

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador: la deforestación, la desordenada ocupación de la tierra, el uso inadecuado del suelo y la ausencia de prácticas agropecuarias acordes con las condiciones naturales, han hecho que junto a aspectos socioeconómicos, climáticos y fisiográficos, conduzcan a la pérdida continua de vegetación y degradación física y química de los suelos.

El fenómeno de la erosión es más notorio en zonas secas donde la vegetación es escasa y el suelo esta desprotegido y a merced del impacto directo de la lluvia o el viento. Dentro de estas características se enmarca la microcuenca Yahuarcocha, en cuya superficie se encuentra el lago del mismo nombre.

El lago Yahuarcocha se ha convertido en un recolector de desechos y sedimentos arrastrados por causa de la erosión de las montañas que lo rodean, debido a la inadecuada utilización del suelo y escasa cobertura vegetal de su entorno. Estos factores producen deterioro del paisaje, contaminación y disminución de la profundidad y el espejo de agua.

Dentro de la microcuenca se observa que la cantidad de especies nativas existentes en el sitio son menores, existiendo una marcada deforestación, degradación del suelo y desmejoramiento de las características paisajísticas del lugar.

Frente a estos problemas se planteó la presente investigación con la finalidad de dar alternativas de protección y mejoramiento de los suelos erosionados de la microcuenca, para salvaguardar la red hidrográfica y disminuir el arrastre de sedimentos hacia el lago.

Se estudió la siembra directa de tres especies forestales: *Acacia macracantha* (Faique), *Caesalpinia spinosa* (Guarango) y *Schinus molle* (Molle), seleccionadas considerando la vegetación existente en la zona, así como por su aptitud en función de las características ecológicas. Al crecer estas especies son fuente de beneficios ya que brindan protección al suelo, contribuyen a mejorar las características físicas y químicas, aportan biomasa aumentando la capacidad de infiltración y almacenamiento del agua así como también ayudan a mantener el ciclo hidrológico, facilitan la regeneración natural purificando el ambiente y reduciendo de esta manera la erosión y sedimentación.

A las especies mencionadas se las dispuso bajo zanjas de infiltración que son obras mecánicas de conservación de suelos que permiten cortar la longitud de la pendiente, facilitan la infiltración, atrapan sedimentos y contribuyen a la formación de una topografía menos irregular.

Esta investigación es de gran importancia ya que la protección de cuencas hidrográficas y en particular de la microcuenca Yahuarcocha, es vital para el desarrollo sostenible de la región.

Los datos obtenidos servirán de base para que instituciones de desarrollo y ONG's, propietarios de predios y ciudadanía en general se interesen y puedan contribuir para que se hagan planes o proyectos más amplios para la protección de la microcuenca. El cuidado del lago es de vital importancia ya que encierra un gran potencial turístico y a futuro podría considerarse como alternativa para solventar el problema de la escasez de agua, cada vez más notorio en todo el mundo.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo General

- Contribuir con alternativas para la protección de suelos erosionados de la microcuenca Yahuarcocha, mediante siembra directa de tres especies forestales dispuestas en zanjas de infiltración, con la finalidad de contribuir a la preservación de la parte media y baja de la laguna.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características biofísicas – químicas del área de estudio antes y a los 10 meses de instalado el ensayo.
- Establecer la calidad de las semillas de cada especie con el fin de tener lineamientos referenciales para la posterior siembra en los sitios experimentales.
- Determinar el comportamiento en cuanto a germinación, sobrevivencia, crecimiento y estado fitosanitario de cada una de las especies en los diferentes tratamientos: con humus y sin humus.
- Evaluar la influencia de las zanjas de infiltración en la conservación de la humedad del suelo.
- Determinar costos de cada uno de los tratamientos.

1.2. HIPÓTESIS

Ho

- La germinación de las semillas, sobrevivencia, crecimiento y estado fitosanitario es similar para las tres especies propuestas.
- Las especies sembradas contribuyen en similar medida al mejoramiento de las características físico – químicas del suelo del lugar.
- La regeneración natural es similar en los cuatro sitios experimentales.

Ha

- La germinación de las semillas, crecimiento, desarrollo, sanidad y sobrevivencia de las especies propuestas depende de la especie.
- El mejoramiento de las características físico – químicas del suelo es diferente y está en relación con la especie.
- La regeneración natural es diferente en cada uno de los cuatro sitios experimentales

CAPÍTULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1. EL SUELO

Valarezo (2002) describe al suelo como cuerpo natural, como recurso natural y como medio para el crecimiento de las plantas:

El suelo es un cuerpo natural tridimensional de la superficie terrestre, cuyas propiedades resultan del efecto integrado de la acción del clima y los seres vivos (plantas y animales), que actúan sobre el material parental, de acuerdo a las condiciones de relieve en un cierto período de tiempo.

El suelo es un recurso natural fundamental que soporta el crecimiento de las plantas, dotándolas de anclaje, agua, aire y nutrientes a las raíces.

El suelo es el substrato básico de toda forma de vida terrestre, puesto que sirve no solamente como un medio para el crecimiento de las plantas y la actividad microbiana, sino también como medio de reciclaje para muchos productos de desecho que de otra manera se acumularían y envenenarían al medio ambiente.

El suelo es un almacén de elementos nutritivos para la planta , un medio ambiente para las bacterias, un adecuado asidero para la propia planta y un depósito del agua que la misma requiere para su desarrollo (Relación entre suelo – planta – agua, 1972).

2.1.1. Propiedades físicas

Las propiedades físicas, reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros (Bautista, et al 2004).

2.1.1.1. Densidad aparente

Cuanto mayor es la densidad, menor el espacio poroso para el movimiento del agua, crecimiento y penetración de raíces, y el desarrollo de plántulas (USDA, 1999, *Op. Cit.*).

En la misma obra se menciona que la densidad aparente es una propiedad dinámica que varía con la condición estructural del suelo. Esta condición puede ser alterada por: el laboreo, pisoteo de animales, maquinaria agrícola y clima, así por ejemplo dentro de este último por el impacto de las gotas de lluvia.

Estratos compactos del suelo tienen altas densidades aparentes, restringen el crecimiento de las raíces, e inhiben el movimiento del aire y el agua a través del suelo (*Ibid.*).

2.1.1.2. Profundidad efectiva

“El volumen del suelo que pueden explorar las raíces en busca de agua y nutrientes y a la vez anclar a la planta, está en función de la profundidad efectiva, la misma que puede estar limitada por: la presencia de una tabla de agua cercana a la superficie, horizontes compactados o impermeables, capas de grava, roca, etc.” (Valarezo 2002, *Op. Cit.*)

En un suelo profundo las raíces dispondrán de una mayor cantidad de agua que en un suelo superficial. A medida que el suelo tiene menor profundidad efectiva el rango posible de cultivos será menor; así, en los suelos superficiales, una de las pocas alternativas son los pastos (*Ibid.*).

2.1.1.3. Profundidad del horizonte superior

La profundidad del horizonte es importante para el almacenamiento del agua y la provisión de nutrientes para el crecimiento de las plantas (USDA, 1999).

La materia orgánica presente en el horizonte superficial, es crucial debido a que contiene los nutrientes que eventualmente serán reincorporados en el suelo. También es importante en un estado parcialmente descompuesta ya que las hojas y maderas que se están pudriendo son capaces de almacenar humedad, como esponjas, y ayudan a que el suelo forestal retenga el agua de lluvia (Matices de verde, 2007).

Generalmente, la remoción del horizonte superficial determina pérdida de fertilidad, de capacidad de retención de agua, de contenido de carbono orgánico y de productividad (USDA, 1999).

Mediciones de profundidad del horizonte superficial a lo largo del tiempo brinda una buena estimación de la pérdida del suelo, cambios en el espesor del horizonte superior son usualmente el resultado de erosión por viento, erosión por agua, depositación de material, o nivelación de terreno (USDA, 1999).

2.1.1.4. Color

Según Valarezo (2002) el color del suelo es una de las características más fácilmente determinables. Los cambios de color a través de los horizontes del

perfil del suelo son el reflejo de otras características importantes, dando una amplia información del suelo y su génesis.

Las propiedades del suelo relacionadas con el color son: el contenido de materia orgánica, las condiciones de drenaje y aireación, y el tipo de material (*Ibid.*)

Los colores gris claros corresponden a contenidos muy bajos de materia orgánica y hierro (Valarezo, 2002).

El mismo autor menciona que la determinación del color se realiza comparando el mismo con los colores contenidos en la Tabla de Munsell, donde en el sistema Munsell cada color está definido por tres propiedades principales: matiz (hue) que corresponde a la longitud de onda predominante, que va de violeta al rojo. El símbolo de matiz esta formado por la letra inicial del color en inglés (Y = yellow; R = red), precedida por los números 2,5, 5, 7,5 ó 10 que indica el grado de acercamiento gradual al próximo color, la pureza (value) se refiere a la relativa claridad del color, 0 para el negro absoluto y 10 para el blanco absoluto y la intensidad (chroma) indica la fuerza del color espectral y aumenta conforme disminuye el gris.

2.1.1.5. Estructura

La estructura del suelo ejerce una influencia dominante en la aireación, el régimen hídrico, la conductibilidad hidráulica, el crecimiento de las raíces y la actividad microbiana. La estructura es por lo tanto un importante factor en la productibilidad y génesis del suelo (Valarezo, 2002).

La estructura del suelo influye en el grado en que el aire y el agua penetran y se mueven en el suelo. Asimismo, afecta en cuanto en la penetración a la raíz y la disponibilidad de los elementos nutritivos (Relación entre suelo – planta – agua, 1972, *Op. Cit.*).

La estructura del suelo afecta la retención y transmisión de agua y aire en el suelo, así como las propiedades mecánicas del suelo (USDA, 1999, *Op. Cit.*).

Para el crecimiento de las plantas es deseable disponer de una condición física en la cual el suelo sea un conjunto óptimamente friable, suelto y poroso de agregados, que permitan libre movimiento de agua y aire, fácil cultivación, y una germinación y crecimiento de raíces no obstruidos (*Ibid.*).

La estructura y la porosidad del suelo ejercen influencia sobre el abastecimiento de agua y de aire a las raíces, sobre la disponibilidad de los nutrientes, sobre la penetración y desarrollo de las raíces y sobre el desarrollo de la microfauna del suelo. Una estructura de buen calidad significa una buena calidad de espacios de poros, con buena continuidad y estabilidad de los poros y una buena distribución de su medida, incluyendo macro y micro poros (USDA, 1999, *Op. Cit.*).

2.1.1.6. Textura

La textura es una característica importante porque influye en la fertilidad y ayuda a determinar la velocidad de consumo de agua, el almacenaje de agua en el suelo, la laborabilidad y la amplitud de aireación (USDA, 1999, *Op. Cit.*).

La textura del suelo tiene influencia sobre el movimiento y la disponibilidad de la humedad del suelo, la aireación, la disponibilidad de nutrientes y la resistencia a la penetración por las raíces. También tiene influencia sobre las propiedades físicas relacionadas con la susceptibilidad del suelo a la degradación tal como la agregación (El bosque de la lluvia tropical, citada por Parreño, 2007).

La textura juega un papel muy importante en el comportamiento frente al laboreo, riesgo de compactación (dificultad para el paso de raíces en horizontes muy arcillosos), capacidad de retención de agua disponible para las plantas, disponibilidad de nutrientes y erosionabilidad (Porta, López y Roquero, 1999).

“La textura es la característica más permanente del suelo e influye decisivamente sobre otras propiedades tales como: estructura, consistencia, régimen de humedad, permeabilidad, tasa de infiltración, tasa de escurrimiento superficial, erodabilidad, trabajabilidad, penetración de raíces y fertilidad” (Valarezo, 2002).

2.1.1.7. Consistencia

La consistencia hace referencia a la tenacidad y naturaleza de las fuerzas cohesivas del suelo y la resistencia de éste a la desintegración mecánica, deformación y ruptura (Valarezo, 2002).

El mismo autor antes citado, indica que la consistencia depende de la textura, especialmente del contenido de arcilla. También depende del contenido de humedad del suelo; los términos para describir la consistencia son específicos para las condiciones de humedad del suelo: mojado, húmedo y seco.

2.1.2. Propiedades químicas de los suelo

Las propiedades químicas son de vital importancia ya que se refieren a condiciones que afectan las relaciones suelo – planta, la capacidad amortiguadora del suelo, la disponibilidad de agua y nutrimentos para las plantas y microorganismos (Bautista et al, 2004).

2.1.2.1. Nutrientes

La disponibilidad de los nutrientes es fundamental para el desarrollo de los cultivos. El contenido de nutrimentos del suelo depende del material y el proceso de formación del suelo, el contenido del material original del suelo, de la intensidad de la lixiviación y la erosión, de la absorción de los nutrimentos por parte de los cultivos (fao.org, 2006 citada por Parreño, 2007).

2.1.2.2. Materia orgánica

“La materia orgánica favorece la formación de una estructura estable de agregados en el suelo por medio de la estrecha asociación de las arcillas con la materia orgánica. Esta asociación incrementa la capacidad de retención de agua ya que puede absorber de tres a cinco veces más de su propio peso, lo cual es especialmente importante en el caso de los suelos arenosos” (*Ibid.*).

La materia orgánica modifica las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. Dentro de las propiedades físicas, tiene un efecto positivo sobre la estructura del suelo mediante la formación de agregados estables, el aumento de la capacidad de retención de agua y la mejora del intercambio de gases y del drenaje (Valarezo, 2002, *Op. Cit.*).

2.1.2.3. pH

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 (USDA, 1999).

Valores de pH entre 6.0 y 7.5 son óptimos para el crecimiento de la mayoría de las especies, debido a que la mayor parte de nutrientes se encuentra disponible en este rango de pH (*Ibid.* 1999).

La reacción del suelo afecta la aprovechabilidad de varios elementos nutritivos para las plantas. Valores extremos de pH pueden ocasionar concentraciones tóxicas de ciertos componentes químicos: La acidez extrema causa toxicidad del Al y/o Mn; mientras que los valores altos de pH pueden causar la producción del gas NH₃, el cual es tóxico para la germinación (Valarezo, 2002).

2.2. LA EROSIÓN DEL SUELO

“Consiste en la desintegración de los agregados del suelo por la acción de desgaste, acarreo o transporte y depositación de material intemperizado. El intemperismo y la erosión son agentes externos que actúan juntos y modifican el relieve terrestre” (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2002).

Porta, et al (1999) sostienen que al eliminar la vegetación se altera el equilibrio natural, la superficie queda desprotegida, el epipedón recibe menos aporte de materia orgánica por parte de las plantas y el laboreo entraña una mineralización más acentuada.

Los mismos autores citados indican que las nuevas condiciones suelen ser menos favorables para el mantenimiento de la estructura del epipedón, haciéndolo más vulnerable a la erosión y si se ve afectada la infiltración disminuirán las disponibilidades de agua para las plantas, para la misma cantidad de lluvia que venía recibiendo la zona.

2.2.1. Procesos de erosión

Los principales agentes erosivos son el agua y el viento. La primera es más problemática en zonas laderasas con altas precipitaciones, mientras que el viento afecta mayormente en suelos desprotegidos de vegetación en zonas áridas y semiáridas. A estos agentes pueden sumarse las fuerzas de gravedad, cuyos efectos se pueden apreciar en los derrumbes, los aludes o deslizamientos de tierra (remociones en masa) (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, *Op. Cit.* 2002).

2.2.2. Factores de erosión

En la misma obra antes citada, se establece que aquellas condiciones que aceleran o retrasan la acción de los agentes erosivos, son:

- La pendiente del terreno: Cuando la montaña es empinada, mayor será la fuerza erosiva del agua; a mayor longitud de la pendiente, hay mayor arrastre de partículas.
- El régimen de lluvias: La erosión es más severa si se presentan estaciones secas prolongadas; también aumenta la posibilidad de erosión cuando es mayor la intensidad y la duración de las precipitaciones.
- La vegetación: La cobertura vegetal del suelo puede influir de modo determinante en el comportamiento del agua, en la evapotranspiración, en la infiltración y en la escorrentía.
- La clase de suelo: Hay mayor peligro de erosión en los dos casos: cuando el suelo o formación superficial es delgado o cuando el material del suelo no es de consistencia firme.
- El ser humano: Prácticas agrícolas equivocadas y la construcción de obras y vías, también son factores que aceleran los procesos de erosión.

2.2.3. Tipos de erosión

Valarezo (*Op. cit.*, 2002,) sostiene que existen dos principales tipos de erosión: erosión eólica e hídrica.

2.2.3.1. Erosión eólica

Es el proceso de remoción del suelo por la acción del viento. El viento, además de despojar a las tierras de la capa arable, causa otros daños, sepultando campos, edificios, maquinaria y cercados. En el peor de los casos, una hectárea de terreno puede perder hasta 150 toneladas de suelo en una hora lo que equivale a una capa de más de 1cm (FAO, 1984 citado por Valarezo, 2002).

2.2.3.2. Erosión hídrica

Es el resultado de la energía producida por el agua al precipitarse sobre la tierra y al fluir sobre la superficie de los terrenos. Es la forma más común de erosión, que causa daños en casi todos los países en desarrollo. Se produce cuando se cultivan tierras inclinadas sin tomar las debidas precauciones o se dejan expuestas a la acción de lluvias extensas tierras con pendientes suaves. La FAO estimó, en 1984, que en todo el mundo, las aguas arrastran cada año unos 25.000 millones de toneladas de tierra, primero a los ríos y por último a los océanos (*Ibid*).

Dependiendo de la acción del agua en el suelo, la erosión hídrica se presenta en tres formas: pluvial, por escurrimiento y remoción en masa (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, *Op. Cit.* 2002).

- Erosión pluvial. El golpe de una gota de agua contra el suelo desnudo produce la salpicadura de partículas de suelo, al dispersarlos con la fuerza de la caída. Esto se puede observar en los tallos de las plantas, después de un aguacero intenso sobre un suelo suelto descubierto.

- Erosión por escurrimiento. Cuando el agua escurre por la pendiente, arrastra consigo el suelo desprendido; dependiendo de la pendiente, de la clase de suelo y del comportamiento del agua se presentan varios grados de erosión por escurrimiento. Dentro de esta forma se pueden distinguir: escurrimiento difuso, erosión laminar, erosión en surcos y erosión en cárcavas.

El escurrimiento difuso, ocurre en forma de pequeños surcos que se presentan aún bajo cubierta vegetal y arrastran partículas de suelo por pequeños trechos.

La erosión Laminar, se presenta cuando la cantidad de lluvia que cae excede la tasa de infiltración del suelo, se acumula el agua sobre la superficie y se llena en forma de láminas.

La erosión en surcos, sucede cuando el agua se concentra y fluye por un mismo camino en forma permanente durante las lluvias; cuando la pendiente no es excesiva, se puede suprimir con obras correctivas.

Por último la erosión en cárcavas, se da cuando confluyen muchos surcos y se forman zanjas ramificadas; cuando el proceso avanza hacia la cima de la montaña se conoce como cárcava remontante y sucede en suelos extremadamente propensos a la erosión, cuando el agua resumida entre los surcos es tanta, que arrastra la tierra año tras año y hace más grandes los surcos formando cárcavas.

- Remoción en masa. Son movimientos en masa causados por la acción combinada de la saturación por agua y la fuerza de la gravedad.

2.3. LA CONSERVACIÓN DE SUELOS

Conservar el suelo reviste gran importancia ya que al ser un recurso vital y en gran parte no renovable está sometido a una presión cada vez mayor. A nivel mundial, la erosión es el principal problema medioambiental que ocurre en la agricultura convencional y por lo tanto es el más importante que hay que afrontar para que se mantenga la capacidad productiva de los suelos (Erosión, 2006).

2.3.1. Obras de conservación de suelos

No es más que toda acción que contribuya a hacer que la velocidad de formación del suelo sea mayor que la velocidad de desgaste del mismo (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, *Op. Cit.* 2002).

Hay varios tipos de obras y formas de conservar el suelo que se pueden construir y realizar en la parcela. Las obras de conservación de suelos son vegetativas o agronómicas y físicas o mecánicas para ello se requiere usar el caballete o nivel en

A, los mismos que son aparatos muy sencillos que se utiliza para trazar curvas a nivel en la pendiente (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, *Op. Cit.* 2002).

2.3.2. Curvas a nivel

En la obra antes mencionada sostiene que son prácticas mecánicas muy difundidas que se utilizan en la construcción de canales, en el establecimiento de barreras vivas, entre otros, con la finalidad de canalizar aguas, amortiguar su violencia y contener las remociones en masa.

2.3.3. Zanjas de infiltración

Las zanjas son pequeños canales de sección rectangular o trapezoidal de 3 – 5m de largo por 40cm de ancho y 30cm de profundidad, que se construyen transversalmente a la máxima pendiente del terreno, siguiendo las curvas de nivel. La zanja sin gradiente (0%) sirve para infiltrar el agua (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, *Op. Cit.* 2002).

La finalidad de las zanjas de infiltración es retener el agua de escorrentía, que proviene de las partes altas del terreno, para que rompa la velocidad del agua, de tal manera que se capte y acumule en la zanja, para que sirva de reserva a los árboles (Prácticas agronómicas, 2006).

2.4. EL HUMUS DE LOMBRIZ

Sánchez (2002) menciona que el humus es uno de los pocos fertilizantes orgánicos, y es el único abono orgánico con fibra bacteriana (40 - 60 millones de microorganismos por cm^3), capaz de enriquecer y regenerar las tierras. El mismo autor sostiene que el humus contiene cuatro veces más nitrógeno, veinticinco veces más fósforo y dos veces y media más potasio que el mismo peso de estiércol de bovino.

El humus llamado también vermicompost es considerado como el mejor abono, pues contiene un alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio y es rico en oligoelementos y contiene una buena cantidad de auxinas y hormonas que influyen en el crecimiento de las plantas (Suquilanda, 1996).

Legall y otros (s.f.), sostienen que el humus de lombriz está compuesto principalmente por el carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, encontrándose también una gran cantidad de microorganismos.

2.4.1. Composición química

Sánchez (2002) muestra la composición del humus de lombriz en la siguiente tabla:

Componente	Valores
Humedad	30 – 60 %
pH	6.8 - 7.2
Nitrógeno	1 - 2.6 %
Fósforo	2 – 8 %
Potasio	1 - 2.5 %
Calcio	2 – 8 %
Magnesio	1 - 2.5 %
Materia orgánica	30 – 70 %
Carbono orgánico	14 – 30 %
Ácidos fúlvico	14 – 30 %
Ácidos húmicos	2.8 - 5.8%
Sodio	0.02%
Cobre	0.05%
Hierro	0.02%
Manganeso	0.006%
Relación C/N	10 - 11%

2.4.2. Propiedades del humus

Los mismos autores antes citados mencionan que el humus cumple un rol trascendente al corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas, biológicas de los suelos, influyendo de la siguiente manera:

2.4.2.1. Propiedades químicas

- Incrementa la disponibilidad de Nitrógeno, Fósforo y Azufre, fundamentalmente Nitrógeno.
- Incrementa la eficiencia de la fertilización, particularmente Nitrógeno
- Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder de tampón
- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas.

2.4.2.2. Propiedades físicas

- Mejora la estructura, dando soltura a los suelos pesados y compactos de los suelos sueltos y arenosos, por consiguiente mejora su porosidad.
- Mejora la permeabilidad y ventilación.
- Reduce la erosión del suelo
- Incrementa la capacidad de retención de humedad
- Confiere un color oscuro en el suelo ayudando a la retención de energía calorífica.

2.4.2.3. En la biología

- El lombrihumus es fuente de energía la cual incentiva a la actividad microbiana.
- Al existir condiciones óptimas de aireación, permeabilidad, pH y otros, se incrementa y diversifica la flora microbiana (Tineo, 1993 citado por Legall).

2.5. MANEJO DE SEMILLAS FORESTALES

A continuación se da a conocer el manejo adecuado de las semillas forestales.

2.5.1. Recolección

Ordóñez, et al (2004) citados por Yépez, señalan que el conocimiento de los patrones de maduración de los frutos y de las semillas es la base para obtener semillas viables después del procesamiento. Una vez que los frutos y semillas llegan a la madurez fisiológica, se inicia un proceso de deterioro, cuya velocidad está íntimamente relacionada con los factores medioambientales, especialmente con las variaciones de temperatura entre día y noche.

Señalan también que existen algunos indicadores que ayudan a determinar si los frutos están maduros y si es la época propicia para empezar la recolección, así:

- El cambio de color, ya que los frutos al madurar suelen pasar de un color verde a diversos tonos de amarillo, café, gris o morado.
- La presencia de animales frugívoros en los árboles.
- El aumento de tamaño de los frutos en algunas especies.
- El endurecimiento del pericarpio (parte externa) en algunos frutos secos
- Inicio de la caída de los frutos en el suelo.
- Presencia de hojas externas secas y secamiento del cuerpo de la planta.
- Facilidad de separación, consistencia (dureza), peso específico.

Afirman que se debe tener en cuenta la edad del árbol, como la madurez de los frutos y semillas. Los árboles muy jóvenes y muy viejos dan semillas con bajo porcentaje de germinación. Las semillas que provienen de árboles adultos tienen mejor viabilidad y por lo tanto son de mejor calidad.

Según Grijpma (2001) las características de los árboles, deseables para la recolección de sus semillas son: crecimiento rápido, tronco recto, ramas delgadas, poda natural, copa angosta y resistencia a enfermedades e insectos.

2.5.2. Tamaño y sanidad de los frutos

Ordóñez, *et al* (2004) citado por Yépez mencionan que un mismo árbol produce frutos de diferentes tamaños. Los frutos pequeños tienen semillas con escasa sustancia de reserva o en su mayoría vanas; por lo tanto, si se mezclan con frutos medianos y grandes disminuye la calidad de las semillas. Además, los frutos que presentan signos de ataque de enfermedades o insectos deben ser desechados ya que pueden contagiar a los sanos y causar daños a todo el lote de semillas.

2.5.3. Almacenamiento de frutos y semillas

La finalidad del almacenamiento, es la conservación de semillas vivas, desde la época de recolección hasta el momento de la siembra. El almacenaje permite mantener la viabilidad de las semillas sin la presencia de agentes dañinos permitiendo contar con suficiente cantidad de semillas en buen estado (Samaniego, *et. al.*, 2005).

Los mismos autores mencionan los factores más importantes que inciden en la viabilidad de las semillas durante el almacenamiento:

- Contenido de Humedad

Un cambio en el contenido de humedad durante el almacenamiento ocasionado por la exposición al aire libre o el abrir y cerrar de los depósitos de almacenamiento, destruye la capacidad germinativa de la semilla” (Barton, 1961 citado por Yépez).

- Temperatura

Las semillas se conservan mejor en niveles de temperatura relativamente bajos que en altos. Este factor ambiental es determinante en la absorción de la humedad de la semilla durante el almacenamiento (Samaniego, *et.al.*, 2005).

- Madurez de la semilla

El grado de madurez en la época de la cosecha de semillas es un factor importante que influye en su viabilidad, por consiguiente es necesario poder determinar las épocas propicias en que se puede recolectar gran cantidad de semillas vivas (García, 2004).

2.5.4. Viabilidad de las semillas

La viabilidad, es el período de tiempo durante el cual las semillas conservan una buena capacidad de germinación (García, 2004).

2.5.5. Procedencia y calidad

Grijpma (2001) sostiene que las plantas por cultivarse deben crecer bajo condiciones ambientales similares a las de los árboles padres. Recomienda que la información completa sobre la procedencia de las semillas debe contener los siguientes datos:

- Fecha de recolección de las semillas.
- Altitud, ubicación geográfica de la localidad de recolección y nombre del lugar.
- Nombres vulgares y científicos de los árboles padres, así como su número estimado.
- Origen de los rodales, si son naturales o plantados.

- Precipitación promedio anual y su distribución durante el año.
- Temperatura promedio mensual.

El mismo autor señala que: los lotes de semillas adquiridas, generalmente contiene solamente los siguientes datos: año de recolección, lugar y país de origen; nombre científico de la especie y número de lote.

2.5.6. Parámetros para determinar la calidad

Grijpma (2001) indica que la calidad de la semilla incluye la pureza y viabilidad. La pureza se establece mediante el peso. Se pesa un lote de semillas recibidas; luego se eliminan todas las impurezas y se pesa de nuevo el lote.

La viabilidad de las semillas dependen de su edad, su madurez y su tamaño. El porcentaje de germinación de las semillas disminuye con el tiempo de almacenamiento. Entre el tamaño, peso de las semillas y el porcentaje de germinación existe una relación. Semillas con mayor peso y tamaño germinan mejor (Grijpma, 2001).

Según la Norma de semillas del Ecuador e ISTA citada por Samaniego, determina la calidad de las semillas aplicando los siguientes parámetros:

2.5.6.1. Pureza

El análisis de pureza tiene por finalidad determinar la composición, en peso, de la muestra que es objeto de ensayo.

El porcentaje de semilla pura se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ de Pureza} = \frac{\text{Peso de la semilla pura}}{\text{Peso total de la muestra original}} \times 100$$

2.5.6.2. Número de semillas

Se expresa como el peso de 1000 semillas puras por Kg y representa el número de semillas por kilogramo, empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Nº de semillas por Kg} = \frac{1000 \times 1000}{\text{Peso en gramos de 1000 semillas}} \times 1000$$

Si la muestra no tiene 1000 semillas, sino otro número, la fórmula adecuada es la siguiente:

$$\text{Nº de semillas por Kg} = \frac{\text{Nº de semillas que contiene la muestra}}{\text{Peso de la muestra en gramos}} \times 1000$$

2.5.6.3. Porcentaje de germinación

Tiene por finalidad estimar el número máximo de semillas que puede germinar en condiciones controladas, para ello se aplica la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Germinación} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número de semillas sembradas}} \times 100$$

2.5.7. Tratamientos pregerminativos

Para asegurar una germinación uniforme, algunas semillas necesitan un tratamiento previo a la siembra, con esto se acelera y se garantiza la germinación de las mismas (García, 2004).

2.6. ESPECIES FORESTALES

Las especies forestales consideradas en el estudio son:

2.6.1. EL Faique *Acacia macracantha* Humb. et Bompl.

Loján (1992), describe a la especie de la siguiente manera:

Familia: Mimosaceae

Nombre científico: *Acacia macracantha* Humb. et Bompl.

Nombre común: Faique, espino.

2.6.1.1. Descripción botánica

Este árbol presenta la siguiente descripción botánica:

- **Árbol**

Loján (1992) manifiesta que un bosque denso puede alcanzar alturas de hasta 12m, con muy pocas ramas laterales. En el campo abierto tiene alturas de 4 a 6m, con muchas ramas laterales.

Según Guerrero y López (1993) el árbol presenta un diámetro de 20 – 40 cm., el tronco es sinuoso y ramificado de aspecto majestuoso, copa extendida más ancha que alta; corteza exterior gris, o simplemente café verdoso; ramas con espigas pareadas que miden a veces más de 10cm de largo.

- **Hojas**

Son alternas, compuestas, bipinadas de hasta 15cm de largo, foliolos sésiles de forma oblonga, dispuestas elicoidalmente y con estípulas (Guerrero y López, 1993).

- **Flores**

Las flores son de color amarillo dorado, fragantes, filetes de estambres coloreados a manera de borla, reunidos en capítulos densos y globosos, se insertan de 1 - 5 en la base de las hojas.

En su hábitat natural florece en el período de noviembre a febrero, sus frutos pueden recolectarse la mayor parte del año, pero la época más propicia es en julio (*Ibid.*).

- **Frutos**

Vaina aplanada un tanto curva que mide de 8 - 12cm de largo por 1cm de ancho. De color café rojizo cuando madura (Guerrero y López, 1993).

- **Semillas**

Según Lójan (1992) sus semillas son ricas en proteínas. La propagación es através de la semilla y plántula (Guerrero y López , 1993).

2.6.1.2. Distribución y datos ecológicos

La distribución y datos ecológicos donde esta especie se encuentra, se citan a continuación:

- **Distribución Geográfica.**

Guerrero y López (1993) señalan que cubre el 50% de la superficie de climas cálidos secos de la provincia de Loja.

Es común observarla en altitudes de entre 1600 – 2000 m.s.n.m.

- **Zonas de vida**

Bosque seco tropical (bs – T), bosque muy seco tropical (bms – T), bosque seco premontano (bs – PM) , bosque seco montano bajo (bs – MB) (Guerrero y López, 1993).

- **Tipo de suelos**

Los mismos autores sostienen que la especie crece en suelos laderosos, pobres, arcillosos. En suelos fértiles, profundos y planos se observa un rápido crecimiento.

2.6.1.3. Tratamientos pre-germinativos

Las semillas al ser sembradas con previo tratamiento, germinan en condiciones de vivero a los 12 días. Si las semillas se recogen en los corrales luego que han pasado por el tracto digestivo de los animales germina a los 4 a 8 días, con esta semilla es fácil hacer la siembra directa o en bolsas de polietileno (Loján , 1992).

2.6.1.4. Usos

Loján (1992) escribe sobre los principales usos que le dan a la especie especialmente en el sector rural, como alimento y como combustible.

- **Como alimento**

Produce frutos que son vainas muy apetecidas por el ganado bovino y caprino durante la estación seca. Los frutos secos molidos se utilizan como suplemento alimenticio.

- **Como combustible**

Sirve para producir leña y carbón de alto valor calorífico

- **Silvicultura**

Se dispersa por doquier debido a que las semillas son diseminadas por los ruminantes a través de las heces, por tanto su regeneración natural es abundante. Tiene una alta capacidad de rebrote (Guerrero y López, 1993).

- **Otros usos**

Los mismos autores citados indican que es muy utilizada en la conservación y mejoramiento de áreas degradadas, forraje, cercas.

La madera es de buena trabajabilidad, dura y cuando proviene de bosques manejados se puede utilizar para elaborar parquet de buena calidad por su color y dureza, los postes de ésta especie son muy durables (Loján, 1992).

2.6.2. EL Guarango *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze

Loján (1992) le describe a la especie de la siguiente manera:

Familia:	Fabaceae
Subfamilia:	Caesalpinieae
Nombre científico:	<i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze
Nombre común:	Colombia: Dividi de la tierra fría, guarango, cuica, serrano. Perú: Tara, taya, tanino. Bolivia: Tara Ecuador: Vainillo, guarango, campeche.

2.6.2.1. Descripción Botánica

Este árbol presenta la siguiente descripción botánica:

- **Árbol**

Loján (1992) señala que puede alcanzar desde 2 hasta 10m, con diámetros de hasta 40cm. El fuste es corto más o menos cilíndrico y a veces tortuoso. En muchos casos las ramas se inician desde la base, dando la impresión de varios tallos y de raíz pivotante. La copa del guarango es irregular y poco densa, con ramas ascendentes. Las ramas son lustrosas, de color pardo con espinas de 2 a 7mm, repartidas irregularmente.

El mismo autor menciona que la corteza del tallo y de las ramas gruesas es áspera y fisurada, con cicatrices de color gris a marrón dejadas por las espinas al caerse. La parte interna es de consistencia suave, fibrosa, color blanco amarillento que se vuelve pardo al contacto con el aire, de sabor amargo y astrigente.

- **Hojas**

Son compuestas, bipinadas en forma de pluma, con 6 - 8 pares de foliolos opuestos. Los foliolos son lisos, de color verde claro en ambas caras cuando jóvenes y verde oscuro cuando adultos. Las hojas tienen de 8 - 12cm de largo (incluido el pecíolo) y los foliolos de 2,5 - 3,5cm de largo por 1 - 1,5cm de ancho (Loján, 1992).

- **Flores**

El autor antes citado menciona que las flores son de color amarillo o amarillo rojizo, dispuestas en racimos de 8 - 15cm de largo y 100 flores cada uno.

- **Frutos**

Son vainas de color rojizo-amarillento. Su tamaño usual es de 8 - 10cm de largo y 1,5 - 2,5 de ancho, aunque es muy variable según la calidad del sitio donde crezca el árbol (Loján, 1992).

- **Semillas**

Son ovoides, ligeramente aplastadas, cuando maduras son densas, de color pardo oscuro, brillosas por estar cubiertas por una capa de cera. Cuando verdes presentan un mesocarpio comestible de consistencia blanda y transparente, usado según CESA, 1993 citado por Ipiates, para dar consistencia a los helados.

Se ha probado la siembra directa “al voleo” al inicio de las lluvias, utilizando semillas sin tratamiento previo y se ha obtenido un 30% de éxito en el nacimiento de plantas (Prettel *et al*, 1985 citado por Ipiates).

Loján (1992) indica que una vez sembrada la semilla, se cubre el suelo con paja u hojas a fin de mantener la humedad y evitar los rayos directos del sol.

- **Recolección de semillas**

El mejor momento para recolectar frutos (vainas) es cuando tienen un color rojizo, y al apretarlos en la mano se rompen como si fueran galletas. Luego se procede a su trilla y se las guarda en un lugar fresco y seco, donde en dos años pierde poco de su capacidad germinativa, según escribe Barahona (1985) citado por Ipiates.

2.6.2.2. Distribución y datos ecológicos

Según Loján (1992) al guarango se ubica ecológicamente dentro de los siguientes datos:

- **Zonas de vida y clima**

El guarango se encuentra en la Sierra entre los 1500 – 3000 m.s.n.m, en los flancos de las cordilleras, en los valles y laderas interandinos.

Es común en las formaciones ecológicas según Holdridge, estepa espinosa Montano Bajo - ee - MB a 2110 – 3100m.s.n.m.; y, sabana o bosque seco Montano Bajo - bs- MB a 2800 – 3000m.s.n.m. Es propia de climas secos, cálidos y sub-áridos, con precipitaciones de 300mm de lluvia anual (Mencias, et al 1998 citado por Yépez).

- **Tipos de suelos**

No es exigente en suelos, pero crece bien en suelos francos, franco-arenosos y pedregosos, con un pH ligeramente ácido a medianamente alcalino (6 – 7,7). Es frecuente encontrarlo en oxisoles muy erosionados. No tolera suelos alcalinos ni soporta heladas (Loján, 1992).

- **Regeneración Natural**

Su regeneración es por semillas, se ha observado abundante regeneración natural bajo los árboles padres, en presencia de suficiente humedad, descomposición de hojarasca de especies que se hallan en asocio y poca luminosidad (bajo matorral) (FOSEFOR, 2005 citado por Yépez).

- **Regeneración Artificial**

La repoblación del guarango, se realiza generalmente por semillas, para producir ésta especie en vivero, las semillas deben someterse a un tratamiento con el fin de acelerar el inicio de la germinación. Se emplea diferentes tratamientos pregerminativos, los mismos que fueron descritos anteriormente (Loján, 1992).

2.6.2.3. Tratamientos pre-germinativos

Loján (1992) debido a que la semilla de guarango tiene un tegumento impermeable, es necesario tratarse antes de su siembra, para asegurar no solo un elevado porcentaje final, sino también una germinación rápida y uniforme. A continuación se refieren algunos tratamientos pre-germinativos prácticos y efectivos probables.

- Se pone la semilla en agua caliente (casi hirviendo) durante 4 minutos, luego se pasa a agua fría por 24 horas. La semilla hinchada, se sembrará de inmediato.
- Otra variación de este tratamiento, también probado con éxito es el siguiente: en un recipiente conteniendo la semilla, se hecha agua hirviendo en cantidad aproximada a cinco veces el volumen de la semilla. Se deja enfriar durante dos horas y media. Es posible que el remojo se prolongase, mejorando los resultados. Desde luego, se deben eliminar todas las semillas que flotan.

2.6.2.4. Usos

Según CESA (1993) citado por Ipiales menciona sobre los principales usos que le dan a la especie especialmente en el sector rural:

- **Medicinal**

Su principal principio activo es el tanino y actúa como astrigente, antiséptico, anti-inflamatorio, hemostático y depurativo.

Loján (1992), anota que en algunas zonas de Caldas, Colombia, se utiliza la infusión de las hojas como depurativo del colesterol, en inhalaciones ayuda a

curar la sinusitis. Entre otros usos, DFC-Perú, 1985, citado por Ipiales, dice que el polvo de los frutos preparados en infusión se usa para el lavado de los ojos inflamados.

La maceración de las hojas y frutos, machacados y aplicados en forma de emplasto o cataplasma, se usan típicamente para sanar heridas, salpullidos y quemaduras.

El cocimiento del fruto se debe para curar las hemorragias uterinas, leucorreas, efecto que puede potenciarse utilizando el cocimiento para lavados vaginales. El mismo cocimiento por medio de gargarismos es útil para calmar las molestias irritativas de la garganta, afectadas por el frío, o curar amigdalitis crónica. El fruto y las hojas quemadas producen un humo que repele a los insectos.

- **Como combustible**

Es buen combustible, similar el eucalipto, pero no es una planta para utilizar como combustible, puesto que los frutos son muy rentables. Se aconseja aprovecharla como combustible sólo cuando la planta sea vieja y ya no produzca suficientes vainas.

- **Colorantes**

Según Loján (1992) el mayor valor económico del guarango, se debe al alto contenido de tanino (50 - 60%) en sus vainas, el cual tiene excelentes propiedades curtientes, se utilizan como mordiente o fijador en el proceso de teñido de tejidos de lana y algodón.

Se utiliza esencialmente la semilla o pepa, a la que se le machaca o muele, luego de lo cual se lo pone a hervir y en esa agua se tiñen los hilos y la lana que se va a utilizar, considerando, que la tonalidad dependerá de la cantidad de semilla que se

ponga o del tiempo que se lo deje cocer. Fundamentalmente en base al guarango se obtienen los colores plomo y azul

Los colores obtenidos a partir del guarango son indelebiles. Esto quiere decir que además de colorantes estas especies son fijadoras de otros colorantes, por esta razón se siguen usando en la actualidad.

Según DFC-Perú (1985) citado por Ipiales, para obtener el color habano se utiliza la corteza, y en cierta circunstancia la pulpa de los árboles.

- **Agrosilvicultural**

CESA (1993) citado por Ipiales, explica que por su amplia cobertura de raíces y tendencia a ramificar desde muy abajo, constituye una buena especie que se puede utilizar para plantar en fajas para detener la erosión en las laderas.

También se debe señalar que el guarango es hospedero de muchas especies de pájaros, donde prefieren hacer sus nidos, ya que los mismos prefieren tienen cierta protección por lo espinoso del árbol.

- **Otros usos**

Su madera es dura, muy utilizada en construcciones rurales y en artesanías. También para postes de cercos, arados, muebles, mangos de herramientas, y elaboración del carbón. En caso que no existe otro follaje, las cabras comen tanto las hojas como las vainas tiernas (DFC-Perú, 1985, citado por Ipiales).

La tara tiene la propiedad de rebrotar cuando el árbol es joven; esta propiedad puede aprovecharse para el manejo en la producción de leña o de varas (FOSEFOR, 2005, citado por Yépez).

2.6.3. El Molle *Schinus molle* L.

Guerrero y López (1993) describen a la especie de la siguiente manera:

Familia: Anacardiaceae
Nombre científico: *Schinus molle* L.
Nombre común: Molle, mulli, tancar, árbol de pimienta.

2.6.3.1. Descripción Botánica

Este árbol presenta la siguiente descripción botánica:

- **Árbol**

Loján (1992), señala que su característica principal es la copa grande con ramas que contienen frutos de color rosado, que cuelgan en forma de racimos, follaje perenne de color verde lúteo. Según los lugares donde se cultiva puede alcanzar desde 10 hasta 12m de altura, con diámetros de hasta 30 ó 40cm.

- **Hojas**

Son compuestas, aromáticas, foliolos oblongos, imparipinnados, borde de los foliolos, aserrado, nervadura pinatinervia (Guerrero y López, 1993).

- **Flores**

Guerrero y López (1993) indican que sus flores son de color blanco amarillento verdoso, pequeñas y hermafroditas, agrupadas en racimos compuestos (panículas).

Los mismos autores mencionan que la floración comienza en el mes de marzo y se prolonga hasta julio. El fruto puede recolectarse durante todo el tiempo.

- **Frutos**

Las semillas son redondas, arrugadas cuando secas, de color marrón a negro, de sabor parecido a la pimienta, por lo cual al molle también se le conoce como falsa pimienta (Guerrero y López, 1993).

2.6.3.2. Distribución y datos ecológicos

La especie se la encuentra en valles sub tropicales de Catamayo, Malacatos, Vilcabamba y Catacocha en zonas de la provincia de Loja; y, en los valles interandinos de la región sierra, en general (Guerrero y López, 1993).

- **Zonas de Vida**

De acuerdo a Holdridge la zona de vida donde pertenece el molle es bosque seco Pre Montano (bs – PM) (Guerrero y López, 1993).

El rango altitudinal está entre 1600 – 2600m.s.n.m. (*Ibid.*).

- **Tipo de Suelo**

Los mismos autores antes citados indican que crece tanto en terrenos fértiles como en pobres, arenosos y en lugares de escasa precipitación pluvial.

- **Regeneración natural**

Presente buena capacidad de propagación por semilla. En buenos suelos y humedad suficiente presenta abundante regeneración natural por sus semillas, las que son dispersadas por aves y otros animales (*fao.org. 2007*).

- **Regeneración artificial**

Loján (1992) la repoblación del molle, se realiza generalmente por semillas, para producir esta especie en vivero. Las semillas deben someterse a un tratamiento con el fin de acelerar el inicio de la germinación. Según la *fao.org*, 2007 esta especie tiene gran capacidad de rebrote, en tocones cortados a 10-20cm de altura retoñando en forma arbustiva.

2.6.3.3. Tratamientos pre-germinativos

Guerrero y López (1993) aconsejan remojar la semilla en agua fría durante 48 horas, con ello germina a los 20 ó 25 días. Se ha probado con éxito la inmersión con agua por 1 - 4 días (*Ciedperú.org*, 2007).

2.6.3.4. Usos

Según Conabio (2006) esta especie presenta las siguientes utilidades:

- **Aporte al medio ambiente**

La especie contribuye al control de la erosión, conservando los suelos. Se trata de uno de los pocos árboles que prosperan en pedregales, mejora la fertilidad del suelo ya que produce abono verde.

Forma parte de cercas vivas en los agrohábitats, barrera rompevientos, ornamental. Se planta a orilla de caminos, en calles, parques y jardines, es uno de los pocos árboles que da verdor al paisaje en la época seca, actúa como sombra, alimento para pájaros y refugio para la vida silvestre.

- **Colorantes**

El cocimiento de hojas, ramas, corteza y raíz se emplea para el teñido amarillo pálido de tejidos de lana y pieles.

- **Como combustible**

En la producción de leña y carbón.

- **Como alimento**

Los frutos secos se han empleado en algunos países para adulterar la pimienta negra por su sabor semejante. Aunque su uso es cada vez menor ya que afecta la salud

- **Industria**

De las hojas se extrae un aceite aromatizante que se usa en enjuagues bucales. Las semillas contienen aceites de los cuales se obtiene un fijador que se emplea en la elaboración de perfumes, lociones, talcos y desodorantes.

El aceite esencial de las hojas y frutos ha mostrado ser un efectivo repelente de insectos, particularmente contra la mosca casera. La resina se podría utilizar en la fabricación de barnices.

- **Medicinal**

Las hojas (en cocimiento o machacadas) se usan para lavados de ojos irritados, conjuntivitis y cataratas. En Argentina se toma una infusión de hojas secas para aliviar varios desórdenes menstruales (amenorrea, sangrados abundantes,

menopausia, síndrome premenstrual), fiebres, problemas respiratorios (resfriados, asma, bronquitis) y urinarios (cistitis, uretritis).

La infusión de la corteza disminuye las inflamaciones y favorece la cicatrización de las úlceras. La corteza en coccción se usa como remedio en pies hinchados y purgante para animales domésticos.

Las ramas maceradas como papilla o hervidas para su aplicación local o remojadas en alcohol, se emplean para molestias del reumatismo y otros dolores musculares.

- **Otros**

Debido al contenido de taninos, los postes o varas de molle presentan una durabilidad de alrededor de 50 años, utilizados también para construir mangos de herramientas y parquets.

Es una importante especie ornamental para terrenos urbanos y rurales, utilizada en linderos, cortinas rompevientos, para protección de riberas y conservación de cuencas (*fao.org, 2007*).

El aceite extraído de las semillas presentan actividad fungotóxica y puede ser efectiva como fungicida natural (*Ibid, 2007*).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La fase de campo se realizó en cuatro sitios del entorno del Lago Yahuarcocha ubicada a 5 Km. al noreste de la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura.

3.1.2. Localización geográfica

PROVINCIA: Imbabura
CANTÓN: Ibarra
ALTITUD: 2200 m.s.n.m

3.1.3. Coordenadas geográficas

Coordenadas UTM:

X 17824550 E

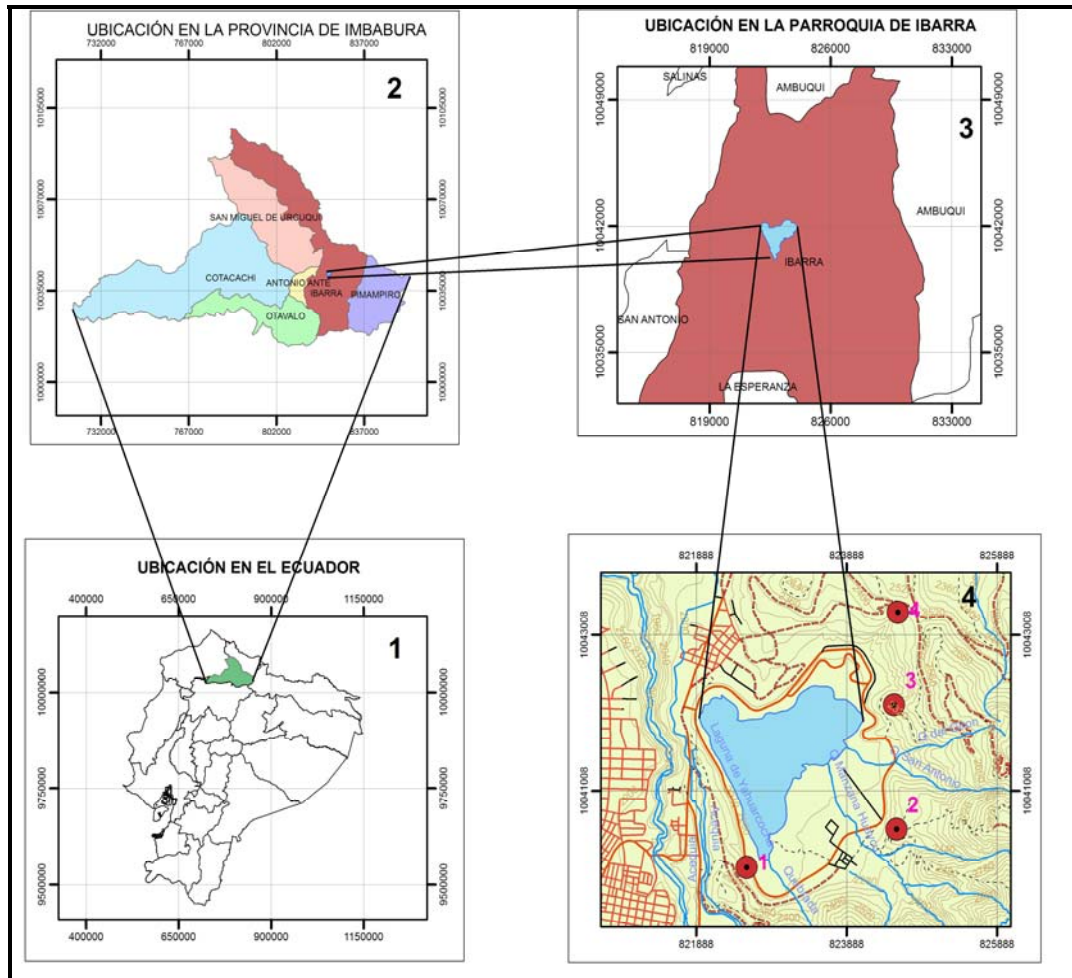
Y 0040523 N

3.1.4. Características climáticas

Temperatura media anual: 18.4 °C

Precipitación media anual: 632mm

En el mapa 1, se observa la ubicación de la zona de investigación con los sitios experimentales.



Mapa 1. Ubicación del área de estudio. UTN, 2007

3.2. MATERIALES UTILIZADOS

En el cuadro 1 se puede apreciar la lista de materiales e instrumentos utilizados durante la investigación.

Cuadro 1. Materiales e instrumentos utilizados en la investigación, UTN, 2006- 2007

MATERIALES Y EQUIPOS DE CAMPO	HERRAMIENTAS	MATERIALES DE OFICINA	MATERIALES DE LABORATORIO
GPS	Barra	Suministros de Oficina	Balanza de precisión
Cámara digital	Pala	Computadora	Estufa
Clinómetro	Pico	Impresora	Cajas petri
Barreno	Machete		
Flexómetro de 50m	Espátula		
Calibrador pie de rey	Uña para alambrear		
Cinta métrica	Tijera podadora		
Nivel en "A"	Martillo		
Cartas topográficas			
Libreta de campo			
Jalones			
Alambre de púas, grapas			
Pintura en spray			
Fundas plásticas			
Postes, estacas de madera			

3.3. METODOLOGÍA

La metodología utilizada se describe a continuación:

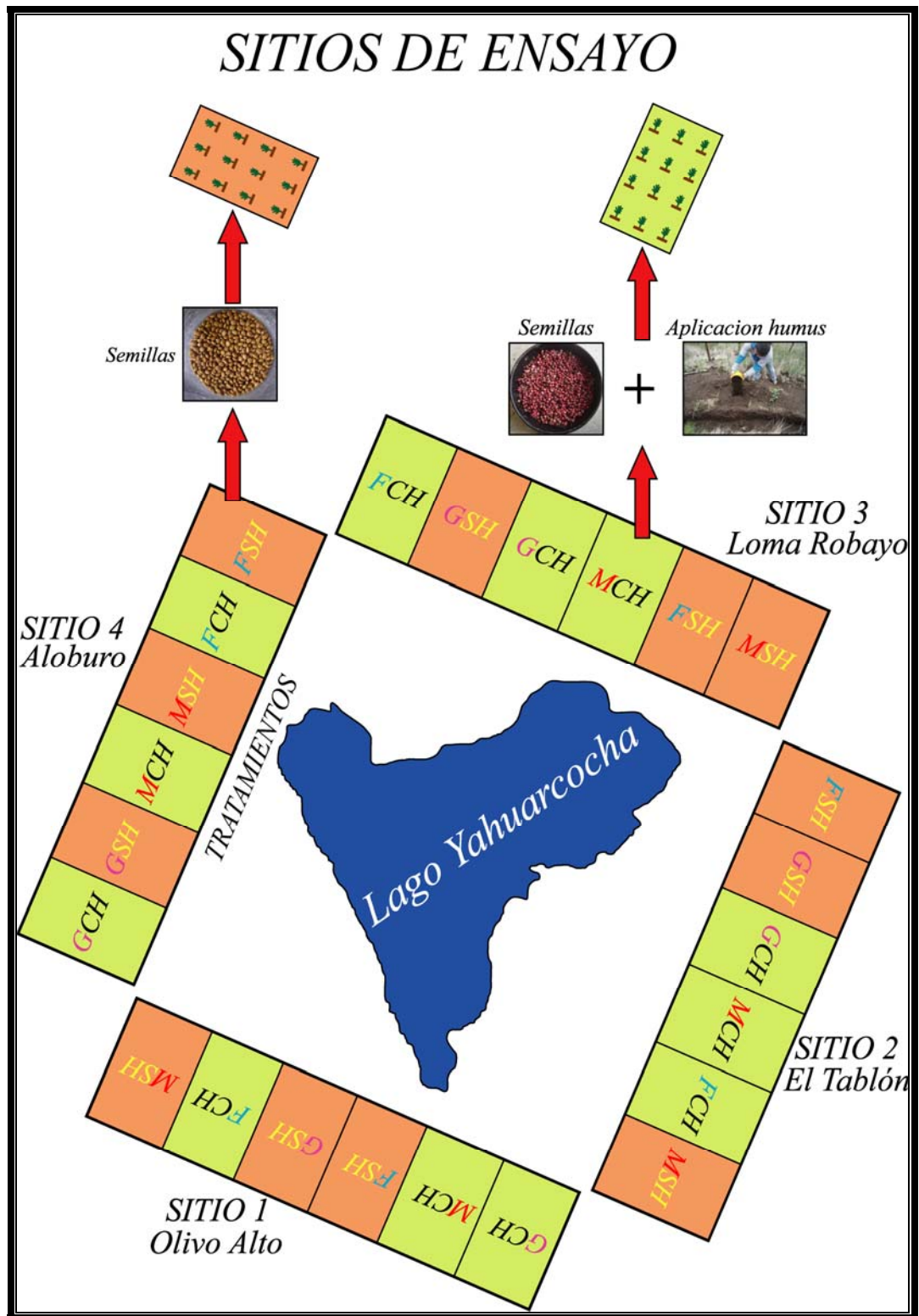
3.3.1. Diseño experimental

Se aplicó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), para los cuatro sitios de investigación, con seis tratamientos y doce repeticiones. Cada parcela estuvo integrada por 12 individuos (arbolitos) espaciados entre ellos por 4 x 4m. Para la evaluación se midieron todos los individuos.

3.3.2. Superficie y ubicación de ensayos

El tamaño de cada ensayo fue de 1152 m², conformada por seis parcelas de 192 m² cada una. A continuación en la figura 1, se puede observar la ubicación de los ensayos.

Figura 1. Ubicación de los sitios de ensayo con sus respectivos tratamientos.



3.3.3. Arreglo factorial A x B

Factor A (Especies)	Factor B (Abono)
F = Faique	SH = Sin Humus
G = Guarango	CH= Con Humus
M = Molle	

3.3.3.1. Tratamientos en estudio

Tratamientos	
FSH =	Faique sin humus
FCH =	Faique con humus
GSH =	Guarango sin humus
GCH =	Guarango con humus
MSH =	Molle sin humus
MSH =	Molle con humus

3.3.3.2. Características del experimento

Repeticiones	12
Tratamientos	6
Unidades experimentales	72

3.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS

En cada sitio de estudio se determinó sus características físicas, químicas y biológicas.

3.4.1. Características físicas

Para determinar las características físicas del suelo se determinó la densidad aparente, pendiente, profundidad efectiva y se estudió el perfil del suelo en los cuatro sitios de estudio.

3.4.1.1. Densidad aparente

Se tomó una muestra del horizonte superficial, por sitio, con la ayuda de un cilindro metálico de 7.58cm de diámetro y 7.58cm de altura, para ello se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{Peso del suelo}}{\text{V. total del suelo}} \times 100$$

3.4.1.2. Profundidad efectiva

Se realizó dos barrenaciones por sitio la profundidad hasta donde el barreno ya no pudo penetrar con facilidad. Esta actividad se realizó durante la época lluviosa.



Fotografía 1. Medición de la profundidad efectiva del suelo en los cuatro sitios de estudio. Yahuarcocha, UTN. 2007

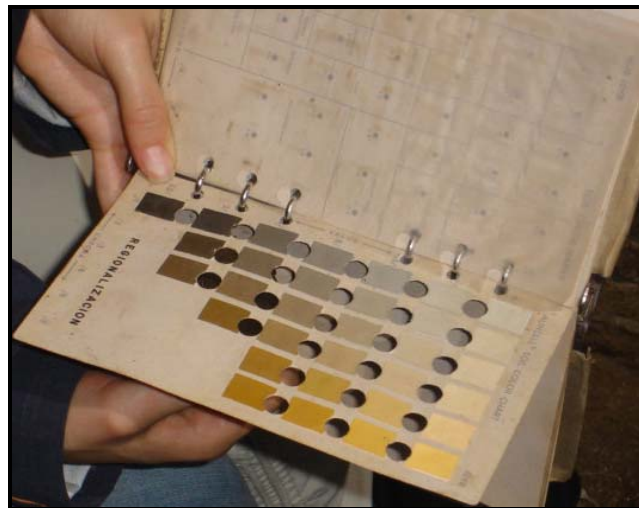
3.4.1.3. Pendiente

La pendiente se determinó en los cuatro sitios de estudio por medio de la utilización del clinómetro

3.4.1.4. Descripción del perfil del suelo

Para la descripción del suelo se construyó una calicata de 1mx1mx1m de profundidad. Se procedió a la identificación y descripción de la profundidad de los horizontes presentes en el perfil.

La identificación de los horizontes, se realizó principalmente en base a cambios de color del suelo comparando con los colores contenidos en la Tabla de Munsell, identificando de esta manera el matiz, pureza e intensidad del color de cada horizonte, y con la ayuda de una cinta se tomó la medida del espesor de cada uno de los horizontes identificados.



Fotografía 2. Determinación del color del suelo en los cuatro sitios de estudio. Yahuarcocha, UTN. 2007

- **Determinación de la textura y estructura de los horizontes**

En la descripción del perfil se determinó la textura y estructura de los horizontes del suelo identificados, la determinación de la textura se realizó en el campo mediante la utilización del método del tacto, tomando una muestra del tamaño de un puño, la cual fue humedecida y amasada hasta formar una masa homogénea, posteriormente se procedió a determinar la textura en función de la consistencia, pegajosidad y plasticidad de la muestra.

- **Presencia de raíces en los horizontes del suelo**

A través de la observación de cada uno de los horizontes identificados se procedió a determinar la cantidad y tamaño.

3.4.2. Características químicas

Para la determinación de los nutrientes del suelo antes y a los diez meses de instalado el ensayo. En cada sitio se tomó 6 submuestras a profundidades de 0-20cm, las mismas que fueron unificadas y homogenizadas, obteniéndose una muestra representativa de 1Kg por sitio, la cual debidamente etiquetada se envió al laboratorio edafología del (SESA), localizado en Tumbaco en la Provincia de Pichincha, para el análisis de N total, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn y CE.

Los datos de pH y porcentaje de materia orgánica se obtuvieron de las muestras de los sitios y de los perfiles que se enviaron al laboratorio de edafología del (SESA).

3.4.2. Flora y fauna

Para determinar la vegetación presente en cada sitio se realizó inventarios utilizando el método de área mínima y para inventariar la presencia de fauna se hizo por observación directa.

3.4.3.1. Análisis de vegetación

Se realizó dos inventarios, uno antes de instalar el ensayo y el otro a los 10 meses, para ello se aplicó el método de área mínima y se hizo dos repeticiones por sitio.

Para determinar el área mínima, se tomó una unidad muestral pequeña (2m^2) delimitada con estacas y piola, luego se registró el número de especies presentes en esta área, seguido se duplicó la superficie extendiendo la unidad anterior, donde se contó y se registró el número de especies nuevas que aparecieron en la unidad duplicada. Esta operación se repitió hasta cuando el número de especies nuevas quedó en cero, conociéndose de esta manera su area mínima de expresión.

Los datos obtenidos de las colecciones de las plantas se registraron en una hoja de formulario con los siguientes requerimientos:

Especies	Número acumulativo de especies.	Unidad Muestral	
		Número	Tamaño (m^2)

El procesamiento de datos para deteminar la similaridad de vegetación entre la época seca y lluviosa de cada sitio, se utilizó el programa BIO-DAP (Biodiversity data analysis package).

3.4.3.2. Recolección de muestras botánicas

En cada parcela se procedió a recolectar las muestras con su respectiva etiqueta que consta de los siguietes datos: sitio, número de cuadrante y número de especie, para luego ser identificadas a nivel de familia, género y especie.



Fotografía 3. Recolección de muestras botánicas en cada sitio de estudio. Yahuarcocha, UTN. 2006 – 2007

3.4.3.3. Identificación de muestras botánicas.

Las muestras botánicas recolectadas se enviaron para su identificación al Herbario Nacional del Ecuador en Quito.

3.4.3.4. Elaboración de mapas

Utilizando el programa Arcview 9.0, se realizó los siguientes mapas temáticos:

Mapa de tipos de suelos, de uso actual del suelo, de vegetación, hidrológico, de isotermas e isoyetas medias anuales, geológico, de pendientes, y de fertilidad del suelo.

3.5. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SEMILLAS

A continuación se presentan los procedimientos para un buen manejo de la semilla y los parámetros que determinaran su calidad.

3.5.1. MANEJO DE LA SEMILLA

Aquí se describen los pasos para el manejo adecuado de las semillas:

3.5.1.1. Recolección de Semillas

La recolección de semillas de faique, guarango y molle se realizó en:

- Yacucalle, Yahuarcocha, Granja Yuyucocha, Salinas, Carpuela (Ibarra)
- Atuntaqui y Chaltura (Antonio Ante)
- Coñaquí y Tumbabiro (Urcuquí)
- La Concepción (Carchi)



Fotografía 4. Recolección de semillas de faique, guarango y molle. UTN, 2006

3.5.1.2. Extracción, preparación y preservación de las semillas

Para la extracción de semillas de guarango y faique consistió, en secar los frutos en un lugar ventilado, seco y bajo sombra, con éste tratamiento las semillas se extrajeron y limpiaron con facilidad, en cambio los frutos del molle se extrajeron de sus racimos.



Fotografía 5. Extracción y preservación de las semillas de faique, guarango y molle, UTN. 2006

Finalmente se procedió a la desinfección de las semillas mediante la aplicación de vitavax para luego ser almacenadas en recipientes de vidrio y plástico.

3.5.2. Parámetros para determinar la calidad de la semilla

A continuación se mencionan los parámetros aplicados:

3.5.2.1. Pureza

El porcentaje de pureza se determinó tomó una muestra al azar de distintos recipientes, la cual se procedió a pesar y, luego se separó las impurezas y se volvió a pesar la muestra y se determinó el porcentaje de pureza de las semillas, mediante la utilización de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Pureza} = \frac{\text{Peso de la semilla pura}}{\text{Peso total de la muestra original}} \times 100$$

3.5.2.2. Número de semillas

Para determinar el número de semillas existentes en un Kg, se procedió a pesar en una balanza analítica 100 semillas secas de cada especie y se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Nº de Semillas por Kg} = \frac{\text{Nº de semillas que contiene la muestra}}{\text{Peso de la muestra en gramos}} \times 1000$$

3.5.2.3. Germinación

Para determinar el porcentaje de germinación se utilizó bandejas con sustrato de los sitios de ensayo, para lo cual se empleó 100 semillas de cada especie y se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Germinación} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número de semillas sembradas}} \times 100$$

3.6. DETERMINACIÓN DE LA GERMINACIÓN, SOBREVIVENCIA, CRECIMIENTO Y ESTADO FITOSANITARIO

3.6.1. Instalación del ensayo

Para ello se realizó varias actividades que se mencionan a continuación:

3.6.1.1. Delimitación de los sitios experimentales.

La superficie del campo experimental de cada sitio fue de 1152 m², cercada con postes de 3 metros de largo con un espaciamiento entre ellos de 2 metros y se colocó alambre de púas para evitar el acceso de animales.

3.6.1.2. Señalamiento y apertura de zanjas de infiltración y hoyos.

El trazado de las curvas a nivel se realizó con la utilización del nivel en “A” con gradiente cero, siguiendo las curvas de nivel se procedió a la señalización de las zanjas de infiltración ubicando una estaca, cada 4x4m lugar en el cual se realizó posteriormente la zanja de infiltración de 2m de largo por 40cm de ancho por 30cm de profundidad, seguido se ubicó una estaca en la parte media e inferior de la zanja de infiltración para la apertura de hoyo de 40x 40x40cm.



Fotografía 6. Señalamiento y apertura de zanjas de infiltración y hoyos. Yahuarcocha, UTN. 2006

3.6.1.3. Pretratamiento de las semillas

Antes de proceder a la siembra en las tres especies se realizó un tratamiento previo, en el caso del faique se colocó la semilla en agua casi hirviendo durante 3 minutos, luego se dejó enfriar al ambiente por 24 horas, donde se hincharon y se sembraron de inmediato, teniendo una germinación a los 8 días.

En cambio la semilla del guarango se colocó en agua caliente (casi hirviendo) durante 4 minutos, luego se pasó en agua fría por 24 horas, sembrándose de inmediato la semilla hinchada, obteniéndose así una germinación a los 12 días.

En el caso del molle, la semilla se separó de la pulpa, frotando con la mano mediante lavados con agua y se remojó en agua fría durante 48 horas, se sembró y hubo una germinación a los 21 días.

3.6.1.3. Siembra

La siembra se llevó a cabo el 9 y 10 de noviembre del 2006, en la época lluviosa y en los días nublados, para ello se utilizó semillas seleccionadas de faique, guarango y molle con su respectivo pretratamiento.



Fotografía 7. Semillas de faique, guarango y molle utilizadas para la siembra, UTN. 2006

En los tratamientos con humus se procedió a colocar 2kg de humus por hoyo, luego de remover la tierra con y sin humus, en los tratamientos de faique y guarango se procedió a colocar 5 semillas por hoyo y en los tratamientos de molle se depositó 10 semillas por hoyo.

A los 90 días después de la siembra (9 de febrero del 2007) como se observa en la fotografía 8 se realizó la selección, dejando únicamente la mejor plantita, cerca de ella se enterró una pequeña estaca hasta el nivel del suelo, dejando la parte superior descubierta, misma que sirvió como base para las posteriores mediciones de altura y diámetro basal, evitándose así variaciones en la toma de datos.



Fotografía 8. Selección de planta más representativa por especie. Yahuarcocha, UTN.
2007

3.6.1.5. Labores culturales

Durante el tiempo que duró el estudio se realizó deshierbas, limpieza de sedimentos captados en las zanjas, limpieza y arreglo de vías de acceso y construcción de zanjas de desviación.

3.6.2. Recopilación de datos

A continuación se presenta el procedimiento para determinar las variables en estudio.

3.6.2.1. Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación se determinó contabilizando las plantitas germinadas de cada especie por sitio a los 30 días después de la siembra (9 de Diciembre del 2006). Para ello se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Germinación} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número de semillas sembradas}} \times 100$$

3.6.2.2. Porcentaje de sobrevivencia

El porcentaje de sobrevivencia fue evaluado a partir de los 60 días, posteriores a la siembra, y luego cada dos meses, para ello se contaron las plántulas con el fin de determinar el número de plantas vivas durante el período de investigación, para determinarlo se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Sobrevivencia (S\%)} = \frac{\text{Número de árboles vivos}}{\text{Número de árboles plantados}} \times 100$$

3.6.2.3. Medición de altura

La medición inicial se realizó a los 90 días (9 de Febrero del 2007) después de la siembra, y luego cada dos meses hasta la finalización de la investigación (9 de Octubre del 2007).



Fotografía 9. Medición de altura de las tres especies. Yahuarcocha, UTN. 2007

Para determinar la altura total de la planta se midió desde la base (parte superior de la estaca) hasta el ápice o yema terminal utilizando una regla graduada en centímetros.

3.6.2.4. Medición de diámetro basal

La medición del diámetro se realizó a los 150 días (segunda medición), debido a que los tallos de las plántulas eran muy delgados y se corría el riesgo de quebrarlos o lastimar la corteza, continuando las mediciones cada dos meses hasta la finalización de la investigación.



Fotografía 10. Medición del diámetro basal de las especies. Yahuarcocha, UTN. 2007

Para determinar el diámetro basal de la planta se colocó el calibrador pie de rey en la base o parte superior de estaca y se leyó el dato.

3.6.2.5. Estado fitosanitario

Se realizó a través de observaciones directas.

3.6.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Con los datos de las variables en estudio se realizaron los siguientes análisis estadísticos.

3.6.3.1. Prueba de diferencia de las medias

H₀ = Hipótesis nula

H_a = Hipótesis alternativa

3.6.3.2. Análisis de varianza

El cálculo de los datos se realizó sobre la base de un diseño de Bloques Completamente al Azar (D.B.C.A) para cada sitio por separado, con la ayuda de un programa de análisis estadístico EMESTAD, con el siguiente modelo estadístico.

$$X_{ij} = u + t_i + \beta_j + E_{ij}$$

Donde:

X_{ij}	=	Cualquier observacion
u	=	Media general
t_i	=	Efecto de los tratamientos
β_j	=	Efecto de los bloques
E_{ij}	=	Error experimental

Se realizó el análisis de varianza aplicando la prueba de “F” de Fisher para las variables.

3.6.3.3. Arreglo de datos por el Diseño de bloques completamente al azar (D.B.C.A.) con arreglo factorial A x B

	R1	R2	R3		Rj	Suma	Media
T1	x11	x12	x13	.....	x1j	x1	x1
T2	x21	x22	x23	.....	x2j	x2	x2
T3	x31	x32	x33	.....	x3j	x3	x3
Ti	xi 1	xi2	xi3	.....	xij	xi.	xi.
Suma	x.1	x.2	x.3	.....	x.j	x.	x..

3.6.3.4. Esquema del Análisis de Varianza

FV	GL	SC	CM	F.cal
Total	(a x b x n) - 1	$\Sigma x2.ijk - FC$		
Repeticiones	(n - 1)	$\Sigma x2.k/axb - FC$	SCR / GL.R	CMR / CME
Tratamientos	(a x b) - 1	$\Sigma x2ij. / n - FC$	SCt / GL.t	CMt / CME
Esp. (FA)	(a - 1)	$\Sigma x2i. / bxn - FC$	SCE / GL.E	CME / CME
Abono (FB)	(b - 1)	$\Sigma x2j. / axn - FC$	SCA / GL.A	CMA / CME
L ExA (AxB)	(a - 1)(b - 1)	SCt- (SCE+SCA)	SCE.A / GLE.A	CME.A / CME
Error exp.	(n - 1)(ab - 1)	SCT-(SCR+ SCt)	SCE / GL.E	Cmt / CME

3.6.3.5. Medias de los factores

$$x_{E1} = \Sigma TE1 / n \times FB$$

$$x_{A1} = \Sigma TA1 / n \times FA$$

3.6.3.6. Prueba de rango múltiple

Con el propósito de determinar las diferencias de altura y diámetro, se aplicó la prueba de TUKEY para el factor A (especies), prueba considerada como estricta y es empleada cuando se tiene experimentos con más de dos tratamientos.

Se aplicó la prueba de Diferencia Mínima Significativa D.M.S para el factor B (abono), prueba considerada como la menos estricta de todas las pruebas y se la

emplea cuando se comparan dos medias de tratamientos misma que también fue aplicada en el sitio 3 y 4 debido a la muerte de una de las especies.

Finalmente se aplicó la prueba de DUNCAN al 5% para los tratamientos (especie-abono) de probabilidad estadística, con la finalidad de apreciar estadísticamente el crecimiento de las especies en cada uno de los tratamientos.

3.7. INFLUENCIA DE LAS ZANJAS DE INFILTRACIÓN EN LA CONSERVACIÓN DE HUMEDAD

Para determinar si existe o no influencia de las zanjas de infiltración en la conservación de la humedad del suelo, considerando las condiciones de humedad del suelo, se tomaron muestras, fuera y bajo la zanja de infiltración, y se determinó la humedad en el laboratorio de Uso Múltiple de la Universidad Técnica del Norte.

Se pesó 100gr de muestra húmeda en la balanza analítica y se llevó a la estufa a 105 °C, durante 48 horas para luego pesar la muestra seca. Con estos datos se precedió a realizar el cálculo para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

3.8. DETERMINACIÓN DE COSTOS

Se estableció a través del análisis de costos variables y fijos. El cálculo del costo se tomó como base datos que fueron registrados sistemáticamente durante el transcurso de la investigación.

Para determinar los costos variables se consideró los materiales y la mano de obra donde se realizó las siguientes actividades: preparación del suelo, siembra y labores culturales. Dentro de los costos fijos se consideró la renta del terreno, depreciación de equipos, asistencia técnica entre otros.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

En el área de estudio se caracterizó los siguientes aspectos:

4.1.1. Ubicación ecológica

De acuerdo con las características climáticas, según la clasificación de Holdridge, el área de estudio pertenece a la zona denominada bosque seco - Montano Bajo (bs-MB).

Los meses de mayor pluviosidad son marzo, abril y mayo; mientras, la época seca va de junio a septiembre (INAMHI; Vallejo, 1995; Cañadas, 1983).

4.1.2. Características edáficas

Vallejo (1995), indica que los suelos corresponden al tipo Ustorthent, cangahuas de color café amarillento, duros y de escasa cobertura vegetal, con costras blanquecinas en la superficie y sin riego, presentando mayor problema en cuanto a la erosión.

En cuanto al uso potencial se tienen suelos de la clase IV, V, y VII; en su mayoría son terrenos muy escarpados y extremadamente escarpados con una pendiente promedio de 31.82%. El uso recomendado en su mayoría, corresponde a pastos,

bosques y vida silvestre (Vallejo, 1995).

Los suelos de tipo Ustorthent se caracterizan por ser jóvenes o inmaduros, de poca profundidad, erosionados, carentes de horizontes, debido a que la tasa de erosión por la fuerte pendiente, excede a la formación de horizontes, de tal modo que cualquier forma de erosión remueve al material superficial antes de que en éste puedan operar los procesos para formar los horizontes (Valarezo, 2002).

4.1.3. Características generales de los sitios

Cuadro 2. Características generales de los sitios, Yahuarcocha,UTN, 2006

CARACTERÍSTICAS GENERALES	SITIOS			
	1	2	3	4
Localización	Olivo Alto	El Tablón	Loma Robayo	Aloburo
Coordenadas	17822557E; 0040035 N	17824550E; 0040523 N	17824310E; 0042128 N	17824588 E; 0043283 N
Altura	2237m.s.n.m	2353m.s.n.m	2303 m.s.n.m	2465m.s.n.m
Precipitación media anual	688 mm	688 mm	563 mm	563 mm
Temperatura media anual	14.5°C	13.5°C	15.5°C	16.5°C
Tipo de suelo (-)	Ustorthent	Ustorthent	Ustorthent	Ustorthent
Uso actual del suelo	95% de vegetación arbustiva y pastos naturales con 5% áreas en proceso de erosión	95% de pastos naturales con 5% de vegetación arbustiva	95% de vegetación arbustiva y pastos naturales con 5% áreas en proceso de erosión	95% de pastos naturales con 5% de vegetación arbustiva
Vegetación	Xerofítica	Xerofítica	Xerofítica	Xerofítica
Hidrología (+)	Ningún afluente	Ningún afluente	Ningún afluente	Ningún afluente
Geología (*)	Terraza indiferenciada primera	Volcánicos de Angochagua	Volcánicos de Angochagua	Volcánicos de Angochagua
Pendientes	49%	27.5%	55%	38%
Topografía	Montañosa	Montañosa	Muy montañosa	Montañosa

Fuente: La autora, CODIGEM (*), IGM (+), Vallejo 1995 (-)

Anexo 1, Mapas del 3 al 9

Como se observa en el cuadro 2, El sitio 1 (Olivo Alto) se caracterizó por ser una zona muy intervenida y fuertemente erosionada por factores externos como la escasa cobertura vegetal en ciertas áreas de este sitio, por la presencia de ganado caprino, una fuerte pendiente de 47%, y sobretodo un suelo suelto, ocasionado de esta manera una rápida degradación del suelo.

En cambio el sitio 3 (Loma Robayo) se caracterizó por encontrarse cubierta en su mayoría de vegetación arbustiva y pastos naturales mismos que eran devorados por el ganado caprino dejando descubierto parte del suelo.

El sitio 2 (El Tablón) se caracterizó por ser una zona de pastoreo con muy poca vegetación arbustiva, cubierta de pastos naturales palatables para el ganado vacuno y caballar, de igual forma el sitio 4 (Aloburo) se caracterizó por ser una zona de pastoreo y en gran parte intervenida por el hombre por la mala utilización del suelo.

Lo que nos demuestra que los cuatro sitios de estudio se encuentran intervenidos por agentes como el hombre, el tipo de suelo, presencia de animales, la pendiente, etc., mismos que aceleran los procesos erosivos causando una degradación del suelo por la acción de la lluvia y el viento.

4.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE LOS SITIOS DE ESTUDIO

Se determinó características físicas, químicas y biológicas mismas que se describen a continuación:

4.2.1. Características físicas

A continuación se presentan las características físicas determinadas en cada sitio experimental.

4.2.1.1. Densidad aparente de los cuatro sitios

La densidad aparente es una propiedad dinámica que varía con la condición estructural del suelo. Esta condición puede ser alterada por laboreo, pisoteo de animales, maquinaria agrícola y clima (por ejemplo, el impacto de las gotas de lluvia, USDA, 1999).

Cuanto mayor es la densidad, menor el espacio poroso para el movimiento del agua, crecimiento y penetración de raíces, y el desarrollo de plántulas (USDA, 1999).

Cuadro 3. Densidad aparente del suelo de los cuatro sitios de estudio, Yahuarcocha,UTN, 2007

Nº	Sitios	Dens. aparente (g/cm ³)
1	Olivo Alto	1,31
3	Loma Robayo	1,32
2	El Tablón	1,36
4	Aloburo	1,44

Como se observa en el cuadro 3, en el horizonte superior, los tres primeros sitios presentaron densidades menores a 1.36 g/cm³, lo que significa que estos suelos son adecuados para el crecimiento radicular; en cambio, el sitio 4 presentó una alta densidad aparente de 1.42 g/cm³, debido a la presencia de un suelo intervenido por el pastoreo y por la actividad del hombre dando como consecuencia una mayor compactación y menor agregación.

4.2.1.2 Profundidad efectiva

“El volumen del suelo que pueden explorar las raíces en busca de agua y nutrientes y a la vez anclar a la planta, está en función de la profundidad efectiva, la misma que puede estar limitada por: la presencia de una tabla de agua cercana a

la superficie, horizontes compactados o impermeables, capas de grava, roca, etc.” (Valarezo 2002).

Se considera que un suelo es muy profundo cuando tiene un espesor de >120cm; en cuanto en tanto que un suelo superficial va de 10 - 25cm (*Ibid*).

Cuadro 4. Profundidad efectiva del suelo de los cuatro sitios de estudio, Yahuarcocha,UTN, 2007

Nº	Sitios	Prof. efectiva
1	Olivo Alto	92cm
4	Aloburo	49cm
3	Loma Robayo	30cm
2	El Tablón	18cm

Como se observa en el cuadro 3, el sitio 1, tiene mayor profundidad efectiva de 92cm, en relación a los demás sitios, esto debido a la presencia de horizontes con una estructura de bloques angulares débiles y consistencia suelta, en cambio en el sitio 4 se obtuvo una profundidad efectiva de 49 cm medida registrada en suelo humedo, de lo contrario sería muy difícil e imposible introducir el barreno, el sitio 2, presentó una baja profundidad promedio de 18cm, siendo menor que 10 cm en algunos sitios.

De igual forma en el sitio 3 Loma Robayo, la profundidad promedio fue de 30cm, existiendo sitios en que presentó una profundidad de 10-15cm, donde a partir de allí se encontró una capa endurecida, la cual limita el desarrollo radicular de las plantas.

4.2.1.3. Descripción del perfil del suelo

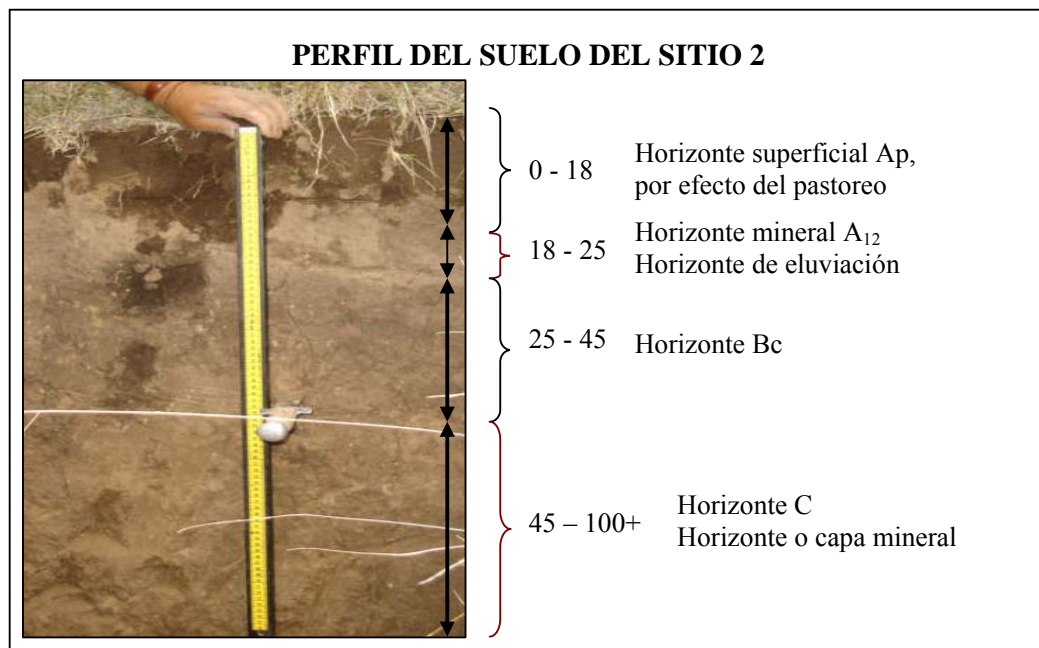
Para ello fue necesario realizar el estudio del perfil del suelo para cada sitio.

- **Descripción del perfil del suelo del sitio 1 (Olivo Alto)**

El perfil del sitio 1, se caracterizó por presentar en la superficie del suelo un horizonte mineral A₁₂ de 16cm. de profundidad seguido del horizonte A₁₃ de 14cm. de espesor, mismos que a pesar de ser un horizonte eluvial, se diferenciaron por presentar un pequeño cambio de color, y se pudo evidenciar que habido depósitos antiguos de cenizas volcánicas caracterizadas por presentar una acumulación de materia orgánica íntimamente mezclada con la fracción mineral.

Seguido se determinó al horizonte C, con un espesor de 12cm., de color café amarillento, con presencia de piedra pómez de 1cm., éste horizonte generalmente constituye el material parental del suelo, finalmente se encontró la presencia de horizontes enterrados AII de 26cm y CII de 32cm. de espesor con piedra pómez de 1m. Anexo 2

- **Descripción del perfil del suelo del sitio 2 (El Tablón)**

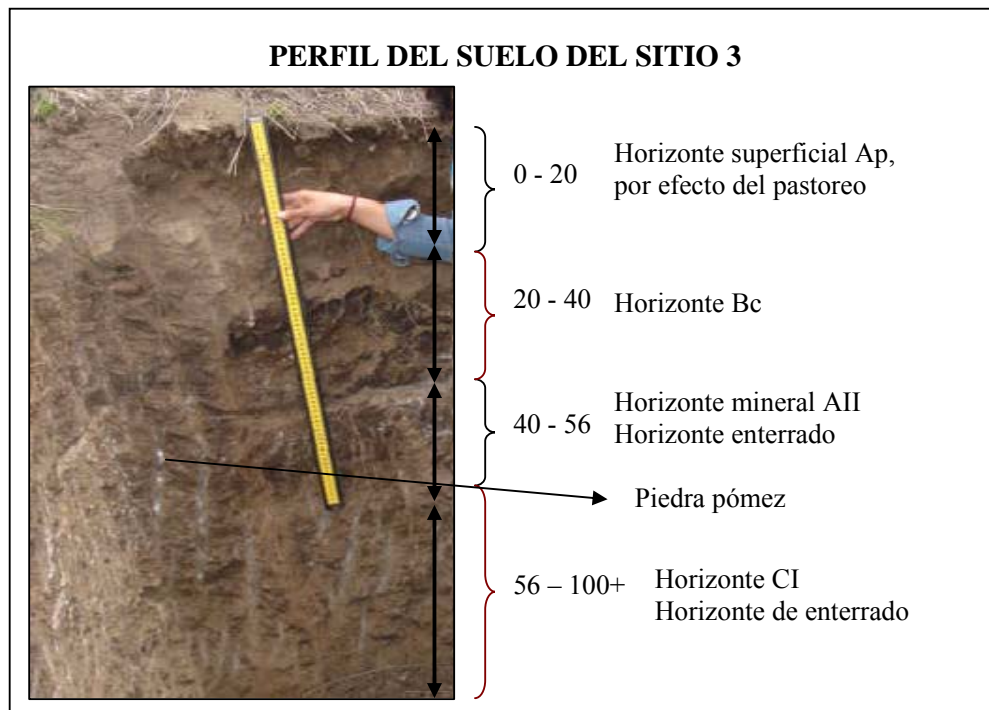


Fotografía 11. Perfil del suelo del sitio 2, Yahuarcocha, UTN, 2007

Como se observa en la fotografía 11, el perfil del sitio 2 se caracterizó por presentar un horizonte Ap u horizonte intervenido especialmente por efecto del pastoreo de 18cm de espesor. Luego se presentó el horizonte mineral A₁₂ de 7cm. de espesor caracterizado por presentar una acumulación de materia orgánica íntimamente mezclada con la fracción mineral.

Seguido se encontró un horizonte B cámbico (Bc) de 20cm de espesor caracterizado por presentar una acumulación de sustancias lixiviadas desde el horizonte A y un pequeño incremento de arcilla sin llegarse a definirse como un horizonte B textural, además se encontró la presencia de pequeñas piedras pómez, finalmente se identificó al horizonte C de 55cm de espesor, el cual constituye generalmente el material parental del suelo. Anexo 2

- **Descripción del perfil del suelo del sitio 3 (Loma Robayo)**

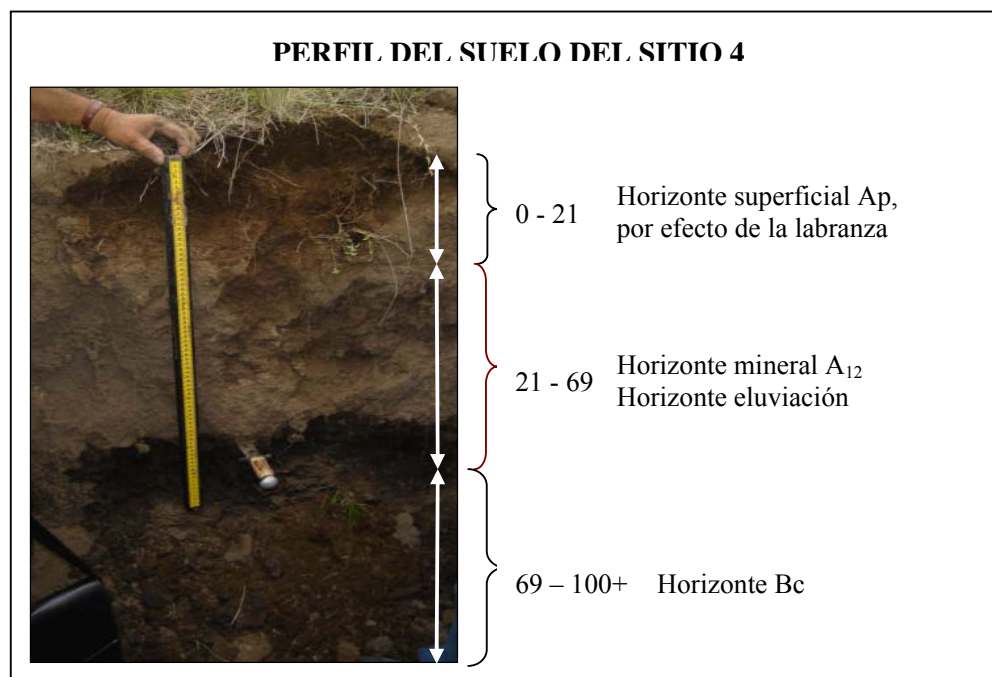


Fotografía 12. Perfil del suelo del sitio 3, Yahuarcocha, UTN, 2007

Como se observa en la fotografía 12, el perfil del sitio 3 se caracterizó por presentar un horizonte Ap u horizonte intervenido especialmente por efecto del pastoreo de 20cm. Luego se presentó el horizonte B cámbico (Bc) de 20cm de espesor, caracterizado por presentar una acumulación de sustancias lixiviadas desde el horizonte A y un pequeño incremento de arcilla sin llegarse a definirse como un horizonte B textural .

Finalmente se encontró la presencia de horizontes enterrados AII de 16 cm y CI de 44cm. de espesor con vestigios de piedra pómez. Anexo 2

▪ **Descripción del perfil del suelo del sitio 4 (Aloburo)**



Fotografía 13. Perfil del suelo del sitio 4, Yahuarcocha, UTN, 2007

Como se observa en la fotografía 13, el perfil del sitio 4 se caracterizó por presentar un horizonte Ap u horizonte intervenido especialmente por efecto del hombre y pastoreo de 21cm. Luego se presentó el horizonte mineral A₁₂ de 48cm. de espesor.

Finalmente se presentó el horizonte B cámbico (Bc) de 31cm de espesor, caracterizado por presentar una acumulación de sustancias lixiviadas desde el horizonte A y un pequeño incremento de arcilla sin llegarse a definirse como un horizonte B textural. Anexo 2

▪ **Comparación del perfil del suelo de los cuatro sitios**

Los sitios en estudio se caracterizaron por encontrarse en zonas en proceso de erosión e intervenidas donde se pudo apreciar la presencia de horizontes diferentes en cada uno de los sitios.

En los cuatro sitios de estudio no se observó la presencia del horizonte orgánico mismo que es muy importante en la protección del suelo contra la erosión, los cambios bruscos de temperatura, además ayudan al mantenimiento de humedad del suelo y a la disponibilidad, de este depende la actividad de los microorganismos y la nutrición de las plantas que viven en el lugar (Luzuriaga, 1979).

Generalmente, la remoción del horizonte superficial determina pérdida de fertilidad, de capacidad de retención de agua, de contenido de carbono orgánico y de productividad (USDA, 1999).

El horizonte Ap presentó perturbación por el pastoreo y la alta actividad del hombre, lo que ha ocasionado un acelerado proceso erosivo. El sitio 4 presentó un horizonte Ap de 21cm de profundidad, seguido del sitio 3 con un horizonte Ap de 20cm y el sitio 2 con 18cm., en cambio el sitio 1 no presentó este horizonte por existir procesos erosivos más severos.

En cuanto al horizonte mineral A, se puede evidenciar que habido depósitos antiguos de cenizas volcánicas mismas que se caracterizan por presentar una acumulación de materia orgánica íntimamente mezclada con la fracción mineral,

presentando pequeñas diferencias de color, textura, estructura y consistencia en el campo, el sitio 4 presentó 48cm de espesor, seguido el sitio 1 se encuentra ocupando los primeros 30cm de la superficie del suelo, el sitio 2 tiene un espesor de 7cm.

En lo que se refiere al horizonte B cámbico (Bc), el sitio 4 tiene un espesor de 31cm, los sitios 2 y 3 tienen un espesor de 20cm, mismo que se caracterizó por la acumulación de sustancias lixiviadas desde el horizonte A, con un pequeño incremento de arcilla sin llegarse a definirse como un horizonte B textural.

El horizonte C, que constituye generalmente el material parental del suelo, se caracterizó por presentar la capa de suelo poco afectada por proceso de formación del suelo. El sitio 2 presentó un espesor de 55cm, seguido el sitio 1 con un espesor de 12 cm.

En el sitio 1 y 3 se pudo evidenciar la presencia de horizontes enterrados A II y C II, como se observa en el cuadro 4.

Cuadro 5. Horizontes y espesores de los sitios, Yahuarcocha, UTN, 2007

Sitio 1 (Olivo Alto)		Sitio 2 (El Tablón)		Sitio 3 (Loma Robayo)		Sitio 4 (Aloburo)	
Horizontes	Espesor (cm)	Horizontes	Espesor (cm)	Horizontes	Espesor (cm)	Horizontes	Espesor (cm)
A ₁₂	16	Ap	18	Ap	20	Ap	21
A ₁₃	14	A ₁₂	7	Bc	20	A ₁₂	48
C	12	Bc	20	AII	16	Bc	31
AII	26	C	55	CI	44		
CII	32						
Total	100		100		100		100

▪ **Estructura del suelo de los cuatro sitios**

Para el crecimiento de las plantas es deseable disponer de una condición física en el cual el suelo sea un conjunto óptimamente friable, suelto y poroso de

agregados, que permitan el libre movimiento de agua y aire, fácilmente cultivable, y una germinación y crecimiento de raíces no obstruidas (USDA 1999).

Se pueden lograr excelentes estructuras superficiales en suelos con elevado contenido de materia orgánica y en los que crecen pastos perennes (Relación entre suelo – planta – agua, 1972).

Como se observa en el cuadro 5 el sitio 1 se caracterizó por presentar en todos sus horizontes una estructura de bloques agulares débiles mismos que favorecen a una buena infiltración.

En el sitio 2, 3 y 4 el horizonte superficial presentó una estructura de bloques angulares y subangulares débiles, los cuales son frágiles y fácilmente dañados, en cambio los siguientes horizontes presentaron un grado de moderado a fuerte mismos que impiden una buena infiltración del agua.

Cuadro 6. Determinación de la estructura en los cuatro sitios, Yahuarcocha, UTN, 2007

ESTRUCTURA																
GRADO	SITIO 1 (Olivo Alto)					SITIO 2 (El Tablón)				SITIO 3 (Loma Robayo)				SITIO 4 (Aloburo)		
	Horizontes					Horizontes				Horizontes				Horizontes		
	A ₁₂	A ₁₃	C	AII	CII	Ap	A ₁₂	Bc	C	Ap	Bc	AII	CI	Ap	A ₁₂	Bc
Débil	X	X	X	X	X	X				X				X		
Moderado								X								
Fuerte							X	X		X	X	X		X	X	
FORMA	A₁₂	A₁₃	C	AII	CII	Ap	A₁₂	Bc	C	Ap	Bc	AII	CI	Ap	A₁₂	Bc
Bloque angular	X	X	X	X	X						X	X	X			
Bloque subangular						X	X	X	X	X				X	X	X

▪ Textura del suelo de los cuatro sitios

La textura es una característica importante porque influye en la fertilidad y ayuda a determinar la velocidad de consumo de agua, el almacenaje de agua en el suelo, laborabilidad y la amplitud de aireación (USDA, 1999).

La textura del suelo tiene influencia sobre el movimiento y la disponibilidad de la humedad del suelo, la aireación, la disponibilidad de nutrimentos y la resistencia a la penetración por las raíces. (El bosque de la lluvia tropical, citada por Parreño, 2007).

El sitio 1 y 4 se caracterizó por presentar en el horizonte superficial una textura franco arenosa misma que es permeable, bien aireado y permite que el agua se infiltre más fácilmente, en cambio el sitio 2 y 3 presenta una textura franca la cual es excelente para el desarrollo radicular y por ende de las plantas. Anexo 2

▪ **Presencia de raíces en el perfil del suelo de los cuatro sitios**

Como se observa en el cuadro 6, el sitio 1 se caracterizó por presentar en el horizonte superficial pocas raíces finas, a partir de los horizontes más profundos se observó la presencia de muy pocas raíces finas y muy finas, debido a que estos suelos presentan procesos de erosión más severos en relación a los demás sitios.

En cambio el sitio 2 se caracterizó por presentar en el horizonte superficial raíces finas abundantes, esto se debe a la presencia de pastos naturales que cubren la superficie protegiendo al suelo de las intensas precipitaciones y permitiendo una mejor infiltración del agua evitando la erosión por escorrentía superficial, en los demás horizontes se observó un suelo más duro con pocas raíces finas.

En el sitio 3 se observó en el horizonte superficial abundantes raíces finas y medianas, mismas que crean canales internos que facilitan el movimiento del agua, llevando consigo material mineral y vegetal, acelerando el proceso de meteorización del suelo, en cambio en los horizontes más profundos se encontró pocas raíces finas y medias debido a la dureza del horizonte.

En el sitio 4 se observó en el horizonte superficial la presencia de abundantes raíces muy finas que protegen al suelo de las intensas precipitaciones, en los

horizontes más profundos se observó la presencia de pocas raíces debido a la presencia de horizontes endurecidos.

Finalmente se determinó que en el sitio 2 y 4, la presencia en su mayoría de pastos naturales permitieron el cumplimiento de funciones importantes como: protección del suelo, estabilidad del suelo, mejoramiento de la estructura del suelo, entre otras, lo que no sucedió con el sitio 1 por tener un suelo muy suelto, en cambio el sitio 3 presentó horizontes profundos duros.

Cuadro 7. Presencia de raíces identificadas en los cuatro sitios, Yahuarcocha, UTN, 2007

RAÍCES																
TAMAÑO	SITIO 1 (Olivo Alto)					SITIO 2 (El Tablón)				SITIO 3 (Loma Robayo)				SITIO 4 (Aloburo)		
	Horizontes					Horizontes				Horizontes				Horizontes		
	A ₁₂	A ₁₃	C	AII	CII	Ap	A ₁₂	Bc	C	Ap	Bc	AII	CI	Ap	A ₁₂	Bc
Muy finas			X	X									X			
Finas	X	X				X	X	X		X	X	X		X		
Medianas										X	X					
CANTIDAD	A₁₂	A₁₃	C	AII	CII	Ap	A₁₂	Bc	C	Ap	Bc	AII	CI	Ap	A₁₂	Bc
Nada					X				X				X			X
Muy pocas		X	X	X												
Pocas	X						X	X			X	X		X		
Abundantes						X				X				X		

4.2.2. Nutrientes de los cuatro sitios

Como se aprecia en el cuadro 7, se puede observar que la mayoría de los nutrientes se mantienen en los mismos niveles antes y después de instalado el ensayo, observándose también diferencias del contenido de nutrientes dentro de cada nivel de los elementos como sucede en el caso P, Cu, Zn, B, K, Ca y Mg. En cambio se observa cambios de nivel para los siguientes elementos Fe, Mn, S, N total y M.O. De igual forma se puede apreciar resultados similares en el análisis químico del suelo de los horizontes del perfil de los sitios. Anexo 3

Cuadro 8. Resultados del análisis químico de nutrientes de los cuatro sitios en estudio, antes y después de instalar el ensayo, Yahuarcocha, UTN, 2006 – 2007

REPORTE DEL ANÁLISIS DE SUELO EN LOS CUATRO SITIOS, ANTES Y DESPUÉS DE INTALADO EL ENSAYO.																
Nutriente	Sitio 1				Sitio 2				Sitio 3				Sitio 4			
	ppm		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después		
P	0.5	B	1.8	B	8.8	B	5.8	B	5.2	B	3.5	B	4.5	B	1.8	B
Fe	12	B	19.5	B	79	A	49	A	27	M	20.2	B	18	B	16.3	B
Mn	2	B	3.1	B	6	M	8.4	M	4	B	5.8	B	2	B	3.4	B
Cu	6	A	5.2	A	8	A	6	A	7	A	5.5	A	8	A	5.6	A
Zn	2	B	0.9	B	3	B	1.4	B	2	B	1	B	2	B	1	B
B	0.5	B	0.35	B	0.5	B	0.4	B	0.6	B	0.37	B	0.5	B	0.31	B
S	8	B	34	A	11	B	39	A	30	A	30	A	17	M	34	A
Cmol/kg																
K	0.97	A	0.66	A	0.81	A	0.5	A	0.76	A	0.56	A	0.92	A	0.81	A
Ca	8.8	A	7	A	7.1	A	6.5	A	8.6	A	7.3	A	8	A	7.6	A
Mg	3.7	A	3.87	A	3.45	A	3.3	A	4.53	A	4.2	A	3.95	A	3.87	A
%																
M.O.	0.83	B	2.22	A	2.77	A	4.2	A	2	M	3.48	A	1.31	M	2.53	A
N. Total	0.04	B	0.11	B	0.14	B	0.2	M	0.1	B	0.17	M	0.06	B	0.13	B

A = Alto M = Medio B = Bajo

4.2.2.1. pH en los cuatro sitios de estudio

En función del pH está la disponibilidad de nutrientes y materia orgánica del suelo, lo cual influye directamente sobre el crecimiento vegetal; así como, en el movimiento y disponibilidad de los nutrientes o los procesos de intercambio catiónico.

Comúnmente, valores de pH entre 6.0 y 7.5 son óptimos para el crecimiento de la mayoría de las especies, debido a que la mayor parte de nutrientes como es el caso del nitrógeno, el fósforo, el potasio, el azufre entre otros, se encuentran disponibles en este rango de pH (USDA, 1999).

Como se observa en el cuadro 8, al inicio de la instalación se determinó para el sitio 1 un pH ligeramente alcalino, en cambio para los demás sitios el pH fue

neutro pero al final del ensayo el pH para los cuatro sitios fue neutro, esto debido a que estas zonas secas se caracterizan por tener un pH neutro por las altas concentración de sales solubles, carbonatos de calcio y magnesio que no han sido lavados por las precipitaciones.

Esto indica que el pH neutro permite una mejor disponibilidad de nutrientes mejorando de esta manera las características químicas y biológicas en los sitios experimentales.

En cuanto al pH de los horizontes superficiales, fue neutro para todos los sitios, en cambio los horizontes más profundos presentaron un pH ligeramente alcalino a un pH alcalino esto debido a que a medida que aumenta la profundidad del suelo, el pH también aumenta y se debe principalmente a la lixiviación de cationes hacia los horizontes más profundos del suelo. Anexo 3

Cuadro 9. Resultados del análisis de pH de los cuatro sitios en estudio al inicio y al final del estudio, Yahuarcocha, UTN, 2006 – 2007

pH					
Sitios		Inicio de ensayo		Final del ensayo	
1	Olivo Alto	Ligeramente alcalino	7,76	Neutro	6,88
2	El Tablón	Neutro	6,28	Neutro	6,6
3	Loma Robayo	Neutro	6,71	Neutro	6,66
4	Aloburo	Neutro	7,11	Neutro	7,25

4.2.2.2. Contenido de materia orgánica de los cuatro sitios de estudio

La materia orgánica modifica las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. En cuanto a las propiedades físicas, la M.O. tiene un efecto positivo sobre la estructura del suelo a través de la formación de agregados estables, el aumento de la capacidad de retención de agua y la mejora del intercambio de gases y del drenaje (Valarezo, 2002).

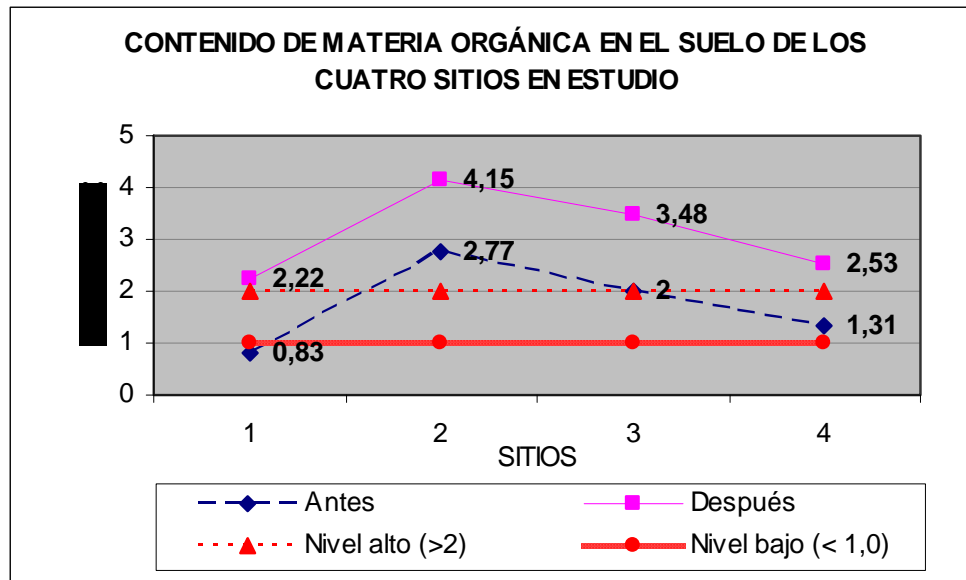


Figura 2. Presencia de materia orgánica en los cuatro sitios de estudio, antes y después de instalado el ensayo, Yahuarcocha, UTN, 2006 - 2007

En la figura 2, se puede apreciar que antes de instalado el ensayo, la materia orgánica para el sitio 1 fue bajo, para el sitio 3 y 4 fue medio, todo esto se justifica principalmente porque la presencia de ganado, especialmente chivos que se caracterizan por devorar hasta las raíces de las plantas, impidiendo drásticamente el reciclaje de nutrientes aportados por las mismas plantas, proceso que gracias al cercado al final del estudio los niveles de materia orgánica para los cuatro sitios fue alto.

En el sitio 2 se registró antes del cercado niveles altos de materia orgánica esto debido a que esta zona se lo utilizaba para el pastoreo de ganado especialmente bovino y caballo ya que la vegetación de esta zona en su mayoría consiste de pastos naturales palatables para el ganado mismos que a su vez abonaban con sus heces, en donde a más de ello el cercado ayudó a que el incremento de la materia orgánica sea mucho mayor.

4.2.2.3. Contenido de nitrógeno de los cuatro sitios de estudio

El nitrógeno es un elemento fundamental en la materia vegetal, ya que es un constituyente básico de las proteínas, ácidos nucleicos, clorofilas entre otras. Las plantas lo absorben principalmente por las raíces en forma de NH_4^+ y de NO_3^- . El nitrógeno permite el desarrollo de la actividad vegetativa de la planta, causando el alargamiento de troncos, brotes y aumentando la producción de follaje (Porta, 1999).

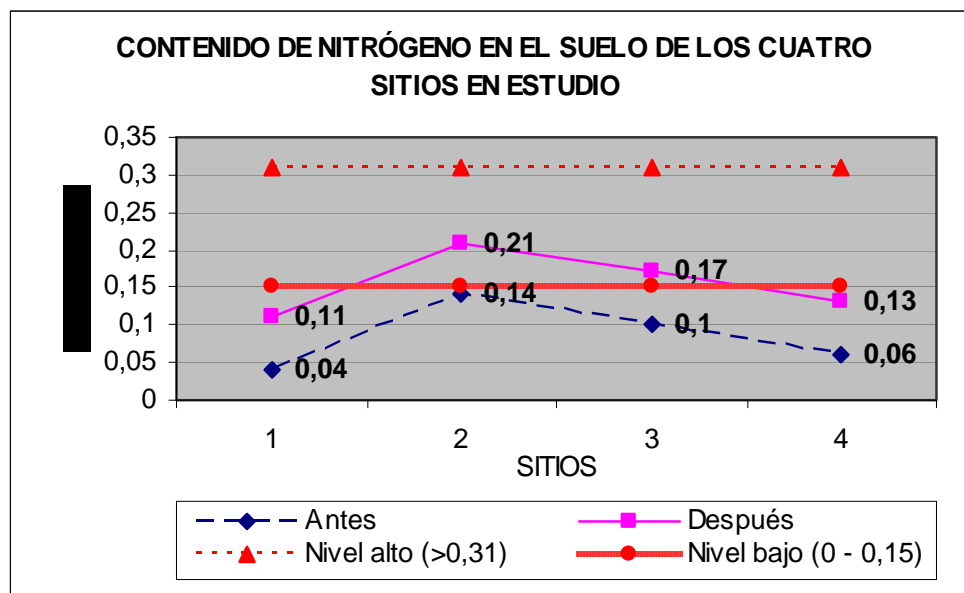


Figura 3. Presencia de nitrógeno en los cuatro sitios de estudio, antes y después de instalado el ensayo, Yahuarcocha, UTN, 2006 - 2007

En la figura 3, se puede observar que en el sitio 1 y 4 el contenido de nitrógeno es bajo al inicio y al final del ensayo, no así para el sitio 2 y 3, donde al inicio del estudio el contenido fue bajo pero a los 10 meses de instalado el ensayo, el nivel fue medio.

Se registraron niveles bajos al inicio del ensayo, esto debido a que estas zonas presentan vegetación arbustiva y pastos naturales mismas que al no haber un cerramiento, eran consumidas por el ganado, impidiendo las funciones de reciclaje

de nutrientes e incorporación de materia orgánica para que se realice la actividad normal por los microorganismos en el proceso de mineralización o de nitrificación transformando en inorgánico NH_4^+ para que pueda ser asimilada por las plantas, esto justifica la ausencia del nitrógeno disponible para buen desarrollo de las plantas.

A los 10 meses de instalado el ensayo en el sitio 1 y 4 se observó un incremento de contenido de nitrógeno de 0.7 ppm manteniéndose en el nivel bajo, en cambio en el sitio 2 y 3 también hubo un incremento de 0.7 ppm mismo que hizo que suba a un nivel medio, esto debido principalmente a la cantidad de materia orgánica adicionada en el suelo a consecuencia del cercado. Todo indica que dependiendo de la temperatura y la disponibilidad de otros nutrientes importantes como el fósforo, la materia orgánica se descomponga con normalidad hasta llegar al proceso de mineralización. Anexo 1, Mapas 10 y 13

4.2.2.4. Contenido de fósforo de los cuatro sitios de estudio

El fósforo contribuye a la formación de yemas y raíces así como a la lignificación. La falta de fósforo provoca un ahogo de la planta, crecimiento lento y una menor expansión de las raíces. La mayor parte del fósforo presente en el suelo no es asequible a las plantas y su emisión en la solución de suelo es muy lenta (López, 1967).

El fósforo se mueve muy poco en la mayoría de los suelos. Generalmente se mantiene donde ha sido colocado por la meteorización de los minerales o por la fertilización (*Ibid*).

En la figura 4, se puede observar que en los cuatro sitios el contenido de fósforo se mantuvo con un bajo nivel antes y después del ensayo, lo cual se explica su escasa movilidad y disponibilidad para las plantas. Ello guarda relación con los

valores de pH con tendencia a la neutralidad, mientras que el rango de pH para la aprovechabilidad del fósforo es de 5.0 - 7.0.

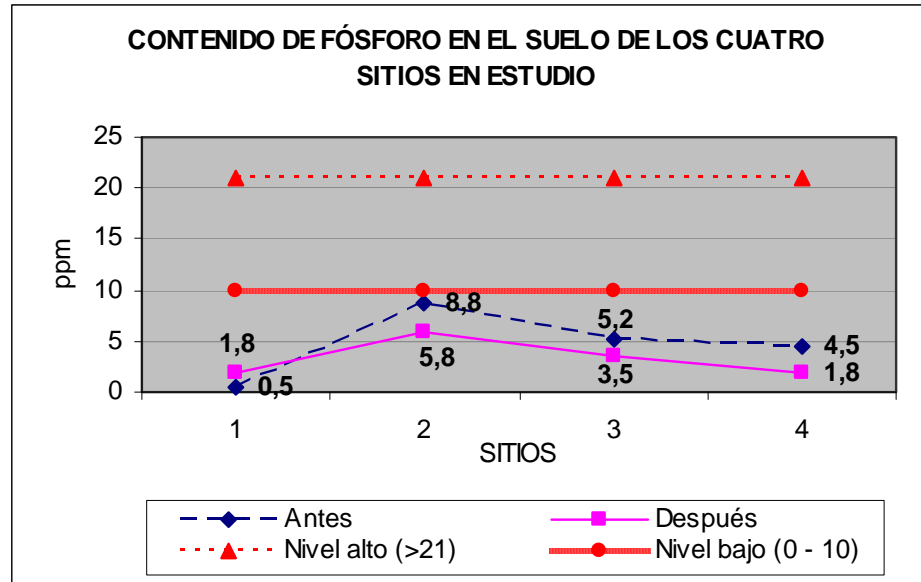


Figura 4. Presencia de fósforo en los cuatro sitios de estudio, antes y después de instalado el ensayo, Yahuarcocha, UTN, 2006 - 2007

En estos sitios el principal problema para la pérdida del fósforo es por medio de la erosión ya que las partículas de fósforo son removidas por medio del agua o viento.

Debido al bajo contenido de fósforo se justifica el bajo aprovechamiento de este nutriente importante para el desarrollo de las plantas. Anexo 1, Mapas 11 y 14

4.2.2.5. Contenido de potasio de los cuatro sitios de estudio

El potasio permite que se produzcan reacciones enzimáticas, metabolismo y translocación del almidón, absorción del ión NO_3^- , apertura de los estomas y síntesis de proteínas. Las carencias de potasio se pueden corregir aportando materia orgánica, sales minerales ricas en potasio, etc. El potasio acentúa el vigor a las plantas, aporta resistencia a las enfermedades y da fuerza al tallo (López, 1967).

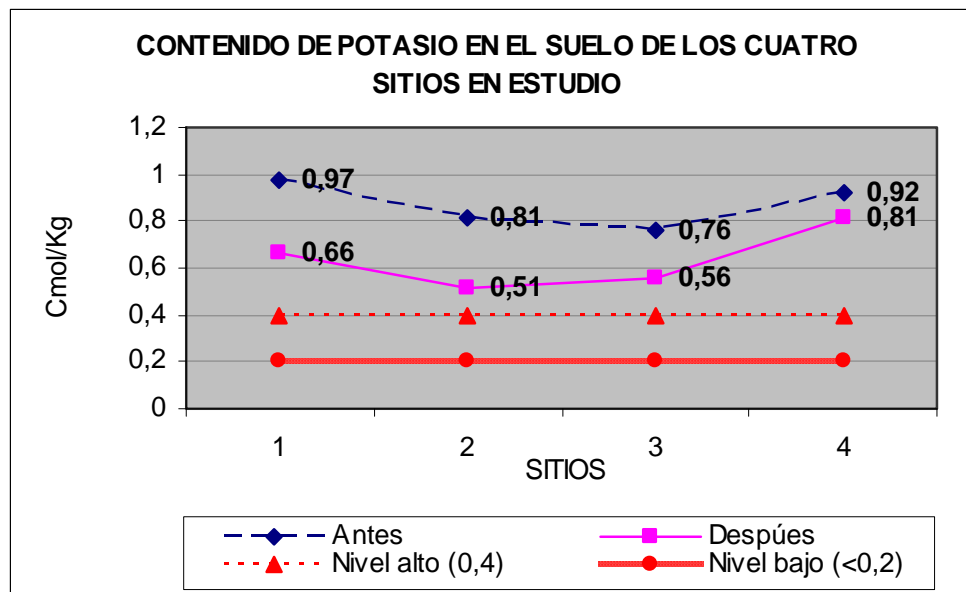


Figura 5. Presencia de potasio en los cuatro sitios de estudio antes y después de instalado el ensayo, Yahuarcocha, UTN, 2006 – 2007

En la figura 5, se puede observar que en los cuatro sitios el contenido de potasio se mantuvo con un alto nivel antes y después del ensayo, lo que significa que hay un mayor incremento gracias al aporte de materia orgánica por parte de la vegetación existente. Anexo 1, Mapas 12 y 15

4.2.3. Fauna y flora de los sitios

A continuación se presentan los análisis de fauna y flora que se realizaron en los sitios de ensayo.

4.2.3.1. Análisis de la fauna

Se realizó a través de observación directa durante las salidas de campo en los sitios de estudio.

Cuadro 10. Lista de aves, mamíferos y reptiles representativas encontradas durante la investigación, Yahuarcocha, UTN, 2006 – 2007

Grupos	Familia	Nombre científico	Nombre común
Aves	Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	Garza bueyera
	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo collarejo
	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Mirlo grande
	Tyrannidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Petirrojo
	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Kilico
	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrión
	Trochilidae	<i>Florisuga mellivora</i>	Colibrí de pecho café
	Fringillidae	<i>Pheucticus chrysophephus</i>	Huirac-churo
	Hirundinidae	<i>Notichelidon murina</i>	Golondrina
	Columbidae	<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola sabanera
	Tinamidae	<i>Nothocercus curvirostris</i>	Perdiz de páramo
	Fringuillidae	<i>Carduelis psaltria</i>	Jilguero
	Columbidae	<i>Columbina minuta</i>	Cuturpilla
Mamíferos	Leporidae	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Conejo de páramo
	Canidae	<i>Pseudalopex culpaeus</i>	Lobo de páramo
	Cricelidae	<i>Orizomis sp</i>	Ratón de campo
Reptiles	Columbridae	<i>Dipsas oreas ellipsífera</i>	Culebra
	Iguanidae	<i>Proctoporus sp</i>	Lagartija

En el cuadro 10, la presencia de aves se los observó en todo el entorno del Lago Yahuarcocha, en cambio los mamíferos se los observó en el sitio 3 ubicado en la loma Robayo, debido a que esta zona con respecto a los demás sitios se encuentra menos intervenida por el hombre, las especies registradas fueron: conejo de paramó (*Sylvilagus brasiliensis*), lobo de páramo (*Pseudalopex culpaeus*) y ratón de campo (*Orizomis sp*). Anexo 12, Fotografía 1 y 2

En cuanto a los reptiles, la presencia de lagartijas (*Proctoporus sp*) se los observó el sitio 1 (Olivo Alto) y 3 (Loma Robayo), en este sitio se observó también la presencia de la culebra (*Dipsas oreas ellipsífera*). Anexo 10, Fotografía 3 y 4

4.2.3.2. Análisis de la flora

El área mínima de expresión para los cuatro sitios en las dos épocas fue 16m².

▪ **Flora del Sitio 1 (Olivo Alto)**

Cuadro 11. Especies registradas en el sitio 1 en la época seca y lluviosa, Yauarcocha, UTN, 2006 – 2007

Familia	Nombre Científico	Ep. S	Ep. Ll
Rubiaceae	<i>Spermacoce sp.</i>	A	P
Fab - Faboideae	<i>Dalea mutisii</i>	A	P
Lamiaceae	<i>Salvia humboldtiana</i> F. Dietr	A	P
Polypodiaceae	<i>Polipodium thyssanolepis</i> A. Braun ex Klotzsch	A	P
Polygalaceae	<i>Polygala pariculata</i> (L.)	A	P
Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	A	P
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	P	A
Malvaceae	<i>Gaya gaudichaudiana</i> A. St. Hill.	P	A
Pteridaceae	<i>Pellaea ternifolia</i> (Cav.) Link	P	A
Agavaceae	<i>Agave americana</i>	P	P
Pteridaceae	<i>Cheilanthes bonarensis</i> (Willd)Proctor	P	P
Sapindaceae	<i>Dodoneae viscosa</i>	P	P
Mimosoideae	<i>Mimosa quitensis</i>	P	P
Euphorbiaceae	<i>Crotton wagnerii</i>	P	P
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce cf.melanacarpa</i> (Boiss.) G.L.	P	P
Lamiaceae	<i>Hyptis eriocephala</i> Benth	P	P
Sterculiaceae	<i>Byttneria loxensis</i> Cristobal	P	P
Asteraceae	<i>Pappobolus imbaburensis</i> (Hieron.) Panero	P	P
Asteraceae	<i>Bidens audieola</i> Kunth	P	P
Malvaceae	<i>Sida setosa</i> Mart ex Colla	P	P
Ep. S = Época Seca Ep. Ll = Época Lluviosa A = Ausente P = Presente			

Las coordenadas donde se realizaron los inventarios de flora en el sitio 1 son: punto uno, 17822544E; 0040057N altura 2246m.s.n.m., punto dos 17822551E; 0040019N, altura 2240m.s.n.m.

Como se observa en el cuadro 11, durante la época seca se registró 14 especies, en cambio en la época lluviosa se registró 11 mismas que también se registraron durante la época seca y a más de ello se registraron 6 nuevas especies. El número total registrado durante la época seca y lluviosa fue de 20 especies.

▪ **Flora del Sitio 2 (El Tablón)**

Cuadro 12. Especies registradas en el sitio 2 en la época seca y lluviosa, Yahuarcocha, UTN, 2006 – 2007

Familia	Nombre Científico	Ep. S	Ep. Ll
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	A	P
Asteraceae	<i>Tagetes verticillata</i> Lag. & Rodr.	A	P
Solanaceae	<i>Nicondra Physalodes</i> L. Gaerthn.	A	P
Asteraceae	<i>Pappobolus imbaburensis</i> (Hieron.) Panero	A	P
Asteraceae	<i>Bidens audieola</i> Kunth	A	P
Amaranthaceae	<i>Amaranthus hybridus</i> var. sangorache	A	P
Asteraceae	<i>Stevia ovata</i> Willd	A	P
Fabaceae	<i>Desmodium molliculum</i> Kunth DC.	A	P
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce cf.melanacarpa</i> (Boiss.) G.L.	A	P
Primulaceae	<i>Anagallis orvensis</i> L.	A	P
Sapindaceae	<i>Dodoneae viscosa</i>	A	P
Asteraceae	<i>Tagetes filifolia</i> Lag.	A	P
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce hirta</i> (L.)	A	P
Lamiaceae	<i>Stachys elliptica</i> Kunth	A	P
Verbenaceae	<i>Verbena litoralis</i> Kunth	P	A
Amaranthaceae	<i>Alternanthera porrigens</i> (Jacq.) Kuntze	P	A
Asteraceae	<i>Gnaphalium luteo-album</i> L.	P	A
Solanaceae	<i>Solanum nigra</i>	P	P
Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	P	P
Mimosoideae	<i>Mimosa quitensis</i>	P	P
Malvaceae	<i>Sida setosa</i> Mart ex Colla	P	P
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	P	P
Sterculiaceae	<i>Byttneria loxensis</i> Cristobal	P	P
Ep. S = Época Seca Ep. Ll = Época Lluviosa A = Ausente P = Presente			

El sitio 2 se encuentra ubicado en las coordenadas: punto uno 17824566E; 0040645N, altura 2358m.s.n.m. y el punto dos 17824556E; 0040604N, altura 2352m.s.n.m.

Como se observa en el cuadro 12, durante la época seca se registró 9 especies, en cambio en la época lluviosa se registró 6 especies mismas que también se registraron durante la época seca y a más de ello se registraron 14 nuevas especies. El número total registrado durante la época seca y lluviosa fue de 23 especies.

▪ **Flora del Sitio 3 (Loma Robayo)**

Cuadro 13. Especies registradas en el sitio 3 en la época seca y lluviosa, Yahuarcocha, UTN, 2006 – 2007

Familia	Nombre Científico	Ep. S	Ep. Ll
Asteraceae	<i>Bidens audieola</i> Kunth	A	P
Malvaceae	<i>Bastardia bivalvis</i> (Cav.) Kunth	A	P
Lamiaceae	<i>Salvia humboldtiana</i> F. Dietr	A	P
Polygalaceae	<i>Polygala pariculata</i> (L.)	A	P
Asteraceae	<i>Artemisia Sodiroi</i> Hieron.	P	A
Asteraceae	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	P	A
Sterculiaceae	<i>Byttneria loxensis</i> Cristobal	P	A
Sapindaceae	<i>Dodonea viscosa</i>	P	A
Cactaceae	<i>Opuntia tuna</i>	P	P
Asteraceae	<i>Pappobolus imbaburensis</i> (Hieron.) Panero	P	P
Lamiaceae	<i>Hyptis eriocephala</i> Benth	P	P
Malvaceae	<i>Sida setosa</i> Mart ex Colla	P	P
Euphobiaceae	<i>Crotton wagnerii</i>	P	P
Solanaceae	<i>Lycianthes lycicoides</i> (L.) Hassl.	P	P
Pteridaceae	<i>Cheilanthes myriophylla</i> Desv.	P	P
Fabaceae	<i>Caursetia dubia</i> (Kunth) D.C.	P	P
Pteridaceae	<i>Cheilanthes bonarensis</i> (Willd)Proctor	P	P
Fabaceae	<i>Mimosa acantholoba</i> (humb.& Bonpl.Ex Willd.)	P	P
Malvaceae	<i>Gaya gaudichaudiana</i> A. St. Hill.	P	P
Boraginaceae	<i>Heliotropium cf.</i> Angiospermun Murrug	P	P
Ep. S = Época Seca Ep. Ll = Época Lluviosa A = Ausente P = Presente			

El sitio 3 se encuentra ubicado en las coordenadas: punto uno 17824368E; 0042237N, altura 2314m.s.n.m. y el punto dos 17824338E; 0042205 N, altura 2295m.s.n.m.

Como se observa en el cuadro 13, durante la época seca se registró 16 especies, en cambio en la época lluviosa se registró 12 especies mismas que también se registraron durante la época seca y a más de ello se registró 4 nuevas especies. El número total registrado durante la época seca y lluviosa fue de 20 especies.

▪ **Flora del Sitio 4 (Aloburo)**

El sitio 4 se encuentra ubicado en las coordenadas: punto uno 17824581E; 0043288N, altura 2465m.s.n.m. y el punto dos 17824605E; 0043262N, altura 2461m.s.n.m.

Cuadro 14. Especies registradas en el sitio 4 en la época seca y lluviosa, Yahuarcocha, UTN, 2006 – 2007

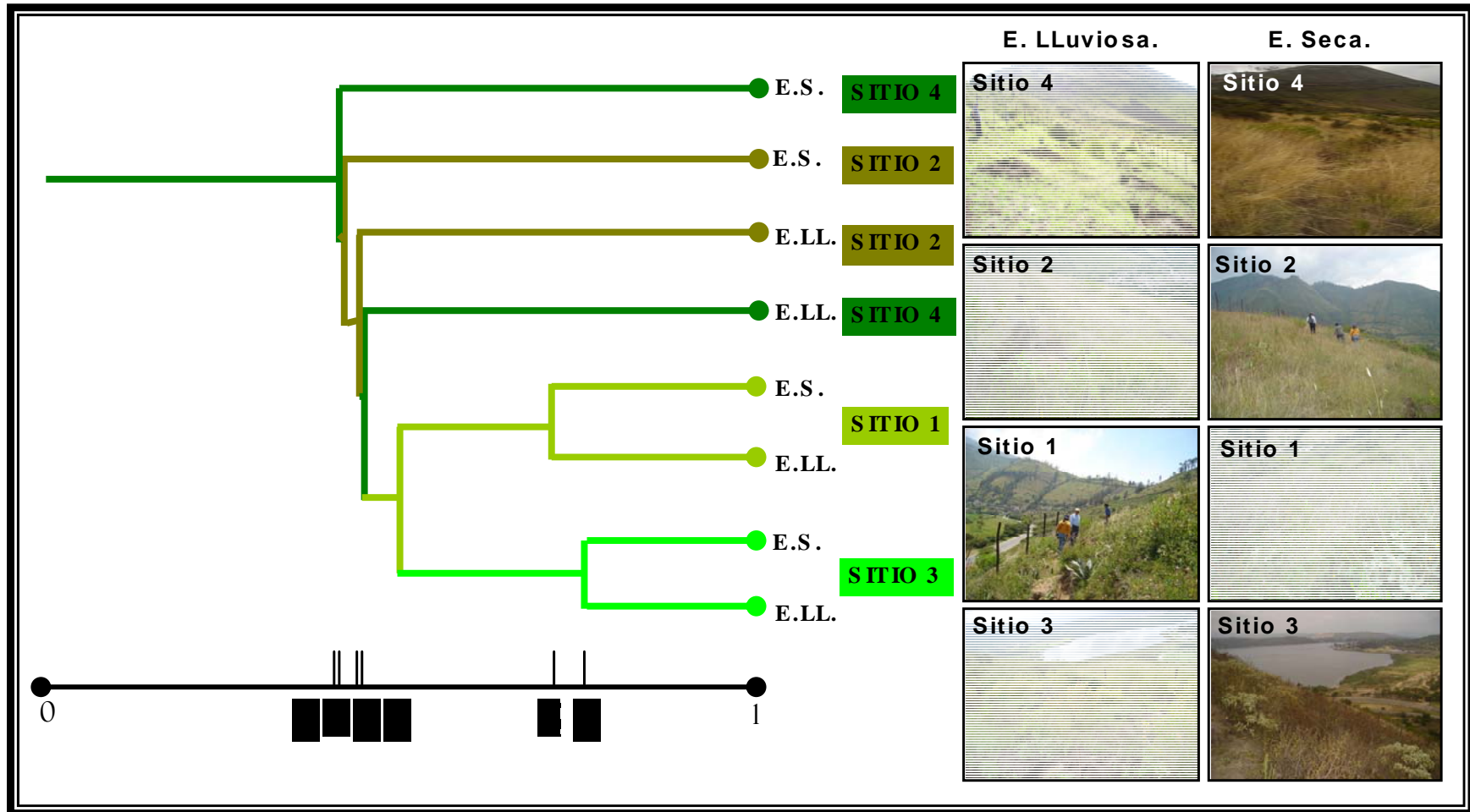
Familia	Nombre Científico	Ep. S	Ep. Ll
Asteraceae	<i>Ambrosia arborescens</i>	A	P
Lamiaceae	<i>Salvia humboldtiana</i> F. Dietr	A	P
Asteraceae	<i>Tagetes verticillata</i> Lag. & Rodr.	A	P
Asteraceae	<i>Bidens audieola</i> Kunth	A	P
Asteraceae	<i>Stevia ovata</i> Willd	A	P
Malvaceae	<i>Gaya gaudichaudiana</i> A. St. Hill.	A	P
Asteraceae	<i>Tagetes filifolia</i> Lag.	P	A
Malvaceae	<i>Mahastrum af. Peromandelium</i> (L.) Gascke	P	A
Onagraceae	<i>Oenothera pubescens</i> Wild. Ex Spreng	P	A
Fabaceae	<i>Mimosa acantholoba</i> (humb.& Bonpl.Ex Willd.)	P	P
Malvaceae	<i>Sida setosa</i> Mart ex Colla	P	P
Sapindaceae	<i>Dodonea viscosa</i>	P	P
Ep. S = Época Seca Ep. Ll = Época Lluviosa A = Ausente P = Presente			

Como se observa en el cuadro 14, durante la época seca se registró 6 especies, en cambio en la época lluviosa se registró 3 especies mismas que se registraron también durante la época seca y a más de ello se registró 6 nuevas especies. El número total registrado durante la época seca y lluviosa fue de 12 especies.

❖ **Índice de similaridad**

Estos índices se utilizan para datos cualitativos, de presencia o ausencia y están diseñados para ser igual a uno en caso de similaridad completa o igual a cero en comunidades sin especies en común, Sin embargo éstos índices de fácil cálculo matemático no consideran la abundancia de especies, de forma que todas las especies tienen igual peso en la ecuación con la independencia de su mayor o menor abundancia.

Figura 6. Dendograma de similaridad aplicando el índice cualitativo de SORENSON, UTN, 2007



Como se observa la figura 6, en el sitio 3 se aprecia que las especies existentes entre la época seca y lluviosa tienen una similaridad muy estrecha de un 76%, lo que significa que la vegetación compuesta en su mayoría de arbustos están presentes durante las dos épocas, entre las especies registradas como se observa en el cuadro 13 tenemos: *Crotton wagnerii* (Mosquera), *Caursetia dubia* (Chochillo) entre otras. A más de ello en la época seca se registraron especies herbáceas como: *Artemisia sodiroi*, *Conyza bonariensis*, etc. Así como también especies arbustivas que no se registró en la época lluviosa, esto por tratarse de pequeñas plantas producto de una regeneración natural que no resistieron la época seca como: *Dodonea viscosa* (Chamano), etc. en cambio en la época lluviosa se registraron nuevas especies herbáceas como: *Polygala pariculata*, entre otras.

Seguido en el sitio 1 se observa una similaridad del 71%, debido a la presencia de especies encontradas en las dos épocas como se observa en el cuadro 11 tenemos: *Dodonea viscosa*, (Chamano), *Mimosa quitensis* (Uña de gato), *Crotton wagnerii* (Mosquera), *Pappobolus imbaburensis*, *Bidens audieola*, entre otras. A más de ello en la época lluviosa se registraron nuevas especies como: *Spermacoce s.*, *Polygala pariculata*, etc.

En cambio en el sitio 2 y 4 se pudo apreciar una similaridad de 0.40 a 0.44 entre la época seca y lluviosa. La relación entre los dos sitios, se debe a una alta intervención de la vegetación, encontrándose muy poca vegetación arbustiva y gran predominancia de pastos naturales y hierbas que crecieron durante la época lluviosa, observándose la presencia de las siguientes especies: *Tagetes verticillata*, *Bidens audieola*, *Stevia ovata*. En el sitio 2 se observó una alta predominancia de especies como se observa en el cuadro 12 que no se registraron en el sitio 4, estas son: *Amaranthus hybridus*, *Stachys elliptica*, entre otras y en la época seca: *Gnaphalium luteo*, *Baccharis latifolia*, etc. en cambio en el sitio 4 como se observa en el cuadro 14 en la época seca y lluviosa se registró la presencia de pocas especies como: *Tagetes filifolia*, *Mimosa acantholoba*, etc. En el Anexo 12, fotografía 5 – 8 se puede apreciar la vegetación arbustiva.

4.3. CALIDAD DE LA SEMILLA

Entre el tamaño, peso de las semillas y el porcentaje de germinación existe una relación (Grijpma, 2001).

A continuación se presentan los parámetros por medio de los cuales se determinó la calidad de las semillas:

4.3.1 Pureza

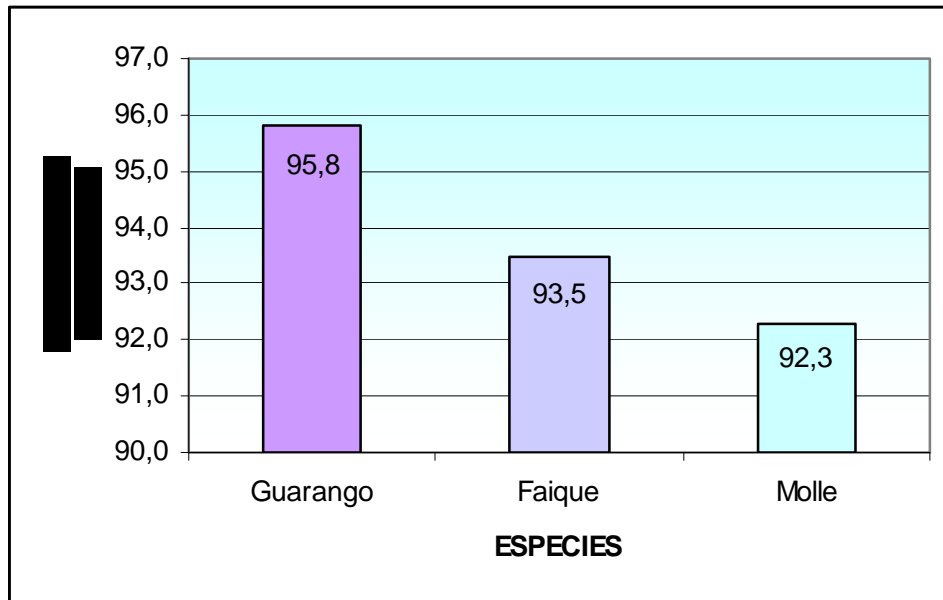


Figura 7. Porcentaje de pureza de semillas del faique (*Acacia macracantha*), guarango (*Caesalpinia spinosa*) y molle (*Schinus molle*), UTN, 2006

La especie con mayor porcentaje de pureza presentó el guarango con 95.8%, seguido el faique y el molle como se observa en la figura 7, esto debido a que pocas semillas de guarango presentaron variaciones en su forma mismas que fueron eliminadas, lo mismo sucedió con las semillas de faique en cambio algunas semillas de molle se encontraron en estado de pudrición.

4.3.2. Número de semillas

En la figura 8 se aprecia que el molle contiene un mayor número de semillas por kg., alcanzando 2025 semillas/kg., seguido del faique con 1860 semillas/kg. y del guarango con 1415 semillas/kg. Ello guarda relación con el tamaño de las mismas.

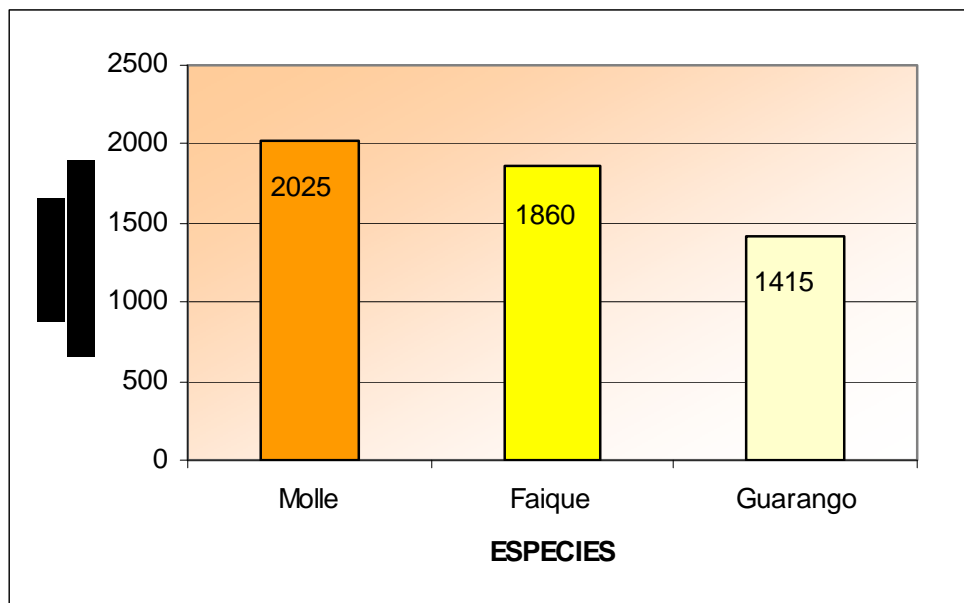


Figura 8. Pesaje Internacional de semillas de faique (*Acacia macracantha*), guarango (*Caesalpinia spinosa*) y molle (*Schinus molle*), UTN, 2006

4.3.3. Porcentaje de germinación

Para asegurar una germinación uniforme, algunas semillas necesitan un tratamiento previo a la siembra, con esto se acelera y se garantiza la germinación de las mismas (García, 2004).

Tomando en cuenta que estos datos son el resultado de las pruebas de germinación que se realizó bajo condiciones controladas para así determinar el número de semillas necesario para sembrar por hoyo en los sitios de ensayo.

En la figura 9, se puede observar que la especie que presentó mayor número de semillas germinadas es el guarango con 46%, seguido, con una mínima diferencia del faique y la especie con menor porcentaje de germinación presentó fue el molle con 20%, demostrándose que semillas con mayor peso y tamaño citado por (Grijpma, 2001), germinan mejor.

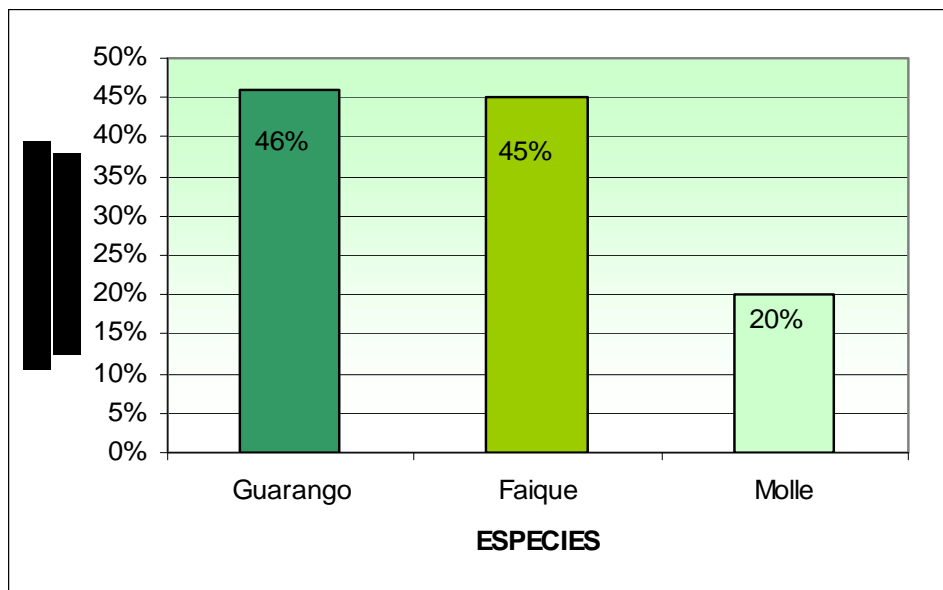


Figura 9. Porcentaje de germinación de semillas de faique, guarango y molle, UTN, 2006

4.4. DETERMINACIÓN DE LA GERMINACIÓN, SOBREVIVENCIA, CRECIMIENTO Y ESTADO FITOSANITARIO DE TRATAMIENTOS.

4.4.1. Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación se evaluó durante los 30 días (9 de Diciembre del 2006), después de la siembra luego de la cual se hizo la resiembra y raleo, en los cuatro sitios de investigación.

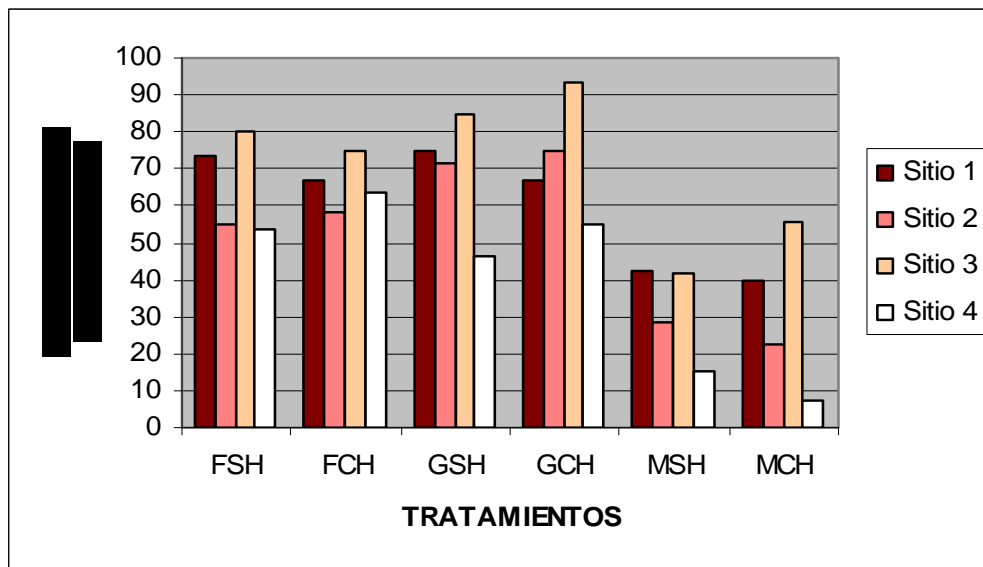


Figura 10. Porcentaje de germinación de semillas de faique (*Acacia macracantha*), guarango (*Caesalpinia spinosa*) y molle (*Schinus molle*), de los tratamientos en cada sitio, UTN, 2006

Como se observa en la figura 10, en los tres primeros sitios se observa que los tratamientos guarango con y sin humus (GCH y GSH) tuvo una mejor germinación, seguido de los tratamientos faique con y sin humus (FCH y FSH) finalmente el tratamiento molle con y sin humus (MCH y MSH) presentó menor porcentaje de germinación en todos los sitios. En cambio en el sitio 4 los mejores resultados de germinación fue para los tratamientos faique con y sin humus (FCH y FSH) seguido del los tratamientos guarango con y sin humus (GCH y GSH). A la vez se observó que los sitios 1 y 3 presentaron los mejores porcentajes de germinación seguido del sitio 2 y finalmente le sigue el sitio 4.

▪ Porcentaje de germinación del sitio 1 (Olivo Alto)

Se obtuvo una mayor germinación del 75% para el tratamiento guarango sin humus (GSH), seguido del tratamiento faique sin humus (FSH) con 73%, el tratamiento molle con humus (MCH) presentó el menor porcentaje de germinación del 40% en relación de los demás tratamientos (Cuadro 15).

▪ **Porcentaje de germinación del sitio 2 (El Tablón)**

Se obtuvo una mayor germinación del 75% para el tratamiento guarango con humus (GCH), seguido del los tratamiento guarango sin humus (GSH) con 72%, el tratamiento molle con humus (MCH) presentó el menor porcentaje de germinación de 23% (Cuadro 15).

▪ **Porcentaje de germinación del sitio 3 (Loma Robayo)**

Se obtuvo una mayor germinación del 93% para el tratamiento guarango con humus (GCH), seguido del los tratamiento guarango sin humus (GSH) con 85%, el tratamiento molle sin humus (MSH) presentó el menor porcentaje de germinación de 42% (Cuadro 15).

▪ **Porcentaje de germinación del sitio 4 (Aloburo)**

Se obtuvo una mayor germinación del 63% para el tratamiento faique con humus (FCH), seguido del tratamiento guarango con humus (GCH) con 55%, el tratamiento molle con humus (MCH) presentó el menor porcentaje de germinación de 8% (Cuadro 15).

Cuadro 15. Porcentaje de germinación de los tratamientos, Yahuarcocha, UTN, 2006

Tratamientos	Sitio 1			Sitio 2			Sitio 3			Sitio4		
	SS	SG	%	SS	SG	%	SS	SG	%	SS	SG	%
FSH	60	44	73	60	33	55	60	48	80	60	32	53
FCH	60	40	67	60	35	58	60	45	75	60	38	63
GSH	60	45	75	60	43	72	60	51	85	60	28	47
GCH	60	40	67	60	45	75	60	56	93	60	33	55
MSH	120	51	43	120	34	28	120	50	42	120	18	15
MCH	120	48	40	120	27	23	120	67	56	120	9	8
SS = Semillas Sembradas SG = Semillas Germinadas												

En la fotografía 14 se demuestra que muchas de las semillas que fueron depositadas en los hoyos con sus respectivos pretratamientos, no pudieron germinar debido al exceso de agua en las zanjas y hoyos ocasionando de esta manera la pudrición de las semillas por lo que fue necesario realizar resiembras.



Fotografía 14. Agua recolectada en la zanja y hoyo encharcado, Yahuarcocha, UTN, 2006

4.4.2. Porcentaje de sobrevivencia

El porcentaje de sobrevivencia se evaluó a los 60 días posteriores a la siembra hasta los 330 días de edad en los cuatro sitios de investigación.

▪ Porcentaje de sobrevivencia del sitio 1 (Olivo Alto)

Como se observa en el cuadro 16, el porcentaje de sobrevivencia para el tratamiento faique sin humus (FSH) fue de un 100% durante toda la investigación.

Cuadro 16. Porcentaje de sobrevivencia de los tratamientos del sitio 1, Yahuarcocha, UTN, 2007

Trat.	60 días		90 días			150 días			210 días			270 días			330 días		
	N	%	N	%	%	N	%	%	N	%	%	N	%	%	N	%	%
		S		S	M		S	M		S	M		S	M			
FSH	12	100	12	100	0	12	100	0	12	100	0	12	100	0	12	100	0
FCH	12	100	11	92	8	11	92	8	11	92	8	11	92	8	11	92	8
GSH	12	100	11	92	8	10	83	17	10	83	17	9	75	25	7	58	42
GCH	11	100	6	55	46	6	55	46	6	55	46	6	55	46	3	27	73
MSH	12	100	11	92	8	10	83	17	9	75	25	7	58	42	4	33	67
MCH	12	100	12	100	0	11	92	8	9	75	25	8	67	33	5	42	58
	71	100	63	88	12	60	84	16	57	80	20	53	74	26	42	59	41
	N = Número de semillas					S = Sobrevivencia			M = Mortalidad								

El tratamiento faique con humus (FCH), a los 60 días presentó un 100% de sobrevivencia pero a partir de los 90 días bajó al 92%, debido a la presencia de gusanos trozadores; manteniéndose con éste valor hasta el final de la investigación.

En cambio para el tratamiento guarango sin humus (GSH), tuvo un porcentaje de un 100%, a partir de los 90 días tuvo una sobrevivencia de 92% misma que fue bajando obteniéndose al final de la investigación un 58 % de sobrevivencia, para el tratamiento guarango con humus (GCH), a los 60 días se obtuvo una sobrevivencia de 100% pero a partir de los 90 hasta los 270 días el porcentaje de sobrevivencia fue de 55%, bajando aun más a los 330 días al 27%, debido a la muerte en un principio por presencia de gusanos que comieron sus hojas y luego por la muerte de plantas que no desarrollaron suficiente sistema radicular para resistir la temporada seca.

El tratamiento (MSH), tuvo una sobrevivencia del 100% al inicio de la investigación bajando drásticamente en los últimos meses a un 33%, y finalmente el tratamiento (MCH) alcanzó un 100% de sobrevivencia terminando con un 41.7%, esto se debió a la muerte de plantas causada por gusanos trozadores, desboramiento de las zanjas y finalmente porque no resistieron la época seca.



Fotografía 15. Muerte del molle por debordamiento de zanjas y por la sequía, Yahuarcocha, UTN, 2007

En la figura 11, se puede observar su correspondiente porcentaje de sobrevivencia, en el cual el tratamiento faique sin humus (FSH) tuvo una mejor sobrevivencia seguido del tratamiento faique con humus (FCH), en cambio el tratamiento guarango con humus (GCH) presentó una menor sobrevivencia con respecto a los demás tratamientos.

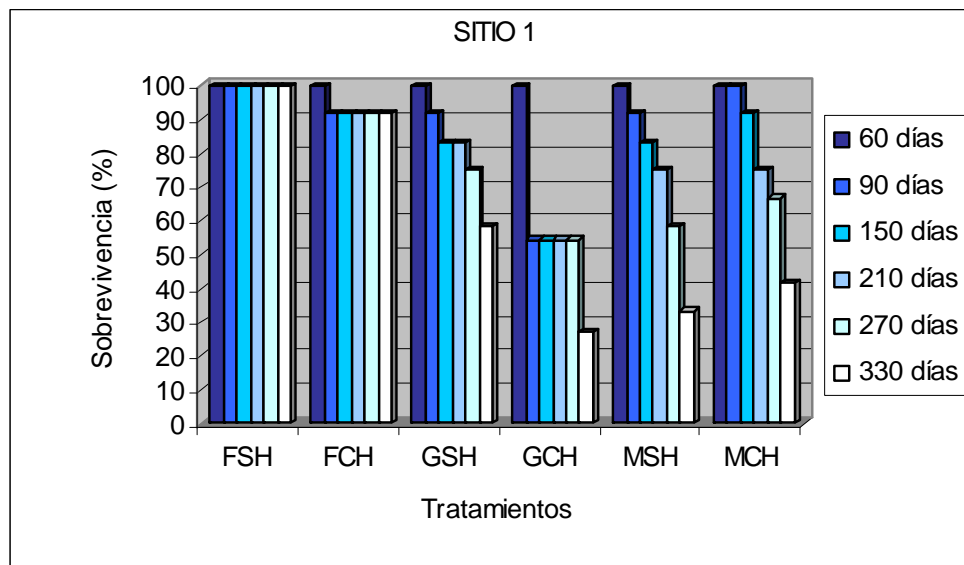


Figura 11. Porcentaje de sobrevivencia en el sitio 1, a los 60 días hasta los 330 de edad de cada tratamientos, Yahuarcocha, UTN, 2007

▪ **Porcentaje de sobrevivencia del sitio 2 (El Tablón)**

Cuadro 17. Porcentaje de sobrevivencia de los tratamientos del sitio 2, Yahuarcocha, UTN, 2007

Trat.	60 días		90 días			150 días			210 días			270 días			330 días		
	N	% S	N	% S	% M	N	% S	% M	N	% S	% M	N	% S	% M	N	% S	% M
FSH	12	100	10	83	17	9	75	25	9	75	25	9	75	25	9	75	25
FCH	12	100	12	100	0	12	100	0	12	100	0	12	100	0	12	100	0
GSH	12	100	12	100	0	12	100	0	12	100	0	12	100	0	12	100	0
GCH	12	100	12	100	0	12	100	0	12	100	0	12	100	0	12	100	0
MSH	10	100	10	100	0	10	100	0	10	100	0	10	100	0	10	100	0
MCH	12	100	10	83	17	10	83	17	10	83	17	10	83	17	10	83	17
	70	100	66	94	6	65	93	7	65	93	7	65	93	7	65	93	7
N = Número de semillas S = Sobrevivencia M = Mortalidad																	

Como se observa en el cuadro 17, para el tratamiento faique sin humus (FSH) se obtuvo una sobrevivencia de 100% a los 60 días, un 83% a los 90 días y a partir de los 150 días bajó a un 75% de sobrevivencia, manteniéndose así hasta la culminación de la investigación. Este porcentaje se debió a la presencia de gusanos trozadores que comieron sus hojas, además parte de las zanjas se llenaron de sedimentos debido a la existencia de una depresión por la que bajaba el agua de lluvia.



Fotografía 16. Muerte del faique por presencia de gusanos trozadores, Yahuarcocha, UTN, 2007

Los tratamientos (FCH, GSH, GCH y MSH) se mantuvieron hasta el final de la investigación con un 100% de sobrevivencia.

El tratamiento (MCH), tuvo un porcentaje de 100% al inicio, bajando a un 83% de sobrevivencia manteniéndose hasta el final del estudio su disminución se debió a la presencia de hongos ocasionando la pudrición de las plantas.

En la figura 12, se puede observar su correspondiente porcentaje de sobrevivencia, en el cual los tratamientos (FCH, GSH, GCH y MSH) tuvieron una mejor sobrevivencia, en cambio el tratamiento faique sin humus (FSH) presentó una menor sobrevivencia con respecto a los demás tratamientos.

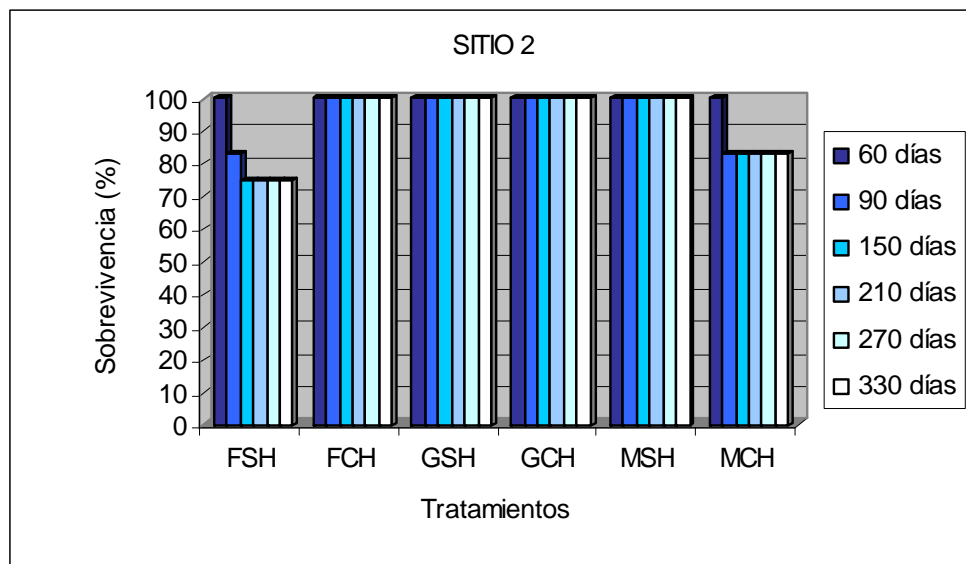


Figura 12. Porcentaje de sobrevivencia en el sitio 2, a los 60 días hasta los 330 de edad de los tratamientos, Yahuarcocha, UTN, 2007

▪ **Porcentaje de sobrevivencia del sitio 3 (Loma Robayo)**

Como se aprecia en el cuadro 18, los tratamientos (FSH y FCH) a los 60 días tuvieron una sobrevivencia de 100%, para los siguiente meses la sobrevivencia

fue de 0%, debido a la presencia del conejo de páramo (*Sylvilagus brasiliensis*) que devoró todas las plantitas de faique.

Cuadro 18. Porcentaje de sobrevivencia de los tratamientos del sitio 3, Yahuarcocha, UTN, 2007

Trat.	60 días		90 días			150 días			210 días			270 días			330 días		
	N	% S	N	% S	% M	N	% S	% M	N	% S	% M	N	% S	% M	N	% S	% M
FSH	12	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100
FCH	12	100	1	8	92	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100
GSH	12	100	12	100	0	12	100	0	12	100	0	12	100	0	12	100	0
GCH	12	100	12	100	0	12	100	0	12	100	0	12	100	0	12	100	0
MSH	12	100	12	100	0	8	67	33	8	67	33	8	67	33	7	58	42
MCH	12	100	12	100	0	12	100	0	12	100	0	12	100	0	12	100	0
	72	100	49	68	32	44	61	39	44	61	39	44	61	39	43	60	40
N = Número de semillas S = Sobrevivencia M = Mortalidad																	

En cambio para los tratamientos (GSH, GCH y MCH) se obtuvo una sobrevivencia de 100% durante todo el experimento, no así para el tratamiento (MSH) al principio se obtuvo un porcentaje de 100%, a los 150 y 210 días, bajó a un 67% de sobrevivencia y al final del ensayo presentó una sobrevivencia de 58%, esto se debió a la presencia de trozadores y muerte por ataque de hongos o mal de almacigos (damping) en la época lluviosa.



Fotografía 17. Plantas de faique devoradas por el conejo de páramo (*Sylvilagus brasiliensis*). Yahuarcocha, UTN, 2007

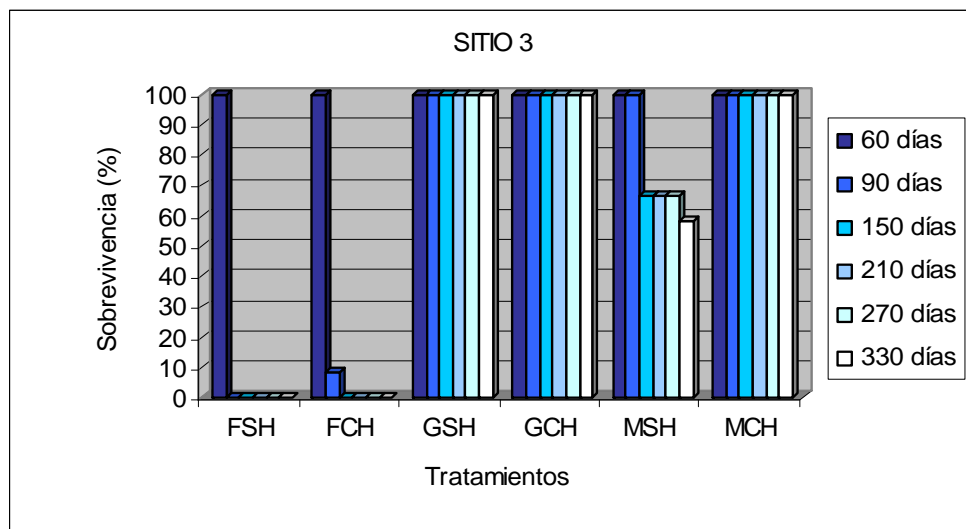


Figura 13. Porcentaje de sobrevivencia en el sitio 3, a los 60 días hasta los 330 de edad de los tratamientos, Yahuarcocha, UTN, 2007

En la figura 13, se puede observar su correspondiente porcentaje de sobrevivencia, en el cual los tratamientos (GSH y GCH y MCH) tuvieron una mejor sobrevivencia, seguido del tratamiento molle sin humus (MSH) en cambio los tratamientos faique sin y con humus (FSH y FCH) presentaron una sobrevivencia de 0%.

▪ **Porcentaje de sobrevivencia del sitio 4 (Aloburo)**

Cuadro 19. Porcentaje de sobrevivencia de los tratamientos del sitio 4, Yahuarcocha, UTN, 2007

Trat.	60 días		90 días			150 días			210 días			270 días			330 días		
	N	%	N	%		N	%		N	%		N	%		N	%	
		S		S	M		S	M		S	M		S	M			
FSH	12	100	10	83	17	10	83	17	10	83	17	10	83	17	10	83	17
FCH	12	100	11	92	8	11	92	8	10	83	17	10	83	17	10	83	17
GSH	9	100	7	78	22	6	67	33	6	67	33	6	67	33	6	67	33
GCH	11	100	10	91	9	7	64	36	7	64	36	7	64	36	6	55	46
MSH	9	100	2	22	78	2	22	78	2	22	78	2	22	78	2	22	78
MCH	9	100	1	11	89	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100
	62	100	41	63	37	36	55	45	35	53	47	35	53	47	34	52	48
N = Número de semillas S = Sobrevivencia M = Mortalidad																	

Como se aprecia en el cuadro 19, los tratamientos (FSH y FCH) a los 60 días tuvieron una sobrevivencia de 100%, en donde en los siguientes días bajó a un 83%, debido a la presencia de trozadores y muerte de plantas que no soportaron la sequía, éste porcentaje se mantuvo así hasta el final de la investigación.



Fotografía 18. Muerte de plantas de faique por gusanos trozadores y por la sequía, Yahuarcocha, UTN, 2007

Para el tratamiento (GSH) a los 60 días se obtuvo un porcentaje de 100% bajando a partir de los 150 días a un 67% de sobrevivencia, manteniéndose hasta la culminación del ensayo, en cambio el tratamiento (GCH) al inicio se obtuvo un 100% de sobrevivencia bajando a los 90 días a un 91% pero a partir de los 270 días hasta la finalización del estudio se mantuvo en un 55%, todo esto debido a la presencia de gusanos que comieron sus hojas, hongos y muerte por la sequía.



Fotografía 19. Muerte del guarango en la época seca, Yahuarcocha, UTN, 2007

El tratamiento (MSH) a los 60 días presentó un porcentaje de sobrevivencia de 100%, a partir de los 90 días bajó a 22.2%, manteniéndose así hasta la culminación del estudio. El tratamiento (MCH) a los 60 días demostró una sobrevivencia del 100%, a los 90 días se obtuvo una sobrevivencia del 11% y a partir de los dos meses siguientes la sobrevivencia fue de 0%, ocasionado por la presencia de trozadores, hongos y muerte de plantas por la sequía.



Fotografía 20. Muerte de plantas de molle por gusanos trozadores y por la sequía, Yahuarcocha, UTN, 2007

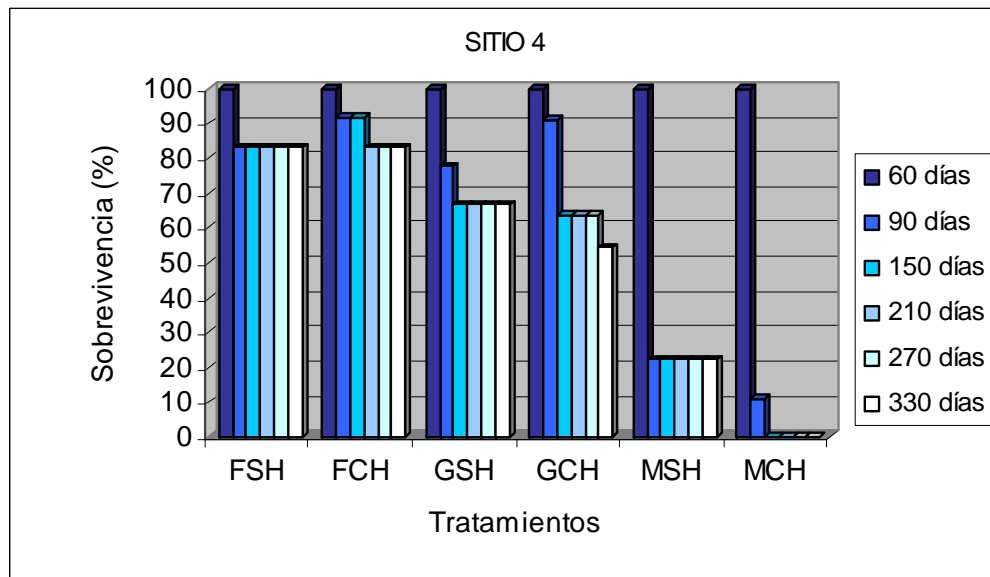


Figura 14. Porcentaje de sobrevivencia en el sitio 4, a los 60 días hasta los 330 de edad de los tratamientos, Yahuarcocha, UTN, 2007

En la figura 14, se puede observar su correspondiente porcentaje de sobrevivencia, en el cual los tratamientos (FSH y FCH) tuvieron una mejor sobrevivencia, seguido del tratamiento guarango sin humus (GSH) en cambio el tratamiento molle con humus (MCH) presentó una sobrevivencia de 0%.

Después de la germinación algunas plántulas de molle fueron trozadas y otras atacadas por hongos conocido como mal de almácigos (damping).

4.4.3. Crecimiento inicial

El diseño utilizado en los cuatro sitios de estudio fue el de Bloques Completos al Azar, el crecimiento se analizó en función de las variables: altura y diámetro basal.

4.4.3.1. Altura

A continuación se presentan los resultados de la variable altura en el análisis de varianza con sus respectivas pruebas para especies, abono y tratamientos en cada sitio.

▪ Altura de las especies en los tratamientos del sitio 1 (Olivo Alto)

Luego de haber realizado el análisis de varianza se detecta que existe valores altamente significativos al 1% entre especies y tratamientos a partir de los 90 días, y luego cada 60 días hasta la finalización de la investigación (330 días), esto indica que los tratamientos influyen en el crecimiento de las especies.

En el análisis de varianza no se detectó diferencias significativas en la aplicación del abono, lo que indica que el crecimiento de las especies en los tratamientos son iguales. Anexo 6

Una vez realizada la prueba de Tukey al 5% para las especies a los 330 días, se encontró la presencia de dos rangos, siendo el faique la especie de mejor crecimiento con respecto a las demás especies, el guarango ocupó el último lugar.

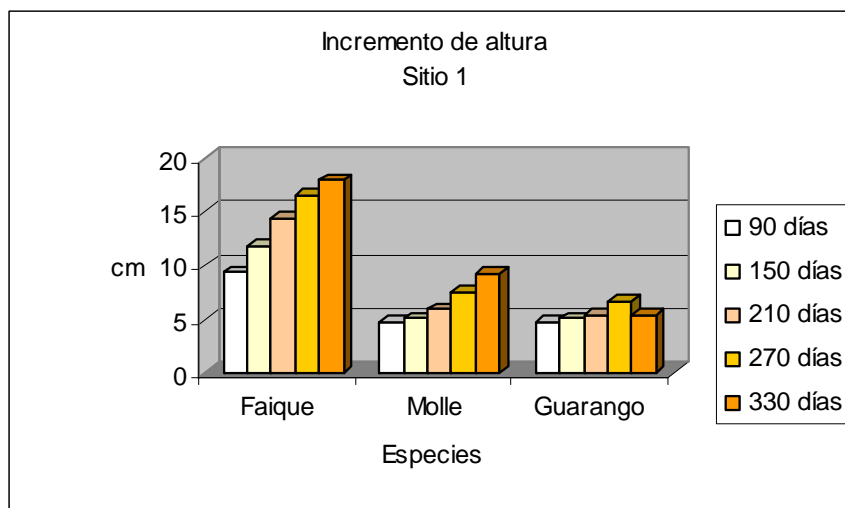


Figura 15. Incremento de altura de las especies en el sitio 1, Yahuarcocha, UTN, 2007

Realizada la prueba de Duncan al 5% se observó que el tratamiento faique con humus (FCH), tuvo un mejor crecimiento durante toda la investigación, mientras que el tratamiento guarango con humus (GCH), se mantuvo durante toda la investigación con un bajo crecimiento con respecto a los demás tratamientos.

Anexo 7



Fotografía 21. Planta de guarango en el tratamiento guarango con humus (GCH) medido a los 10 meses, Yahuarcocha, UTN, 2007

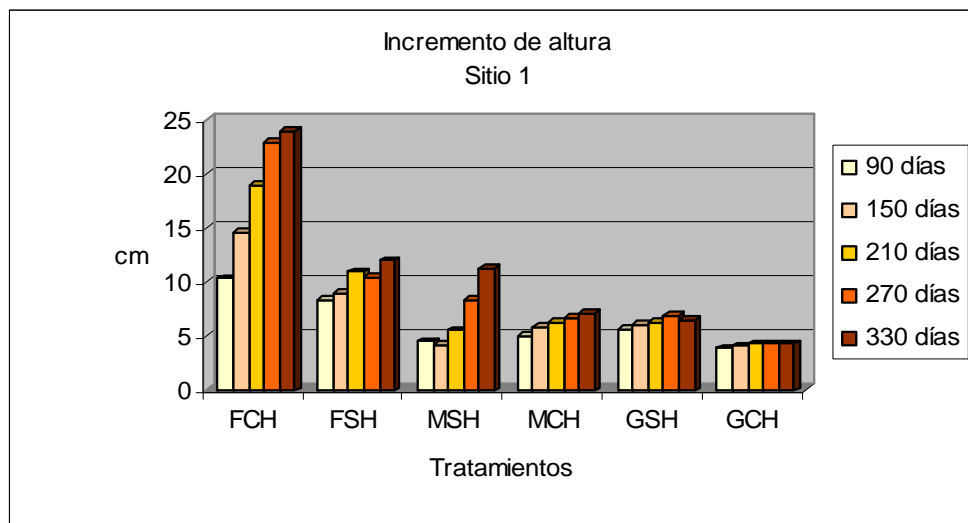


Gráfico 16. Incremento de altura de los tratamientos en el sitio 1, Yahuarcocha, UTN, 2007

▪ **Altura de las especies en los tratamientos del sitio 2 (El Tablón)**

Luego de haber realizado el análisis de varianza desde los 90 hasta los 330 días para especies y tratamientos se detecta que existen valores altamente significativos, ecepto para las especies a los 150 días se presentó un valor significativo.

Desde el inicio hasta el final de la investigación la aplicación del abono presenta valores no significativos lo que indica que el crecimiento de las plantas en los tratamientos es el mismo. Anexo 6

Realizada la prueba de Tukey al 5% para las especies se observa la presencia de dos rangos bien definidos, siendo el faique la especie que tuvo un mejor crecimiento al inicio y al final con respecto a las demás especies, el guarango ocupó el último lugar.

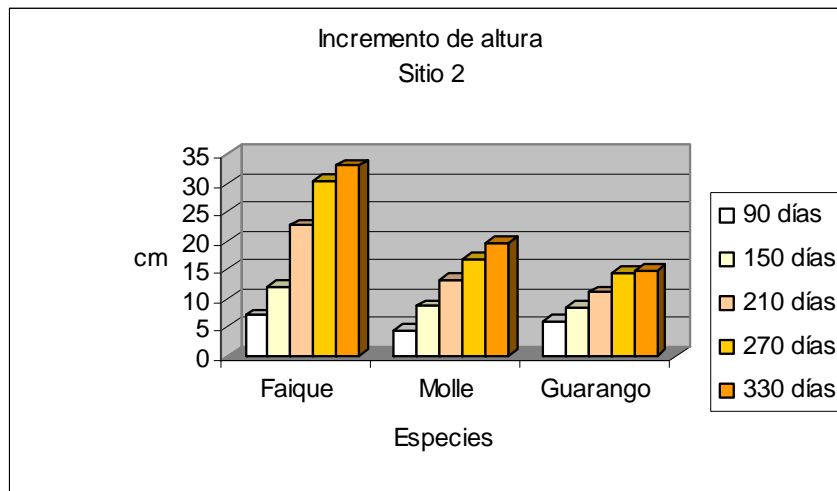


Figura 17. Incremento de altura de las especies en el sitio 2, Yahuarcocha, UTN, 2007

Realizada la prueba de Duncan al 5% se observa que los tratamientos faique con humus (FCH), tuvo un mejor crecimiento durante toda la investigación en relación a los demás tratamientos, el tratamiento guarango con humus (GCH) ocupó el último lugar. Anexo 7

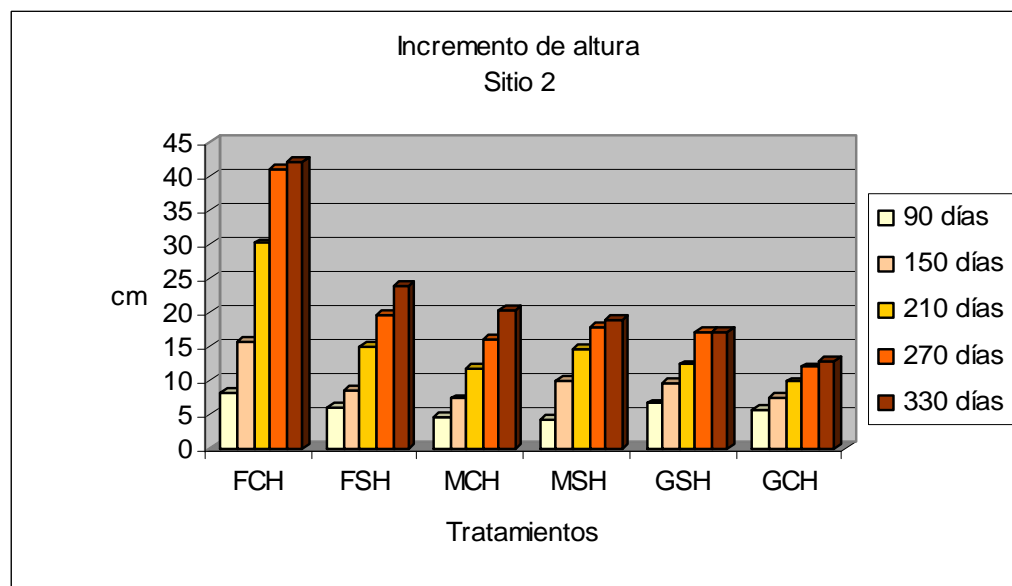


Gráfico 18. Incremento de altura de los tratamientos en el sitio 2, Yahuarcocha, UTN, 2007

▪ **Altura de las especies en los tratamientos del sitio 3 (Loma Robayo)**

En el sitio 3, debido a la muerte total de faique por problemas antes mencionados, luego de haber realizado el análisis de varianza en los restantes tratamientos a los 90 días se detecta un valor altamente significativo pero a partir de los 150 días hasta la culminación del estudio se detectó valores significativos esto significa que los tratamientos influyen en el crecimiento de las plantas. En cambio en las especies a los 90 y 330 días presentan valores significativos pero a los 150 y hasta los 270 días presenta valores no significativos esto quiere decir que el crecimiento para todas las especies es el mismo.

En cuanto a la aplicación de abono, presenta valores altamente significativos, excepto al final del ensayo es significativo, esto quiere decir que en los tratamientos el abono influye en el crecimiento de las especies. Anexo 6

Una vez realizada la prueba de DMS para las especies a los 330 días se encuentra la presencia de dos rangos, siendo el molle la especie de mejor crecimiento con respecto al guarango mismo que ocupó el último lugar.

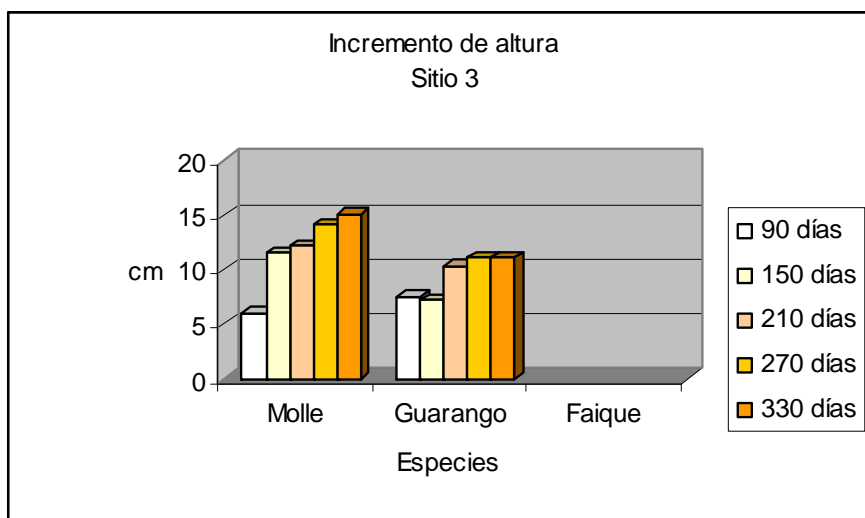


Figura 19. Incremento de altura de las especies en el sitio 3, Yahuarcocha, UTN, 2007

Realizada la prueba de DMS para el abono a los 90 días y hasta los 330 días, la variable con humus (CH) tuvo una mejor incidencia para el crecimiento de las plantas, no así con la variable sin humus (SH).

Realizando la prueba de Duncan se observa que el tratamiento molle con humus (MCH), tuvo un mejor crecimiento desde el inicio hasta el final del estudio en relación a los demás tratamientos mientras que el tratamiento guarango sin humus (GSH) ocupó el último lugar. Anexo 7

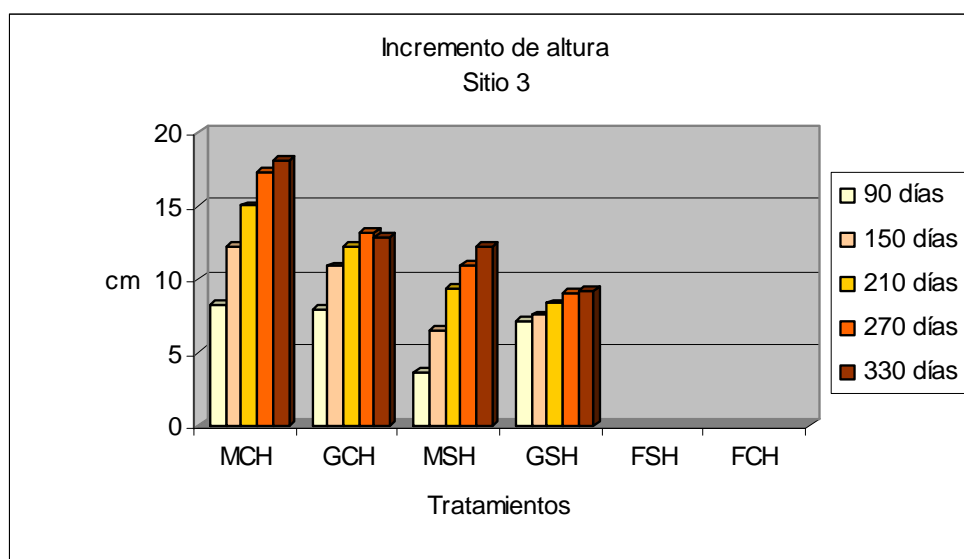


Figura 20. Incremento de altura de los tratamientos en el sitio 3, Yahuarcocha, UTN, 2007

▪ **Altura de las especies en los tratamientos del sitio 4 (Aloburo)**

En el sitio 4, debido a la muerte del molle por problemas antes mencionados, luego de haber realizado el análisis de varianza para los restantes tratamientos y especies se detecta que existen valores altamente significativos durante toda la investigación excepto, a los 90 días presentó un valor significativo para tratamientos y especies.

En cuanto a la aplicación de abono, presenta a partir de los 90 días hasta la finalización del estudio un valor significativo excepto a los 150 presentó un valor altamente significativo. Anexo 6

Realizando la prueba de DMS para las especies se observó que el faique tuvo un mejor crecimiento al inicio y al final del ensayo con respecto al guarango el mismo que ocupó el último lugar.

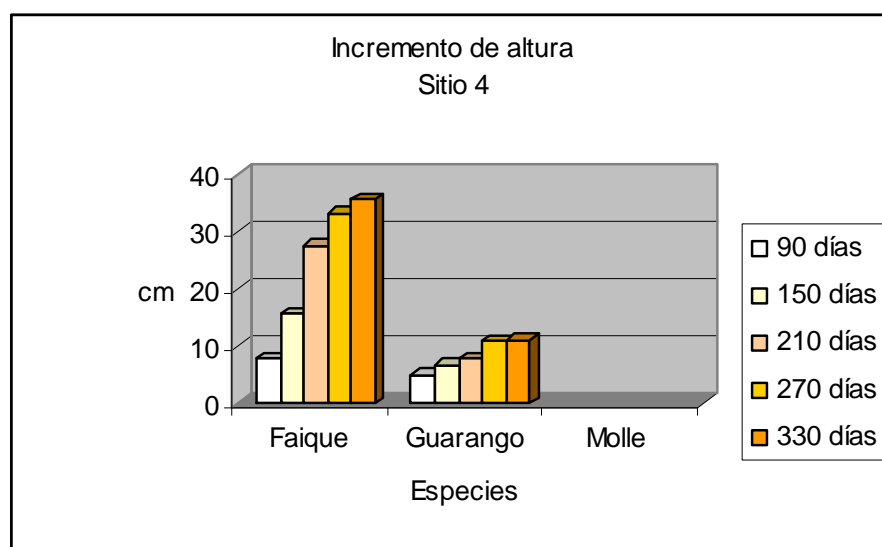


Figura 21. Incremento de altura de las especies en el sitio 4, Yahuarcocha, UTN, 2007

Realizada la prueba de DMS para la aplicación de abono se observa que la variable sin humus (SH) influyó en los tratamientos para el crecimiento de las especies más no hubo influencia de la variable con humus (CH), excepto a los 270 días la prueba DMS no detectó en el cálculo de los valores una significancia del abono, pero a los 330 días la variable sin humus (SH) ocupó el primer lugar.

Al realizar la prueba de Duncan se observa que el tratamiento faique sin humus (FSH), tuvo mayor crecimiento al inicio y al final de la investigación, el tratamiento guarango sin humus (GSH), presentó menor crecimiento con respecto a los demás tratamientos. Anexo 7

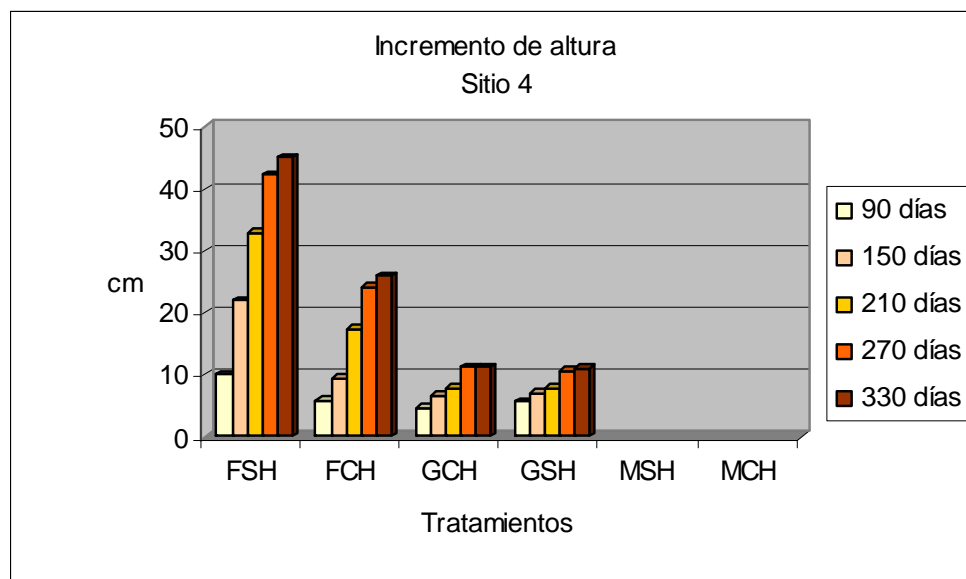


Figura 22. Incremento de altura de los tratamientos en el sitio 4, Yahuarcocha, UTN, 2007

4.4.3.2. Diámetro basal

A continuación se presentan los resultados de la variable diámetro basal en el análisis de varianza con sus respectivas pruebas para especies, abono y tratamientos en cada sitio.

▪ Diámetro basal de las especies en los tratamientos del sitio 1 (Olivo Alto)

Luego de haber realizado el análisis de varianza se detecta valores no significativos para tratamientos, especies y abono durante toda la investigación lo que significa que el crecimiento de las plantas en los tratamientos son iguales, excepto a los 330 días se presentó valores significativos al 5%, tanto para tratamientos como para especies. Anexo 6

Al realizar la prueba Tukey, se observa que a los 330 días el molle tuvo un mejor diámetro basal en relación a las demás especies, el guarango ocupó el último lugar.

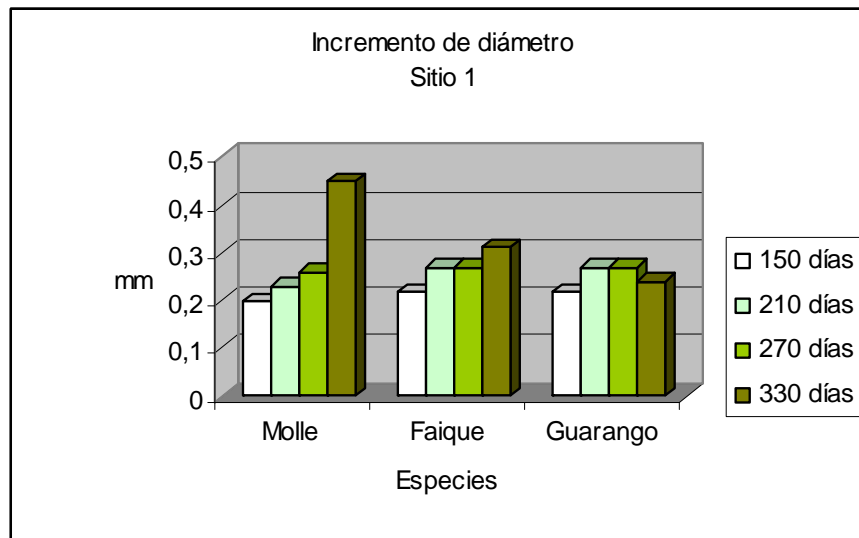


Figura 23. Incremento de diámetro basal de las especies en el sitio 1, Yahuarcocha, UTN, 2007

Para los tratamientos, la prueba de Duncan nos demuestra que a los 330 días el molle con humus (MCH), presentó un mejor crecimiento del diámetro basal y el tratamiento guarango con humus (GCH) presentó el último lugar en relación a los demás tratamientos. Anexo 7

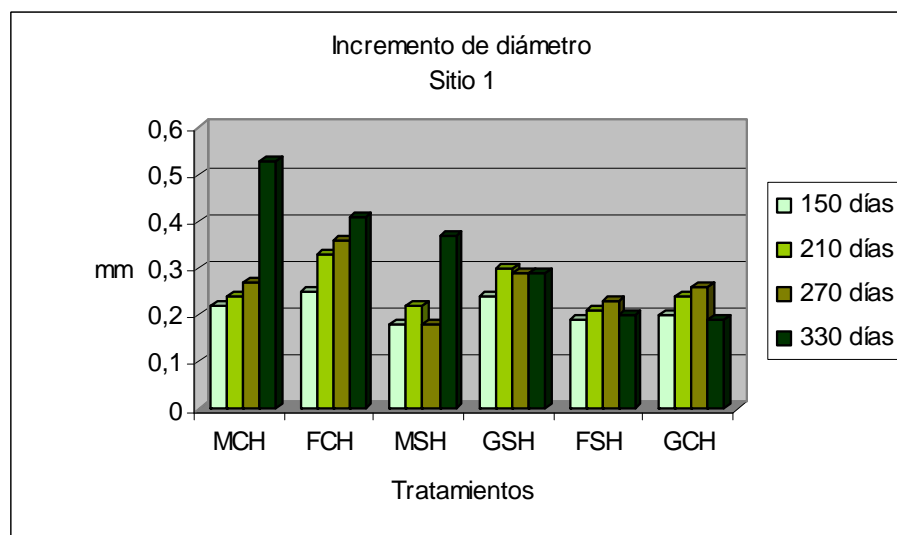


Figura 24. Incremento del diámetro basal de los tratamientos en el sitio 1, Yahuarcocha, UTN, 2007

▪ **Diámetro basal de las especies en los tratamientos del sitio 2 (El Tablón)**

Luego de haber realizado el análisis de varianza, en los tratamientos se presentan a los 150 días valores no significativos, a partir de los 210 días hasta la finalización del estudio (330 días) se detectan valores significativos y altamente significativos esto significa que los tratamientos influyen en el crecimiento de las especies.

En cambio para las especies se presentan valores no significativos a los 150 y hasta los 210 días lo que significa que el crecimiento de las especies es el mismo pero a partir de los 270 días hasta el final se presentan valores significativos y altamente significativos.

En cuanto a la aplicación de abono, se detecta valores no significativos al inicio y al final de la investigación lo que significa que no hay influencia para el desarrollo de las plantas. Anexo 6

Al realizar la prueba Tukey, se observa que el molle presentó un mejor diámetro basal con respecto a las demás especies, el guarango ocupó el último lugar.

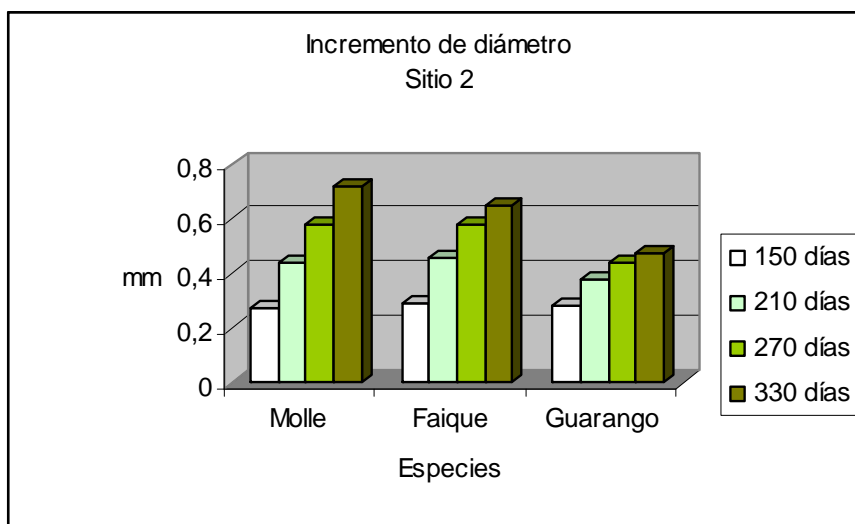


Figura 25. Incremento de diámetro basal de las especies en el sitio 2, Yahuarcocha, UTN, 2007

Realizada la prueba de Duncan para los tratamientos, se observó que el tratamiento faique con humus (FCH) y molle con humus (MCH), presentaron un mejor desarrollo del diámetro basal con respecto a los demás en cambio el tratamiento guarango con humus (GCH) ocupó el último lugar. Anexo 7

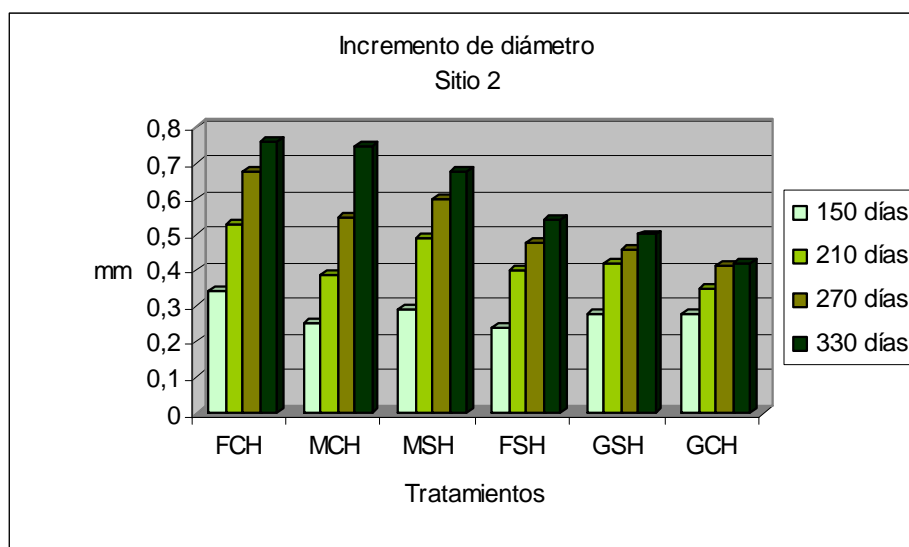


Figura 26. Incremento del diámetro basal de los tratamientos en el sitio 2, Yahuarcocha, UTN, 2007

▪ **Diámetro basal de las especies en los tratamientos del sitio 3 (Loma Robayo)**

Debido a la muerte total de faique por problemas antes mencionados, luego de haber realizado el análisis de varianza, en los restantes tratamientos se detecta que existen valores significativos durante todo el estudio, en cuanto a las especies se presentan valores no significativos en toda la investigación excepto a los 330 días donde se detecta un valor significativo al 5%.

En cuanto a la aplicación de abono, al inicio se detecta valores altamente significativos, pero a partir de los 330 días, presenta un valor no significativo.

Anexo 6

Al realizar la prueba de DMS, para las especies a los 330 días se observó que el molle tuvo un mejor desarrollo de diámetro basal en relación al guarango.

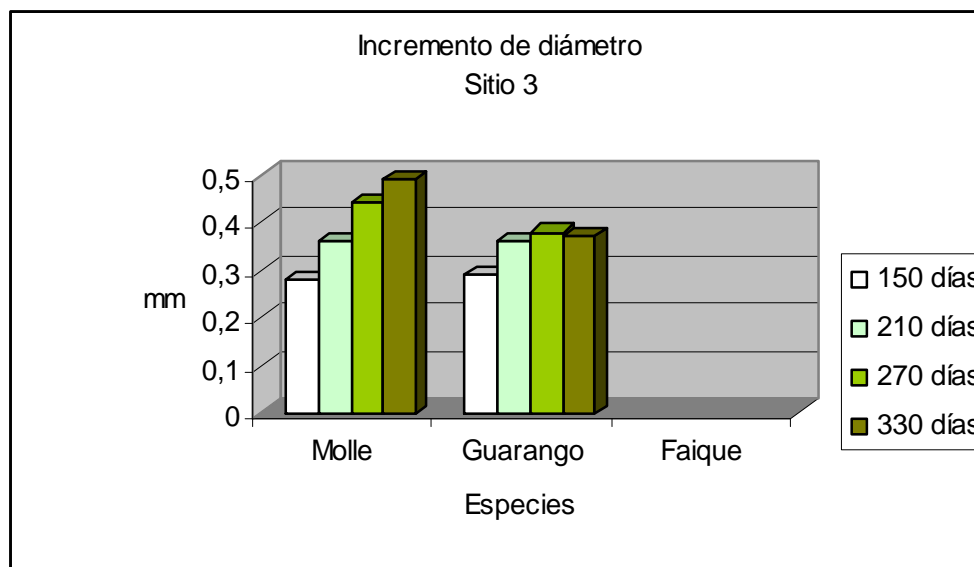


Figura 27. Incremento de diámetro basal de las especies en el sitio 3, Yahuarcocha, UTN, 2007

Realizada la prueba de DMS para la aplicación de abono hasta los 270 días, se observa que la variable con humus (CH) tuvo mayor incidencia para el desarrollo de las plantas, no así con la variable sin humus (SH), pero a los 330 días no hay influencia del abono.

Realizada la prueba de Duncan para los tratamientos se observa que durante toda la investigación el tratamiento molle con humus (MCH), presentó un mejor crecimiento del diámetro basal con respecto a los demás tratamientos, el tratamiento guarango sin humus (GSH) ocupó el último lugar. Anexo 7

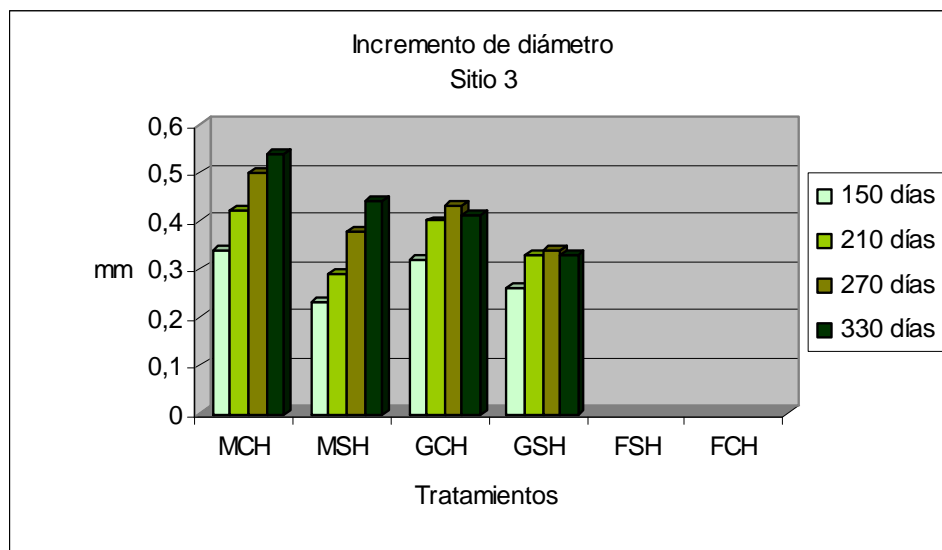


Figura 28. Incremento del diámetro basal de los tratamientos en el sitio 3, Yahuarcocha, UTN, 2007

▪ **Diámetro basal de las especies en los tratamientos del sitio 4 (Aloburo)**

Debido a la muerte del molle por problemas antes mencionados, luego de haber realizado el análisis de varianza se detectan valores altamente significativos para los restantes tratamientos y especies desde el inicio (90 días) hasta el final del estudio (330 días), esto significa que existe influencia de los tratamientos en el crecimiento del diámetro basal de las especies, excepto para las especies a los 150 días se detectó la existencia de un valor no significativo.

En cuanto a la aplicación de abono, a los 150 días se presentan valores altamente significativos, siendo a los 210 y 270 días significativos, esto quiere decir que hay influencia del abono en el desarrollo de las especies, pero al final se presenta un valor no significativo, lo que significa que no hay influencia de estos en el desarrollo de las especies. Anexo 6

Al realizar la prueba DMS, para las especies, el faique presentó un mejor desarrollo del diámetro basal seguido del guarango.

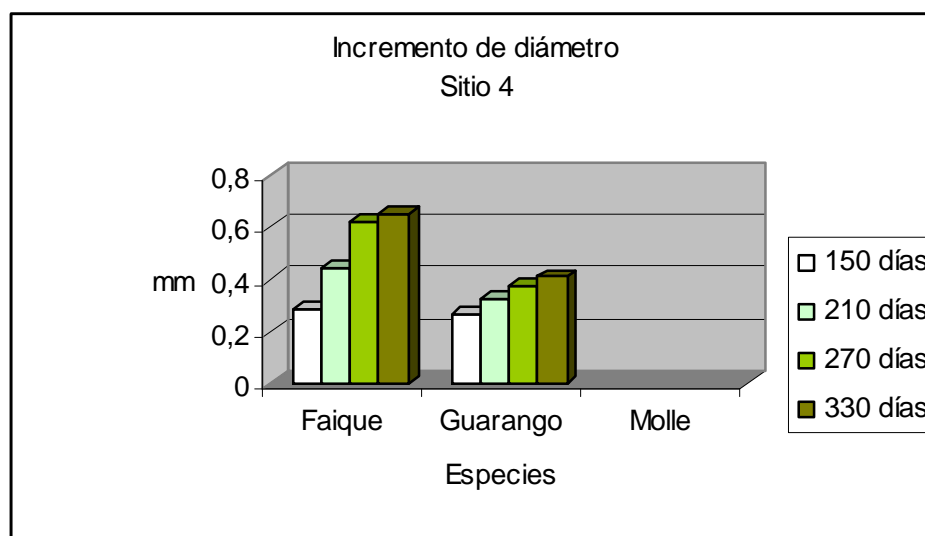


Figura 29. Incremento de diámetro basal de las especies en el sitio 4, Yahuarcocha, UTN, 2007

Realizada la prueba de DMS para la aplicación de abono desde los 150 días hasta los 270 días se observa que la variable sin humus (SH) tuvo una mejor incidencia para el desarrollo de las plantas, no así con la variable con humus (CH), pero a los 330 días no hay influencia del abono.

Realizando la prueba de Duncan para los tratamientos se observó que el tratamiento faique sin humus (FSH), presentó un mejor crecimiento del diámetro basal, en cambio el tratamiento guarango sin humus (GSH) ocupó el último lugar en relación a los demás tratamientos. Anexo 7

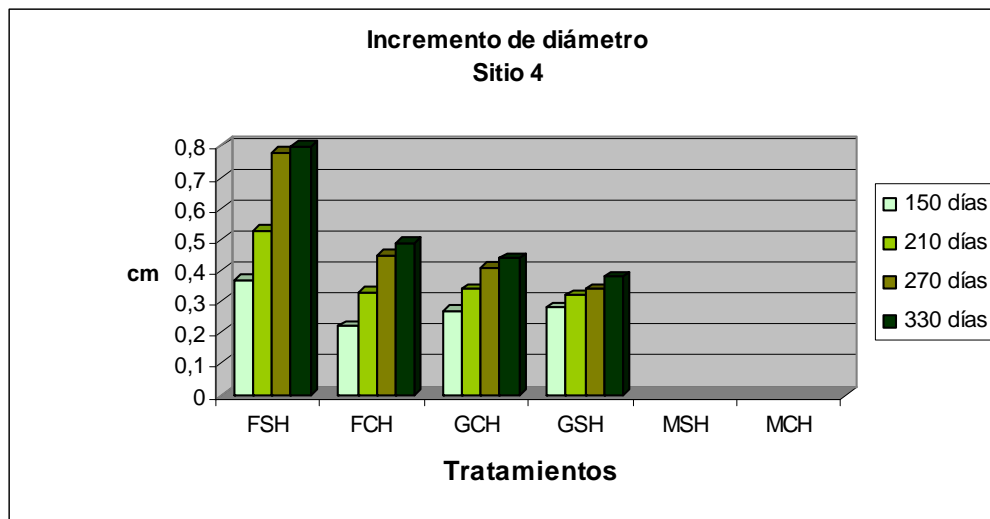


Figura 30. Incremento del diámetro basal de los tratamientos en el sitio 4, Yahuarcocha, UTN, 2007

4.4.4. Estado fitosanitario

Se analizó el comportamiento de los arbolitos durante el período de investigación, en el cual a los 60 días, se encontraron hojas de guarango masticadas por gusanos y muerte de plantas por presencia de hongos.

En el caso del faique hubo plantas comidas por completo por la presencia del conejo de páramo (*Sylvilagus brasiliensis*), en otros sitios en cambio fueron trozadas por gusanos. A los 270 días hubo la presencia de pulgones, mismos que no hicieron daños graves.

Después de la germinación algunas plántulas de molle fueron trozadas y otras atacadas por hongos conocido como mal de almácigos (damping).

4.5. INFLUENCIA DE LAS ZANJAS DE INFILTRACIÓN EN LA CONSERVACIÓN DE LA HUMEDAD

La finalidad de las zanjias de infiltración es retener el agua de escorrentía, que proviene de las partes altas del terreno y romper la velocidad del agua, de tal manera que se capte y acumule en la zanja, para que sirva de reserva a los árboles (Prácticas agronómicas, 2006).

En todos los sitios se puede observar que la retención es mayor bajo la zanja que fuera de ella lo que nos demuestra que las zanjias cumplen con las funciones antes citadas.

4.5.1. Influencia de las zanjias de infiltración en la conservación de la humedad en el sitio 1 (Olivo Ato)

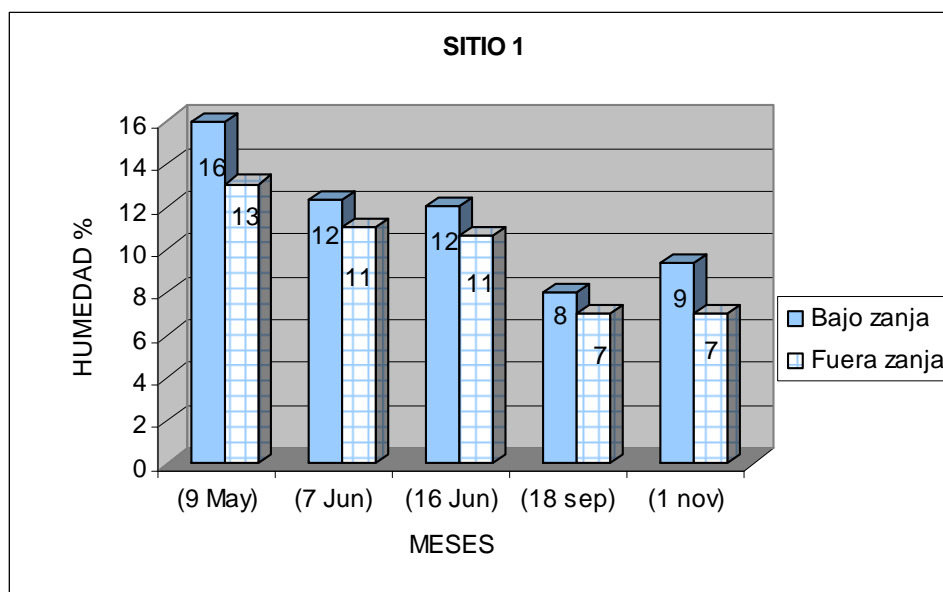


Figura 31. Contenido de humedad del suelo bajo y fuera de la zanja de infiltración en el sitio 1, Yahuarcocha, UTN, 2007

En la figura 31, se puede observar que dependiendo de las condiciones de humedad en el mes de mayo se presentó una mayor retención de 16% en cambio

en septiembre presentó una menor retención de 8%, ya que el contenido de humedad de este sitio es más bajo en relación a los demás sitios, esto debido a la fuerte pendiente (49%), espacios de suelo sin vegetación, y características físicas del suelo como una textura franco arenoso, estructura de bloques angulares débiles y consistencia suelta, permitieron que el suelo permeable, bien aireado infiltre el agua más fácilmente.

A más de ello se determinó en los primeros meses de vida de las plantas, un suelo con un bajo contenido de nutrientes especialmente de materia orgánica, evitando la retención de la humedad por más tiempo e impidiendo así el crecimiento normal del sistema radicular de las plantas causando la muerte de muchas de ellas durante la época seca, en cambio al final del ensayo se determinó un contenido alto de materia orgánica debido a la regeneración natural permitiendo misma que permitirá retener el contenido de humedad por más tiempo.

4.5.2. Influencia de las zanjas de infiltración en la conservación de la humedad en el sitio 2 (El Tablón)

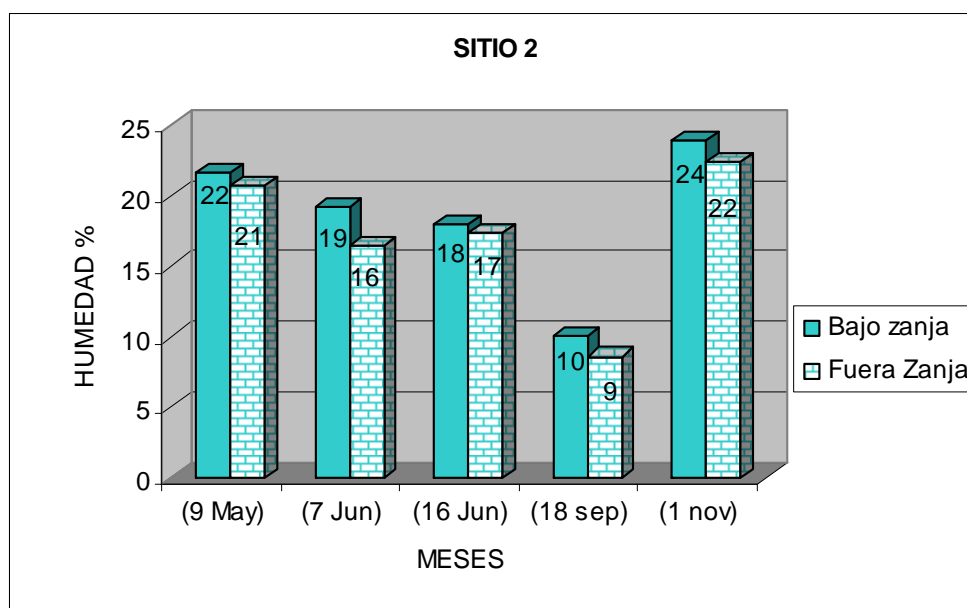


Figura 32. Contenido de humedad del suelo bajo y fuera de la zanja de infiltración en el sitio 2, Yahuarcocha, UTN, 2007

En la figura 32, se puede observar que dependiendo las condiciones de humedad en el mes de noviembre se presentó una mayor retención de 24% en cambio en septiembre presentó una menor retención de 10%.

Las raíces herbáceas y la materia orgánica del suelo ayuda a mantener el coeficiente de permeabilidad del suelo para retener el agua; sus efectos están en relación con la densidad y el desarrollo de las raíces a profundidades más bajas (La erosión , 1977).

Este sitio se caracterizó por presentar en su mayoría pastos naturales que protegen al suelo, con buenas características físicas en el horizonte superficial como una textura franca, estructura de bloques subangulares débiles y consistencia muy friable permitiendo una mejor infiltración del agua, a más de ello, un alto contenido de materia orgánica haciendo que funcione como una esponja, permitiendo todo esto una mejor conservación de la humedad y a la vez una mejor disponibilidad de nutrientes para el desarrollo de las plantas, pero también se pudo observar que por la dureza de los horizontes inferiores el agua no se infiltró y se produjo escorrentía.



Fotografía 22. Retención de agua en las zanjas de infiltración, Yahuarcocha, UTN, 2007

4.5.3. Influencia de las zanjas de infiltración en la conservación de la humedad en el sitio 3 (Loma Robayo)

Es conocido los efectos benéficos de la presencia de hojarasca y la acción de las raíces; sin embargo, al consumir la vegetación con un apacentamiento intenso se produce una gran compresión del suelo, disminuyendo la infiltración y aumentando el volumen de las aguas sobrantes (La erosión , 1977).

En la figura 33, se puede observar que dependiendo las condiciones de humedad en el mes de mayo y junio se presentó una mayor retención de 17% en cambio en septiembre se presentó una menor retención de 9%.

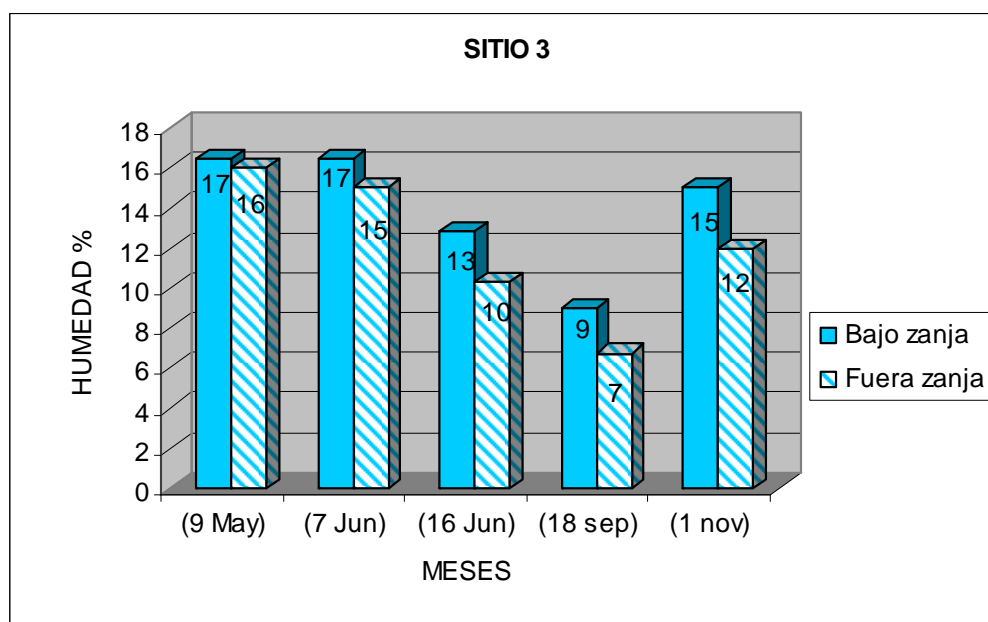


Figura 33. Contenido de humedad del suelo bajo y fuera de la zanja de infiltración en el sitio 3, Yahuarcocha, UTN, 2007

Este sitio se caracterizó por presentar en su mayoría vegetación arbustiva y pequeños espacios de suelo descubiertos por la presencia de cabras que consumían el pasto y paja con los horizontes profundos más duros y compactos lo

que ocasionó que la infiltración disminuya y el agua se pierda por escorrentía, pero a la vez a los 10 meses gracias al cercado hubo una rápida regeneración natural, a más de esto el horizonte superficial presentó buenas características físicas como una textura franca, estructura de bloques subangulares débiles y consistencia friable permitiendo una mejor infiltración del agua, también un contenido de materia orgánica de medio a alto, permitiendo así una mejor conservación de la humedad y a la vez una mejor disponibilidad de nutrientes para el desarrollo de las plantas.

4.5.4. Influencia de las zanjas de infiltración en la conservación de la humedad en el sitio 4 (Aloburo)

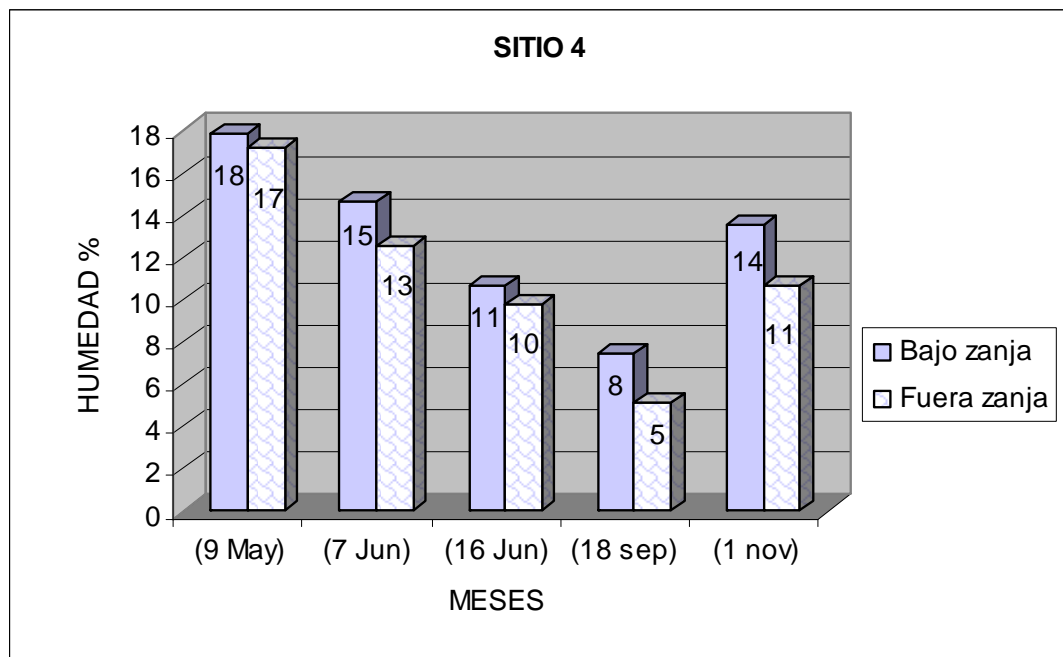


Figura 34. Contenido de humedad del suelo bajo y fuera de la zanja de infiltración en el sitio 4, Yahuarcocha, Ibarra, 2007

En la figura 34, se puede observar que dependiendo las condiciones de humedad en el mes de mayo se presentó una mayor retención de 18% en cambio en septiembre se presentó una menor retención de 8%.



Fotografía 23. Presencia de pastos naturales que protegen al suelo, tomada a los 10 meses de instalado el ensayo, Yahuarcocha, UTN, 2007

Este sitio al igual que el sitio 2 se caracterizó por presentar en su mayoría pastos naturales, que se regeneraron rápidamente gracias al cercado, a más de esto el horizonte superficial presentó buenas características físicas como una textura franco arenosa, estructura de bloques subangulares débiles y consistencia muy friable y para los horizontes más profundos fue friable, un contenido de materia orgánica de medio a alto, permitiendo una mejor infiltración del agua.

4.6. EVALUACIÓN ECONÓMICA

El cálculo de los costos en el establecimiento de siembra, se realizó tomando en cuenta los costos variables como: mano de obra y materiales, también se tomó en cuenta los costos fijos como: renta de la tierra, asistencia técnica, interés del capital y la depreciación para las seis parcelas de cada sitio.

En el Anexo 11 se detallan por sitio las actividades desarrolladas en la investigación donde el costo total para cada uno de los sitios fue de 1027.43 dólares de los cuales cada tratamiento sin la aplicación del humus fue de 160.68 dólares, en cambio los tratamientos con la aplicación del humus fue de 181.80 dólares observándose de esta manera un incremento de 21.12 dólares por cada tratamiento con la aplicación del humus.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- El cerramiento y la menor presión sobre el suelo, contribuye al mejoramiento de las condiciones físico-químicas y biológicas de las áreas en estudio, las cuales antes de instalar los ensayos presentaban muy poca cobertura vegetal, surcos de erosión, deslizamientos, pisoteo, compactación; mientras, a los 10 meses registraron mejores características químicas, lo cual indica mejoras en el horizonte superior ya que asociado al incremento de materia orgánica está la mejor estructura, capacidad de retención de agua, actividad microbiana y protección contra la erosión.
- La calidad de la semilla depende de la especie y lugar donde se recolecte, así las semillas de guarango tuvieron una mejor germinación y mejor porcentaje de pureza, en cambio el molle presentó un bajo porcentaje en relación a las demás especies, comprobándose lo señalado por (Grijpma, 2001), a mayor tamaño y peso de semillas, es mayor el porcentaje de germinación. En cambio el molle presentó mayor número de semillas en relación a las demás especies observándose así una relación directa con el tamaño de la semilla.
- El porcentaje de germinación en el campo depende las características ecológicas del sitio y de la especie, el tratamiento con mayor porcentaje de germinación fue el guarango con humus (GCH) con 93% seguido del faique sin humus con 80% (FSH) esto en el sitio 3, en tanto que en el sitio 4 el molle con humus presentó un bajo porcentaje de germinación de 8% (MCH).

- La sobrevivencia está en relación con el sitio y con la resistencia de la especie frente a la falta o exceso de humedad y ataque de plagas, en los primeros meses de vida.
- El crecimiento en altura y diámetro basal está en relación con la especie y con el sitio, siendo el faique la especie de mayor crecimiento y desarrollo, seguido del molle; mientras que en todos los casos la especie de menor crecimiento fue el guarango. En cuanto a los tratamientos, el Faique sin humus fue el mejor y el tratamiento Guarango con humus ocupó el último lugar, también se observó que en el análisis de varianza para la mayoría de los sitios, la variable abono presentó un valor no significativo.
- La influencia de las zanjas de infiltración en la conservación de la humedad se demuestra que hay mayor retención de la humedad bajo la zanja que fuera de ella ya que el sitio 2 y 4 presentó mayor retención de la humedad de un 18 % al 24% esto debido a la presencia de pastos naturales, en cambio el sitio 1 y 3 presentaron un porcentaje del 16 al 17%, esto por presentar una fuerte pendiente, un suelo con una consistencia muy suelta en los horizontes más profundos como sucedió en el sitio 1 o muy dura como en el sitio 3.
- Los costos por tratamiento utilizando semillas de las tres especies, son relativamente bajos y similares en todos los tratamientos ya que las actividades realizadas para cada uno de ellos fueron prácticamente iguales.

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

- Seguir incrementando la base de datos de la investigación, hasta por un lapso de al menos cinco años para determinar los cambios en los aspectos físicos químicos del suelo y en las características biológicas (flora y fauna) ya que las especies estudiadas son de crecimiento lento.
- Realizar en zonas erosionadas la siembra directa de las especies que mejor se desarrollaron en cuanto a las variables altura y diámetro basal (faique y molle) para asegurar el crecimiento y desarrollo de la especie lo cual es importante para contribuir a la disminución de la erosión y mejorar los componentes del paisaje en la microcuenca.
- Ampliar la experiencia en otras áreas de la microcuenca y a otros sitios con similares características a los estudiados ya que las especies propuestas además de favorecer el control de la erosión, con la correspondiente retención de suelo y agua y mejora de los suelos degradados, tienen gran importancia en la medicina e industria; así como combustibles, como aliento, entre otros.
- Realizar estudios más profundos sobre estas especies nativas que crecen en suelos erosionados y que contribuyen a mejorar las características físico-químicas de los suelos, ya que como se observó la presencia del humus no es determinante para el crecimiento de las especies y su no aplicación podría disminuir los costos en la siembra de grandes extensiones.

CAPÍTULO VII

RESUMEN

La deforestación, las malas prácticas de conservación y el uso inadecuado de los suelos han hecho que junto a aspectos socioeconómicos, climáticos, fisiográficos conduzcan a la pérdida continua de vegetación y degradación física y química de los suelos, dentro de estas características se enmarca la microcuenca Yahuarcocha en cuya superficie se encuentra el Lago Yahurcocha mismo que constituye un gran potencial turístico del norte del País.

Frente a estos problemas se planteó la presente investigación con la finalidad de contribuir a la protección y mejoramiento de los suelos erosionados. Se realizó la siembra directa de tres especies nativas *Caesalpinia spinosa*, *Acacia macracantha* y *Schinus molle*, las cuales se las dispuso en zanjas de infiltración con el propósito de retener la humedad, captar sedimentos mejorando así las características paisajísticas de la zona, reducción de la erosión y salvaguardar la red hidrográfica.

Con los antecedentes señalados se planteó los siguientes objetivos:

- Determinar las características biofísicas – químicas del área de estudio antes y a los 10 meses de instalado el ensayo.
- Establecer la calidad de las semillas de cada especie con el fin de tener lineamientos referenciales para la posterior siembra en los sitios.

- Determinar el comportamiento en cuanto a germinación, sobrevivencia, crecimiento y estado fitosanitario de cada una de las especies en los diferentes tratamientos: con humus y sin humus.
- Evaluar la influencia de las zanjas de infiltración en la conservación de la humedad del suelo.
- Determinar costos de cada uno de los tratamientos.

La fase de campo se realizó durante 10 meses en cuatro sitios ubicados en el entorno del Lago Yahuarcocha ubicada a 5Km. al noreste de la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura.

Para determinar las características biológicas del área de estudio se realizó inventarios durante la época seca y lluviosa aplicando el método de área mínima, la presencia de fauna se registró por medio de observación directa, y las características físicas por medio del estudio del perfil del suelo, para las características químicas se realizó análisis de suelos al inicio y al final del ensayo.

La calidad de la semilla se determinó aplicando los siguientes parámetros: porcentaje de pureza, número de semillas y porcentaje de germinación. Así como también en cada sitio se determinó la germinación y la sobrevivencia con el fin de determinar el número de plantas vivas durante el período de investigación, el crecimiento en cuanto a las variables altura y diámetro basal se aplicó el Diseño Experimental de Bloques Completamente al Azar, cada sitio estuvo conformado por seis tratamientos y doce repeticiones.

Para determinar la influencia de las zanjas de infiltración en la conservación de la humedad del suelo, se tomaron muestras, fuera y bajo la zanja de infiltración dependiendo de las condiciones de la humedad y finalmente los costos a través del análisis de costos variables y fijos.

Los resultados obtenidos en el estudio fueron positivas en el mejoramiento de las características químicas ya que los valores de contenido de materia orgánica al final del ensayo mostraron un incremento esto determinándose un mejoramiento de la estructura, regeneración natural y mayor presencia de animales silvestres.

En la calidad de la semilla se determinó que la pureza de las semillas está en relación con la especie y lugar donde se recolecte. Así el guarango presentó mayor pureza, le sigue el faique y el molle en cuanto a la germinación el guarango y el faique presentó entre 46% y 45% y el molle 20%, donde la relación de mayor tamaño, peso y germinación señalado por (Grijpma, 2001) existe relación. El número de semillas es mayor en el molle, seguido del faique y del guarango;

En los sitios el mayor porcentaje de germinación fue para el tratamientos guarango con humus (GCH) con 93%, seguido el faique sin humus (FSH) con 80%, el tratamiento molle con humus (MCH) tuvo un 8%. También se observó que la sobrevivencia está en relación con el sitio y la especie frente a la presencia de plagas y su resistencia durante los primeros meses de vida.

El crecimiento en altura y diámetro basal está en relación con la especie y con el sitio, siendo el faique la especie de mayor crecimiento y desarrollo, seguido del molle; mientras, en todos los casos la especie de menor crecimiento fue el guarango. El crecimiento en altura y diámetro basal de las especies en los tratamientos se demuestra que en tres (75%) de los sitios experimentales las especies que más crecieron fueron las que recibieron aplicación de humus en la siembra en cambio el 25% correspondiente al sitio 4 se determinó que la especie sin la aplicación del humus presentó mayor crecimiento.

La influencia de las zanjas de infiltración en la conservación de la humedad se demuestra que hay mayor retención de la humedad bajo la zanja que fuera de ella ya que el sitio 2 y 4 presentó mayor retención de la humedad de un 24% al 18%

esto debido a la presencia de pastos naturales, en cambio el sitio 1 y 3 presentaron un porcentaje del 16 al 17%, esto por presentar espacios sin vegetación con una fuerte pendiente impidiendo la retención de la humedad. y finalmente los costos por tratamiento, son bajos y similares en todos los tratamientos ya que las actividades realizadas en cada uno de ellos fueron iguales.

Recomendándose que para la recuperación de suelos erosionados se realice la siembra directa de las especies que mejor se desarrollaron en cuanto a las variables altura y diámetro basal (faique y molle) para asegurar el crecimiento y desarrollo de la especie lo cual es importante para el mejoramiento de los componentes del paisaje en la microcuenca.

CAPITULO VIII

SUMMARY

The deforestation, the bad conservation practices and the inadequate use of the floors have made that next to socioeconomic, climatic aspects, leads to the continuous loss of vegetation and physical degradation and chemistry of the floors, inside these characteristics the microbasin Yahuarcocha is framed in whose surface is the Lake same Yahuarcocha that constitutes a great tourist potential of the north of the Country.

In front of these problems he thought about the present investigation with the purpose of contributing to the protection and improvement of the floors eroded. He was carried out the direct to sow of three native species *Caesalpinia spinosa*, *Acacia macracantha* and *Schinus molle*, which had them in infiltration gutters with the purpose to retain the humidity, to capture silts improving this way the characteristic landscape of the area, reduction of the erosion and to safeguard the net hydrographic.

With the signal antecedents he thought about the objective next:

- To determine the biophysical characteristics - chemical of the study area before and to the 10 months of having installed the rehearsal.
- To establish the quality of the seeds of each species with the purpose of having limits indexes them for the later to sow in the places.

- To determine the behavior as for germination, survival, growth and state fitosanitary of each one of the species in the different treatments: with humus and without humus.
- To evaluate the influence of the infiltration gutters in the conservation of the humidity of the floor.
- To determine costs of each one of the treatments.

The field phase was carried out during 10 months in four places located in the environment of the Lake Yahuarcocha located at 5Km. to the northeast of the city of Ibarra, county of Imbabura.

The study area this located in the area of life dry forest - Montano Under (bs-MB). The floor type corresponds to the type Ustorthent characterized to present hard floors with scarce vegetable covering and without watering.

To determine the biological characteristics of the study area he was carried out inventories during the dry and rainy time applying the method of minimum area, the fauna presence registered by means of direct observation, and the physical characteristics by means of the study of the profile of the floor, for the chemical characteristics he was carried out analysis of floors to the beginning and the end of the rehearsal.

The quality of the seed was determined applying the following parameters: percentage of purity, number of seeds and germination percentage. As well as in each place it was determined the germination and the survival with the purpose of determining the number of alive plants during the period of investigation, the growth as for the variable height and basal diameter was applied the Experimental Design of Blocks Totally at random, each place was conformed by six treatments and 12 individuals spaced among them by 4 x 4m.

To determine the influence of the infiltration gutters in the conservation of the humidity of the floor, they took samples, it was and under the infiltration gutter depending this of the conditions of the humidity and finally it was evaluated the costs through the analysis of variable and fixed costs.

The results obtained in the study were positive in the improvement of the chemical characteristics the values of content of organic matter at the end of the rehearsal showed an increment since this being determined an improvement of the structure, regeneration natural and bigger presence of wild animals.

In the quality of the seed it was determined that the purity of the seeds is in connection with the species and place where it is gathered. The guarango presented this way bigger purity, it continues him the faique and the molle as for the germination the guarango and the faique it presented between 46% and 45% and the molle 20%, where the relationship of more size, weight and germination pointed out for (Grijpma, 2001) relationship exists. The number of seeds is bigger in the molle, followed by the faique and of the guarango;

In the places the biggest germination percentage was for the treatments guarango with humus (GCH) with 93%, followed the faique without humus (FSH) with 80%, the treatment molle with humus (MCH) he had 8%, it was Also observed that the survival is in connection with the place and the species in front of the presence of plagues and its resistance during the first months of life.

The growth in height and basal diameter is in connection with the species and with the place, being the faique the species of more growth and development, followed by the molle; while, in all the cases the species of smaller growth was the guarango. The growth in height and basal diameter of the species in the treatments is demonstrated that in three (75%) of the experimental places the species that more they grew those that received application of humus on the other

hand in the to sow 25% corresponding to the place 4 were it was determined that the species without the application of the humus presented bigger growth.

The influence of the infiltration gutters in the conservation of the humidity is demonstrated that there is bigger retention of the humidity under the gutter that outside of her since the place 2 and 4 adult bigger retention of the humidity presented from 24% to 18% this due to the presence of natural grasses, on the other hand the place 1 and 3 presented a percentage from the 16 to 17%, this to present spaces without vegetation with a strong slope impeding the retention of the humidity and finally the costs for treatment, are low and similar in all the treatments the activities carried out in each one of them were since same.

Being recommended that he is carried out the direct to sow of the species for the recovery of floors eroded that better they were developed as for the variable height and basal diameter (faique and molle) to assure the growth and development of the species that which is important for the improvement of the components of the landscape in the microbasin.

VII BIBLIOGRAFÍA

- BALLESTERO, E. 2000. Economía de la empresa agraria y alimentaria.
- BARRAGÁN, R. 1997. Principios de diseño experimental. Ibarra, Universidad Técnica del Norte.
- BAUTISTA, C.; ETCHEVERS, J.; CASTILLO, C. et al, 2004, La calidad del suelo y sus indicadores. Revista Ecosistemas. Disponible [<http://www.aet.org/ecosistemas/042/revision2.htm>]. Consultado [2007-04 -15]
- CAÑADAS, L. 1983. Mapa bioclimático del Ecuador. Quito.
- CHICAIZA, G. 2000. Efecto del humus en una plantación de aliso (*Alnus acuminata*) a los 12 y 24 meses en el sector la rancharía Provincia del Carchi. Tesis de Grado de Ingeniera Forestal. Ibarra, Ecuador. Universidad Técnica del Norte.
- CUSTODE, G.; VALAREZO, C. 2002. Los suelos serranos: características y sensibilidad a la erosión y capacidad de uso. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja.
- CUSTODE, G.; VALAREZO, C. 2002. Programa de especialidad en sistemas de información geográfica aplicados al ordenamiento territorial de cuencas hidrográficas. Loja, Ecuador.
- EROSIÓN; IMPORTANCIA DE LA EROSIÓN DEL SUELO. Disponible [<http://www.aeac-sv.org/pdfs/infoerosion.pdf>]. Consultado [2006-08-10]
- FERREIRA, O. 1985. Técnicas de viveros forestales con referencia especial a Centroamérica, Honduras, C.A.
- GARCÍA, B. 2004. Guía para la recolección, procesamiento, almacenamiento y análisis de Semillas Forestales. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- GRIPMA, P. 2001. Manuales para educación agropecuaria, Producción Forestal.
- GUERRERO, C.; LÓPEZ, F. 1993. Árboles Nativos de la provincia de Loja. Loja, Ecuador.
- INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES Y DEL AMBIENTE. La erosión de tierras en Colombia. Bogotá, 1977.

- IPIALES, V. 1997. Ensayo de procedencias y comportamiento inicial de *caesalpinia spinosa* (Guarango). Tesis de Grado de Ingeniera Forestal. Ibarra, Ecuador. Universidad Técnica del Norte.
- LOJÁN, L. 1992. El verdor de los andes. Quito, Ecuador. Proyecto Desarrollo Forestal Participativo en los Andes.
- KOLLMORGEN CORPORATION, 1971. Munsell Soil Color Charts.
- LEGALL, J.; DICOVSKIY, L.; VALENZUELA, Z. Manual Básico de Lombricultura para condiciones tropicales. Escuela de Agricultura y Ganadería de Estelí. “Francisco Luís Espinoza”. Nicaragua.
- LÓPEZ, J. 1967. El diagnóstico de suelos y plantas. Método de campo y laboratorio. Segunda edición.
- LUZURIAGA, C. 1996. Curso de Edafología General. Escuela Politécnica del Ejército. Ecuador.
- MANUAL AGROPECUARIO, 2002. Tecnologías Orgánicas de la Granja Integral Autosuficiente (Fundación Hogares Juveniles Campesinos).
- MANUAL DE PRÁCTICAS INTEGRADAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LOS SUELO, Boletín de tierras y aguas de la FAO N° 8. Disponible [<http://www.fao.org/docrep/008/y46905s00.HTM>]. Consultado [2006-10-26]
- MANUAL DE INGENIERIA DE SUELOS. 1972. Relación entre suelo – planta – agua. México.
- MATICES DE VERDE, LOS BOSQUES. Disponible [<http://www.jmarcano.com-bosques-threat-erosion.html>]. Consultado [2007- 02-03]
- NOVILLO, H. 1985. Mejoramiento del sistema agrosilvopastoril en Centro Loja, una propuesta ecológica y social. Loja, Ecuador. Centro Andino de Tecnología Rural.
- PARREÑO, M. 2007. Evaluación de la sostenibilidad ecológica de los sistemas de forestaría análoga, agroforestería convencional y un pastizal, tomado como referencia al bosque nativo en la comunidad de el Progreso, Cantón Pedro Vicente Maldonado, Pichincha. Tesis de Grado de Ingeniera Agrónoma. Quito, Ecuador. Universidad Central del Ecuador.
- PORTA, J. LÓPEZ, M. ROQUERO, C. et al, 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente.

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE SUELOS.
Disponible [<http://www.riie.com.pe/?a=49528>]. Consultado [2006-06-20]

RODRÍGUEZ, L. 1996. Impactos ambientales del riego en ladera. Cali, Colombia. BID, Instituto Internacional del Manejo de la Irrigación.

SAMANIEGO, C.; ORDOÑEZ, O.; PRADO, L.; MOROCHO, M. 2005. Las fuentes semilleras y semillas forestales nativas de Loja y Cañar: participación social en el manejo. Loja, Ecuador.

SÁNCHEZ, C. 2003. Abonos orgánicos y lombricultura.

Schinus molle. Disponible

[http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/3-anaca4m.pdf]. Consultado [2006-09-05]

Schinus molle Linneo. Disponible

[<http://www.ciedperu.org/productos/molle.htm>]. Consultado [2007-09-05]

Schinus molle L. Disponible: [<http://www.rlc.fao.org/redes/sisag/arboles/Chischi.htm>]. Consultado [2007-09-22]

SUQUILANDA, M. 1996. Serie de agricultura orgánica, UPS ediciones, Quito.

USDA, 1999, Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo, s.n.t.

VALLEJO, C. 1995. Alternativas de manejo y conservación de la cuenca lacustre de Yahuarcocha. Tesis de Grado de Ingeniera Forestal. Ibarra, Ecuador. Universidad Técnica del Norte.

YÉPEZ, S. 2006. Determinación del potencial de producción y comercialización de semillas de tara (*caesalpinia spinosa*) en la región norte del Ecuador. Tesis de Grado de Ingeniera Forestal. Ibarra, Ecuador. Universidad Técnica del Norte.