en muestra (V_m) y del blanco como volumen de ácido sulfúrico 0.05 N gastado en el blanco (V_b).

$$NT = \frac{((V_m - V_b) * N * 1.4)}{P_m}$$

NT = Nitrógenototal %.

V_m = Volumen de ácido sulfúrico 0.05 N gastado en la muestra en ml.

V_b = Volumen de ácido sulfúrico 0.05 N gastado en el blanco, en ml.

P_m = Peso de la muestra, en gramos.

1.4 = Factor.

c).- Fósforo

Para el caso del fósforo se lo determina por el método de Olsen, el mismo que consiste en pipetear 5 ml de agua destilada dentro de un tubo del Colorimétrico, después se añade 1 ml de molibdato de amonio al 1.5%, seguidamente se añaden 4 gotas de cloruro de estaño al 0.1 M, para más tarde medirla absorbencia en el equipo

a una longitud de onda de 660 mm para luego determinar el porcentaje de fósforo a partir de la curva estándar por análisis de regresión:

$$P = p_i * 10$$

P = Concentración de fósforo en la muestra de suelo, en ppm.

p_i = Concentración de fósforo obtenida por interpolación, en ppm.

d).- Potasio

El método que se utilizó para medir el Potasio fue el siguiente:

Se colocó 5 gr de suelo (secado al aire y cribado otra vez de un tamiz) en un tubo de ensayo, se agregó 10 ml de solución extractora y se dejó la mezcla en reposo 5 min. Posteriormente se agita durante el periodo de 15 min y luego se filtra.

Una vez realizado este paso se coloca en un recipiente de vidrio con agua destilada procurando que tanto el filtrado como los reactivos se mantengan a una temperatura entre 15 y 25 °C.

Además se coloca 2 ml de alcohol en tubos del fotocolorímetro, y se agrega 6 gotas de solución de cobaltinitrito de sodio, y se toma con la jeringa 2 ml del extracto del suelo para agregarlo con fuerza en el centro de la mezcla de alcohol y cobaltinitrito. Para verificar la transmisión de luz en el colorímetro fotoeléctrico, se utilizara un filtro azul verde o una longitud de onda 480 mμ según sea el tipo de instrumento. Con la lectura del colorímetro que se obtiene se cuantifica la concentración de potasio intercambiable en la muestra.

Na = sodio que se utilizará para determinar el potasio

N = nitrógeno que se utilizará para determinar el potasio

Co = cobalto

C = carbon

f).- Potencial de Hidrógeno “pH”

El pH es determinado por el método del Potenciómetro en suspensiones, el mismo consiste en pesar 10 gr. de suelo de la muestra el cual se le deposita en un recipiente y se añade 25 ml de agua, dejándolo reposar por una hora para después hacer la medición mediante el potenciómetro el nos dará el valor del pH de la muestra.

d).- Conductividad eléctrica

El método a seguir para la determinación de la conductividad eléctrica es el “Puente de Resistencia en Suspensión del Suelo”, el cual consiste en pesar 40 gr. de la muestra de suelo para colocarla en un vaso, inmediatamente se añade 200 ml de agua, se lo agita por unos 15 minutos para después medir la conductividad con ayuda del conductímetro, los valores obtenidos se los calcula mediante la siguiente fórmula:

$$CE = L * Fc$$

CE = Conductividad eléctrica de la suspensión o extracto de suelo a la temperatura de 25°C, en mhos/cm o mmhos/ cm.

L = Lectura en el cuadrante del aparato, en micromhos.

Fc = Factor de conversión de la temperatura, a 25°C.

3.2.6. Análisis estadístico

En este caso el procedimiento más adecuado que se tomó para los datos de suelo en sus propiedades químicas es la prueba descrita por Mann-Whitney que es un método no paramétrico aplicado a dos muestras independientes cuyos datos han sido medidos al menos en una escala de nivel ordinal, que consiste en comparar cada individuo del primer grupo con

cada individuo del segundo grupo, registrándose cuántas veces se favoreció en una comparación. Basándose en ese recuento se construye una medida que es la que se contrasta para ver si la diferencia en el resultado es esperado, en el caso de que hubiera diferencias entre los grupos. (Murray y Spiegel, 1890).

Procedimiento

Paso 1. Se combinan todos los valores de la muestra en una ordenación de menor a mayor en una primera fila y en una segunda fila por debajo de la primera se asignan rangos del 1 en adelante de acuerdo a la cantidad de valores existentes en la muestra.

Paso 2. Se realiza el sumatorio de los rangos de cada muestra para ambos grupos.

Paso 3. Se determina la distribución muestral por medio del U estadístico para cada grupo, mediante las siguientes fórmulas:

$$U_1 = N_1 N_2 + \frac{N_1(N_1 + 1)}{2} - R$$

U_1 = Distribución muestral para la muestra 1.

N_1 = Tamaño de la muestra del grupo 1.

N_2 = Tamaño de la muestra del grupo 2.

R_1 = Sumatorio de los rangos del grupo 1.

$$U_2 = N_1 N_2 + \frac{N_1(N_1 + 1)}{2} - R_2$$

U_2 = Distribución muestral para la muestra 2.

N_1 = Tamaño de la muestra uno.

N_2 =Tamaño del muestreados.

R_2 =Sumatoria de los rangos del grupo 2

Paso 4. Se calcula la media de ambos grupos mediante la siguiente relación:

$$Uv = \frac{N_1 N_2}{2}$$

U_V = Media

N_1 = Tamaño de la muestra uno.

N_2 = Tamaño del muestreados.

Paso 5. Se hace el cálculo de la desviación estándar:

$$O^2 = \frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12}$$

O^2 = Desviación estándar

N_1 = Tamaño de la muestra uno

N_2 = Tamaño del muestreados.

Paso 6. Se realiza el cálculo de la varianza:

$$Z = \frac{U Uv}{O_u}$$

Z = Varianza

U = Distribución muestral

U_V = Media

O_u = Desviación estándar

Paso 7. Una vez calculado el valor de Z se procede a analizar el valor de cada prueba a la 95% probabilidad, de manera tal que si este valor cae entre $-1.96 \leq 0 \leq +1.96$ no presentando diferencias significativas, pero si cae fuera de estos valores mencionados quiere decir que presentando diferencias significativas a la 95% probabilidad.

$$-1.96 \leq 0 \leq +1.96$$

3.2.7. Evaluación de la calidad de sitio

La calidad de sitio se determinó mediante los siguientes procedimientos:

1.- los suelos fueron categorizados por agentes externos y agentes internos los cuales son:

Agentes externos

- Pendiente
- Pedregosidad
- Rociedad
- Textura
- Porosidad
- Infiltración

Agentes internos

- pH
- Conductividad eléctrica
- Materia orgánica
- Fosforo
- Nitrógeno
- Potasio
- Magnesio
- Calcio

2.- Se determinó las áreas basales y volúmenes mediante parámetros estadísticos de las especies a estudiar para poder comprobar la interacción que existe entre estas dos especies nativas y el suelo del lugar.

La fórmula que se utilizó para determinar el volumen de las especies arbóreas de tipo y tarco es la siguiente:

$$V = \frac{\pi}{4} * D^2 * H * 0,60$$

V = volumen m³

D = diámetro a la altura de 1,30 m

H = altura en metros

0,60 = coeficiente mórfico.

3.- Determinación de la calidad de sitio

- Calidad A: Sitios con buena calidad de suelo
- Calidad B: Sitios con mediana calidad de suelo
- Calidad C: Sitios con mala calidad de suelo

3.2.8. Determinación de la calidad de sitio mediante los análisis químicos del suelo

La calidad de sitio en cuanto se refiere a los componentes químicos del suelo se los determinó mediante los siguientes cuadros de comparación a los cuales se los asignó un tipo de clase de acuerdo a los valores que presentan los mismos.

Cuadro N° 5 Materia orgánica

| M.O. (%) | | CLASE |
|-----------------|-----------|--------------|
| Muy bajo | < 0.5 | C |
| Bajo | 0.6 - 1.5 | B |
| Medio | 1.6 - 3.5 | B |
| Alto | 3.6 - 6.0 | A |
| Muy alto | > 6.0 | A |

Manual de técnicas de análisis de suelos (Fernández, 2006).

Cuadro N° 6 Reacción del suelo

| Rangos de Ph | Clase |
|---------------------------|--------------|
| 5,5 – 7,5 | A |
| 4,1 – 5,4 y 7,6 – 3,4 | B |
| Menos de 4,0 y más de 8,5 | C |

Manual de técnicas de análisis de suelos (Fernández, 2006).

Cuadro N° 7 Conductividad eléctrica

| C.E. | | CLASE |
|----------------------------|-------------------------|--------------|
| Categoría del suelo | Valor (mmho/cm) | |
| No salino | 0 - 2.0 | A |
| Poco salino | 2.1 - 4.0 | A |
| Moderadamente salino | 4.1 - 8.0 | B |
| Muy salino | 8.1 - 16.0 | C |
| Extremadamente salino | > 16.0 | C |

Manual de técnicas de análisis de suelos (Fernández, 2006).

Cuadro N° 8 Fósforo

| P ppm | | CLASE |
|------------------|--------------------|--------------|
| Categoría | Valor (ppm) | |
| Bajo | < 5.5 | C |
| Medio | 5.5 -11 | B |
| Alto | > 11 | A |

Manual de técnicas de análisis de suelos (Fernández, 2006).

Cuadro N° 9 Nitrógeno total

| N% | | CLASE |
|----------------------|---------------|-------|
| Categoría del suelo | Valor (%) | |
| Extremadamente pobre | < 0.032 | C |
| Pobre | 0.032 - 0.063 | C |
| Medianamente pobre | 0.064 - 0.095 | B |
| Medio | 0.096 - 0.126 | B |
| Medianamente rico | 0.127 - 0.158 | A |
| Rico | 0.159 - 0.221 | A |
| Extremadamente rico | > 0.221 | A |

Manual de técnicas de análisis de suelos (Fernández, 2006).

Cuadro N° 10 Determinación del calcio, magnesio, potasio

| Categoría | Meq/100gr | | | CLASE |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| | Ca | Mg | K | |
| Muy baja | < 2 | < 0.5 | < 0.2 | C |
| Baja | 2 – 5 | 0.5 – 1.3 | 0.2 – 0.3 | B |
| Media | 5 – 10 | 1.3 – 3.0 | 0.3 – 0.6 | A |
| Alta | > 10 | > 3.0 | > 0.6 | A |

Manual de técnicas de análisis de suelos (Fernández, 2006).

3.2.9. Determinación de la calidad de sitio mediante los análisis físicos del suelo y los agentes externos de los mismos.

La calidad de sitio en cuanto se refiere a los componentes físicos y agentes externos del suelo se los determinó mediante los siguientes cuadros de comparación a los cuales se los asignó un tipo de clase de acuerdo a los valores que presentan los mismos.

Cuadro N° 11 Pendiente

| <i>Rangos %</i> | <i>Clase de Pendiente</i> |
|-----------------|---------------------------|
| 0 - 20 | 1 |
| 21 – 100 | 2 |
| Más de 100 | 3 |

Cuadro N° 12 Profundidad efectiva del suelo

| <i>Profundidad cm.</i> | <i>Clases de Profundidad</i> |
|------------------------|------------------------------|
| Más de 80 | A |
| 30 – 80 | B |
| Menos de 30 | C |

Manual de técnicas de análisis de suelos (Fernández, 2006).

Cuadro N° 13 Textura

| <i>Grupos</i> | <i>Clases de Textura</i> |
|---------------|--------------------------|
| Ligero | Arena (L1) |
| | Arena franca (L2) |
| Mediano | Franco (M1) |
| | Limoso (M2) |
| Pesado | Franco Arcilloso (P1) |
| | Arcilloso (P2) |

Manual de técnicas de análisis de suelos (Fernández, 2006).

Cuadro N° 14 Pedregosidad

| <i>Distancia entre piedras y/o % de gravas</i> | <i>Clases de pedregosidad</i> |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| No existen gravas ni piedras | A |
| De 2 a 10 m y/o de 10 – 90 | B |
| Presencia de fragmentos y/o piedras es mayor y dificulta hacer plantaciones Forestales | C |

Manual de técnicas de análisis de suelos (Fernández, 2006).

Cuadro N° 15 Roccosidad

| Roccosidad | valor % | CLASE |
|------------|----------|-------|
| Ninguna | 0 | A |
| Muy poca | 0 - 2% | A |
| Común | 5 - 15 % | B |
| Poca | 2 - 5% | B |
| Muchas | 30% | C |

Manual de técnicas de análisis de suelos (Fernández, 2006).

Una vez determinadas las clases a las cuales corresponden las propiedades del suelo la calidad de sitio se determinó mediante la siguiente clave en la cual entran en interacción las propiedades físico-químicas del suelo también las características externas de las mismas.

| Determinación de la calidad de sitio para los distintos tipos de paisajes que se encuentran en la comunidad de Churquis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------|-------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------------------------------|------|---------|--------------------|-----------------|-------------------------------------------|------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| Sitios | Propiedades químicas del suelo | | | | | | | | | Propiedades Físicas del suelo | | | | | Características externas del suelo | | | | |
| | M.O. | pH | C.E. | N | P | K | Ca | Na | Mg | textura % | | | Da Kg/l | Po % | InfilKs mm/h | Pen % | Roc % | Pedr % | P.e.s cm |
| | | | | | | | | | | arena | limo | arcilla | | | | | | | |
| CLASES | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B |
| | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C |

4.- y por último se elaboró un mapa de la calidad de sitio donde todos estos factores tanto edáficos como de vegetación están dentro del mismo y se muestra el producto final de la clasificación de la calidad de sitio en la comunidad de Churquis.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

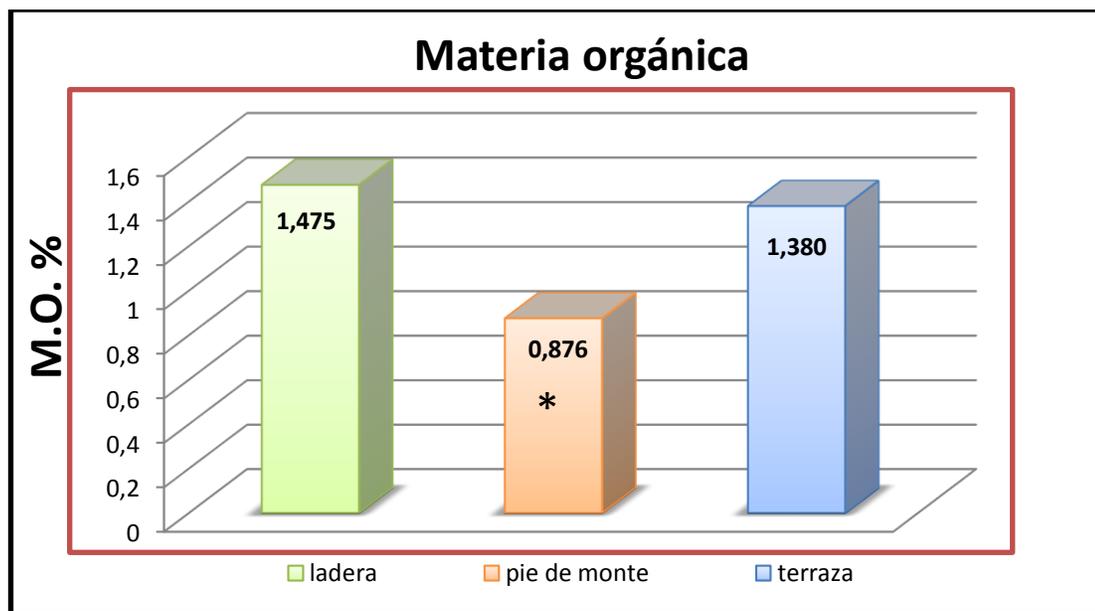
4.1. Variables químicas en la calidad del suelo

De acuerdo a los objetivos planteados se muestra los resultados de los análisis químicos para la evaluación de la calidad de sitio en la comunidad de Churquis.

4.1.1. Materia orgánica

La disponibilidad de materia orgánica en los suelos de la comunidad de Churquis se los visualiza a continuación.

Gráfica N° 2 Cantidad de materia orgánica en los suelos de la comunidad de Churquis (ver anexo N° 5).



**Diferencias significativas al 95% de probabilidad*

Como muestra la gráfica N°2 la cantidad de materia orgánica en suelos de ladera es un tanto mayor que los suelos de terraza pero no presentan diferencias significativas,

pero en los suelos de pie de monte el rendimiento de materia orgánica es de menor proporción presentando diferencias significativas a comparación de las demás geoformas de acuerdo al test estadístico de Mann Whitney.

Lo mencionado se debe, que en estos suelos de ladera existe una mayor cantidad de vegetación natural compuesta por tipa blanca y tarco lo cual hace que pueda existir mayor cantidad de hojarasca que esta a su vez se llega a convertir en materia orgánica haciéndole a los suelos mucho más fértiles según (Morales 2003). Por otro lado las terrazas son sitios con pendientes muy reducidas compuestas por diferente vegetación, en el caso de los suelos de terrazas de la comunidad de Churquis están compuestas en su gran mayoría por una vegetación dominante de acacias y pastizales. Esto quiere decir que también existe una incorporación de material vegetal al suelo y de tal manera llega a formarse materia orgánica pero es de menor proporción ya que la vegetación se encuentra un tanto asilada.

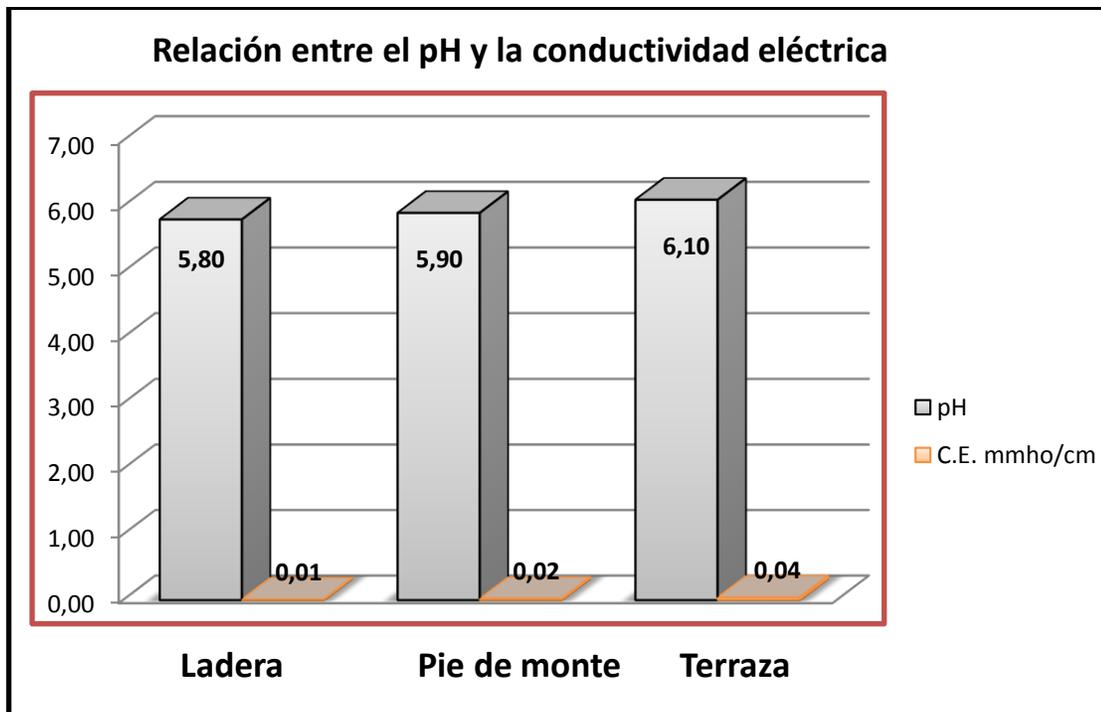
Y por último en el caso de los suelos de pie de monte el nivel de materia orgánica es muy bajo esto se debe a que en estos sitios la vegetación arbórea es mucho más escasa y aislada dificultando la contribución de la masa foliar al suelo, también cabe recalcar que por estos sitios pasan quebradas o riachuelos, por lo tanto podría ser una de las causas del bajo porcentaje de materia orgánica ya que el agua arrastraría o colaría la materia orgánica del lugar haciendo una comparación con los estudios de (Fasep 2011).

La materia orgánica es una porción activa e importante de un lugar o sitio, corroborando a todo esto (Canedo, 2006) argumenta que en suelos cultivados contienen de 1 a 5% de materia orgánica, sobre todo en los primeros 25 cm del suelo esa pequeña cantidad, puede modificar las características físicas del suelo y afectar fuertemente sus propiedades químicas. De tal forma los valores que son presentados

en la gráfica entran en un rango equilibrado ya que son de sitios donde la vegetación es natural y no existe intervención antrópico.

4.1.2. pH y la conductividad eléctrica (ver anexo N° 5).

Gráfica N° 3 Nivel de pH y C.E. En los suelos de la comunidad de Churquis



**Diferencias significativas al 95% de probabilidad*

Como se diferencia en la gráfica N°3 en los sitios de ladera y pie de monte los valores encontrados son casi idénticos, pero el pH en suelos de terraza es un tanto elevado pero de igual forma en los tres sitios no existe diferencias significativas, de la misma manera es el comportamiento de la conductividad eléctrica ya que en los tres tipos de paisajes no presentan diferencias significativas de acuerdo al test estadístico de Mann Whitney.

El pH que se muestra en la gráfica refleja que los sitios donde se realizó el estudio están en equilibrio al presentar valores similares, lo cual indica que son suelos

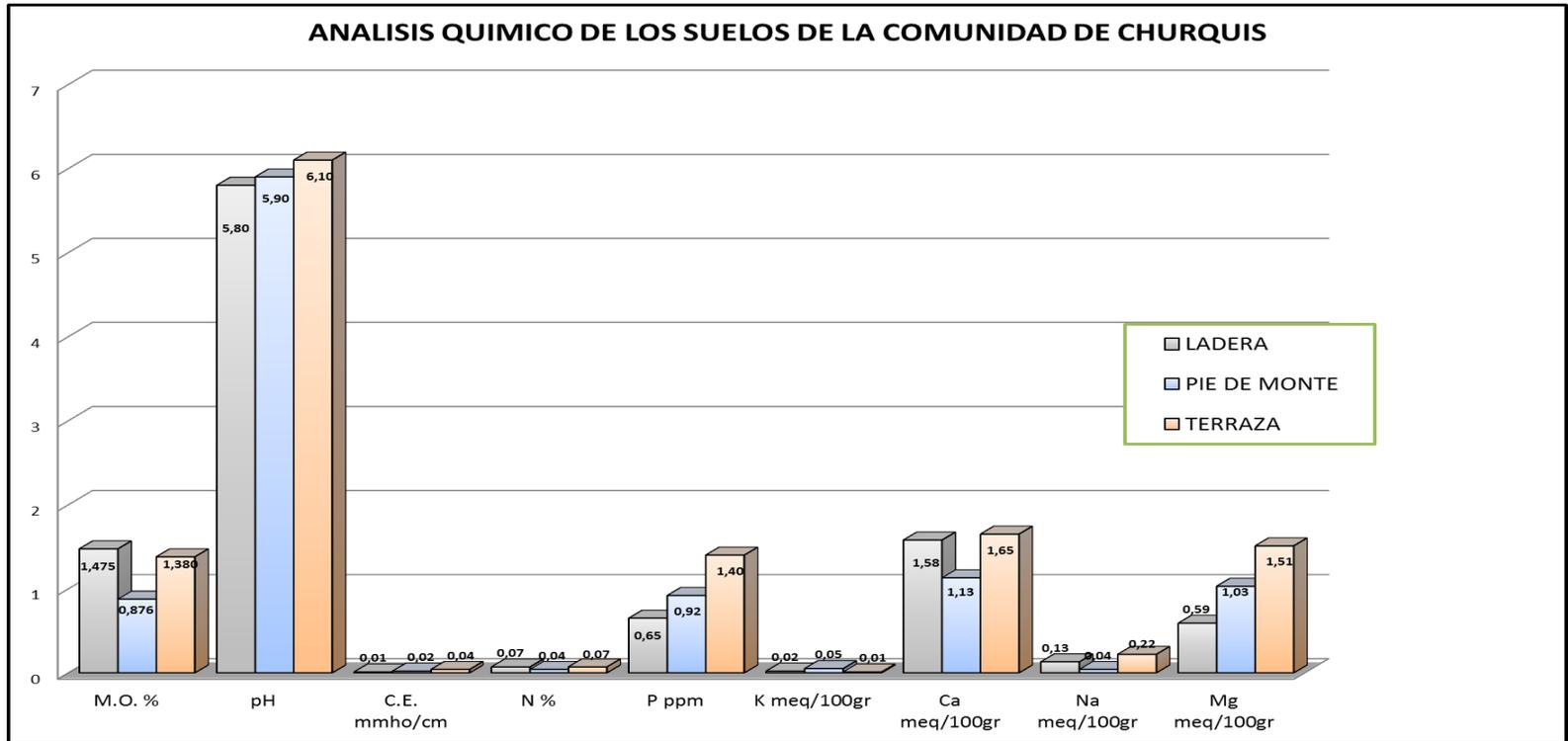
moderadamente ácidos según la tabla de interpretación de (USDA, 1999). A todo esto se explica que la conductividad eléctrica presenta valores bajos ya que estos suelos no contienen grandes cantidades de sal.

Por otra parte es importante hacer notar que la vegetación natural que predomina en el lugar está bien adaptada ya que la tipa blanca y el tarco son especies que no sobreviven en suelos salinos, indicando que la calidad del sitio es apta para estas especies forestales.

El pH del suelo es una medida de la acidez o alcalinidad de un suelo, y afecta la disponibilidad de los nutrientes, la actividad de microorganismos, y la solubilidad de minerales del suelo. Factores importantes que afectan el pH edáfico son temperatura y precipitaciones, que controlan la intensidad del lixiviado y la meteorización de los minerales del suelo. La acidez por lo general está asociada con suelos lixiviados la alcalinidad mayormente aparece en regiones más secas.

4.1.3. Propiedades químicas de los suelos de la comunidad de Churqui (ver anexo N° 5).

Gráfica N° 4 Elementos químicos y nutrientes de los suelos de la comunidad de Churquis Mena



**Diferencias significativas al 95% de probabilidad*

Como se visualiza en la gráfica N° 4 los suelos de ladera presentan valores bajos en lo que se refiere a los nutrientes químicos, y de la misma manera se observa los suelos de pie de monte, mientras que en los suelos de terraza los valores de los nutrientes tienden a subir de forma reveladora, entre los más elevados tenemos al N, P, Ca, Na, K, Mg. Lo cual hace que presenten diferencias significativas en los tres sitios de muestreo de acuerdo al test estadístico de Mann Whitney.

Lo mencionado explica que en los suelos de ladera los nutrientes son de menor proporción ya que estos lugares son sitios de desgaste este fenómeno se da por diversos factores como ser la lluvia que lixivia los nutrientes, la pendiente, y el viento que también transporta los nutrientes más livianos como ser el potasio K (Sánchez 1981). En cuanto se refiere a los suelos de pie de monte estos son sitios de transferencia lo cual explica que los nutrientes son de menor proporción que los suelos de ladera, cabe recalcar que en estos sitios no existe mucha vegetación lo cual corrobora esta interacción entre suelo y planta.

Y por último se observa en los sitios de terraza los elementos químicos son mucho más elevados como por ejemplo el sodio, magnesio, calcio y fosforo. Esto se debe a que en estos sitios de terraza son zonas de acumulación esto quiere decir que todos los sedimentos de las demás geofomas llegan en un determinado tiempo a estos suelos por lo tanto se considera que son mucho más antiguos que los demás y por ende tienden a ser más profundos, lo cual indica que es un lugar apto para realizar plantaciones forestales, por otro lado cabe recalcar que estos sitios son lugares donde no existe la actividad agrícola lo cual se convierte en un buen indicador de producción forestal.

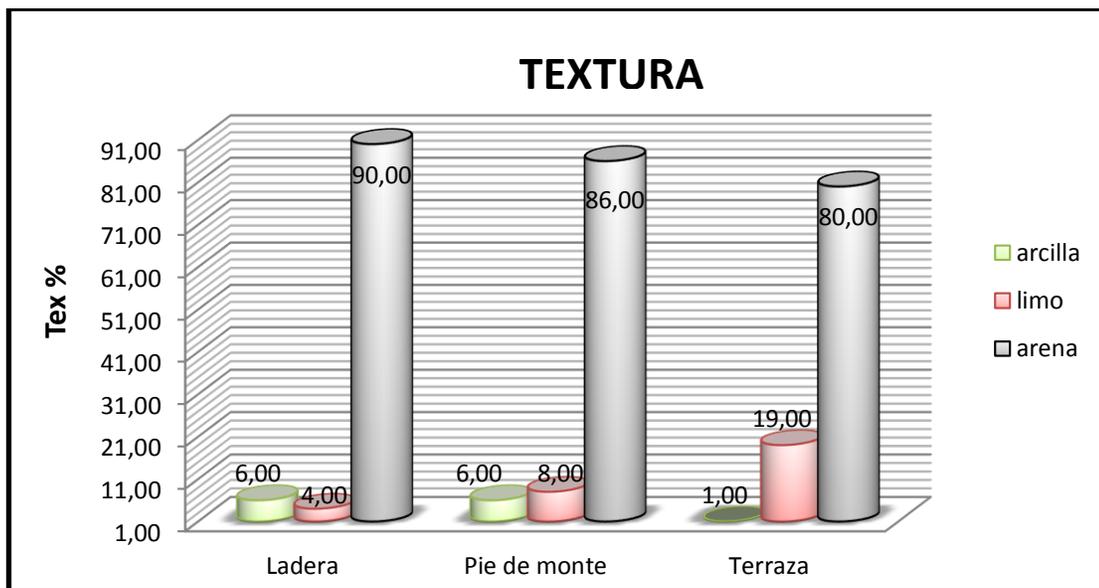
4.2. Propiedades físicos

De acuerdo a los objetivos planteados en esta parte se muestra los resultados de las propiedades físicas de los sitios muestreados en la comunidad de Churquis.

4.2.1. Textura

En la siguiente gráfica se puede observar el comportamiento de la textura en los tres sitios donde se realizaron los estudios correspondientes.

Gráfica N° 5 Textura encontrada en las diferentes paisajes (ver anexo N° 6).



Como se puede observar en la gráfica N° 5 los suelos de ladera presentan un mayor porcentaje de arena (90%), seguida de arcilla (6%) y en menor proporción tenemos al limo (4%) lo cual se interpreta en la pirámide textural como un suelo arenoso. Este caso se da según (Canedo, 2006), Por el material parental que son rocas de arenisca que se encuentran en proceso de meteorización, generalmente casi siempre se observa este suceso en suelos de ladera por ser estos suelos más jóvenes en proceso de formación.

Para el caso de los suelos de pie de monte se ve casi el mismo resultado con un porcentaje mayor de arena (86%), seguido de limo (8%) y en menor proporción arcilla (6%) y la interpretación que se hace en la pirámide textural es de un suelo arenoso franco por presentar mayor contenido de limo. Este suceso se da porque estos suelos se encuentran en proceso de formación por estar más alejados del material parental.

De igual manera se observa el comportamiento en los suelos de terraza ya que presentan un mayor porcentaje de arena (80%) pero también un porcentaje intermedio de limo (19%) a comparación de las demás geoformas y un porcentaje muy bajo de arcilla (1%) pero al igual que los suelos de pie de monte según la pirámide textural se clasifican en suelos arenoso franco. Estos suelos de terraza presentan un mayor porcentaje de limo debido a que son suelos más antiguos y su estructura de formación es más completa.

Corroborando a todo esto (Canedo, 2006) nos dice que todos los suelos fueron una vez partes de las rocas. Los suelos se han formado por la disolución y desintegración de las rocas, debido a la acción abrasiva que sufren las partículas al chocar entre sí empujadas por las corrientes de agua, los deshielos, el viento y las caídas a pendientes más bajas.

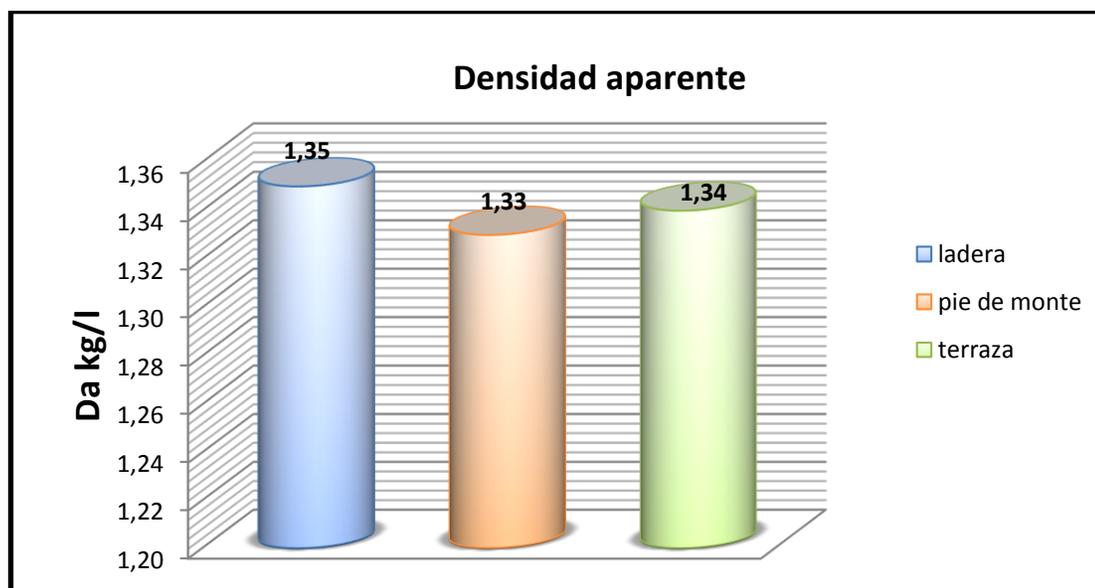
Los cambios de temperaturas originan cambios de volumen y por tanto, esfuerzos internos en las partículas de roca ayudando también a su desintegración. Las pequeñas partículas de roca que resultan de la pulverización y acción de la temperatura llegan a ser una masa de material originario del cual un suelo puede comenzar a desarrollarse. Este suelo en desarrollo puede ser movido por efecto de la erosión ocasionada por el agua, el viento o la gravedad y esta nueva masa no consolidada puede ser depositada en una nueva localización.

Lo cual indica que estos suelos son aptos para las exigencias edáficas de especies forestales tales como la tipa blanca (*Tipuanatipu*), y el tarco (*Jacaranda mimosifolia*), por lo tanto estos tres tipos de sitios como ser ladera, pie de monte y terraza se podría decir que son apropiados o aptos para una reforestación.

4.2.2. Densidad aparente

El contenido de densidad aparente que representa los sitios de la comunidad de Churquis se las visualiza a continuación.

Gráfica N° 6 Resultados de densidad aparente en los suelos de la comunidad de Churquis (ver anexo N° 6).



**Diferencias significativas al 95% de probabilidad*

Como se puede observar en la gráfica N°6 los valores de densidad aparente son más elevados en los suelos de ladera, mientras que en los suelos de pie de monte es de menor proporción al igual de los suelos de terraza lo cual no presentan diferencias significativas de acuerdo al test estadístico de Mann Whitney.

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 la elasticidad, conductividad eléctrica, conductividad térmica, en la capacidad calorífica a volumen constante y en la dureza. (Cano, 2000).

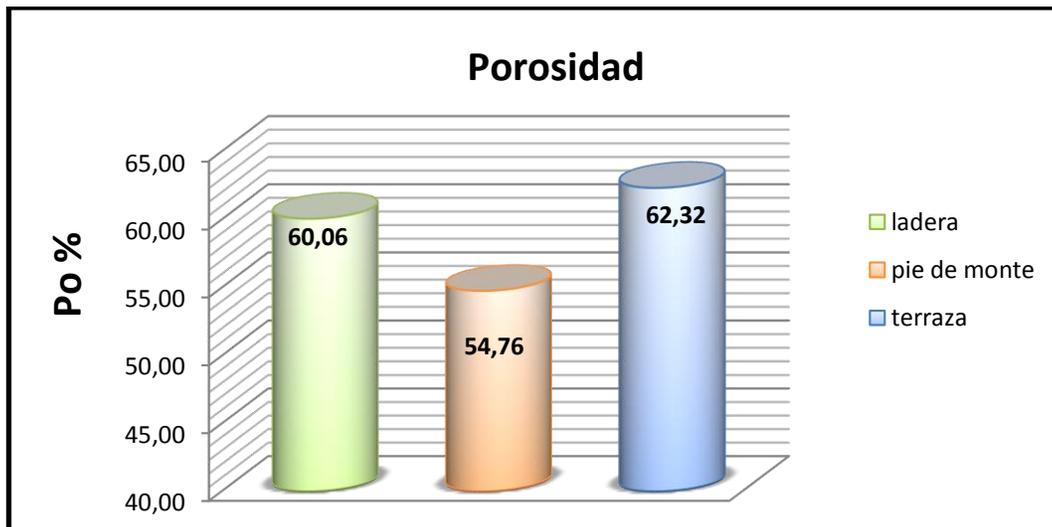
Cabe destacar que estos valores encontrados de a 1,34 Kg/l son un poco elevados ya que estos suelos son arenosos lo cual indica que no hay tal grado de compactación, el suelo de ladera contiene mayor densidad aparente 1,35 Kg/l por ser un suelo más arenoso y los suelos de pie de monte 1,33 Kg/l y terraza 1,34 Kg/l son arenosos franco lo cual indica una menor densidad.

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 entonces por ende la capacidad de infiltración será menor, en los sitios de ladera la densidad aparente es un tanto más elevada 1,35 Kg/l esto se debe a que estos suelos contienen mayor contenido de areniscas y roca en proceso de meteorización, lo cual hace que el espacio entre partículas se vea más reducido. Pero comparando estos sitios de la comunidad de Churquis con otros como ser los suelos de la comunidad de Pinos Sud nos damos cuenta que los suelos de Pinos son sitios mucho más densos al ser suelos más arcillosos.

4.2.3. Porosidad

El contenido de porosidad que representa los sitios de la comunidad de Churquis se las visualiza a continuación.

Gráfica N° 7 Presencia de porosidad en los suelos de la comunidad de Churquis (ver anexo N° 5).



Como se representa en la gráfica N° 7 los suelos de terraza demuestran mayor porosidad (62%) seguida los suelos de ladera (60%) y en menor proporción tenemos a los suelos de pie de monte (54%). Teniendo la porosidad de estos tres sitios nos damos cuenta que el porcentaje de estos es muy alto. En los suelos de terraza se da este fenómeno ya que estos suelos tienen cantidades de arcilla y limo lo cual quiere decir que son suelos con textura media de gruesa a fina por eso presentan mayor porosidad que los de textura gruesa según la (FAO 1986). Y por lo tanto como los sitios de ladera y pie de monte son de textura más gruesa y su porosidad tiende a ser menor.

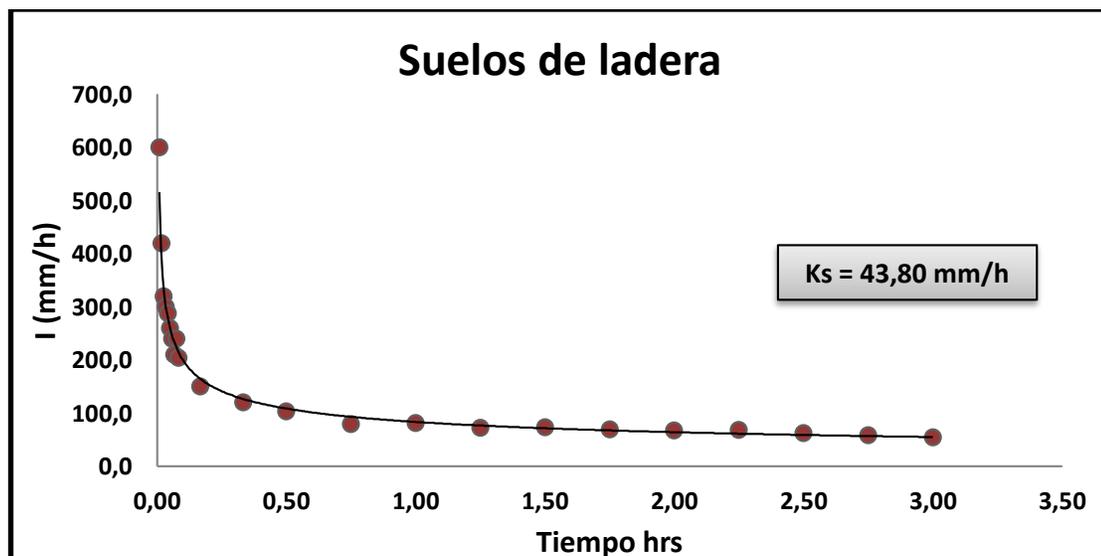
Según (Foth, 1985), los factores que afectan la porosidad total del suelo son los siguientes: La porosidad total se refiere a todo el espacio que no está ocupado por fracciones sólida mineral u orgánica, diferentemente si éste está ocupado por agua o por aire en el momento del muestreo. De esta forma la porosidad total es referida en la siguiente clasificación.

La estructura, granulación en los suelos tiende a aumentar el espacio poroso y por tanto disminuye la densidad aparente cuando las condiciones estructurales son malas en los suelos, se facilitan las condiciones de compactación de los horizontes, con la consecuencia reducción del espacio poroso. Los suelos de textura fina tienen una porosidad mayor que los de textura gruesa. Suelos arenosos tienen un 55%, suelos francos alcanzan un 60% mientras que los suelos de textura arcillosos alcanzan más de un 65 % de porosidad.

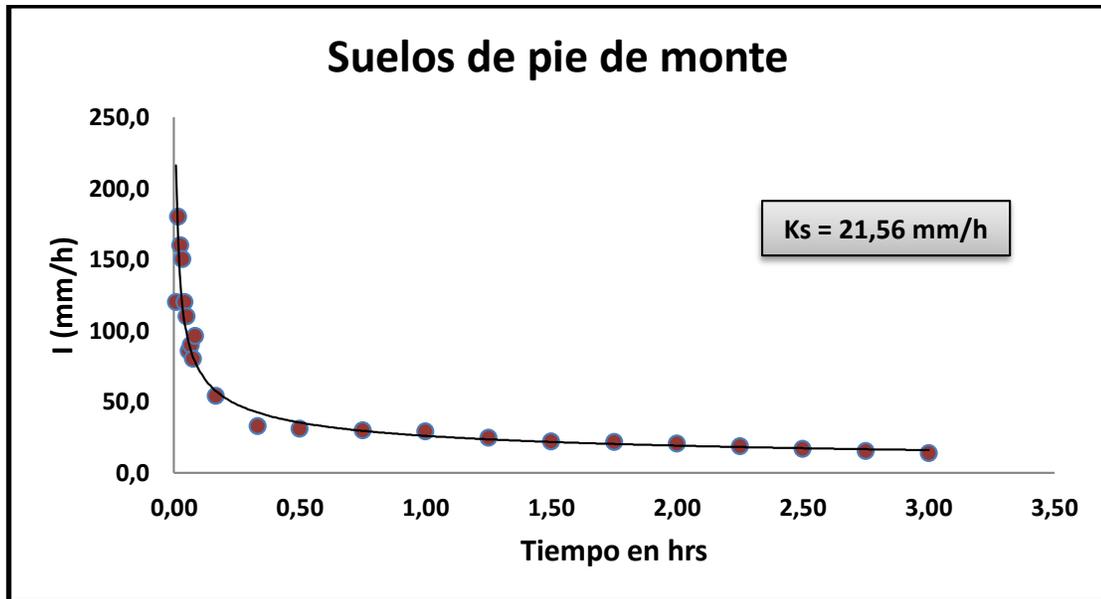
4.2.4. Infiltración del suelo

A continuación se muestra las gráficas de infiltración en los tres sitios donde se realizaron las pruebas de infiltración.

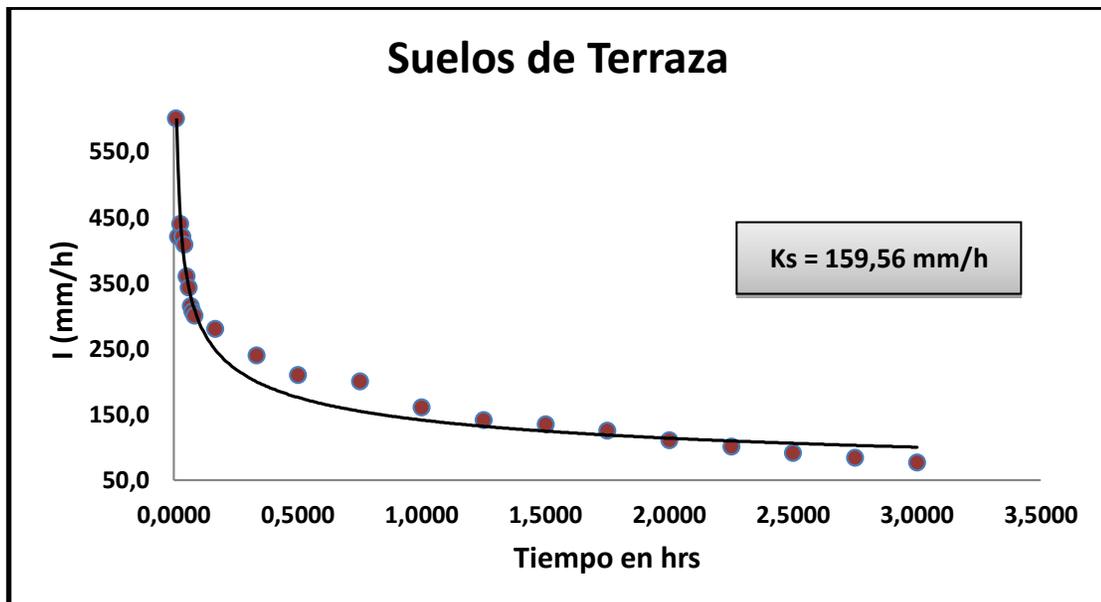
Gráfica N° 8 Velocidad de infiltración en suelos de ladera (ver anexo N° 8).



Gráfica N° 9 Velocidad de infiltración en suelos de pie de monte
(ver anexo N° 9).



Gráfica N° 10 Velocidad de infiltración en suelos de terraza (ver anexo N° 10).



Cuadro N° 16 cuadro de valores para encontrar la conductividad hidráulica

| Sitios | A | B | Ks (mm/h) | S | R ² |
|--------------|--------|-------|-----------|--------|----------------|
| ladera | 29,20 | 50,78 | 43,80 | 101,56 | 0,99 |
| pie de monte | 14,37 | 17,12 | 21,56 | 34,24 | 0,78 |
| terrazza | 106,37 | 50,55 | 159,56 | 101,10 | 0,92 |

Cuadro N° 17 Ecuaciones ajustadas de la infiltración de Phillip

| Sitios | Ecuación | R ² | Ks (mm/h) |
|--------------|-----------------------------------------------|----------------|-----------|
| Ladera | $VI = 43,80 + \frac{1}{2} 101,56 * t^{-1/2}$ | 0,99 | 43,80 |
| Pie de monte | $VI = 21,56 + \frac{1}{2} 34,34 * t^{-1/2}$ | 0,78 | 21,46 |
| Terraza | $VI = 159,10 + \frac{1}{2} 101,56 * t^{-1/2}$ | 0,92 | 159,56 |

VI= Velocidad de infiltración

T= Tiempo

Ks= Conductividad hidráulica

Como podemos observar en las gráficas de infiltración notamos que los sitios de terraza presentan una infiltración con mayor rapidez (159 mm/h), seguida de los sitios de ladera y por último tenemos a los sitios de pie de monte donde la infiltración llega a ser constante en un periodo de tres horas, es decir llega a un punto de saturación donde el agua no penetra al interior del suelo.

Según (Donoso, 1994) la capacidad de infiltración de un suelo es la permeabilidad que este presenta ante el agua, o la habilidad del suelo para aceptar agua y permite el paso de ella a través de lo que depende básicamente de la porosidad y el contenido de

humedad del suelo a si en suelos arenosos el agua infiltra rápidamente y no tiene oportunidad de escurrirse, aun con fuertes pendientes y fuertes lluvias. Por otro lado los suelos arcillosos tienden a hincharse con pocos milímetros de agua lo cual hace que exista un escurrimiento superficial al no existir capacidad de infiltración por parte del suelo (Sherry 2004).

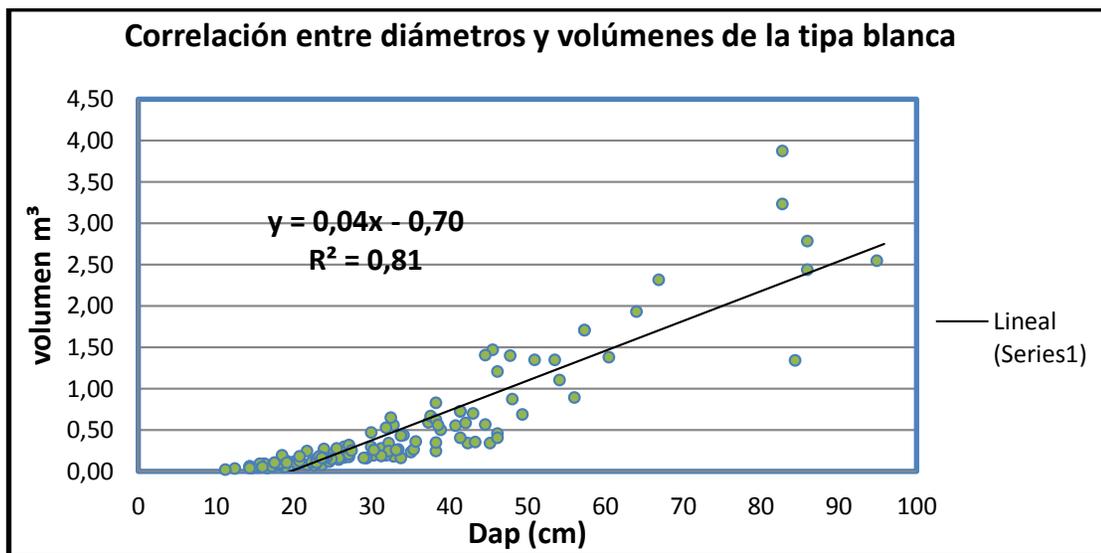
Esto se explica a que en los suelos de pie de monte la porosidad es menor y por lo tanto no existe una buena conductividad hidráulica (K_s) ver cuadro N° 16 , esto podría deberse al taponamiento de los espacios porosos por diversos factores como ser: la actividad antrópica del sitio, la gran cantidad de ganado que se encuentra en el área de estudio, para el caso de los suelos de ladera la K_s tiende a subir más o menos el doble al anterior ya que estos sitios presentan un mayor porcentaje de porosidad, y por ultimo tenemos al sitio de terraza en este tipo de paisaje la infiltración es mucho más rápida (159 mm/h) ya que según la gráfica N° 10 el nivel sigue bajando incluso pasado las tres horas. Por lo tanto la conductividad hidráulica es mucho mayor y muy significativa a comparación de las demás, esto se debe a que estos sitios son suelos muy profundos y con una porosidad del 62%.

Por otra parte como se puede observar en el cuadro N° 17 los valores del coeficiente de determinación también son diferentes en los tres sitios y de igual manera se puede observar que el valor de R^2 para suelo de pie de monte es menor, lo cual indica que estos suelos presentan problemas de infiltración, esto podría deberse a que estos sitios son suelos poco profundos llegando a verse la roca madre a unos 40 a 60cm de profundidad, también cabe recalcar el agua de escorrentía de un riachuelo se encuentra a unos 10m del lugar donde se realizó la prueba de infiltración, lo cual podría darse la ocasión de que estos sitios ya se encontraban saturados por agua.

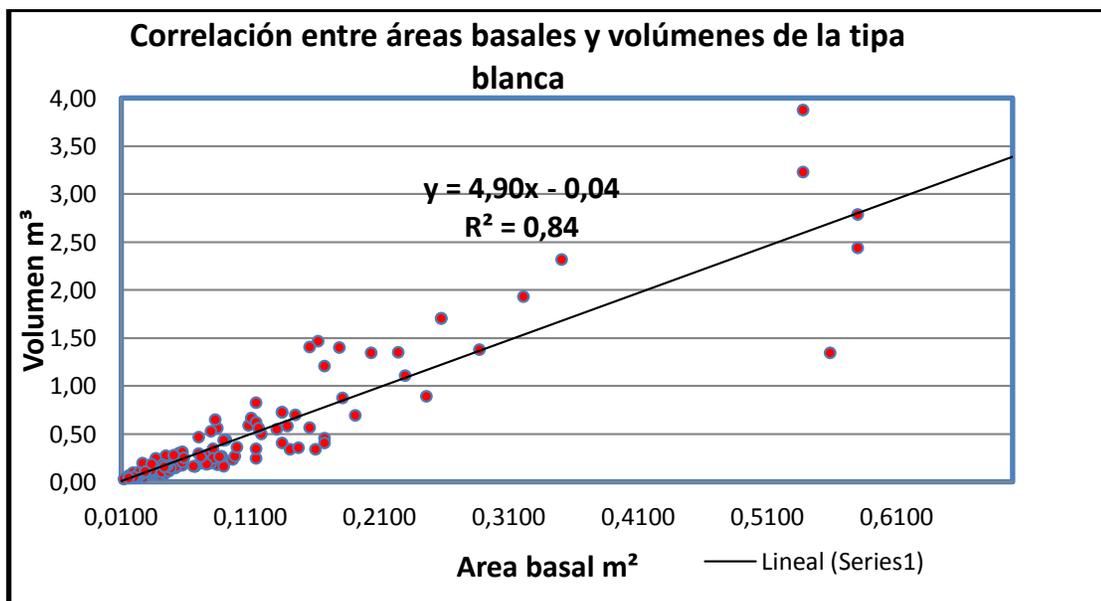
4.3. Determinación de volúmenes de las dos especies forestales de tipa blanca y tarco en los bosquetes de la comunidad de churquis.

A continuación se visualiza las gráficas de correlaciones entre estas dos especies forestales.

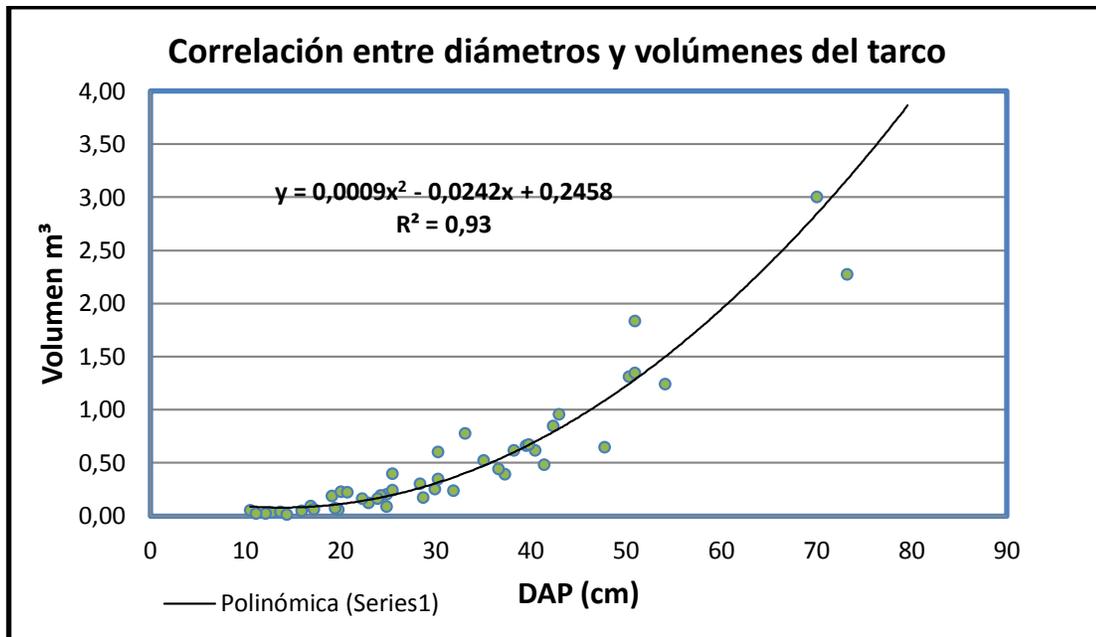
Gráfica N° 11 Correlación entre diámetros y volúmenes de la tipa (Ver anexo N° 15).



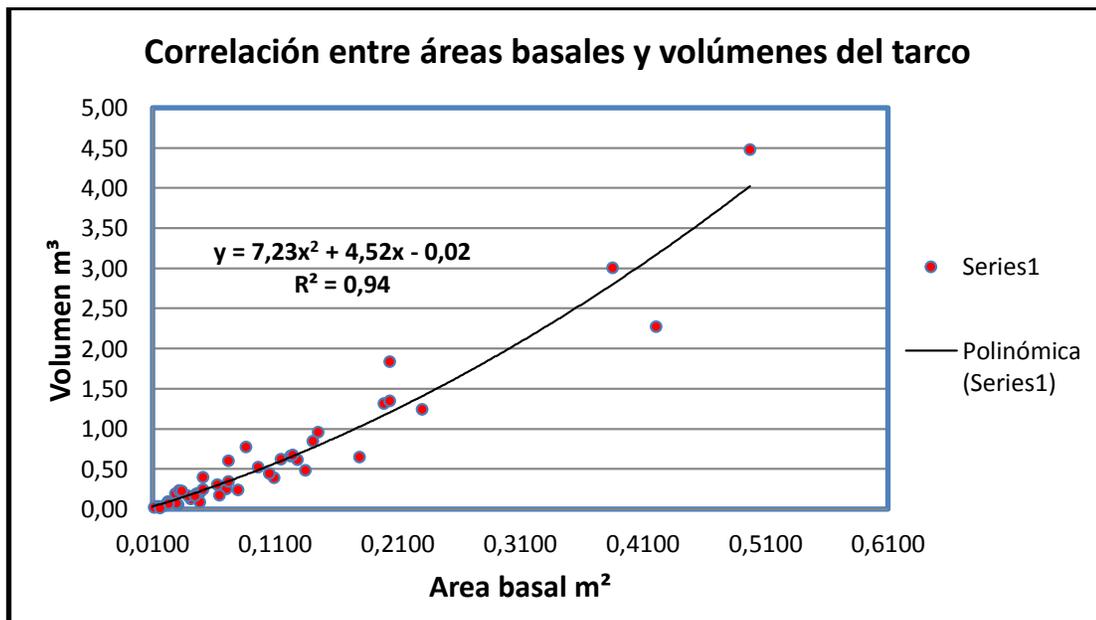
Gráfica N° 12 Correlación entre área basal y volúmenes de la tipa



Gráfica N° 13 Correlación entre diámetros y volúmenes de la especie el tarco (Ver anexo N° 16).



Gráfica N° 14 Correlación entre diámetros y volúmenes de la especie el tarco



Cuadro N° 18 Comparaciones de resultados de área basal, volumen y el coeficiente de determinación para las dos especies.

| Cuadro de resultados para las dos especies en la comunidad de Churquis | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------|
| ESPECIES | N° de individuos | Área basal m² | volumen m³ | R² |
| <i>Tipuanatipu</i> | 138 | 17,5827 | 85,95 | 0,84 |
| <i>Jacaranda mimosifolia</i> | 47 | 4,7087 | 27,75 | 0,94 |
| TOTAL | 185 | 22,2914 | 113.7 | |

La tipa blanca (*Tipuanatipu*) es una especie forestal de la familia de las leguminosas, al parecer esta especie se llegó a adaptar considerablemente a las condiciones edáficas de la comunidad de Churquis ya que en sitios de ladera y pie de monte se puede encontrar ejemplares con excelentes diámetros, esto se debe a los nutrientes que existen en los suelos, no serán los más adecuados pero son lo suficientemente aptos para que esta especie pueda desarrollarse y crecer con facilidad.

Si observamos la gráfica N° 11, la correlación que existe entre el diámetro y el volumen es el más apropiado dando una relación del 81% ya que no se pudo sacar una correlación con la altura y el volumen. Esto indica que para tener un buen volumen lo más indispensable es el diámetro, y la altura pasa a un segundo plano, hablando netamente de volúmenes. También observamos que existe una buena correlación entre áreas basales y volúmenes según la gráfica N° 12 lo cual indica que la densidad de estos rodales no es muy elevada. Por otra parte cabe recalcar que el ajuste que se da entre áreas basales y volúmenes es mucho mejor dando como resultado de un 84%

Por otra parte cabe recalcar que los arboles los cuales se muestrearon fueron con diámetros mínimos de 20cm dando un total de 138 individuos de tipa, pero el mayor porcentaje de estos están presentes en los sitios de ladera, y de forma aislada en pie de

monte, en suelos de terraza no se encontraron individuos lo cual se tomó como un sitio referencial.

El tarco (*Jacaranda mimosifolia*), es una especie forestal de la familia Bignoniaceae se multiplica solamente por semillas, es un árbol no demasiado exigente en cuanto se refiere al tipo de suelo, pero se adecua más en suelos arenosos a franco arenosos según (Digilio 1966). Por tal razón se debe su presencia a los sitios de la comunidad de Churquis ya que en su gran mayoría estos suelos son arenosos a franco arenosos, de tal forma estos sitios son aptos para el desarrollo de esta especie forestal.

Como se visualizar la gráfica N° 13, la correlación que existe entre los volúmenes y diámetros, son mucho más elevados a comparación de la tipa blanca de este modo argumento que el ajuste que se realiza es mucho más perfecto mostrando un R^2 de 93 % lo cual indica que para que exista buenos volúmenes el diámetro tiene que ser óptimo. También observamos la correlación que existe entre volúmenes y áreas basales y comparamos el valor de R^2 pero este coeficiente de determinación es todavía más perfecto ajustándose al 94 %, esto se debe a que el espaciamiento entre individuos es mayor lo cual indica que no existe mucha competencia entre luz solar y nutriente.

También cabe recalcar que el número de individuos que se encontraron fueron muy escasos con un total de 47 ejemplares pero estos fueron muy representativos al tener buenos diámetros y alturas considerables. El sitio con mayor abundancia de tarco fue el de pie de monte y en menor proporción en ladera y solo uno a dos individuos de encontraron en sitios de terraza.

Por otra parte es indispensable mencionar que el total de especies encontradas tanto como de tipa blanca y tarco fue un total de 185 individuos dando lugar a una cuantificación volumétrica de 113.7 m³, esto quiere decir que los nutrientes encontrados en estos suelos cumplen un papel muy importante para el crecimiento de estos ejemplares, también las características físicas del suelo ayudan el crecimiento

de las mismas por presentar de moderada a buena infiltración, porosidad y textura apta para estas especies arbóreas

4.4. Determinación de la calidad de sitio mediante las propiedades químicas del suelo

4.4.1. Materia orgánica

La calidad de sitio fue determinada mediante la siguiente comparación de matrices, los valores que se encuentran sombreados son los que entran en el rango de valores de los análisis químicos que se hicieron para estos suelos.

Cuadro N° 19 Materia orgánica

| M.O. (%) | | CLASE |
|-------------|------------------|----------|
| Muy bajo | < 0.5 | C |
| Bajo | 0.6 - 1.5 | B |
| Medio | 1.6 - 3.5 | B |
| Alto | 3.6 - 6.0 | A |
| Muy alto | > 6.0 | A |

Cuadro N° 20 Reacción del suelo

| Rangos de Ph | Clase |
|---------------------------|----------|
| 5,5 – 7,5 | A |
| 4,1 – 5,4 y 7,6 – 3,4 | B |
| Menos de 4,0 y más de 8,5 | C |

Cuadro N° 21 Conductividad eléctrica

| C.E. | | CLASE |
|-----------------------|------------------|----------|
| Categoría del suelo | Valor (mmho/cm) | |
| No salino | 0 - 2.0 | A |
| Poco salino | 2.1 - 4.0 | A |
| Moderadamente salino | 4.1 - 8.0 | B |
| Muy salino | 8.1 - 16.0 | C |
| Extremadamente salino | > 16.0 | C |

Cuadro N° 22 Fósforo

| P ppm | | CLASE |
|-----------|-------------|-------|
| Categoría | Valor (ppm) | |
| Bajo | < 5.5 | C |
| Medio | 5.5 -11 | B |
| Alto | > 11 | A |

Cuadro N° 23 Nitrógeno total

| N% | | CLASE |
|------------------------|---------------|-------|
| Categoría de nitrogeno | Valor (%) | |
| Extremadamente pobre | < 0.032 | C |
| Pobre | 0.032 - 0.063 | C |
| Medianamente pobre | 0.064 - 0.095 | B |
| Medio | 0.096 - 0.126 | B |
| Medianamente rico | 0.127 - 0.158 | A |
| Rico | 0.159 - 0.221 | A |
| Extremadamente rico | > 0.221 | A |

Cuadro N° 24 calcio, magnesio y potasio

| categoría | meq/100 gr | | | clase |
|-----------|------------|-----------|-----------|-------|
| | Ca | Mg | K | |
| Muy baja | < 2 | < 0.5 | < 0.2 | C |
| Baja | 2 – 5 | 0.5 – 1.3 | 0.2 – 0.3 | B |
| Media | 5 – 10 | 1.3 – 3.0 | 0.3 – 0.6 | A |
| Alta | > 10 | > 3.0 | > 0.6 | A |

4.4.2. Determinación de la calidad de sitio mediante las Propiedades físicas y características externas de los suelos.

La calidad de sitio de las propiedades físicas y agentes externos del suelo se ha determinado mediante la siguiente comparación de matrices, los valores que se encuentran sombreados son los que entran en el rango de comparación.

Cuadro N° 25 Pendiente

| <i>Rangos %</i> | <i>Clase de Pendiente</i> |
|-----------------|---------------------------|
| 0 - 20 | A |
| 21 - 100 | B |
| Más de 100 | C |

Cuadro N° 26 Profundidad efectiva del suelo

| <i>Profundidad cm.</i> | <i>Clases de Profundidad</i> |
|------------------------|------------------------------|
| Más de 80 | A |
| 30 - 80 | B |
| Menos de 30 | C |

Cuadro N° 27 Textura

| <i>Grupos</i> | <i>Clases de Textura</i> |
|---------------|--------------------------|
| Ligero | Arena A |
| | Arena franca A |
| Mediano | Franco B |
| | Limoso B |
| Pesado | Franco Arcilloso C |

Cuadro N° 28 Pedregosidad

| <i>Distancia entre piedras y/o % de gravas</i> | <i>Clases de pedregosidad</i> |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| No existen gravas ni piedras | A |
| De 2 a 10 m y/o de 10 - 90 | B |
| Presencia de fragmentos y/o piedras es mayor y dificulta hacer plantaciones Forestales | C |

Cuadro N° 29 Rocosidad

| Rocosidad | Valor % | CLASE |
|-----------|---------|-------|
| Ninguna | 0 | A |
| Muy poca | 0 - 2% | A |
| Común | 2 - 5 % | B |
| Poca | 5 - 15% | B |
| Muchas | 30% | C |

Cuadro N° 30 Matriz general.- En este cuadro se determinada la calidad de sitio de acuerdo a la comparación de matrices de los componentes físico-químicos y características externas del suelo de los tres sitios los cuales fueron identificados por paisajes de ladera, terraza y pie de monte.

| Determinación de la calidad de sitio para los distintos tipos de paisajes que se encuentran en la comunidad de Churquis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------|-------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------------------------------|-------------|----------------|--------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Sitios | propiedades químicas del suelo | | | | | | | | | Propiedades Físicas del suelo | | | | | | Características externas del suelo | | | |
| | M.O. | pH | C.E. | N | P | K | Ca | Na | Mg | textura % | | | Da Kg/l | Po % | Infil Ks mm/h | Pen % | Roc % | Pedr % | P.e.s cm |
| | | | | | | | | | | arena | limo | arcilla | | | | | | | |
| Ladera | B | A | A | B | C | C | C | A | B | A | B | C | A | A | A | A | B | B | A |
| Pie de monte | B | A | A | C | C | C | C | B | B | A | B | C | A | B | B | A | B | A | A |
| Terraza fluviolacustre | B | A | A | B | C | C | C | C | A | A | B | B | A | A | A | A | A | A | A |

Cuadro N° 31 determinación de la calidad de sitio con sus valores reales

En este cuadro se demuestra el resultado final, tanto de los valores físicos como los químicos. Agentes externos del suelo, volúmenes y por último se da una clasificación de acuerdo al resultado de las matrices elaboradas.

| Determinación de la calidad de sitio para los distintos tipos de paisajes que se encuentran en la comunidad de Churquis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------------------|-------|---------|------------|-------|------------------------------------|-------|-------|--------|--------------------------------------|----------------------|--------|
| Sitios | propiedades químicas del suelo | | | | | | | | | Propiedades Físicas del suelo | | | | | Características externas del suelo | | | | volumen de tipa blanca y tarco | CALIDAD DE SITIO | |
| | M.O. | pH | C.E. | N | P | K | Ca | Na | Mg | textura % | | | Da Kg/l | Po % | Infil Ks mm/h | Pen % | Roc % | Pedr % | P.e.s cm | | Vol m³ |
| | | | | | | | | | | arena | limo | arcilla | | | | | | | | | |
| Ladera | 1,475 | 5,80 | 0,01 | 0,07 | 0,65 | 0,02 | 1,58 | 0,13 | 0,59 | 90,00 | 4,00 | 6,00 | 1,35 | 60,06 | 43,80 | 13,00 | 8,00 | 8,70 | 82,00 | 58,03 | A |
| Pie de monte | 0,876 | 5,90 | 0,02 | 0,04 | 0,92 | 0,05 | 1,13 | 0,04 | 1,03 | 86,00 | 8,00 | 6,00 | 1,33 | 54,76 | 21,56 | 5,00 | 0,00 | 1,00 | 80,00 | 55,56 | B |
| Terraza fluviolacustre | 1,380 | 6,10 | 0,04 | 0,07 | 1,40 | 0,01 | 1,65 | 0,22 | 1,51 | 80,00 | 19,00 | 1,00 | 1,33 | 62,32 | 159,56 | 2,00 | 1,00 | 3,00 | 100,00 | sitio referencial | A |

Elaboración propia 2012

| | | | |
|-------------------------|-------------|--------------------------------|--------------|
| Materia orgánica | M.O. | Conductividad hidráulica | Ks |
| Conductividad eléctrica | C.E. | Pendiente | Pen |
| Nitrógeno | N | Rociedad | Roc |
| Potasio | K | Pedregosidad | Pedr |
| Calcio | Ca | Profundidad efectiva del suelo | P.e.s |
| Sodio | Na | Volumen | Vol |
| Magnesio | Mg | Porosidad | Po |
| Densidad aparente | Da | | |

Cuadro N° 32 clases en las cuales se determina la calidad de sitio

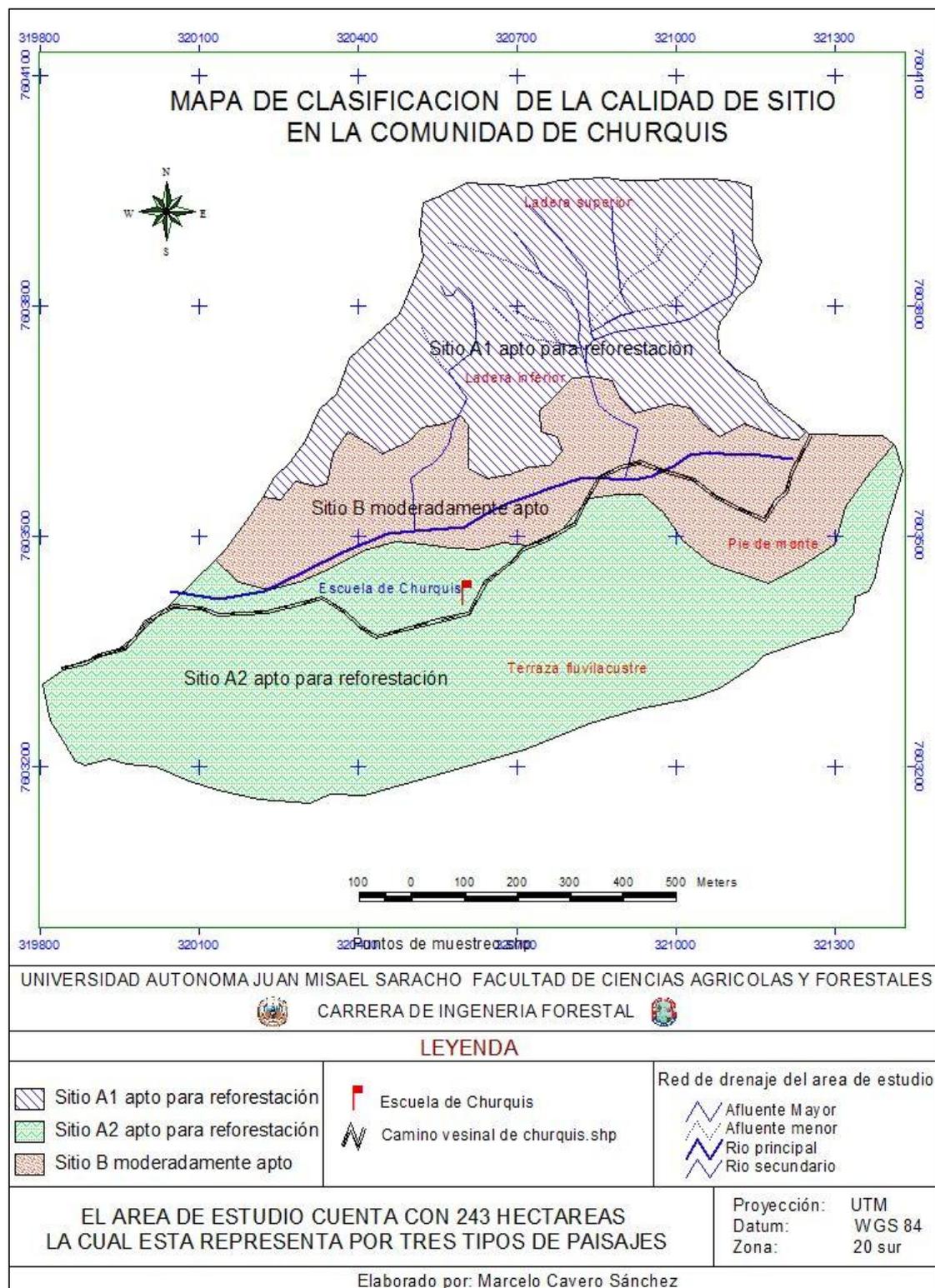
| Determinación de la calidad de sitio | | |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Clase A | Clase B | Clase C |
| Sitios con buena calidad de suelos aptos para arboles forestales | Sitios con buena a mediana calidad de suelos aptos para arboles forestales | Sitios con mala calidad de suelos no aptos para reforestación |

Como se puede observar en el cuadro N° 31, se muestran los resultados obtenidos en la cual se determina la calidad de sitio, para los tres lugares donde se realizó el estudio. La primera geoforma nos muestra que los sitios de ladera entran en la clasificación “A” lo cual indica que estos suelos son aptos para realizar repoblamiento o una plantación forestal de tipa blanca y tarco, para el caso de pie de monte nos muestra un rendimiento más bajo de acuerdo a la clasificación pero de carácter igual estos son sitios de buena a mediana calidad lo cual indica que también son lugares aptos para realizar plantaciones forestales.

Y por último tenemos a los sitios de terraza que estos a sus vez se clasifican en sitios A de buena calidad al igual que los sitios de ladera, todo esto se debe a las características edáficas del suelo ya que estos suelos son apropiados para las especies de tipa y tarco al no ser tan exigentes en cuanto se refiere a las propiedades del suelo.

La matriz que N° 31 fue ajustada con todos los componentes tanto químicos-físicos también se agregó las agentes externos del suelo, los volúmenes de las especies arbóreas encontradas en la zona de estudio. Según (Luters y col, 1999) nos dicen que para medir la calidad de los suelos forestales se debe hacer todo este procedimiento lo cual muestra la matriz madre y corrobora con lo mencionado.

Mapa N° 4 Clasificación de la calidad de sitio en la comunidad de Churquis



Como se visualiza en el mapa N° 6, las características que presentan los paisajes de ladera, pie de monte y terraza, estos sitios a su vez son aptos para realizar una reforestación, El sitio (A1) que son los paisajes de ladera son aptos para hacer una

reforestación pero cave recalcar que esta reforestación solo se puede hacer en ladera inferior ya que en ladera superior los suelos son rocosos y la profundidad de profundidad del suelo es reducida, el sitio (B) pertenece a los paisajes de pie de monte estos sitios son moderadamente aptos esta clasificación se lo atribuye por presentar valores muy bajos en cuanto se refiere a las características físico-químicas del suelo, y por último se menciona el sitio (A2) que son los suelos de terraza fluviolacustre estos sitios presentan excelentes características por ser profundos y bien drenados y con requerimientos edáficos excelentes para la tipa blanca y el tarco.

El área de estudio cuenta con una superficie de 243 has las cuales están separadas por los diferentes tipos de paisajes el sitio A1 cuenta con una superficie para la reforestación de 88 has, el sitio (A2) cuenta con 53 has para una reforestación y por último tenemos al sitio B, con una superficie de 102 has las cuales están conformadas por paisajes de terraza fluviolacustre.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según los objetivos planteados a continuación se muestran las conclusiones de los resultados obtenidos.

CONCLUSIONES

- En los sitios donde se hizo el estudio de materia orgánica se determinó que los suelos de ladera contienen un mayor porcentaje de este componente (1,48%), esto se debe a que en estos sitios existe mayor cantidad de presencia de vegetación de tipa blanca y tarco por lo tanto hay un mayor aporte de hojarasca en el suelo lo cual proporciona una mejor formación de humos, pero por el contrario los suelos de pie de monte contienen una baja cantidad de materia orgánica (0.88%) esto se debe a la presencia de afluentes los cuales al momento de llegada estarías lavando la materia orgánica.
- Para el caso del pH y la conductividad eléctrica se muestra que en los tres lugares los contenidos son moderados entre (5,80) a (6,10) haciendo que estos sitios sean moderadamente ácidos lo cual indica que estos sitios no tiene mucha presencia de sales, resultando sitios adecuados para las especies nativas de tipa blanca y tarco.
- En cuanto se refiere a los elementos químicos como ser: N, P, K, Na, Mg, Ca estos en su gran mayoría son bajos, pero son mucho más en sitios de pie de monte esto se debe a la baja concentración de materia orgánica que existe en estos paisajes de pie de monte.
- Teniendo los resultados de las propiedades físicas de los sitios se muestra que la textura de estos suelos son arenosos en ladera y arenosos franco en suelos de pie de monte y terraza dando como resultado a suelos con una densidad aparente

moderada, lo cual indica que no es severo el grado de compactación de los tres sitios estudiados, a todo esto se enmarca la porosidad ya que estos suelos tienen un alto contenido de porosidad de 54 a 62 % de esta manera se podría decir que estos suelos tienen una buena ventilación aportando de gran medida al desarrollo de la vegetación en general.

- Los valores que se muestran en la conductividad hidráulica son altos para los sitios de ladera y terraza y reflejan una buena infiltración, pero el caso de los sitios de pie de monte la conductividad hidráulica es muy baja lo cual refleja una mala infiltración esto podría deberse a que los suelos analizados de pie de monte contenían grandes cantidades de humedad por estar cerca al lecho de río.
- De acuerdo a los volúmenes encontrados de tipa blanca 85,95 m³ y tarco 27,75 m³ se demuestra que la mejor adaptabilidad al sitio es la especie de tarco ya que dio como resultado una mejor interacción entre suelo y planta, cabe recalcar que los individuos que se encontraron fueron muy pocos con un total de 47 y no se pudo observar presencia de regeneración en ninguna de las dos especies de tipa blanca y tarco, todo esto se debe a la gran cantidad de ganado que existe en el lugar, a comienzos de la estación de primavera el ganado no tiene que comer lo cual recurre a las plántulas que están en proceso de germinación también se comen todos brotes perjudicando a la regeneración de gran medida, por otro lado es imperante mencionar que los sitios de terraza son de buena calidad pero no se observa presencia de estas dos especies, todo esto explica a que estos lugares son zonas mucho más propensas al sobrepastoreo lo cual se estaría perjudicando de gran medida a la propagación de estas dos especies nativas.
- Para el caso de la calidad de sitio las tres geoformas de ladera, pie de monte y terraza son aptos para estas dos especies, ya que estos sitios cumplen con las exigencias edáficas de la especie, por otra parte también se muestra que las

características internas de los suelos no son tan buenas pero las características externas son de buena calidad haciendo que la vegetación llegue a desarrollarse sin problema alguno, también es importante mencionar que estos sitios también cumplen los requerimientos edáficos y climáticos para otras especies forestales tales como Leguminosas y Anacardaceas, como ser el molle que es una excelente especie para la reforestación.

RECOMENDACIONES

- Para el caso de la materia orgánica en los sitios de pie de monte se recomienda realizar obras de conservación biológica en los afluentes para que así de esta manera se pueda controlar un poco el arrastre de sedimentos y la perdida que se da de este componente que es tan elemental para el suelo.
- También es importante recomendar acerca de los elementos químicos del suelo ya que estos no se encuentran en buenos niveles, es conveniente realizar plantaciones forestales en lugares donde no existe vegetación para que pueda haber un aporte de nutrientes al suelo y de esta manera mejorar los elementos químicos los cuales tienen valores muy bajos en los tres tipos de geoformas.
- Para mantener los suelos con una buena infiltración y no compactados es recomendable hacer corrales o potreros donde el ganado no este suelto ya que también este es causante de la compactación del suelo por el excesivo pisoteo que se da en lugares de pastoreo.
- También se recomienda realizar cerramientos para que así de esta manera el ganado no pueda entrar por lo menos en la época de regeneración y crecimiento a los lugares donde existe presencia de tipa blanca y tarco, y así poder mantener la buena calidad que tienen estos sitios.

- Desde el punto de vista social la comunidad conjunta tiene que hacer un plan de manejo para mantener estos pequeños bosques de tipa blanca y tarco ya que aportan de gran medida a la regulación de microclimas también ayudan a mantener los afluentes de agua, para que de esta manera el comunario pueda beneficiarse del bosque teniendo productos secundarios del mismo como ser forraje para el ganado, leña, plantas medicinales típicas del lugar etc.

- Y por último se recomienda realizar plantaciones forestales en toda la comunidad de Churquis ya que los sitios son adecuados para la tipa blanca y tarco, realizar estas plantaciones con el fin de poder frenar el proceso erosivo y la pérdida de suelo que se da año tras año por los diversos factores climáticos y antrópicos. También es importante mencionar que son especies de fácil crecimiento ya que su germinación es rápida por presentar semillas recalcitrantes