

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador la deforestación se acelera cada vez más. De acuerdo con Rosales (2006), anualmente se talan 150 mil hectáreas por año lo que determina pérdida de biodiversidad, alteración del ciclo hidrológico y sobre todo una gran superficie de terreno expuesto a la acción de los principales agentes erosivos: el agua y el viento. Las zonas más problemáticas o vulnerables a la acción erosiva son las tierras secas donde llueve menos de 600mm ya que las mismas se caracterizan por tener una vegetación poco abundante debido a la competencia de las plantas por la humedad (Vogel y Valarezo, 2002).

En la microcuenca de Yahuarcocha existe uso inadecuado de la tierra y disminución de la calidad escénica del paisaje. El arrastre de grandes cantidades de sólidos ha determinado que la profundidad del vaso vaya disminuyendo progresivamente, pasando de 9m, según Vallejo (1995) a 8m según mediciones realizadas en diciembre del 2007, en la parte más profunda del lago. La intensidad de la erosión de acuerdo con la autora antes citada habría sido de 354t/ha/año. Una de las alternativas para atacar estos problemas es propiciar un adecuado manejo del suelo en función de la clase agrológica, sustituyendo los cultivos limpios por bosques protectores con especies nativas y aplicando las prácticas de conservación más adecuadas.

La presente investigación constituyó un aporte al estudio: “Recuperación y Protección de suelos y agua utilizando especies nativas en el entorno del lago Yahuarcocha”, donde se estudiaron tres especies: *Acacia macracantha* H.&B.,

Caesalpinia spinosa M.&K. y *Schinus molle* L., ubicadas al pie de zanjas de infiltración, que son prácticos mecanismos de conservación de suelos ya que cortan la pendiente, disminuyen la acción erosiva del agua de escorrentía y facilitan la retención de humedad y sedimentos. Por ser especies de crecimiento lento, se requirió que se continúe con la investigación para tener más datos de las variables hasta los dos años de instalados los ensayos. La parte experimental se realizó en cuatro sitios de la microcuenca Yahuarcocha.

La reducción de las pérdidas de suelo y la regeneración de la vegetación nativa, es una prioridad en aquellas zonas donde hay una fuerte erosión activa y potencial como en el caso de la microcuenca Yahuarcocha. Con ello se ayuda a que el suelo no se degrade en sus propiedades físicas, químicas y biológicas; y, se favorece a la conservación del agua ya que ésta encuentra un mayor volumen de suelo para ser almacenada.

Los beneficios antes mencionados no serían posibles sin la participación de personas e instituciones vinculadas con el desarrollo del sector por lo que, fue necesario realizar la difusión del proyecto con el fin de crear conciencia en la población de modo que encuentren en la conservación de los recursos naturales una alternativa de sostenibilidad.

La cuenca hidrográfica, y en especial el recurso hídrico, juegan un rol relevante para la sostenibilidad ambiental. La interacción en la problemática del manejo de los recursos naturales, principalmente suelo y agua en la cuenca Yahuarcocha requiere un enfoque de sistema por lo que se aspira que luego de la socialización del proyecto se tenga la participación de beneficiarios e instituciones como el Municipio de Ibarra, para que puedan llevar la reforestación a mayor escala.

1.3 Objetivos:

1.3.1 General:

- Contribuir con alternativas para la conservación del suelo y agua en cuatro sitios de la microcuenca Yahuarcocha, utilizando tres especies nativas: *Acacia macracantha* H.&B., *Caesalpinia spinosa* M.&K. y *Schinus molle* L. en zanjas de infiltración. Continuación del ensayo a partir de los 12 a 24 meses.

1.3.2 Específicos:

- Evaluar el crecimiento y sobrevivencia de las especies en estudio en cada uno de los tratamientos: con humus, sin humus, siembra directa y plantadas, cada dos meses y relacionarlos con la época lluviosa y seca. Periodo 12 a 24 meses de instalado el ensayo.
- Determinar la incidencia de las zanjas de infiltración en la retención de humedad del suelo y comparar con los valores obtenidos de la precipitación.
- Medir las propiedades físico-químicas del suelo a los 18 meses, contados a partir de la instalación del ensayo, para establecer posibles cambios en relación con los datos obtenidos a los 10 meses de instalado el ensayo.
- Evaluar las variaciones de flora y fauna nativa en los cuatro sitios experimentales.
- Realizar la socialización del proyecto y sensibilización dentro del área de influencia, comprendiendo los sectores de San Miguel de Yahuarcocha y Aloburo.

1.4 Formulación de Preguntas Directrices

¿El crecimiento en diámetro basal y altura; y, la sobrevivencia de las tres especies es diferente en cada uno de los tratamientos?

¿Las zanjas de infiltración influyen en el mantenimiento de la humedad del suelo?

¿Existe variación de las propiedades químicas del suelo entre los 10 y 18 meses de instalados los ensayos?

¿La regeneración natural de la flora nativa de los sitios se incrementa con el tiempo de instalación del ensayo?

¿Existe acogida por parte de la población del área de influencia del proyecto para emprender actividades de reforestación en la zona?

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 EL SUELO

Desde el punto de vista científico el suelo constituye el objeto de estudio de la Edafología, la cual lo define como "ente natural organizado e independiente, con unos constituyentes, propiedades y génesis que son el resultado de la actuación de una serie de factores activos (clima, organismos, relieve y tiempo) sobre un material pasivo (la roca madre)" (Edafología, s.f., Lección 1).

2.1.1 Degradación del suelo

La degradación de los suelos es la pérdida de su capacidad para cumplir sus funciones como medio para el crecimiento de las plantas, como regulador del régimen hídrico y como filtro ambiental. Los cambios desfavorables en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo provocan efectos negativos en la productividad de los cultivos y en la calidad ambiental. Estos procesos de degradación pueden ser causados por variaciones climáticas o provocados por la acción del hombre (RAAA, 1999).

Los tipos de degradación son muy variados y entre los principales se tiene:

2.1.1.1 Erosión

Se refiere al proceso de remoción y arrastre del suelo por acción del agua y el viento ya que despojan al suelo de las capas fértiles (horizonte O y A), dejándolo

improductivo. Existen dos tipos de erosión natural: la hídrica y la eólica. Esta degradación se produce principalmente debido a la eliminación de la cobertura vegetal y al uso intensivo de labranza convencional que modifica desfavorablemente las propiedades físicas del suelo.

Estos daños no solo se manifiestan en el lugar donde ocurren, sino también existen efectos a distancia debido a los procesos de sedimentación y colmatación de infraestructuras de riego como los reservorios, las represas, entre otras, afectando a la población en general de las partes altas y bajas de la cuenca.

- ***Erosión Hídrica:***

Es causada por la acción del agua (pluvial, fluvial). Los principales tipos de erosión hídrica son la erosión laminar, que viene a ser la pérdida uniforme de la superficie del suelo y afecta directamente la fertilidad del suelo. La erosión en surcos, que es el arrastre del suelo formando pequeñas depresiones o zanjas y se debe principalmente a las prácticas inadecuadas que realiza el hombre y en la erosión en cárcavas se forman zanjas profundas como consecuencia del arrastre continuo de las partículas del suelo. Los ríos, cuando las orillas están sin árboles van carcomiendo el suelo y lo arrastran en las épocas de creciente.

- ***Erosión Eólica:***

Se produce por la acción del viento, que desplaza la capa superficial del suelo especialmente en las zonas áridas, formando huecos y dunas (Brack y Mendiola, 2000).

2.1.1.2 Deterioro Químico

Se refiere a la pérdida de nutrientes y materia orgánica, salinización y polución.

La pérdida de nutrientes produce el agotamiento de los suelos por falta de aplicación de materia orgánica y restitución de nutrientes extraídos por las cosechas.

La salinización produce el afloramiento de sales minerales por exceso de riego y mal drenaje, y es propia de las zonas áridas.

La polución o contaminación de los suelos se produce por la acumulación de basuras, sustancias tóxicas aplicadas en exceso (pesticidas y fertilizantes químicos), los gases de centros mineros, y la aplicación de aguas contaminadas por desechos mineros (relaves) (*Ibíd*).

2.1.1.3 Deterioro Físico

El deterioro físico se produce por compactación por el uso impropio de maquinaria pesada; el sellado y encostramiento, causado por el sobrepastoreo y el pisoteo de animales de porte pesado como vacunos y equinos; y el anegamiento por el mal drenaje al aplicar exceso de agua de riego (*Ibíd*).

2.1.1.4 Deterioro Biológico:

Comprende la reducción en el contenido de humus en la capa superficial del suelo, disminución de la actividad microbiológica, eliminación de cepas nativas de microorganismos que participan en el reciclaje de N y P, y de aquellos que ayudan a regular las poblaciones de patógenos en el suelo. Esta degradación se debe fundamentalmente a la eliminación de la cobertura vegetal y a la incapacidad de garantizar el reciclaje de la biomasa producida en el predio; esta situación se ve empeorada por la aplicación de agrotóxicos que afectan directamente a la población microbiana del suelo (RAAA, *op.cit.*).

2.1.2 Propiedades Físicas

Las principales propiedades físicas del suelo son el color, la textura, la estructura y las relacionadas con la capacidad de retención de agua en el suelo (Propiedades físicas del suelo s.f.).

2.1.2.1 Color

Esta propiedad permite deducir rasgos importantes en el suelo: un color oscuro o negro indica contenido alto en materia orgánica, color blancuzco presencia de carbonatos y/o yesos, colores grises/verdes/azulados hidromorfía permanente. El color se caracteriza por tres parámetros que son:

- a. Matiz o Hue
- b. Brillo o Value
- c. Intensidad o Cromo

2.1.2.2 Textura

El suelo está constituido por partículas de diferente tamaño. Conocer la granulometría es esencial para cualquier estudio del suelo. Para agrupar a los constituyentes del suelo según su tamaño se han establecido muchas clasificaciones. Básicamente todas aceptan los términos grava, arena, limo y arcilla, pero difieren en los valores de los límites establecidos para definir cada clase.

Se define textura del suelo como la relación existente entre los porcentajes de las diferentes fracciones (arena, limo y arcilla). Las combinaciones posibles de estos porcentajes pueden agruparse en unas pocas clases de tamaño de partículas o clases texturales. Se utiliza el triángulo de texturas o Diagrama textural.

En general, los suelos arenosos tienen buena aireación, son fáciles de labrar, son deficientes en nutrientes para las plantas, con baja retención de agua ya que se desecan con facilidad y son muy permeables. En los suelos limosos se producen efectos de impermeabilidad y mala aireación, carecen de propiedades coloidales y no tienen apenas la posibilidad de formar agregados. Los suelos arcillosos son ricos en nutrientes, pero si hay un exceso de arcilla (>30%) son impermeables, las labores agrícolas son difíciles debido a su fuerte plasticidad en estado húmedo o a una excesiva compactación en estado seco. Los suelos con textura franca (equilibrada) es la ideal para el cultivo, aunque hay que tener en cuenta otros factores como el contenido en materia orgánica, régimen de humedad del suelo, clima, etc.

2.1.2.3 Estructura

Las partículas no se suelen presentar en el suelo de un modo totalmente independiente, sino que se encuentran más o menos ligadas unas a otras, constituyendo los agregados. Así, la estructura de un suelo se puede definir como “el modo de agregación o unión de los constituyentes del suelo (partículas minerales, materia orgánica, etc.)”.

Entre los factores que influyen o determinan la morfología de la estructura están:

- a.* La cantidad del material o matriz que une las partículas del suelo (carbonatos, arcilla, materia orgánica)
- b.* La textura
- c.* La actividad biológica del suelo (lombrices)
- d.* La influencia humana (en el horizonte cultivado se forma una estructura con una morfología totalmente distinta a la natural que poseía el suelo).

2.1.2.4 Humedad

Según Íñiguez (s.f.), la importancia del agua es de tal magnitud, ya que al no existir ésta no sería posible la vida. Desde el punto de vista agrícola guarda muchas interrelaciones con el suelo así:

- Debe existir agua para satisfacer los requerimientos de la evapotranspiración de las plantas en crecimiento.
 - El agua actúa como un solvente y, junto con los elementos nutrientes forma la solución del suelo.
 - Una elevada cantidad de agua en la superficie del suelo incide sobre la erosión.
- ***Retención de la humedad del suelo.-*** Para ello se debe considerar los siguientes factores:
 - a. El movimiento del agua hacia el suelo y dentro del suelo.
 - b. La capacidad de almacenaje de humedad de los suelos.
 - c. La disponibilidad de la humedad de los suelos para las plantas.

Cada uno de estos factores está directa o indirectamente relacionado con el tamaño y distribución de los poros del suelo y de la atracción de los sólidos del suelo por la humedad.

Gavande (1973), sostiene que hay dos objetivos principales en la medición del agua del suelo. El primero es determinar el contenido de humedad (cantidad de agua contenida en una unidad de masa o volumen del suelo). Esta información es necesaria para calcular el agua que se necesita para restaurar la humedad. El otro objetivo es correlacionar la respuesta de la planta con la cantidad de agua presente en la zona radicular.

2.1.3 Propiedades Físico – Químicas

2.1.3.1 Densidad del Suelo

La densidad se considera como el peso por volumen unitario de sustancia, reportada comúnmente en g/cm^3 . Simbólicamente la densidad se representa por:

$$D = \frac{P}{V} \quad \text{donde:}$$

D = densidad, g/cm^3

P = peso, (g)

V = volumen, (cm^3)

En el estudio de suelos se distinguen dos tipos de densidad, la **Densidad Real** y la **Densidad aparente**, cuyas fórmulas de cálculo son:

$$D_r = \frac{\text{Peso sólidos}}{\text{Volumen sólidos}}$$

$$D_{ap} = \frac{\text{Peso suelo}}{\text{Volumen suelo}}$$

La diferencia entre ambos volúmenes puede establecerse por medio de la siguiente igualdad:

$$\text{Volumen aparente} = \text{Volumen de sólidos} + \text{Volumen de poros}$$

Es decir, la diferencia entre ambas densidades radica en el volumen que se considere; esto es: la densidad real comprende al volumen de partículas únicamente, mientras que, la densidad aparente calculará el volumen de las partículas y el volumen vacío.

2.1.3.2 Cambio iónico

Se define el cambio iónico como los procesos reversibles por los cuales las partículas sólidas del suelo, absorben iones de la fase líquida liberando al mismo tiempo otros iones en cantidades equivalentes, estableciéndose el equilibrio entre ambos. Es un proceso dinámico que se desarrolla en la superficie de las partículas. Como los iones absorbidos quedan en posición asimilable constituyen la reserva de nutrientes para las plantas. Las causas que originan el intercambio iónico son los desequilibrios eléctricos de las partículas del suelo. Para neutralizar las cargas se absorben iones, que se pegan a la superficie de las partículas. Quedan débilmente retenidos sobre las partículas del suelo y se pueden intercambiar con la solución del suelo (*Ibíd*).

Dentro del cambio iónico el más importante y mejor conocido es la capacidad de intercambio catiónico. En el suelo son varios los materiales que pueden cambiar cationes, los principales son las arcillas y la materia orgánica.

2.1.4 Propiedades Químicas

Corresponden fundamentalmente a los contenidos de diferentes sustancias importantes como macro nutrientes (N, P, Ca, Mg, K, S) y micro nutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Cl) para las plantas o por dotar al suelo de diferentes características (carbono orgánico, carbono cálcico, hierro en diferentes estados) (Propiedades químicas del suelo, 2007).

Son aquellas que permiten reconocer ciertas cualidades del suelo cuando se provocan cambios químicos o reacciones que alteran la composición y acción de los mismos. Las principales son:

- La materia orgánica
- La fertilidad
- La acidez-alcalinidad

2.1.4.1 Materia orgánica

Según Íñiguez (*op.cit.*), la materia orgánica influencia las propiedades físicas y químicas de los suelos.

El autor antes citado señala que, los residuos de las plantas constituyen el material primario para la materia orgánica del suelo, los animales son considerados como fuentes secundarias de materia orgánica; los microorganismos (bacterias, hongos, actinomicetos y otros), realizan las transformaciones de los restos vegetales y animales incorporando nitrógeno a sus cuerpos a medida que la digestión procede. Parte de la proteína puede combinarse con la lignina y otros compuestos resistentes, constituyendo así parte del humus del suelo.

El instituto de la Potasa y el Fósforo en su obra “Manual Internacional de Fertilidad de Suelos”, señala que un nivel adecuado de materia orgánica beneficia al suelo de varias formas: (1) mejora las condiciones físicas, (2) incrementa la infiltración de agua, (3) facilita la labranza del suelo, (4) reduce las pérdidas por erosión y (5) proporciona nutrientes a las plantas.

La materia orgánica contiene alrededor de 5% de N total, por lo tanto, es una bodega que acumula reservas de N; los residuos vegetales y animales contienen cantidades variables de nutrientes como P, Mg, Ca, S y micronutrientes. A medida que la materia orgánica se descompone, estos nutrientes pasan a ser disponibles para la planta en crecimiento (*Ibíd.*).

Porta Casanellas y López (2005), señalan que la materia orgánica se identifica en el campo por su acción oscurecedora del horizonte en el que se halle.

La materia orgánica se encuentra revistiendo, bien incorporada o íntimamente unida a la materia mineral, se encuentra distribuida homogénea, en paquetes o localizada en la base del horizonte (*Ibíd.*).

2.1.4.2 Fertilidad

Es una propiedad que se refiere a la cantidad de alimentos que poseen es decir, a la cantidad de nutrientes.

Cada uno de los nutrientes cumple sus funciones a saber:

- ***Nitrógeno (N)***
 - Ayuda al desarrollo de las plantas
 - Da al follaje color verde
 - Ayuda a que se obtengan buenas cosechas
 - Es el elemento químico principal para la formación de las proteínas.

- ***Fósforo (P)***
 - Ayuda al buen crecimiento de las plantas
 - Forma raíces fuertes y abundantes
 - Contribuye a la formación y maduración de los frutos
 - Indispensable en la formación de semillas

- ***Potasio (K)***
 - Ayuda a la planta a la formación de tallos fuertes y vigorosos.
 - Ayuda a la formación de azúcares almidones y aceites.
 - Protege a las plantas de enfermedades.
 - Mejora a la calidad de las cosechas.

- ***Calcio (Ca)***
 - Ayuda al crecimiento de la raíz y el tallo de la planta
 - Permite que la planta tome fácilmente los alimentos del suelo.

- **Magnesio (Mg)**
 - Ayuda a la formación de aceites y grasas
 - Es el elemento principal en la formación de clorofila, sin la cual la planta no puede formar azúcares.

Un suelo fértil es aquel que contiene los elementos nutritivos que las plantas necesitan para su alimentación, estos nutrientes los adquiere el suelo enriqueciéndolos con materia orgánica.

Un suelo pobre o carente de materia orgánica es un suelo estéril y por lo tanto es improductivo.

2.1.4.3 Acidez –Alcalinidad

En general las sustancias pueden ser ácidas, alcalinas y neutras.

Durante el proceso de humificación o sea de putrefacción del mantillo o materia orgánica para convertirse en humus, intervienen las bacterias y los hongos en cuyo trabajo van elaborando sustancias ácidas, por esto las tierras negras y polvorosas generalmente son ácidas, pero para contrarrestar su acidez, los agricultores aplican cal, que en contacto con el agua forman sustancias alcalinas.

- **pH**

La acidez del suelo mide la concentración en hidrogeniones (H^+). En los suelos los hidrogeniones están en la solución, pero también existen en el complejo de cambio. Así hay dos tipos de acidez: una la activa o real (debida a los H^+ en solución) y otra de cambio o de reserva (para los H^+ adsorbidos). Ambas están en equilibrio dinámico. Si se eliminan H^+ de la solución se liberan otros tantos H^+ adsorbidos. Como consecuencia el suelo muestra una fuerte resistencia a cualquier modificación de su pH.

Los factores que hacen que el suelo tenga un determinado valor de pH son diversos, fundamentalmente: naturaleza del material original, factor biótico, precipitaciones, complejo adsorbente (saturado en cationes ácidos o básicos).

- ***Salinidad del Suelo***

Es la consecuencia de la presencia de sales en el suelo, más solubles que el yeso. Por sus propias características se encuentran tanto en la fase sólida como en la fase líquida por lo que tiene una extraordinaria movilidad.

La salinización natural del suelo es un fenómeno asociado a condiciones climáticas de aridez y a la presencia de materiales originales ricos en sales. No obstante existe una salinidad adquirida por el riego prolongado con aguas de elevado contenido salino en suelos de baja permeabilidad y de climas secos sub-húmedos y más secos.

La salinidad no siempre tiene que ir asociada a un pH alcalino, sino que cuando se alcanzan valores muy ácidos se produce la solubilización de sales de aluminio que pueden generar una elevada conductividad con un riesgo añadido, la presencia de aluminio soluble en cantidades suficientes para ser tóxico para la mayoría de las plantas. Por ello cuando el pH baja de 3.5 se consideran salinos los suelos con conductividad superior a 8 dS/m, como en el caso de la alcalinidad.

Cuando la salinidad va acompañada de sodicidad, la alcalinización producida por el sodio favorece la dispersión de la arcilla, su movilización y la impermeabilización del suelo.

2.2 CLASIFICACIÓN AGROLÓGICA

El SEPSA (1991), estructuró un sistema de clasificación de capacidad de uso de las tierras, mismo que consta de ocho clases representadas por números romanos,

en las cuales se presenta un aumento progresivo de limitaciones para el desarrollo de las actividades agrícolas, pecuarias y forestales.

Las clases I, II, III permiten el desarrollo de cualquier actividad incluyendo la producción de cultivos anuales. La selección de las actividades dependerá de criterios socioeconómicos.

En las clases IV, V, VI se restringe al desarrollo de cultivos semipermanentes y permanentes. En la clase IV los cultivos anuales se pueden desarrollar únicamente en forma ocasional.

La clase VII tiene limitaciones tan severas que sólo permiten el manejo del bosque natural primario o secundario. En las tierras denudadas debe procurarse el restablecimiento de vegetación natural.

La clase VIII está compuesta de terrenos que no permiten ninguna actividad productiva agrícola, pecuaria o forestal, siendo por tanto, adecuada únicamente para la protección de recursos.

2.3 PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DEL SUELO

En el manejo ecológico de suelos se puede definir como el conjunto de técnicas y prácticas de manejo de suelos destinado a la conservación, recuperación y mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, para que éstos posean las condiciones mínimas para garantizar una producción sostenible y además que en el desarrollo de dichas prácticas deben considerar su impacto en el ecosistema, ya sea la cobertura vegetal y el hábitat de los animales.

Según el SEPSA (*op. cit.*), las prácticas de conservación de suelo pueden ser: Vegetativas o Agronómicas y Mecánicas.

Las primeras son prácticas culturales y agronómicas que implican por lo general la utilización de material biológico vivo o muerto para el control de la erosión, dentro de ellas se puede indicar: prácticas en contorno, cultivos múltiples, coberturas muertas del suelo, cultivos de cobertura, cultivos en fajas, labranza mínima, labranza en contorno, siembra en contorno, barreras vivas, cortinas rompe viento, aparcadero para pastoreo en rotación y sistemas agroforestales

En las prácticas mecánicas se trabaja físicamente en el suelo, para reducir el efecto erosivo, son de naturaleza física y requieren la remoción del suelo, entre ellas están: barreras de piedra, zanjas de infiltración, vías de agua empastada, terrazas de desagüe, acequias de ladera, terrazas de desviación, canales de desviación y terrazas de huerto o escalones

2.4 ZANJAS DE INFILTRACIÓN

Rist y San Martín (1993), sostienen que son pequeños canales de sección rectangular o trapezoidal, generalmente asimétricos; se construyen transversalmente a la máxima pendiente del terreno y deben ser a nivel.

Estos mismos autores sostienen que el objetivo de ésta práctica es interceptar el agua de escorrentía que proviene de la ladera, anulando su velocidad y permitiendo una mayor infiltración, aumentar así la producción y reducir la erosión hídrica.

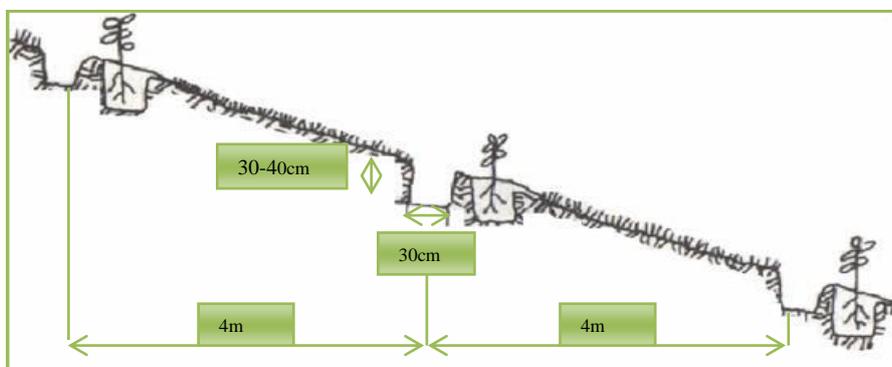


Figura 1. Construcción y dimensiones de la zanja de infiltración

Se usan para terrenos con aptitud agroforestal o para terrenos de pastoreo/cultivos. También se recomiendan las zanjas de infiltración como práctica complementaria a las otras, a nivel de laderas y cárcavas.

Los autores citados manifiestan que el ancho del borde superior normalmente es alrededor de 40-50cm; el ancho de la base de 30-40cm y la profundidad varía entre 20-50cm.

La inclinación longitudinal de la zanja normalmente debe ser cero (0%). El talud en relación a sus medidas horizontales y verticales debe ser de 1:1 a 2:1; y en terreno firme entre 0,5:1 a 1:1 (medida horizontal: medida vertical). La gradiente longitudinal de la zanja, normalmente debe ser cero (0%), excepto en zonas de bastante precipitación y donde se le puede dar una gradiente máxima hasta 3%. En casos que el gradiente longitudinal no sea cero (0) la zanja debe desembocar en una zona protegida o ya totalmente estabilizada, para evitar la formación de cárcavas a raíz del desagüe.

Según estos autores, cuando la zanja es a nivel a lo largo de ésta deben construirse tabiques de tierra (o dejarse pequeños espacios sin excavar) a fin de no permitir que el agua captada corra de un lado a otro. Entre los tabiques debe haber una distancia de máxima de 20m y mínimo 10m.

En el borde superior de la zanja se recomienda sembrar plantas de macollaje tupido (barrera viva) para darle mayor protección de la sedimentación.

La distancia entre zanja y zanja debe estar en relación a la pendiente así como a la precipitación pluvial de la zona y de acuerdo a las dimensiones de las propias parcelas.

2.4.1 Ventajas

- Mayor infiltración de agua.
- Frena agua de escorrentía (erosión).
- Mejora producción

2.4.2 Desventajas

- Requiere mantenimiento (limpieza periódica de zanjas).
- En suelos superficiales, es un tanto difícil; porque la zanja debe ser excavada en la roca, donde hay menor infiltración y se requiere bastante mano de obra.

2.4.3 Construcción de la zanja

- Seleccionar el lugar donde se va a realizar el trazado de la zanja.
- Trazar con el nivel en "A", caballete o clinómetro.
- Se marca el terreno para la construcción de las zanjas. Se puede realizar en terrenos arados o sin arar.
- La forma de la zanja es parecida a una batea; esto garantiza que las paredes no se deslicen y se dañe la zanja.
- La zanja tiene forma trapezoidal: 50cm en la parte superior, 40cm en la base y 40cm de profundidad.
- Trasplantar pasto o cabuya a ambos lados de la zanja para protegerla.
- Construcción de diques cada 10m a lo largo de la zanja, para almacenamiento y filtración del agua.
- Hacer las zanjas de no más de 200m de largo.

2.4.4 Zanja y plantación de árboles

El árbol debe plantarse en el camellón de la zanja para aprovechar del suelo suelto y de la acumulación de humedad en la propia zanja (Carlson y Añazco, 1990).

Al plantar el árbol en la parte superior, no tendrá suelo removido, ni concentración de humedad. Si se planta dentro de la zanja podría quedar enterrado con los sedimentos que se acumulan en ella, y como a veces las zanjas sirven como senderos sufrirán daños por pisoteo (*Ibíd*).

2.4.5 Cuidados de la zanja de infiltración

- Evitar que los animales entren a la zanja.
- Realizar la limpieza de la zanja, cada vez que se llene con tierra. Esta tierra se saca y se esparce en el terreno.
- Mantenimiento de la zanja de infiltración.

2.5 CUIDADO DE ESPECIES PLANTADAS

En los últimos años, la plantación de pequeños bosquetes en terrenos de minifundistas, ha sido uno de los tipos de plantación más establecida. Existe una fuerte demanda para este tipo de reforestación dado que muchos agricultores cuentan con áreas degradadas que no tienen otro uso posible (Carlson y Añazco, *op. cit.*).

La plantación de bosquetes juega un rol muy importante en la repoblación forestal de las laderas por la producción de madera y leña. En los sitios degradados, los bosquetes ayudan paulatinamente a recuperar el suelo por la acción de las raíces que mejoran la estructura, la capacidad de infiltración, y por la contribución de materia orgánica a través de la muerte de raíces y la caída de hojas. También los bosquetes pueden reducir el efecto de las heladas en los cultivos aledaños (*Ibíd*).

Los autores antes señalados sostienen que para el cuidado de las especies plantadas en pequeños bosquetes hay que darles el siguiente manejo:

2.5.1 Seguimiento

El seguimiento consiste en la vigilancia y acciones de mantenimiento para asegurar el éxito de la plantación; es clave para el éxito de cualquier programa de extensión agroforestal. Una de las fallas principales en los proyectos agroforestales ha sido la falta de seguimiento adecuado de quienes han establecido plantaciones.

2.5.2 Cuidado de los Árboles

La principal razón para el seguimiento, después de la plantación agroforestal, es asegurar que los agricultores se mantengan conscientes de la necesidad de protección de los arbolitos, especialmente durante el ciclo de producción agrícola. Por ejemplo, al crecer el cultivo los árboles pueden recibir demasiada sombra lo que afectará su crecimiento o, lo que es peor pueden ser cortados al momento de cosecha.

Por otro lado, después de la cosecha el campesino introduce sus animales para pastorear. Es en este momento cuando puede producirse el mayor daño a la plantación si el propietario no ha determinado como proteger los arbolitos. Muchas veces no pueden preverse los aspectos del manejo de la tierra que pueden afectar al árbol.

2.5.3 Deshierbe

La competencia que presentan el pasto o las malezas pueden reducir mucho el crecimiento del arbolito en los primeros años, llegando incluso a dominarlo. Por ello, es necesario deshierbar la plantación (hacer un "coronamiento") hasta que los árboles lleguen a tener unos dos metros de altura. Lo más recomendable es realizar una limpieza al final de cada época de lluvias para que la plantación ingrese sin malezas al período de sequía.

Es preferible eliminar la maleza con toda su raíz y a mano, y no cortarla con machete puesto que rebrota enseguida. El azadón es útil cuando las malezas son pequeñas pero presenta el riesgo de dañar las raíces de los árboles. Conviene dejar el suelo deshierbado lo más suelto posible para captar al máximo el agua de lluvia y se debe utilizar la maleza cortada como mulching para reducir la evaporación. Cabe reiterar la importancia de no dañar las raíces de los arbolitos durante este proceso de deshierbe.

2.5.4 Replante

El replante es necesario cuando la muerte o pérdida de arbolitos anula la posibilidad de que la plantación agroforestal cumpla con sus objetivos. En particular será necesario hacer replantes en las cortinas rompevientos o fajas en contorno en las cuales los espacios vacíos de la plantación no permitiría un adecuado abrigo contra el viento o un aceptable control de erosión.

Las plantas destinadas al replante deberían ser las de mayor calidad y tamaño posible a fin de aumentar la posibilidad de que estas igualen a las primeras. Además, para lograr un buen arranque se deben plantar al inicio de la siguiente época invernal.

2.6 TÉCNICAS PARA MANTENER LA FERTILIDAD DEL SUELO

Según la Red de Acción en Alternativas al uso de Agroquímicos – RAAA (*op. cit.*), la incorporación de las diversas técnicas agroecológicas para el manejo de suelos, dentro de los manejos de producción no sólo aprovecha las ventajas de los procesos naturales y de las interacciones biológicas del suelo, sino que también permite una reducción considerablemente en el uso de recursos externos y aumentando la eficiencia del uso de los recursos básicos del sistema predial. En este contexto, los productores pueden:

- Asegurar la competitividad de la producción de alimentos en los mercados locales, regionales, nacionales e internacionales acompañados de los parámetros de cantidad y calidad.
- Reducir los costos de producción y manejar sostenidamente los recursos básicos que poseen.
- Eliminar el impacto negativo que la agricultura provoca al ambiente y la salud de los trabajadores y consumidores.

2.6.1 Los abonos orgánicos

Son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas.

El abonamiento consiste en aplicar las sustancias minerales u orgánicas al suelo con el objetivo de mejorar su capacidad nutritiva, mediante esta práctica se distribuye en el terreno los elementos nutritivos extraídos por los cultivos, con el propósito de mantener una renovación de los nutrientes en el suelo. El uso de los abonos orgánicos se recomienda especialmente en suelos con bajo contenido de materia orgánica y que han sido degradados por el efecto de la erosión; pero, su aplicación puede mejorar la calidad de la producción de cultivos en cualquier tipo de suelo.

2.6.2 Ventajas del abonamiento natural

- Constituye un almacén de nutrientes, especialmente de nitrógeno, fósforo, azufre y micronutrientes y los va liberando lentamente, facilitando el aprovechamiento de las plantas.
- Puede retener hasta 10 veces más nutrientes que las arcillas, aumenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la disponibilidad de nutrientes en el suelo para la planta.

- Facilita la formación de complejos arcillo-húmicos que retienen los macro y micronutrientes evitando su pérdida por lixiviación y de este modo incrementa su disponibilidad.
- Proporciona energía para los microorganismos, lo cual mejora la actividad biológica en el suelo.
- Favorece una buena estructura del suelo y aumenta la bioestructura; facilitando la labranza y aumentando su resistencia a la erosión.
- Protege la superficie del suelo y aumenta la capacidad de infiltración del agua, lo cual reduce el riesgo de erosión.
- Aumenta la capacidad de retención de agua especialmente en suelos arenosos y por lo tanto ayuda a la conservación de la humedad.

2.7 HUMUS DE LOMBRIZ

El humus es materia orgánica degradada a su último estado de descomposición por efectos de microorganismos, que se encuentra químicamente estabilizada, por lo que regula la dinámica de la nutrición vegetal en el suelo. Es un mejorador de las características físico-químicas del suelo (IIRR-AVRDC, 1997).

Es un cuerpo natural aunque extremadamente variable y heterogéneo y posee propiedades que los diferencian netamente de otros agregados orgánicos naturales.

La lombricultura es una actividad productiva, viable y benéfica que no requiere de una gran extensión de terreno ni de grandes inversiones.

2.7.1 Elementos del humus de lombriz

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).

La composición del humus se indica en el cuadro 1.

Cuadro 1. Composición del humus de lombriz.

Componente	Contenido	Porcentaje %
pH	7	7.5
Materia orgánica	50	60
Humedad	45	55
Nitrógeno	2	2
Fósforo	1	1.5
Potasio	1	1.5
Carbón orgánico	20	35
carbono/nitrógeno	9	12
Ácidos fúlvicos	2	3
Ácidos húmicos	5	7
Flora microbiana: 20 mil millones de microorganismos/grano seco, enzimas y fitohormonas.		

Fuente: IIRR-AVRDC (1997) Guía práctica para su huerto familiar orgánico. Quito, Ecuador

2.7.2 Características y propiedades del humus

- Se encuentra químicamente estabilizado como un coloide.
- El pH del humus de lombriz es de 7 y 7.5, lo cual lo hace neutro.
- Es un fertilizante bioorgánico activo, mejora las características organolépticas de la planta, flores y frutos.
- La cantidad orgánica del lombricompuesto tiene el 60% de materia orgánica
- Estabiliza el pH del suelo, evitando cambios bruscos.
- Alta carga microbiana (20 mil millones por gramo seco) que restaura la actividad biológica del suelo.
- Se puede aplicar en cualquier dosis sin ningún riesgo de quemar la planta.
- Tiene un efecto regulador de la nutrición que perdura hasta cinco años en el suelo.
- Opera en el suelo mejorando la estructura, haciendo más permeable al agua y al aire.

- Evita el estrés de la planta al ser trasplantada (1kg de humus retiene 1,6 litros de agua).
- El humus atrae hacia sí partículas de nutrientes y agua, estos elementos son liberados en forma dosificada y sistemática cuando las plantas lo necesitan.
- También existen las auxinas que influyen en el desarrollo de las plantas vecinas.

2.7.3 Formas de aplicación

Se recomienda aplicar 1kg de humus por cada 5m², cuando el terreno esta húmedo para no destruir la microflora del suelo. Un kg de humus equivalente a 25kg. de estiércol (CARE, MAG, CP).

El humus se debe aplicar de 50 a 80g en plantas pequeñas y de 100 a 200g en plantas grandes alrededor del cuello de la raíz (*Ibíd*).

2.8 SUCESIÓN NATURAL

Estrada (2005), sostiene que la sucesión natural es una serie de fases del crecimiento de la comunidad vegetal, cuya estructura y composición se hace cada vez más complicada.

Como a medida que la comunidad vegetal se desarrolla, ocurren cambios en la comunidad animal y a la vez se desarrolla el suelo, la sucesión se define como: “una serie de cambios del ecosistema que conducen a una estructura y composición más compleja de la comunidad total”.

2.8.1 Tipos de sucesión

El autor arriba citado explica que hay varios tipos de sucesión, así:

2.8.1.1 Sucesión evolutiva.- Serie de cambios del ecosistema paralela a la evolución de los organismos vivos.

2.8.1.2 Sucesión primaria.- Es la serie de cambios de un tipo a otro tipo de ecosistema que recapitulando la sucesión evolutiva tiene lugar en determinados sitios, en donde se inicie la formación del suelo, tales como:

- Áreas rocosas en regiones frías
- Superficies graníticas luego de movimientos glaciales extensivos
- Zonas bajas tropicales
 - Manglares
 - Con capas de lava
- Ex-lagos y ex-lagunas glaciales
- Rellenos de charcas y lagos
- Otros sitios localizados

2.8.1.3 Sucesión secundaria.- Es la serie de cambios que opera dentro de un “claro” natural o artificial, hasta llegar al rodal maduro original. Los claros naturales de los bosques pueden deberse a la muerte de árboles sobremaduros o a la caída de grupos de árboles a causa de tornados u otros fenómenos naturales, mientras que los claros artificiales son causados por las actividades culturales del hombre.

2.8.2 Sucesión y manejo de la tierra

El hombre maneja la tierra con fines agrícolas, ganaderos, forestales, hidrológicos y de conservación de la vida silvestre.

El hombre sedentario que cultiva la tierra establece una comunidad artificial deteniendo la sucesión de la vegetación natural (malezas) en su área cultivada, mientras, quienes manejan los bosques, las cuencas hidrográficas y la vida silvestre, antes que detener la sucesión, la dirige, o la detienen pero en una etapa particular de mayor valor económico o conservacionista (Estrada, 2005).

2.9 ANÁLISIS DE FLORA

2.9.1 Muestreo de Flora

Según Céspedes (2005), dentro de los inventarios de los recursos naturales se utilizan diversas técnicas de muestreo que son aplicadas en función de las características de la zona como es la homogeneidad de la vegetación, la superficie a ser muestreada, etc.

En nuestro país poseemos una mega diversidad de ecosistemas y de acuerdo a sus factores ambientales determinantes, tendremos una categoría de formación vegetal determinada; por lo tanto, se debe realizar una investigación sobre la base de estas características, tratar o adaptar las técnicas que conocemos en teoría, con la realidad que nuestra zona nos presenta.

2.9.2 Método de Área Mínima

El concepto de área mínima de la comunidad se relaciona simultáneamente con la Homogeneidad florística y espacial de la zona en que se va a realizar el muestreo. Esta técnica nos permite obtener un listado de especies que ayudan a conocer la distribución y variedad de especies vegetales en una determinada zona, pero no debe utilizarse para una investigación más profunda. El uso de este método de muestreo es inventariar una zona homogénea espacial y florísticamente predeterminada. El procedimiento es el siguiente:

- Ubicar el sitio de trabajo, tomando en cuenta la homogeneidad florística y espacial.
- Se toma una unidad maestra pequeña, por ejemplo 1m^2 y se procede a contar el número de especies presentes en ésta área.
- Luego se duplica la superficie, extendiendo con la unidad anterior (por ejemplo sería 2m^2) y se cuenta el número de especies nuevas que aparecen en la unidad duplicada. Esta operación se repite hasta que el número de especies nuevas disminuye al mínimo o deje de incrementarse.

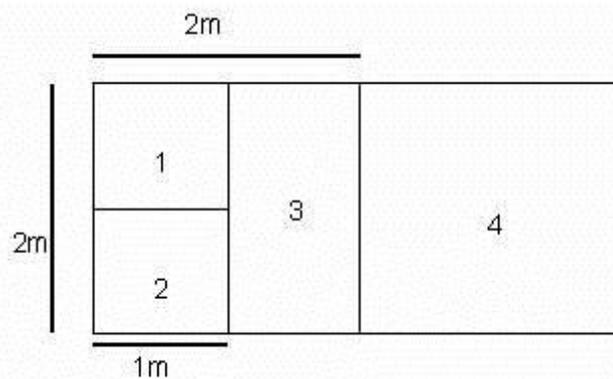


Figura 2. Modelo de muestreo para evaluación del área mínima

- Este procedimiento esquematiza el número de especies en función de la superficie de la unidad de muestreo
- Las esquinas de los cuadrantes se señalan con estacas pintadas de color rojo o tomate para poder diferenciar de la cobertura vegetal.
- Las especies que se van registrando en cada uno de los cuadrantes, se debe anotar en un formato apropiado para ello.

2.9.3 Índice de Similaridad de Sorenson

Si dos regiones de una comunidad son semejantes, todas las especies deben tener distribuciones geográficas parecidas, o por lo menos una gran parte de ellas. Una provincia florística está compuesta por muchas asociaciones diferentes; para este análisis se utiliza el índice de similitud y disimilitud de Sorenson. Este índice

permite ordenar las poblaciones y comunidades a lo largo de las gradientes geográficas (Céspedes, 2005).

2.9.4 Índice de Diversidad de Simpson

La diversidad se usa cuando el grado de dominancia relativa de pocas especies en la comunidad constituye el interés primario más que cuando existe equidad de abundancia de todas las especies (*Ibíd*).

2.9.5 Dominancia

Es un indicador de la abundancia relativa de una especie. Una categoría vegetal se considera dominante por ser la más notable en la comunidad, debido a varias características como: altura, cobertura o su densidad. Se puede expresar en valores absolutos por unidad de superficie o en valores relativos (*Ibíd*).

2.10 DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES

2.10.1 Faique: *Acacia macracantha* Humb. et Bompl.

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

- **Familia:** MIMOSACEAE
- **Nombre científico:** *Acacia macracantha* H. & B.
- **Nombres comunes:** Algarrobo, faique, espino

Se lo encuentra en los valles secos, está distribuido en la región andina desde Venezuela hasta Bolivia. Aunque se adapta más a los lugares cálidos y secos con temperaturas de hasta 25°C, se lo observa plantado hasta los 2800msnm e incluso a 3100msnm aunque en esta altura es más pequeño y no fructifica

Se ubica en el 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).

Los autores antes citados señalan que la especie crece en suelos laderosos, pobres y arcillosos. En suelos fértiles y planos se observa un rápido crecimiento. Se dispersa por doquier debido a que las semillas son diseminadas por los rumiantes a través de las heces, por tanto su regeneración natural es abundante. Tiene una alta capacidad de rebrote. Es muy utilizada en la conservación y mejoramiento de áreas degradadas, leña, carbón, forraje, postes, cercas, parquet, construcción liviana, embalaje.

2.10.2 Guarango: *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze

- **Familia:** FABACEAE
- **Subfamilia:** CAESALPINACEAE
- **Nombre científico:** *Caesalpinia spinosa*
- **Nombres comunes:** Guarango, vainillo, Campeche

Loján (1992). El guarango se encuentra en la sierra entre los 1500msnm. Hasta los 3000msnm. En los flancos de las cordilleras, en los valles y laderas interandinos. Tiene una amplia distribución en la serranía de nuestro país, tal es el caso que va desde los 1400 a 3100msnm. Es común en las formaciones ecológicas (sistema de Holdrige), Estepa espinosa montano bajo (ee-MB), y bosque seco montano bajo (bs-MB). 2800- 3000msnm (Mencias, *et al* 1998 citado por Yépez). El guarango es una especie muy plástica en clima y suelo. Es propia de climas secos, cálidos y subcálidos; no es exigente en suelos, pero crece bien en suelos francos, franco arenoso y pedregoso. Además crece en suelos diferentes a los indicados, pero no con las características botánicas suficientes (*Ibíd*).

El guarango es una planta apropiada para la protección y enriquecimiento del suelo, para controlar la erosión, tiene capacidad para fijar nitrógeno, es melífera y es usada para actos religiosos (PFNM) (Añazco y Loján).

Los mismos autores citados, señalan que 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). En zonas de poca vegetación o áreas descubiertas la regeneración natural es muy escasa, debido a que existe ausencia de humedad, factor importante para la germinación.

Las diferentes partes de esta especie presentan una variedad de usos, así, el árbol es apto para la reforestación en suelos pobres de poco espesor y poca precipitación, la madera es empleada como leña para carbón y las vainas tienen alto contenido de tanino y se utilizan para curtir cuero. Por otro lado, las semillas contienen un alto contenido de grasa y proteína y sirven de alimento para porcinos. Los frutos se utilizan en infusión para la desinfección y el tratamiento adicional contra la amigdalitis. La parte aérea de la planta es utilizada para preparar una bebida ingerida como depurativo del colesterol. La madera del guarango es dura y tradicionalmente se utiliza para construcciones rurales, fabricación de herramientas, se obtiene además carbón y leña (Añazco, 2004).

2.10.3 Molle: *Schinus molle* L.

Guerrero y López (s.f.), describen a esta especie de la siguiente manera:

- **Familia:** ANACARDIACEAE
- **Nombre Científico:** *Schinus molle* L.
- **Nombre Común:** Molle, mulli, muelle, tancar, árbol de pimienta.

Se lo encuentra en el Bosque seco premontano (bs-PM), de 1600 – 2600msnm.

Crece en terrenos fértiles como en los pobres, arenosos y en lugares de escasa precipitación pluvial.

Es de rápido crecimiento en lugares secos y áridos, necesita de mucha luz.

Tiene diferentes usos como: ornamental, medicinal, leña, los frutos secos y molidos se usan como pimienta.

La especie contribuye al control de la erosión, conservando los suelos. Se trata de uno de los pocos árboles que prospera en pedregales, mejora la fertilidad del suelo ya que produce abono verde (Conabio, *et al* 2006, citado por Paredes, 2008).

Forma parte de cercas vivas en los agrohábitats, barrera rompevientos, ornamental. Se planta en la 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 (*Ibíd*).

Otros usos se dan 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 parquetes. 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, *et al* 2007, citado por Paredes, 2008).

El aceite extraído de las semillas presenta actividad fungotóxica y puede ser efectiva como fungicida natural (*Ibíd*).

2.11 MICROCUENCA DEL LAGO YAHUARCOCHA

2.11.1 Red hidrográfica

Vallejo (1995), sostiene que el lago recibe el aporte de los siguientes afluentes:

- El canal de aducción desde el río Tahuando: suministra 70l/s.
- Quebrada de Manzanohuayco, que nace entre las cotas 3600 y 3200msnm, pasa por los poblados de Añaspamba, luego por Yuracruz; en la cota 2200 –2600 se une con la quebrada Sto. Domingo y desemboca en el lago.
- La quebrada Polo Golo que nace entre las cotas 3400 y 3300, pasa por el caserío Yuracucito, el barrio Yahuarcocha y desemboca en el lago.
- Quebrada San Antonio que nace en las cotas 3000 – 2600 en la loma de Puilo y fluye directamente a el lago.

Estas quebradas recogen las precipitaciones en épocas lluviosas y se secan completamente en época seca.

Al sur del lago, existe un túnel de desfogue, que se conecta con el río Tahuando.

2.11.2 Zonas de vida

- ***Cuenca baja.***- Se tiene bosque seco premontano (2195msnm), suelos erosionados, textura arcillo - arenoso o franco arcillo limosos uniformes); bosque seco montano bajo (2300 – 3000msnm, temperatura promedio de 12°C con 18 –22°C. en el día y hasta –2°C en la madrugada lo que causa heladas que limitan los cultivos); estepa espinosa montano bajo (2200msnm, cangahua superficial, poca meteorización y formación de arcilla, suelos areno–limosos con costras pseudociceleos calcáreos, sobre capas continuas o discontinuas de capas no muy permeables.
- ***Cuenca media.***- Se tiene bosque seco montano bajo (2300 a 3000msnm).
- ***Cuenca alta.***- Se tiene bosque húmedo montano (3000 a 3300msnm), páramos bajos y húmedos, susceptibilidad a heladas en julio y agosto, sobre todo en pisos superiores. En los sectores más húmedos el suelo es muy negro, pseudolimoso, untuoso y esponjoso; la retención de agua va del 100 al 200%

de suelo seco; está cubierto de pajonales, papas o habas. El bosque húmedo montano (3100 – 3625msnm), tiene limitaciones debido al exceso de humedad y heladas; suelo pseudolimoso y negro; casi en forma diaria existe precipitación nocturna (Vallejo, 1995).

2.12 EDUCACIÓN AMBIENTAL

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) propuso, en 1970, la siguiente definición de Educación Ambiental: "Es el proceso de reconocer valores y aclarar conceptos para crear habilidades y actitudes necesarias, tendientes a comprender y apreciar la relación mutua entre el hombre, su cultura y el medio biofísico circundante. La Educación Ambiental (EA) también incluye la práctica de tomar decisiones y formular un código de comportamiento respecto a cuestiones que conciernen a la calidad ambiental"

Por lo tanto, la educación ambiental es un "proceso continuo en el cual los individuos y la colectividad toman conciencia de su medio y adquieren los valores, las competencias y la voluntad para hacerlos capaces de actuar en la resolución de los problemas actuales y futuros del medio ambiente."

La EA debe mostrar la naturaleza sistémica del mundo pues esto es requisito indispensable para comprender las implicancias de alternativas de acción y reconocer de las consecuencias de las decisiones personales y colectivas.

Puesto que la EA se basa en valores, debe incentivar a las personas a ser receptivas a otras concepciones de la realidad. Esto se logra únicamente mediante una conciencia real de que la visión propia puede no ser compartida. Implica el respeto por las opiniones ajenas y el valor de la diversidad en sí misma.

2.12.1 Definición de Educación Ambiental

La Educación Ambiental debe entenderse como un planteamiento formativo cuyo principal objetivo es proteger y regenerar el medio ambiente (Salazar, *et al* 2003 citado por Morejón y Morejón, 2007).

2.12.2 Educación Ambiental Formal

Es la que imparte dentro del sistema público y privado de educación, o la que se realiza en las instituciones escolares reconocidas por el Estado (*Ibíd*).

2.12.3 Educación Ambiental No Formal

Se refiere a las prácticas educativas que están estructuradas, son intencionadas, sistemáticas y poseen objetivos definidos. Sin embargo, tienen un carácter no escolar y se ubican al margen del sistema educativo graduado y jerarquizado (*Ibíd*).

2.12.4 Educación Ambiental Informal

Aquella que se promueve sin medición pedagógica explícita, tales como las que tienen lugar, espontáneamente a partir de las relaciones del individuo con su entorno natural, social y cultural (*Ibíd*).

2.12.5 Objetivos de la Educación Ambiental

A partir de la meta, y para precisar las categorías de cambios conductuales que deben orientar la práctica educativa en la Educación Ambiental, en la Carta de Belgrado se señalan los siguientes objetivos:

- Concienciar, ayudar a las personas y a los grupos sociales a que adquieran mayor sensibilidad y conciencia del ambiente en general y de los problemas conexos.
- Conocimientos, ayudar a las personas y a los grupos sociales a adquirir una comprensión básica del ambiente en su totalidad, de los problemas conexos y de la presencia y función de la humanidad en él, lo que conlleva una responsabilidad crítica.
- Actitudes, ayudar a las personas y a los grupos sociales a adquirir valores sociales y un profundo interés por el medio ambiente que los impulse a participar activamente en su protección y mejoramiento.
- Aptitudes, ayudar a las personas y a los grupos sociales a adquirir las aptitudes necesarias para resolver problemas ambientales y para evaluarlo.
- Participación, ayudar a las personas y a los grupos sociales a que desarrollen su sentido de responsabilidad y a que trabajen individual y colectivamente para prevenir y resolver problemas del medio ambiente (Corporación Grupo Randi Randi, *et al* 2003 citado por Morejón y Morejón, 2007).

2.12.6 Sensibilización y Educación

La sensibilización y educación es un instrumento de gestión que supone un conjunto de acciones cuya finalidad debe ser despertar el interés y capacitar a los diferentes actores sociales tanto del sector público como privado, en los diferentes temas implícitos en la gestión ambiental con el propósito de entregar elementos informativos y formativos que permitan una plena participación en el proceso de gestión (Morejón y Morejón, 2007).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La fase de campo se realizó en cuatro sitios de la microcuenca del Lago Yahuarcocha.

3.1.1 Ubicación de la microcuenca:

Política:

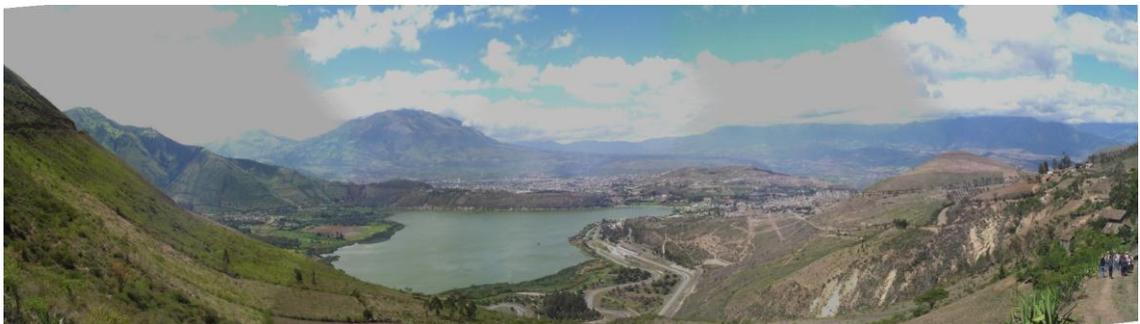
País: Ecuador
Provincia: Imbabura
Cantón: Ibarra

Geográfica:

Latitud: 00° 24' 18''N- 00° 18' 18''N
Longitud: 78° 06' 23''W- 78° 04' 02''W
UTM: 10044837N – 10033767N
17822117E - 17826475E

Altitud:

2200-3800 *msnm.*

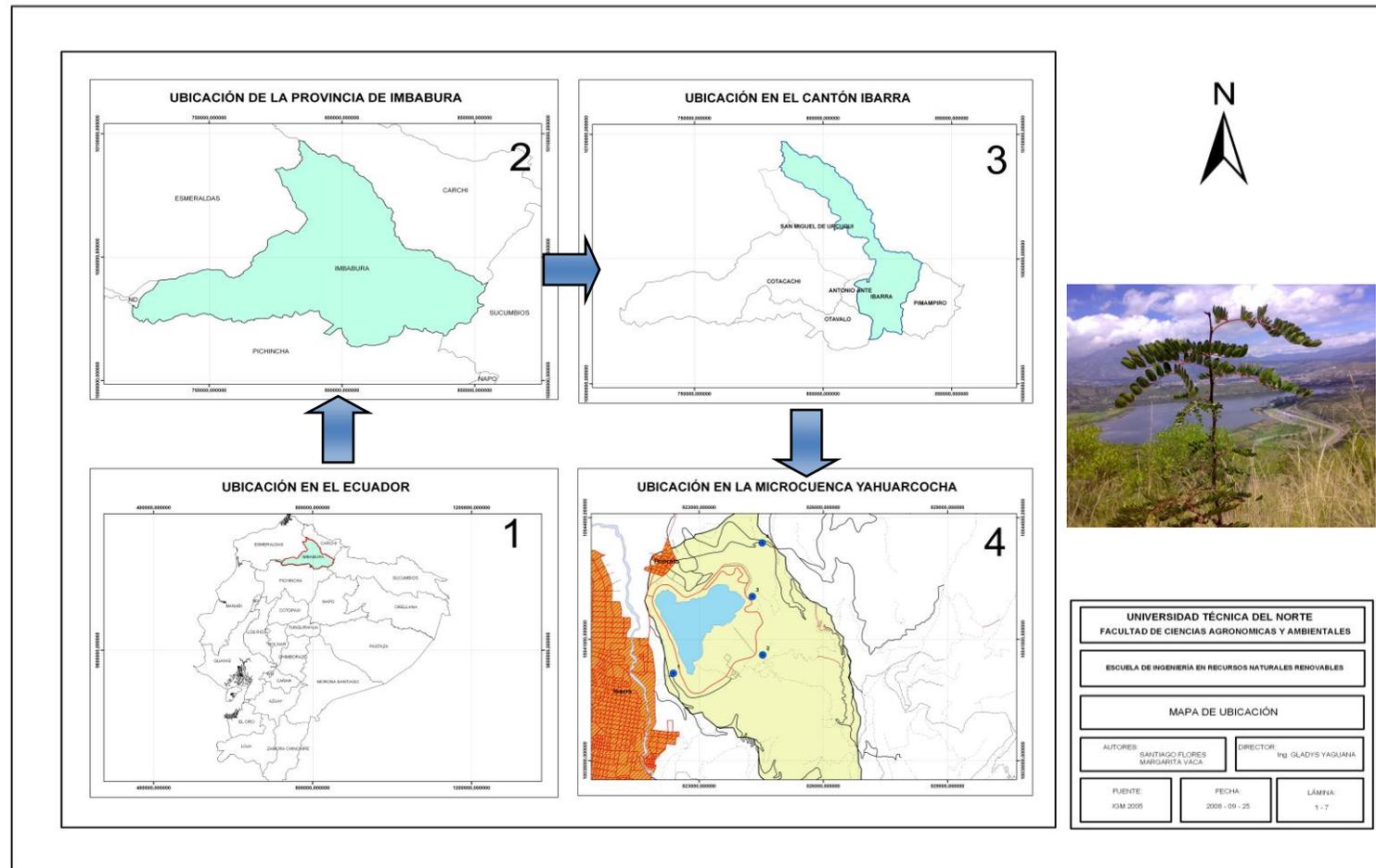


Az. 177°

Az. 330°

WGS84
17824547 E 10042822N
2400 *msnm*

En el mapa 1, se observa la ubicación de la zona de investigación.



Mapa 1. Ubicación geográfica de los sitios de estudio. Yahuarcocha. UTN, 2007–2008

3.1.2 Características generales de los sitios

Cuadro 2. Características generales de los sitios, Yahuarcocha, UTN, 2007-2008

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%	58%	38%
Topografía	Ondulada	Suavemente Ondulada	Montañosa	Ondulada

Fuente: PAREDES, L. 2008. Alternativas de protección de suelos en la microcuenca Yahuarcocha mediante siembra directa de tres especies *Caesalpinia spinosa*, *Acacia macracantha*, y *Schinus molle*, en zanjas de infiltración, CODIGEM (*), IGM (+), Vallejo 1995 (-)

3.1.3 Caracterización Limnológica de Yahuarcocha

Parámetro	Valor
Superficie Total	2,405 km ²
Longitud Máxima	2,15 km
Profundidad Máxima (2007)	8 m
Anchura Máxima	1,55 km
Anchura Media	1,44 km
Perímetro	7,25 km

Fuente: Datos obtenidos mediante cálculo en la carta topográfica Ibarra. Esc: 1:50000; y, en el curso de Limnología, Diciembre. 2007.

3.1.4 Características de la investigación

La presente investigación es un seguimiento del estudio realizado en una primera etapa de 12 meses (Noviembre 2006 - Octubre 2007), dentro del proyecto de investigación “Recuperación y Protección de suelos y aguas utilizando especies nativas en el entorno del lago Yahuarcocha”.

El estudio comprendió la medición de variables en el periodo de 12 a 24 meses de instalados los ensayos que prueban tres especies nativas: *Caesalpinia spinosa*, *Acacia macracantha* y *Schinus molle*, dispuestas en zanjas de infiltración y la aplicación de materia orgánica (humus de lombriz).

Para el efecto se han dispuesto los tratamientos en un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA); los bloques o repeticiones fueron los cuatro sitios experimentales: Olivo Alto, El Tablón, Loma Robayo y Aloburo; cada uno de ellos dividido en dos sistemas de reforestación con 6 parcelas de siembra directa y 6 parcelas de trasplante de material de vivero, dando un total de 12 parcelas o tratamientos por ensayo. En cada parcela se tuvieron 12 individuos

(arbolitos) dispuestos a distancias de 4 metros entre ellos, al pie de las zanjas de infiltración, dando un total de 144 individuos por ensayo y de 576 en los cuatro sitios experimentales.

Las áreas experimentales se encuentran delimitadas con alambrado para que no haya acceso de ningún tipo de ganado. Las zanjas de infiltración se trazaron siguiendo las curvas de nivel y tuvieron las siguientes dimensiones: 2 metros de largo x 0,40 metros de ancho y 0,30 metros de profundidad.

El tamaño de cada ensayo fue de 2304m², conformada por doce parcelas de 192m² cada una. En la figura 3 se puede observar la distribución de los ensayos y sus respectivas unidades experimentales en el campo.

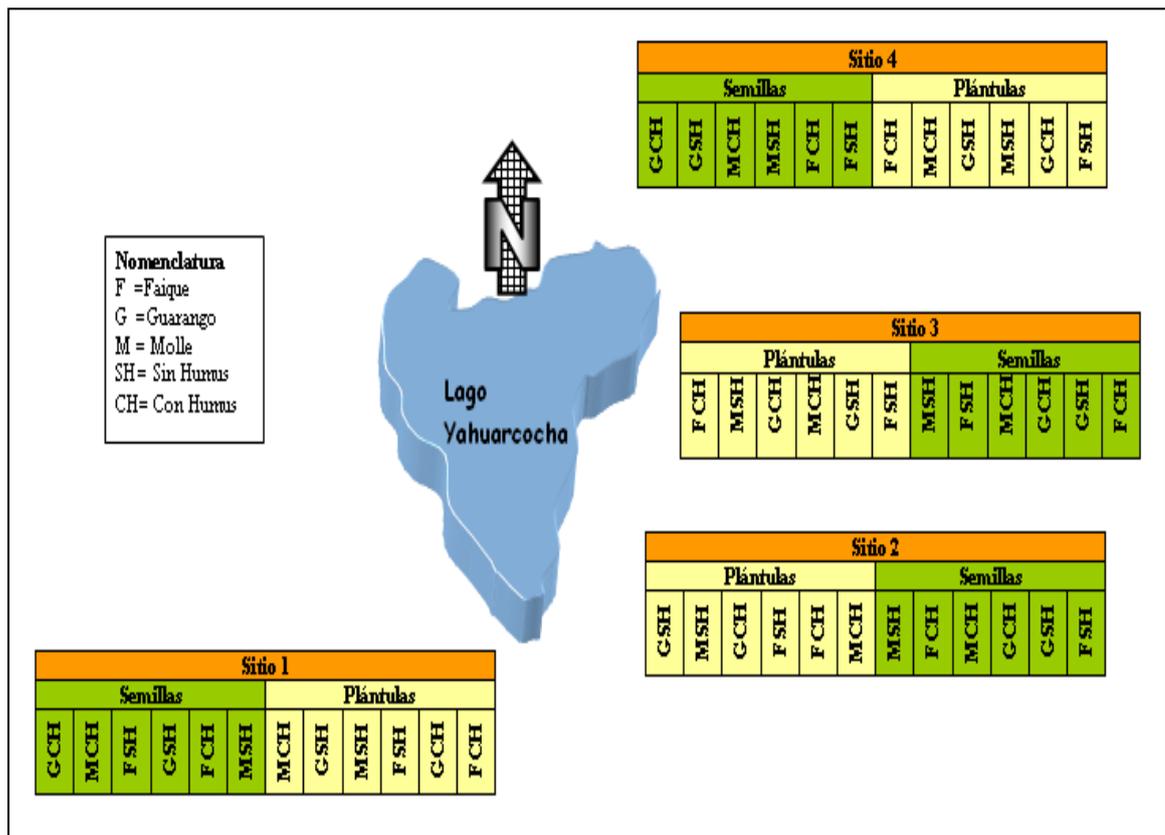


Figura 3. Distribución de unidades experimentales en cada ensayo. Yahuarcocha, UTN, 2007 – 2008.

En la tabla 1, se puede observar la nomenclatura de cada tratamiento para cada ensayo.

Tabla 1. Simbología de los tratamientos. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008

Tratamientos	
FPCH	Faique plantas con humus
FPSH	Faique plantas sin humus
GPCH	Guarango plantas con humus
GPSH	Guarango plantas sin humus
MPCH	Molle plantas con humus
MPSH	Molle plantas sin humus
FSCH	Faique semillas con humus
FSSH	Faique semillas sin humus
GSCH	Guarango semillas con humus
GSSH	Guarango semillas sin humus
MSCH	Molle semillas con humus
MSSH	Molle semillas sin humus

3.2 MATERIALES UTILIZADOS

Cuadro 3. Materiales e instrumentos utilizados en la investigación. Yahuarcocha, UTN, 2007- 2008

MATERIALES DE CAMPO	MATERIALES DE OFICINA	MATERIALES DE LABORATORIO	EQUIPOS
Piola	Flash memory	Balanza analítica	GPS
Cinta másking	Papel bond	Cajas petri	Calibrador pie de rey
Estacas	Internet	Estufa	Computadora
Marcadores	Software Arcview 9.0		Impresora
Herramientas agrícolas: pala, pico, barra, machete, azadón	Carta topográfica de Ibarra esc: 1:50000		Medidor de humedad del suelo
Libreta de campo	Anillados		Binoculares
Barreno	Copias		Flexómetro
Prensa de muestras	Levantamiento de texto		Regla graduada en cm
Podadoras	Empastado		Cámara digital
Fundas plásticas			Infocus

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS Y RELACIÓN CON DATOS DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA

3.3.1.1 Porcentaje de sobrevivencia

El porcentaje de sobrevivencia se evaluó durante todo el segundo año contado a partir de los 12 y 13 meses de instalados los ensayos para el sistema de plantación y siembra respectivamente. La medición se efectuó cada dos meses, para ello se contaron las plántulas vivas de los dos sistemas de reforestación, se obtuvo el porcentaje de sobrevivencia utilizando la siguiente fórmula:

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



Fotografía 1. Determinación de la sobrevivencia en el campo mediante observación directa. Yahuarcocha, UTN. 2007-2008

3.3.1.2 Medición de altura total y diámetro basal

Se continuó con las mediciones de altura total y diámetro basal a partir de los 365 días (9 de noviembre/2007) después de la siembra, y luego cada dos meses hasta la finalización de la investigación (noviembre/2008).

- **Medición de altura**

La altura total de las plantas se midió desde la base hasta el ápice o yema terminal. Se utilizó una regla graduada en centímetros, considerando la estaca de referencia. Cada medición se registró en una ficha de datos.



Fotografía 2, 3 y 4. Medición de altura de las tres especies: *Acacia macracantha* (faique o espino), *Caesalpinia spinosa* (guarango) y *Schinus molle* (molle). Yahuarcocha, UTN. 2007-2008

- **Medición de diámetro basal**

Para evaluar el crecimiento del diámetro basal de las plantas se utilizó el calibrador pie de rey, para tomar los datos se asentó el calibrador sobre la estaca de referencia, se leyó el dato y cada medición se registró en la ficha de datos.



Fotografía 5, 6 y 7. Medición de diámetro basal de las tres especies: *Acacia macracantha* (faique o espino), *Caesalpinia spinosa* (guarango) y *Schinus molle* (molle). Yahuarcocha, UTN. 2007-2008

- **Labores culturales**

Durante el tiempo que duró el seguimiento del estudio se realizó deshieras, limpieza de sedimentos captados en las zanjas, limpieza y arreglo de vías de acceso.

3.3.1.3 Datos de precipitación y temperatura

Se obtuvieron de los registros de la estación Climatológica PUCESI (Anexo 17) de ciudad de Ibarra; con ellos se elaboró el Diagrama Ombrotérmico y se determinó la época lluviosa y seca.

3.3.2 INCIDENCIA DE LAS ZANJAS DE INFILTRACIÓN EN LA CONSERVACIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO Y COMPARACIÓN CON VALORES DE PRECIPITACIÓN

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 considerando características similares. Las muestras fueron tomadas en relación con las variaciones climáticas, y se determinó el porcentaje de humedad del suelo por el método gravimétrico en el laboratorio de Uso Múltiple de la Universidad Técnica del Norte. El porcentaje de humedad se obtuvo con la siguiente fórmula:

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



Fotografía 8, 9 y 10. Toma de muestras de suelo y determinación de la humedad en el laboratorio de Uso Múltiple. Yahuarcocha, UTN. 2007-2008

3.3.3 CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO A LOS 18 MESES DE LA INSTALACIÓN DEL ENSAYO

Para la determinación de las propiedades químicas del suelo a los 18 meses de instalado el ensayo (mayo/08), en cada sitio experimental se tomaron ocho submuestras a profundidades de 0-20cm; cuatro de ellas correspondieron a la parte del sistema de reforestación de siembra directa de semillas y las otras cuatro al sistema de trasplante de material de vivero. Cada grupo de submuestras se homogenizaron y se obtuvo una muestra representativa de 1kg de suelo que debidamente etiquetada se envió al laboratorio de edafología del SESA (Tumbaco-Pichincha), para la realización de los análisis de pH, materia orgánica, N total, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn y CE y además, la clase textural. Los resultados se compararon con aquellos obtenidos a los 10 meses de instalados los ensayos.



Fotografía 11 y 12. Toma y preparación de muestras de suelo para determinar propiedades físico-químicas. Yahuarcocha, UTN. 2007-2008

3.3.4 EVALUACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FLORA Y FAUNA

3.3.4.1 Análisis de flora

Para evaluar la flora existente en los cuatro ensayos se realizó inventarios utilizando el método de área mínima. Se hizo un inventario en época lluviosa en el mes de mayo del 2008 y el otro en época seca en el mes de septiembre del

2008; con dos repeticiones por ensayo: una en la parte del sistema de siembra directa y la otra en la parte del sistema de trasplante o plantación.

Para determinar el área mínima, se tomó una unidad muestral pequeña (1m^2) que se la delimitó con estacas y piola, luego se registró el número de especies presentes y su densidad respectiva en esta superficie; seguidamente se duplicó la superficie extendiendo la unidad anterior (2m^2), donde 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 uno o en cero, conociéndose de esta manera su área 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)



Fotografía 13 y 14. Determinación del área mínima. Yahuarcocha, UTN. 2008

3.3.4.2 Recolección e identificación de muestras botánicas

Se recolectó muestras botánicas en cada área mínima y se puso la etiqueta correspondiente de acuerdo al sitio, tratamiento de semillas o plántulas, unidad muestral y número de especie, luego se prensó y secó las muestras para su posterior identificación en el Herbario Nacional del Ecuador (Quito).



Fotografía 15 y 16. Muestras botánicas obtenidas en los ensayos. Yahuarcocha, UTN. 2008

3.3.4.3 Análisis de fauna

Para el análisis de fauna se lo hizo por observación directa y presencia de huellas, para aves, mamíferos y reptiles. El inventario de aves se lo llevó a cabo en dos oportunidades, la primera en el mes de junio/08 y la segunda en octubre/08, realizando recorridos en cada ensayo y alrededor de ellos desde las 05h45 hasta las 09h00 y en la tarde a partir de las 16h30 hasta las 18h00. Las especies observadas fueron identificadas en el campo y con la ayuda del libro “Guía de campo de Aves del Ecuador”.

3.3.5 SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO Y SENSIBILIZACIÓN DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.3.5.1 Difusión de resultados y aceptación del grupo de estudio

Se realizaron exposiciones, charlas y talleres sobre la importancia del cuidado del ambiente y actividades que se llevaron a cabo en el transcurso del proyecto de reforestación en Yahuarcocha para los sectores de Aloburo con miembros de la “Junta de Aguas de Aloburo” y los habitantes del barrio San Miguel de Yahuarcocha; el 08 de septiembre y 25 de octubre de 2008, respectivamente; se

tuvieron 17 participantes en Aloburo y 18 en San Miguel de Yahuarcocha. Se diseñaron carpetas y afiches informativos (Anexo 1) sobre: Conservación del suelo y zanjas de infiltración, Nivel en “A” y Bondades de las especies *Acacia macracantha*, *Caesalpinia spinosa* y *Schinus molle* (faique o espino, guarango y molle). Las preguntas del Taller constan en el Anexo 2.

Además se aplicó una encuesta (Anexo 3) dirigida a los participantes y pobladores de los sectores: Aloburo, San Miguel de Yahuarcocha y Olivo Alto, para determinar la posibilidad de replicar la experiencia de reforestación con beneficiarios directos en sus terrenos.

También se realizaron charlas en las escuelas: Martín Zumeta (Priorato), el 23 de abril/2008; Julio Zaldumbide (Aloburo), el 30 de abril/2008; y, Sebastián de Benalcázar (San Miguel de Yahuarcocha), el 08 de mayo/2008. Se dio a conocer la importancia de conservar el agua, suelo, flora, fauna; y, el proyecto que se estaba realizando, haciendo énfasis en las bondades de las especies espino, guarango y molle. Con los participantes de la escuela Julio Zaldumbide y Sebastián de Benalcázar se complementó con la respectiva salida de campo (Día de campo).



Fotografía 17 y 18. Difusión y Educación Ambiental en las escuelas del sector. Yahuarcocha, UTN. 2008

Se ejecutó un seminario con los estudiantes del primer y segundo año de bachillerato del colegio “28 de Septiembre” con 30 participantes, el 07 de Mayo/2008. Los temas se refirieron a la importancia de proteger y conservar los

recursos agua, suelo, flora y fauna; la reforestación con especies nativas y ventajas de las zanjas de infiltración como medidas para la conservación del ambiente.

3.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

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

- Se determinó el porcentaje de sobrevivencia de cada tratamiento y especie considerando el Diseño de Bloques Completamente al azar; para los dos sistemas de reforestación (Anexo 4): siembra directa de semillas en el campo y plantación de material de vivero.
- Se obtuvo los valores promedios de altura total (Anexo 5) y diámetro basal (Anexo 6) de la parcela de cada tratamiento y ensayo experimental del sistema de reforestación con plántulas de vivero; se realizó el Análisis de Varianza (ADEVA) (Anexos 7 y 8) de un arreglo factorial A x B, cuyo esquema es el siguiente:

Factor de Variación	Grados de libertad
Total	$a b n - 1$
Repeticiones o Bloques	$n - 1$
Tratamientos	$t - 1$
Factor A (especies)	$a - 1$
Factor B (materia orgánica o humus)	$b - 1$
Interacción AxB	$(a - 1) (b - 1)$
Error Experimental	$(n - 1) (t - 1)$

Para el Análisis Funcional se utilizó las siguientes pruebas de rango múltiple: prueba de Tukey al 5% (Anexos 9 y 10) de significancia estadística para diferenciar entre tratamientos; Duncan al 5% (Anexos 11 y 12) para

determinar diferencia entre las especies y la prueba estadística de “t” pareada (Anexos 13 y 14) para determinar la incidencia del humus o materia orgánica.

- En el sistema de reforestación mediante siembra directa, debido a la alta mortalidad y pérdida de parcelas completas, se utilizó la prueba estadística de “t” pareada (Anexos 15 y 16), comparando los resultados de altura total, diámetro basal y aplicación del humus para cada especie y para cada ensayo experimental.
- Se relacionó los resultados de sobrevivencia, altura total y diámetro basal de las especies con las épocas lluviosa y seca (Anexo 17) para determinar la incidencia del tiempo atmosférico en el desarrollo de las especies.
- Se obtuvo el porcentaje de humedad del suelo dentro y fuera del área de influencia de la zanja de infiltración para cada ensayo experimental (Anexo 18); este valor se relacionó con los valores de precipitación mensual.
- Para la determinación de posibles cambios en las propiedades físico-químicas del suelo, se realizó una comparación entre los valores (N total, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, CE, Mo, pH y textura), obtenidos a los 10 y 18 meses de instalados los ensayos.
- Para medir la variación de flora en los cuatro ensayos se tomaron como criterios:

El *índice de Similitud de Sorenson* (Anexo 19) aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de similitud } (S) = \frac{2C}{A + B}$$

donde:

A= Número de especies en la comunidad o muestra A

B= Número de especies en la comunidad o muestra B

C= Número de especies comunes a ambas comunidades

El *índice de Diversidad de Simpson* con la aplicación de la siguiente ecuación:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s (P_i)^2$$

donde:

D = Índice de diversidad de Simpson

P_i = Proporción de individuos de la especie *i* en la comunidad

S = Número de especies

Dominancia Relativa de Familias Botánicas, aplicando la siguiente fórmula:

$$DOM.R. = \frac{\text{Número de especies de la familia}}{\text{Número total de especies}} \times 100$$

Cada uno de ellos en época lluviosa y época seca en cada ensayo. Para la fauna se determinó el índice de Similaridad de Sorenson (Anexo 20).

- Para medir la aceptación del proyecto por parte del grupo de interés, se registró los datos obtenidos en las encuestas y talleres; y, los resultados se los determinó mediante porcentaje (Anexos 21 y 22).

3.5 ELABORACIÓN DE MAPAS

Utilizando el programa Arcview 9.0, se realizó los siguientes mapas temáticos (Anexo 23):

- Mapa de Ubicación
- Mapa base de la microcuenca Yahuarcocha
- Mapa de zonas de la microcuenca Yahuarcocha
- Mapa de uso actual del suelo de la microcuenca Yahuarcocha
- Mapa de suelos de la microcuenca Yahuarcocha
- Mapa de pendientes de la microcuenca Yahuarcocha
- Mapa de clases agrológicas de la microcuenca Yahuarcocha

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS Y RELACIÓN CON LA PRECIPITACIÓN

4.1.1 Diagrama Ombrotérmico:

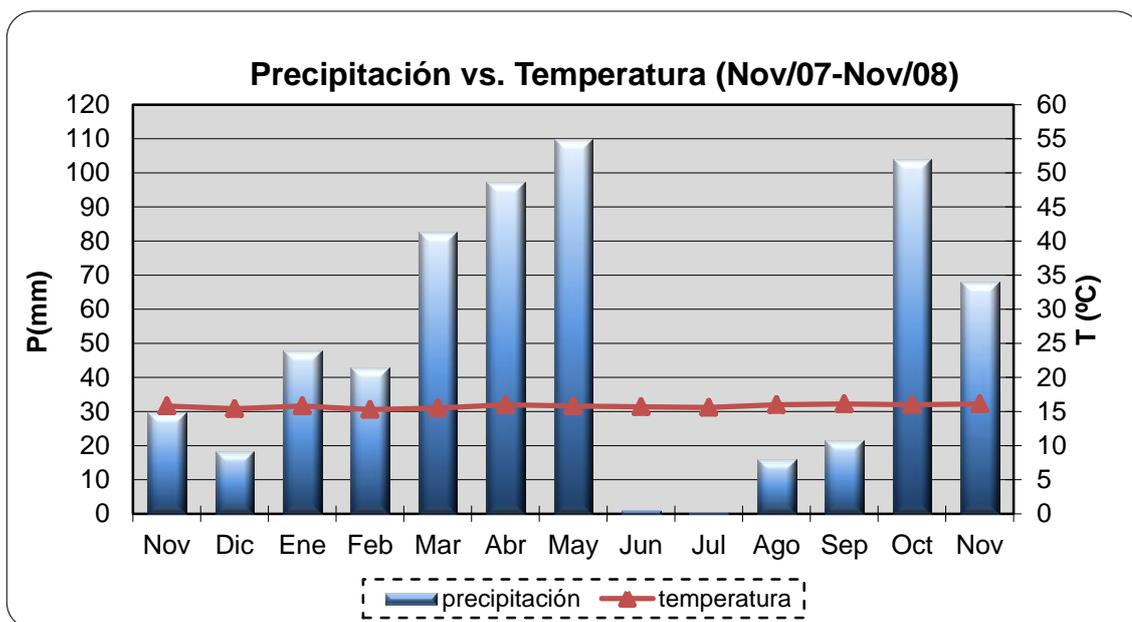


Figura 4. Precipitación vs. Temperatura periodo Nov/2007–Nov/2008, Estación Climatológica PUCESI- Ibarra, UTN, 2007-2008

Según los datos agroclimáticos de precipitación mensual y temperatura media mensual obtenidos de la estación ECAA- PUCESI (Anexo 17), ubicada al Noreste de la ciudad de Ibarra (Lat. 0°21'01''N, Long. 78°06'24''W y Alt. 2221msnm) se elaboró el diagrama ombrotérmico nov/07- nov/08 (Figura 4), donde se determina

que la época lluviosa duró desde el mes de noviembre del 2007 hasta el mes de mayo del 2008; los meses ecológicamente secos fueron diciembre/07, junio, julio, agosto, y septiembre/08 marcando la época seca; empezando en octubre la época lluviosa hasta noviembre que finalizó el estudio.

4.1.2 Sobrevivencia

Las Figuras 5 a la 8 demuestran el comportamiento en cuanto a sobrevivencia en función del tiempo de 12 a 24 meses de instalados los ensayos para los dos sistemas de reforestación (Anexo 4): plantación de material de vivero y siembra directa.

4.1.2.1 Sobrevivencia por tratamiento y especie en el sistema de plantación de material de vivero

Las figuras 5 y 6 representan el porcentaje de sobrevivencia para cada tratamiento y especie para el sistema de reforestación con material de vivero.

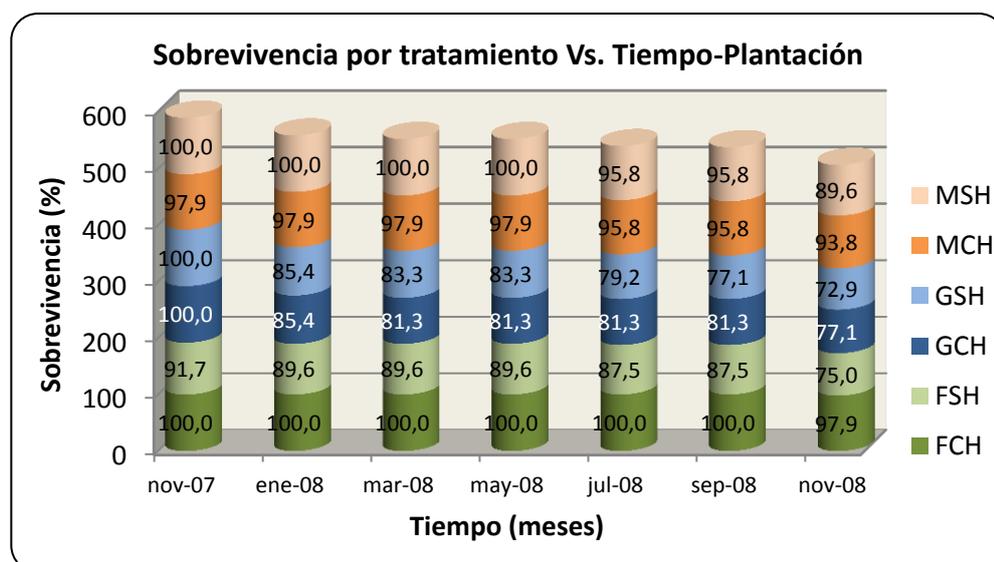


Figura 5. Sobrevivencia de 12 a 24 meses del trasplante de cada tratamiento en el sistema de plantación. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008

En el sistema de reforestación utilizando material de vivero la sobrevivencia se presentó así: a los 12 meses del trasplante (nov/07) fue alta para todos los tratamientos, el faique con humus (FCH), guarango con humus (GCH), guarango sin humus (GSH) y molle sin humus (MSH) presentaron el 100%, el faique sin humus (FSH) y el molle con humus (MCH) sobrepasaron el 90%. A los 24 meses del trasplante (nov/08) la sobrevivencia disminuyó para todos los tratamientos, el faique con humus (FCH) es el que más sobrevive con el 97.9%, seguido por el molle con humus (MCH) con 93.8%, molle sin humus (MSH) 89.6%, ocupando los tres primeros lugares.

Cuadro 4. Incremento mensual de la mortalidad de cada tratamiento para el sistema de plantación de material de vivero y para la época lluviosa y seca. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008.

Tratam \ Época	Lluviosa (ΔM -%)	Seca (ΔM -%)
FCH	0.00	0.00
FSH	0.35	0.52
GCH	3.13	0.00
GSH	2.78	1.56
MCH	0.00	0.52
MSH	0.00	1.04
Total	6.26	3.64

Comparando los valores en ambas épocas se determinó que hay mayor mortalidad en época lluviosa (nov/07-jun/08) con el 6.3% frente al 3.6% en época seca (jun/08-sep/08). El guarango con y sin humus presenta mayor mortalidad en época lluviosa; mientras que en la época seca el guarango y molle sin humus resisten menos que los otros tratamientos.

Además, el humus tiene influencia en la sobrevivencia ya que los porcentajes de mortalidad de los tratamientos con humus son menores respecto a los que no tienen humus.

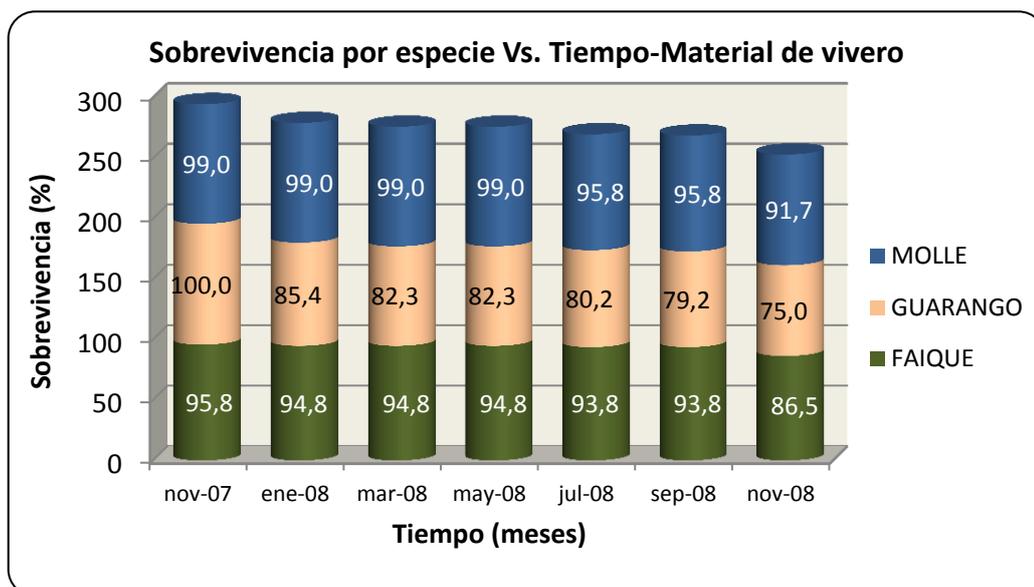


Figura 6. Sobrevivencia de 12 a 24 meses del trasplante de cada especie en el sistema de plantación. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008

A los 12 meses del trasplante (nov/07) la especie que más sobrevivió fue el guarango con el 100%, seguido por el molle con el 99% y finalmente el faique con el 95,8%. El molle y faique debido a que son especies rústicas que necesitan mucha luz y se mantienen en lugares secos, resistieron más la época lluviosa y seca, el guarango es una especie muy sensible a las variaciones climáticas, además en su etapa de desarrollo inicial necesita humedad y sombra ya que naturalmente crece bajo el matorral con abundante hojarasca (Añazco y Loján, citado por Paredes, 2008).

4.1.2.2 Sobrevivencia por tratamiento y especie en el sistema de siembra directa

En las figuras 7 y 8 se puede apreciar el comportamiento en cuanto a sobrevivencia en función del tiempo de 12 a 24 meses de instalados los ensayos para cada uno de los tratamientos y especies.

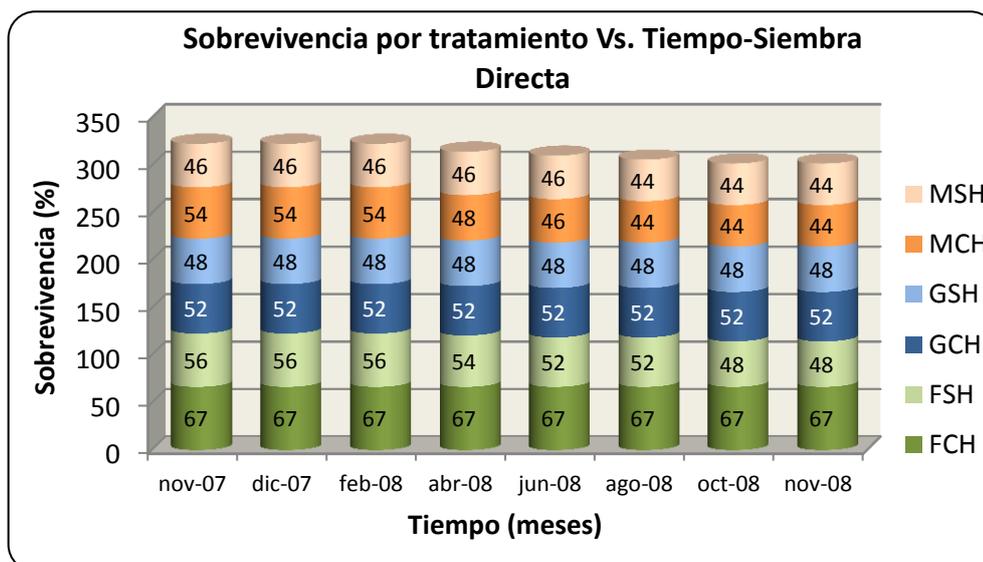


Figura 7. Sobrevivencia de 12 a 24 meses del trasplante de cada tratamiento en el sistema de siembra directa. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008

Para el sistema de reforestación mediante siembra directa de semillas en el campo a los 12 meses (nov/07) la sobrevivencia estuvo entre valores medios de 67% al 46%. El faique con humus es el que mayor sobrevivencia presentó con el 67%, seguido del faique sin humus con 56% y molle con humus con 54%, los demás tratamientos estuvieron por debajo del 52%. Al cumplir los 24 meses de la siembra (nov/08), el faique con humus, guarango con humus y guarango sin humus se mantuvieron con el mismo valor de los 12 meses; para los otros casos la sobrevivencia disminuyó a los siguientes valores: 48% para el faique sin humus y al 44% para el molle con y sin humus.

Cuadro 5. Incremento mensual de la mortalidad de cada tratamiento del sistema de siembra directa de semillas y para la época lluviosa y seca. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008.

Tratam \ Época	Lluviosa (ΔM-%)	Seca (ΔM-%)
FCH	0.00	0.00
FSH	0.60	1.04
GCH	0.00	0.00
GSH	0.00	0.00
MCH	1.19	0.52
MSH	0.00	0.52
Total	1.79	2.08

Para el sistema de siembra directa el índice de mortalidad de época lluviosa fue menor que el de época seca, debido a que las plantitas aún eran pequeñas, frágiles y susceptibles a la sequedad del ambiente. Cabe recalcar que en el sistema de reforestación con material de vivero presentó mayor mortalidad en el segundo año respecto al sistema de siembra directa así: en época lluviosa el sistema de plantación tuvo un índice de mortalidad mensual de 6.25% frente a 1.79% del sistema de siembra directa; y, para la época seca el índice fue de 3.64% para plantación y de 2.08% para la siembra; lo que determina que la sobrevivencia hasta el segundo año de instalados los ensayos, aún es variable para el sistema de plantación; y, se vuelve prácticamente constante para el sistema de siembra directa.

En este sistema de reforestación también hubo influencia del humus en la sobrevivencia para el faique y guarango, ya que, los valores de los tratamientos con humus son mayores a los que no tuvieron humus; mientras, que para el molle no hay influencia del humus en la sobrevivencia ya que el valor es igual para los dos casos.

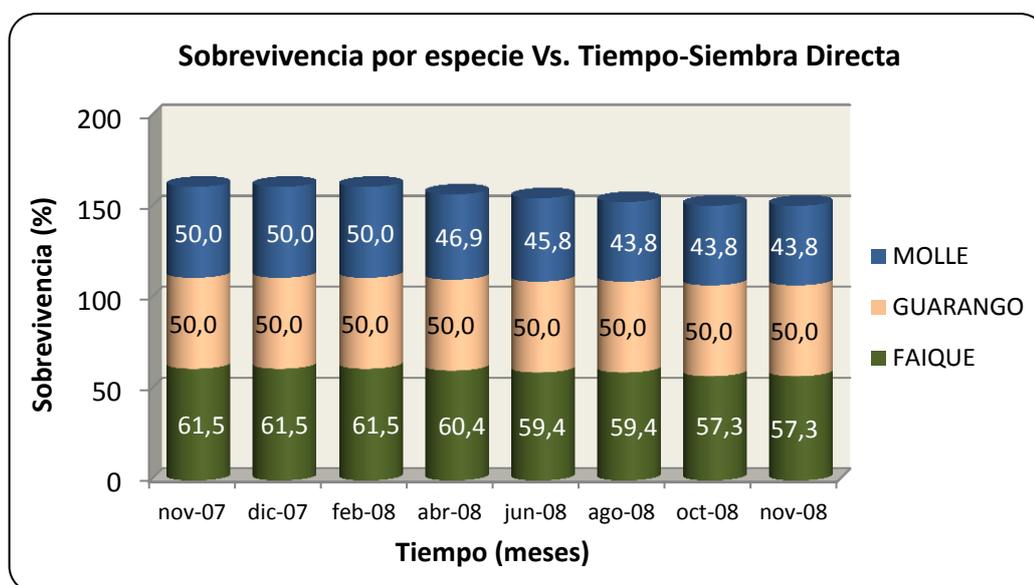


Figura 8. Sobrevivencia de 12 a 24 meses del trasplante de cada especie en el sistema de siembra directa. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008

A los 12 meses de la siembra, el faique es la especie que más sobrevivió con el 61.5%, el guarango y molle presentan el 50%; estos valores se mantienen hasta el mes de febrero/08 y van disminuyendo muy poco hasta los 24 meses (nov/08) finalizando así con 57.3% para el faique, seguido por el guarango que se mantuvo con el 50% y finalmente el molle con el 43.8%.

Comparando la sobrevivencia de especies para los dos sistemas de reforestación se determinó que el orden para plantación fue: molle, faique y guarango, lo que demuestra que después de que las especies se mantuvieron en un ambiente controlado (vivero), el molle y faique por sus características fueron los que mejor se adaptaron a las condiciones de campo; mientras, para la siembra el orden fue: faique guarango y molle, la diferencia en sobrevivencia es pequeña entre las especies, el faique demostró mayor sobrevivencia por su alta rusticidad y capacidad de rebrote.

4.1.3 Altura Total

Las Figuras 9 a la 12 demuestran el desarrollo en cuanto a altura total en función del tiempo de 12 a 24 meses de instalados los ensayos, para los dos sistemas de reforestación (Anexo 5): plantación de material de vivero y siembra directa.

4.1.3.1 Altura Total por tratamiento y especie en el sistema de plantación de material de vivero

Para el sistema de plantación el análisis de varianza o ADEVA (Anexo 7); detectó valores altamente significativos entre tratamientos, especies (factor A) y para la aplicación de humus (factor B) la significancia fue probada desde el inicio a los 12 meses (nov/07) hasta la culminación de la investigación a los 24 meses (nov/08); esto mostró que los tratamientos influyeron en el crecimiento de altura total de las especies.

La prueba Tukey al 5% de significancia estadística (Anexo 9) determinó que los mejores tratamientos a los 12 meses del trasplante fueron el faique con humus (FCH) y molle con humus (MCH) con valores promedios de 86.8cm y 60.2cm en orden, compartiendo el rango A; los demás tratamientos compartieron el rango B con valores promedios entre 51.2cm y 34.4cm.

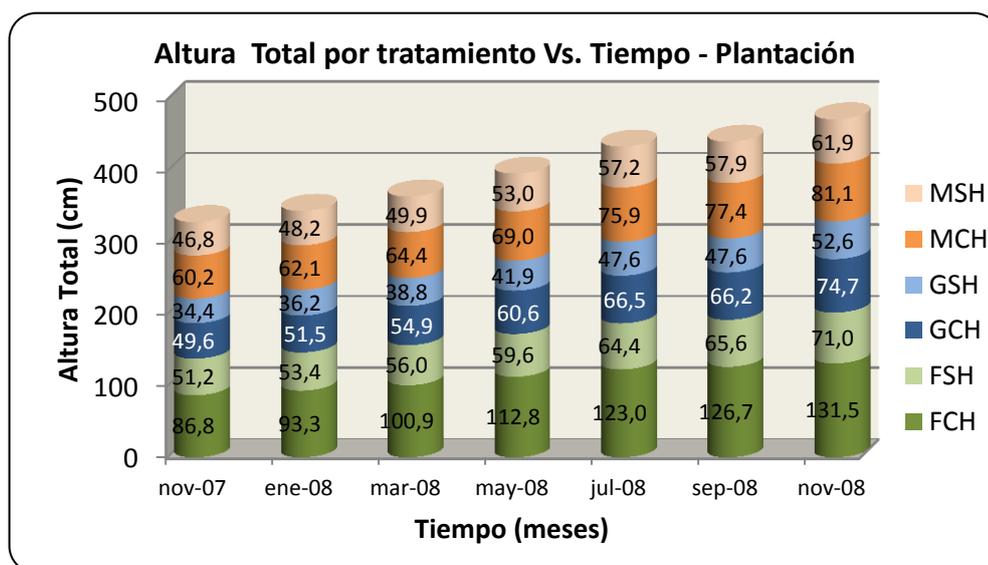


Figura 9. Altura total de 12 a 24 meses del trasplante de cada tratamiento en el sistema de plantación. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008

A los 24 meses del trasplante el faique con humus (FCH) se mantuvo como el mejor tratamiento con 131.5cm en el rango A, según Tukey, los demás tratamientos ocuparon el segundo rango con valores promedios entre 81.1cm y 52.6cm.

El Cuadro 6 demuestra los incrementos mensuales de altura total para el sistema de plantación durante la época lluviosa de 12 a 18 meses del trasplante (nov/07 a may/08) y durante la época seca de 18 a 23 meses del trasplante (jun/08 a oct/08) se tuvo:

Cuadro 6. Incremento mensual de altura total promedio de cada tratamiento del sistema de plantación y para la época lluviosa y seca. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008.

Tratam \ Época	Lluviosa (ΔM-%)	Seca (ΔM-%)
FCH	4.3	3.5
FSH	1.4	1.5
GCH	1.8	1.4
GSH	1.3	1.4
MCH	1.5	2.1
MSH	1.0	1.2
Total	11.3	11.1

El faique con humus fue el que más creció en altura para ambas épocas, notándose que en la lluviosa hay un mayor incremento de altura mensual que en la seca, igual comportamiento se observó en el guarango con humus; mientras, el molle con humus, faique sin humus, molle sin humus y guarango sin humus crecieron más en época seca. El incremento de altura total de la época lluviosa es ligeramente mayor para el de la época seca para este sistema de reforestación.

Según la prueba de “t” pareada (Anexo 13), el humus presentó significancia al 1% durante todo el año, la altura promedio de los tratamientos con y sin humus fue de 65.6cm y 44.1cm en orden a los 12 meses; para los 24 meses se tuvo 95.8cm y 61.8cm de altura para los tratamientos con y sin humus respectivamente.

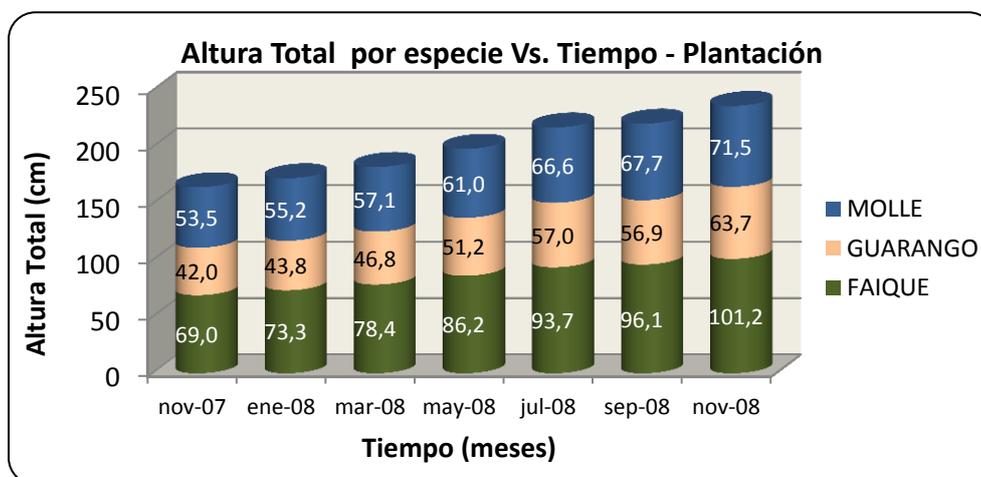


Figura 10. Altura total de 12 a 24 meses del trasplante de cada especie en el sistema de plantación. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008

La prueba Duncan al 5% (Anexo 11) determinó que la mejor especie en altura a los 12 meses fue el faique con 69cm en promedio, seguido del molle y guarango que compartieron el segundo rango con 53.5 y 42cm respectivamente; este orden se mantuvo durante todo el año de estudio, a los 24 meses los resultados Duncan fueron los siguientes: faique con 101.22cm ocupó el rango A; molle y guarango ocuparon el rango B con 71.5 y 63.7cm respectivamente.

La especie que presentó mayor incremento de altura total mensual en ambas épocas fue el faique ya que por su hábito de crecimiento desarrolla más su tallo principal que sus ramificaciones; el guarango presentó un incremento casi igual en ambas épocas; y, el molle incrementó más su altura en época seca que en la lluviosa debido a su condición de que necesita mucha luz para su desarrollo.

4.1.3.2 Altura Total por tratamiento y especie en el sistema de siembra directa de semillas

Para el análisis de datos de altura total en el sistema de siembra directa se aplicó la prueba de “t” pareada, relacionando los tratamientos con humus y sin humus de la misma especie; ya que, se presentó la pérdida total de parcelas en ciertos sitios así: faique con humus y sin humus en Loma Robayo, guarango con humus en Olivo Alto y molle con humus en Olivo Alto y Aloburo; dando un total de 5 parcelas perdidas de 4 tratamientos; lo que, impidió aplicar el análisis de varianza (ADEVA).

A los 13 meses de edad (dic/07) de las plántulas el mejor tratamiento en altura total resultó ser el faique con humus con 33.1cm, seguido del faique sin humus con 27,4cm; los demás tratamientos estuvieron por debajo de los 20cm de altura total; además, se observó que los tratamientos que recibieron humus tuvieron mayor altura en todos los casos que los que no lo recibieron, debido a la acción del humus sobre las propiedades físico-químicas del suelo.

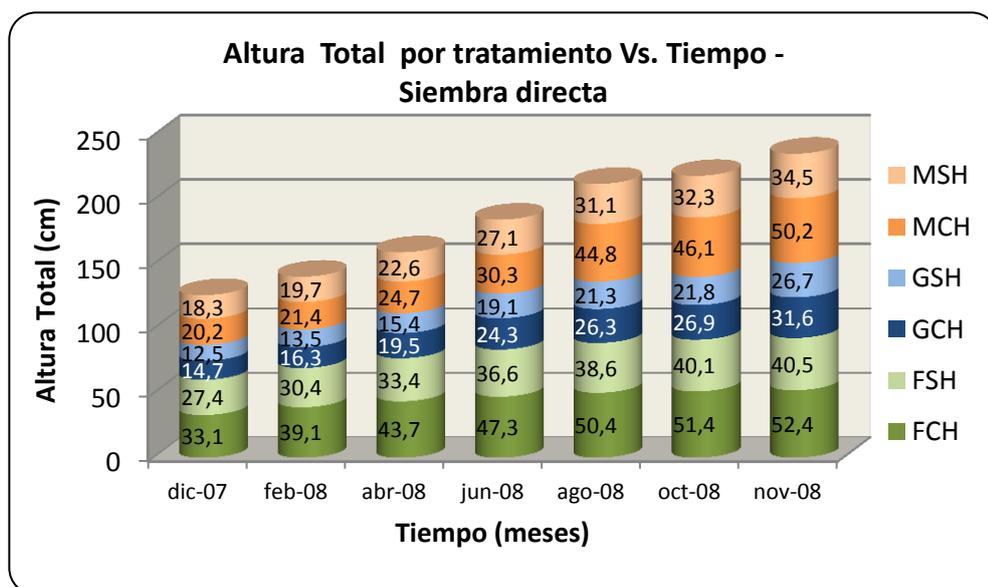


Figura 11. Altura total de 13 a 24 meses de la siembra de cada tratamiento en el sistema de siembra directa. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008

A los 24 meses siguió liderando como el mejor tratamiento el faique con humus que alcanzó 52.4cm de altura total, seguido del molle con humus que tuvo 50.2cm; los demás tratamientos registraron alturas totales entre 40.5cm y 26.7cm.

Durante la época lluviosa y seca en el Olivo Alto y El Tablón la prueba de “t” pareada (Anexo 15) dio significativa la diferencia entre el FCH y FSH; en Aloburo únicamente en los meses de junio y noviembre (inicio y final de la época seca) presentó diferencia al 5%; los demás tratamientos fueron no significativos en todos los ensayos y meses.

En el Cuadro 7 se puede observar el incremento mensual para cada tratamiento y por época del año.

Cuadro 7. Incremento mensual de altura total promedio de cada tratamiento del sistema de siembra directa de semillas y para la época lluviosa y seca. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008

Tratam \ Época	Lluviosa (Δh -cm)	Seca (Δh -cm)
FCH	2.4	1.0
FSH	1.5	0.9
GCH	1.6	0.7
GSH	1.1	0.7
MCH	1.7	4.0
MSH	1.5	1.3
Total	9.8	8.5

En época lluviosa todos los tratamientos, a excepción del molle con humus, crecieron más en época lluviosa que en la seca, notándose que hay influencia del temporal en el crecimiento en altura de los tratamientos; en época lluviosa el incremento total fue mayor con 9.8cm que el de la época seca con 8.5cm; ello determina que en este sistema de reforestación hay mayor desarrollo en época lluviosa que en la seca notándose influencia de la humedad. Comparando estos resultados con los obtenidos en el sistema de plantación se observó que las plántulas del sistema de plantación crecen más que las del sistema de siembra directa.

En la Figura 12 se puede observar el comportamiento de las especies en cuanto a crecimiento en altura total para el sistema de reforestación de siembra directa.

La especie que presentó mejor altura total es el faique, por su hábito de crecimiento, a los 13 y 24 meses de la siembra pasó de 30.3 a 46.4cm, seguido por el molle de 19.3 a 42.4cm y finalmente el guarango de 13.6 a 29.1cm; ya que, el guarango en sus inicios es una especie de media luz, necesita humedad y abundante hojarasca; y, estas condiciones no se dieron así en campo. En época lluviosa el faique y guarango crecieron más que en la seca; mientras, el molle presentó mayor crecimiento en la época seca que en la lluviosa, debido a que en época lluviosa se observó que el molle refuerza su tallo principal y aumenta su

ramificación y follaje; mientras que en época seca aumenta su tallo principal y refuerza o madura sus ramificaciones.

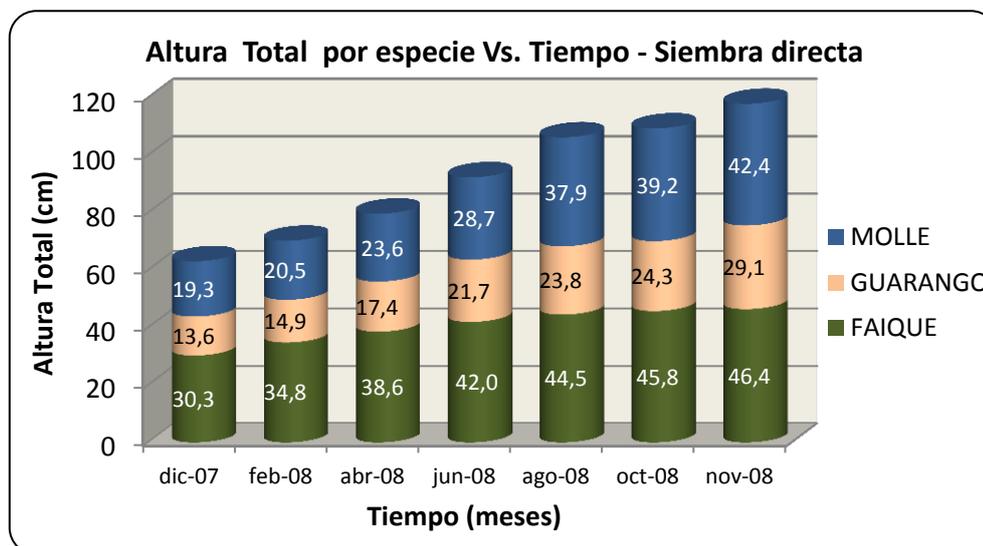


Figura 12. Altura total de 13 a 24 meses de la siembra de cada especie en el sistema de siembra directa. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008

Los resultados determinan que la altura total está en relación con las características de cada especie.

4.1.4 Diámetro Basal

Las Figuras 13 a la 16 demuestran el desarrollo en cuanto a diámetro basal (Anexo 6) en función del tiempo de 12 a 24 meses de instalados los ensayos, para los dos sistemas de reforestación: plantación de material de vivero y siembra directa de semillas en el campo.

4.1.4.1 Diámetro Basal general por tratamiento y especie en el sistema de plantación de material de vivero

Para el sistema de plantación el análisis de varianza o ADEVA (Anexo 8); detectó valores altamente significativos entre tratamientos, especies (factor A) y

para la aplicación de humus (factor B) la significancia se evidenció desde el inicio a los 12 meses (nov/07) hasta la culminación de la investigación a los 24 meses (nov/08); esto mostró que el tratamiento influye en el crecimiento de diámetro basal de las especies.

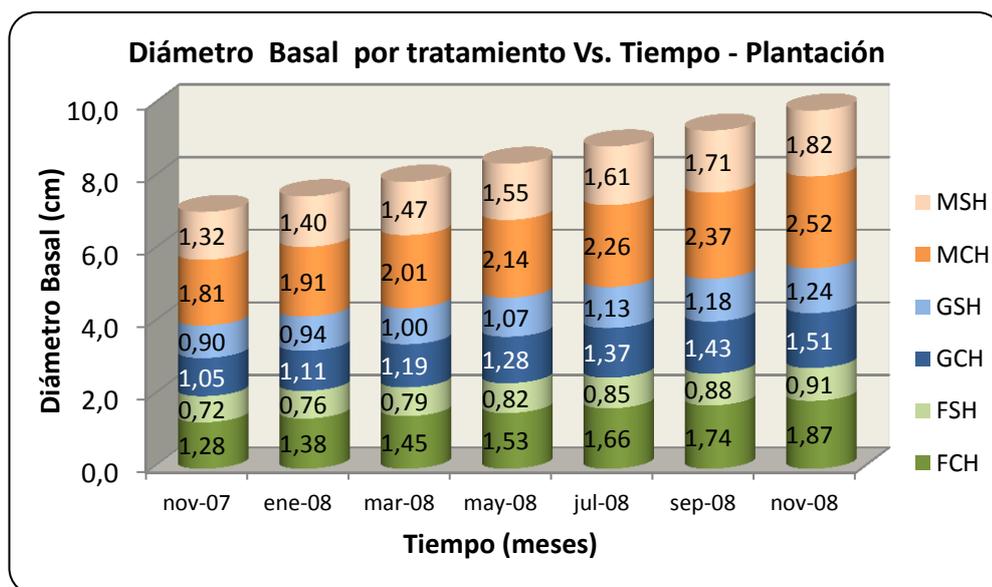


Figura 13. Diámetro basal de 12 a 24 meses del trasplante por tratamiento en el sistema de plantación, Yahuarcocha, UTN, 2007-2008

Realizado el ADEVA de diámetro basal para este sistema se tuvo que la diferencia para tratamientos fue altamente significativa durante todo el periodo de investigación. Analizados los resultados con la prueba Tukey al 5% (Anexo 10) se obtuvo que a los 12 meses los mejores tratamientos fueron el molle con humus, molle sin humus y faique con humus siendo a su vez estadísticamente iguales; el guarango con humus y guarango sin humus ocuparon el segundo rango; y, finalmente el faique sin humus se apartó al rango C.

De los 12 a 24 meses del trasplante se observó que el molle con humus continuó siendo el mejor tratamiento, con una media de 2.52cm, ocupando el primer rango y siendo estadísticamente iguales con el faique con humus y molle sin humus. El

guarango con humus y sin humus ocuparon el rango B y el faique sin humus se mantuvo en el rango C.

Aplicada la prueba de “t” pareada para diámetro basal en material de vivero (Anexo 14), se determinó que la aplicación de humus fue altamente significativa desde los 12 hasta los 24 meses del trasplante, con una media de 1.97 para los tratamientos con humus y de 1.31cm para los que no contaron con humus, pues los dos primeros lugares fueron para el molle con humus con 2.52cm y el faique con humus con 1.87cm.

Cuadro 8. Incremento mensual de diámetro basal promedio de cada tratamiento del sistema de plantación y para la época lluviosa y seca. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008

Tratam \ Época	Lluviosa ($\Delta\phi$ -cm)	Seca ($\Delta\phi$ -cm)
FCH	0.04	0.05
FSH	0.02	0.01
GCH	0.04	0.04
GSH	0.03	0.03
MCH	0.06	0.06
MSH	0.04	0.04
Total	0.22	0.23

En el Cuadro 8 se puede apreciar el incremento mensual promedio de diámetro basal para las dos épocas del año, donde todos los tratamientos presentaron un incremento de diámetro basal mensual igual para las dos épocas lluviosa y seca a excepción del faique con humus y sin humus que la diferencia entre épocas es mínima; lo que determinó que el temporal no influye en el desarrollo del diámetro basal para todas las especies.

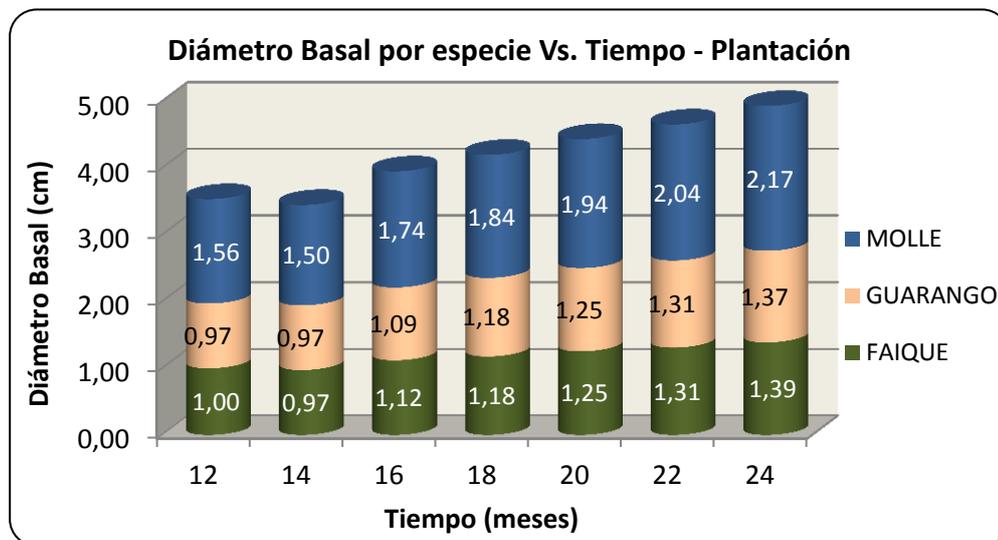


Figura 14. Diámetro basal de 12 a 24 meses del trasplante por especie en el sistema de plantación, Yahuarcocha, UTN, 2007-2008

Realizada la prueba Duncan al 5% para especies (Anexo 12) se observó que el molle es la mejor especie en cuanto a diámetro basal de 12 a 24 meses del trasplante con un promedio de 1.56 a 2.17cm ocupando el rango A, seguido por el faique y guarango que pasaron de 1.0 a 1.39cm y de 0.97 a 1.37cm respectivamente al rango B, lo que demostró que el desarrollo en diámetro basal depende de la especie.

4.1.4.2 Diámetro Basal por tratamiento y especie en el sistema de siembra directa

En la Figura 15 se puede apreciar que a los 13 meses de edad el mejor tratamiento en diámetro basal fue el molle con humus con 0.64cm, seguido del faique con humus con 0.62cm y molle sin humus con 0.59cm, los demás tratamientos presentaron valores comprendidos entre 0.51cm a 0.42cm; el humus influyó en el crecimiento de diámetro basal de las especies, ya que, los tratamientos con humus son mayores en todos los casos respecto a los que no llevaron humus. Según la prueba de "t" pareada (Anexo 16) hubo significancia estadística al 5% para el

faique con y sin humus en tres sitios experimentales, mientras los demás tratamientos fueron no significativos.

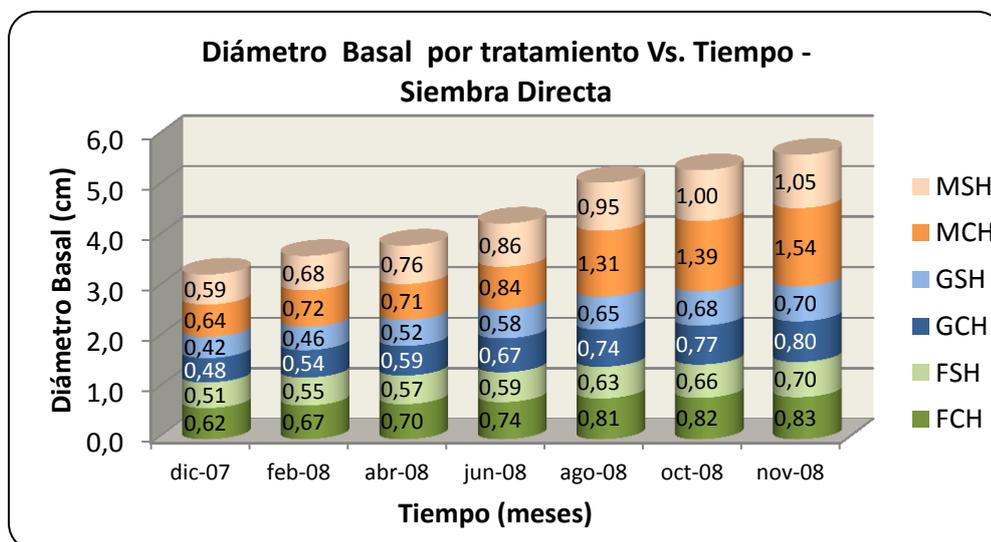


Figura 15. Diámetro basal de 13 a 24 meses de la siembra por tratamiento en el sistema de plantación, Yahuarcocha, UTN, 2007-2008

A los 24 meses de edad de las plántulas se registraron cambios en el orden de los tratamientos en comparación con lo obtenido a los 13 meses de edad. El mejor tratamiento en diámetro basal continuó siendo el molle con humus con 1.54cm, seguido del molle sin humus con 1.05cm; faique con humus con 0.83cm, guarango con humus 0.80cm, faique sin humus y guarango sin humus con 0.70cm. Según la prueba de “t” pareada se determina que hubo significancia estadística al 5% (Anexo 16), para el faique con y sin humus en dos sitios experimentales, mientras los demás tratamientos se mantuvieron como no significativos.

En el Cuadro 9 se puede apreciar el incremento mensual promedio de diámetro basal para cada tratamiento para el sistema de siembra directa.

El crecimiento de diámetro basal en la época lluviosa es similar al de la época seca para todos los tratamientos excepto el molle con humus que presentó un

mayor incremento promedio mensual en época seca de 0.14cm frente a 0.03cm de la época lluviosa.

Cuadro 9. Incremento mensual de diámetro basal promedio de cada tratamiento del sistema de siembra directa y para la época lluviosa y seca. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008

Tratam \ Época	Lluviosa ($\Delta\phi$ -cm)	Seca ($\Delta\phi$ -cm)
FCH	0.02	0.02
FSH	0.01	0.02
GCH	0.03	0.03
GSH	0.03	0.02
MCH	0.03	0.14
MSH	0.04	0.04
Total	0.17	0.26

En la Figura 16 se puede observar el desarrollo en cuanto a diámetro basal de todos los tratamientos para el sistema de siembra directa.

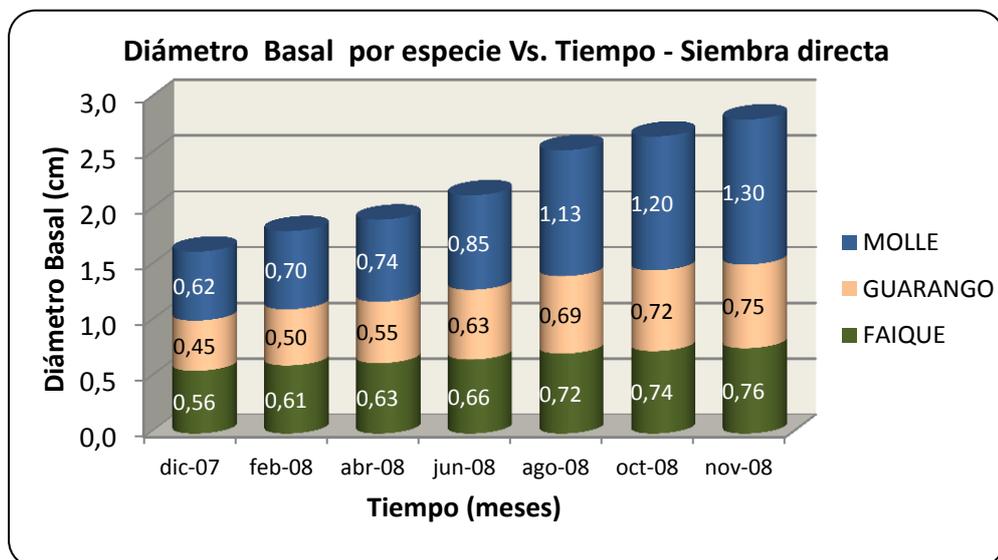


Figura 16. Diámetro basal de 13 a 24 meses de la siembra por especie en el sistema de siembra directa, Yahuarcocha, UTN, 2007-2008

A los 13 meses el mayor diámetro presentó el molle con 0.62cm, seguido del faique con 0.56cm y del guarango con 0.45cm. A partir de los 15 meses (febrero/08) las especies registraron un crecimiento similar notándose un incremento incluso mayor a partir del mes de agosto/08 para las tres especies, debido a que ya se habían adaptado al medio.

El mayor crecimiento basal correspondió al molle que a los 24 meses alcanzó 1.30cm, con un incremento mensual de 0.05cm; le siguieron con valores muy cercanos entre sí el faique y guarango con un incremento mensual de 0.03cm, por lo que podría decirse que el diámetro basal de estas dos últimas especies creció prácticamente igual. El crecimiento de diámetro basal en este sistema es bajo, pues no supera el centímetro en el caso del faique y guarango, el molle presentó un diámetro menor con aproximadamente un centímetro (1.30cm) respecto al sistema de plantación (2.17cm) a los 24 meses de la siembra. Esto demostró que el mejor diámetro por las características de la especie lo tiene el molle; siendo prácticamente iguales el faique y guarango.

4.2 INCIDENCIA DE LAS ZANJAS DE INFILTRACIÓN EN LA CONSERVACIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO Y COMPARACIÓN CON VALORES DE PRECIPITACIÓN

Dada la condición de que la zona de investigación es degradada, debido a la permanente acción de agentes erosivos y a la meteorización; las zanjias de infiltración fueron una alternativa para la protección del suelo y del agua.

Se comprobó que el contenido de humedad del suelo estuvo influenciado por la cantidad de precipitación (Anexo 17); así por ejemplo, en los meses más lluviosos se pudo observar que el contenido de humedad del suelo fue alto y viceversa en los meses secos el contenido de humedad fue menor. Ello se apreció en los meses de abril/08, mayo/08; y octubre/08 (Figura 17)

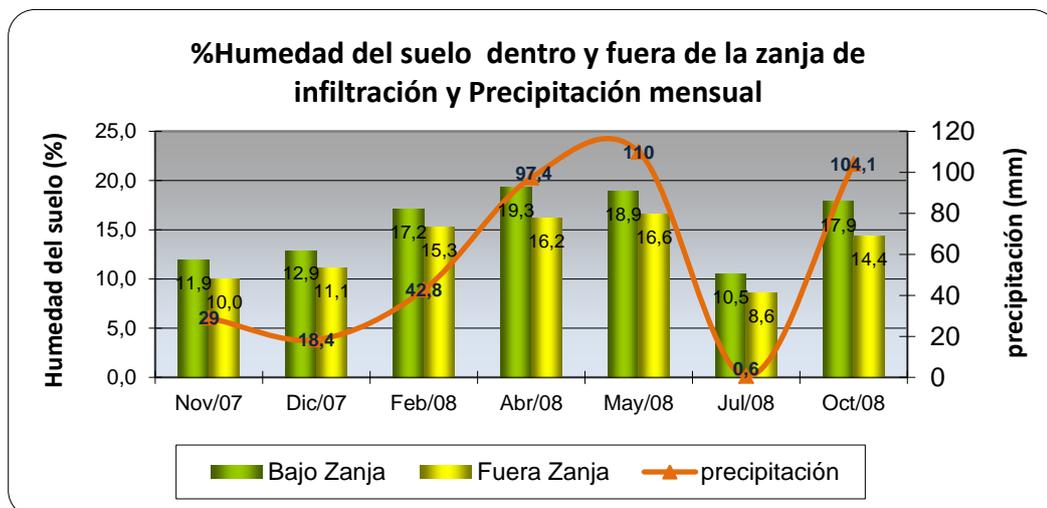


Figura 17. Contenido de humedad del suelo (%) bajo la influencia de la zanja de infiltración y fuera de ella. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008

Comparando los datos de humedad obtenidos dentro y fuera del área de influencia de la zanja, se determinó que los valores son mayores dentro de la zona de influencia de la zanja de infiltración en todos los sitios (Anexo 18). Así, en promedio se tuvo 15.5% de humedad en el área de influencia y 13.2% fuera de ésta. Se comprobó entonces que la zanja es una estructura que retiene la humedad y con ello ayuda a conservar el agua; además, resultó ser una obra física importante por cuanto en época lluviosa retuvo sedimentos arrastrados desde las partes más altas de los sitios en donde estuvieron ubicados los ensayos, lo cual hizo que fuera necesario hacer la remoción de sedimentos (Fotografías 19 y 20).



Fotografía 19 y 20. Zanjas de infiltración reteniendo humedad y sedimentos. Yahuarcocha, UTN, 2007

4.3 CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO A LOS 18 MESES CONTADOS A PARTIR DE LA INSTALACIÓN DEL ENSAYO.

Los resultados de fertilidad obtenidos a los 10 y 18 meses de instalados los ensayos se aprecian en los cuadros 10 y 11 para el sistema de siembra directa y plantación de material de vivero, respectivamente.

Cuadro 10. Resultados del análisis químico de suelos de los cuatro sitios en estudio para el sistema de siembra directa a los 10 y 18 meses de instalados los ensayos. Yahuarcocha, UTN, 2007 – 2008

REPORTE DEL ANÁLISIS DE SUELO EN LOS CUATRO SITIOS (SIEMBRA): A LOS 10 Y 18 MESES DE INSTALADOS LOS ENSAYOS																
Sitio Análisis	OLIVO ALTO				EL TABLÓN				LOMA ROBAYO				ALOBURO			
	10 meses		18 meses		10 meses		18 meses		10 meses		18 meses		10 meses		18 meses	
pH	6,88	PN	6,85	PN	6,60	PN	6,34	PN	6,66	PN	7,15	PN	7,25	PN	7,44	PN
Textura	FoAr		FoAr		Fo		Fo		Fo		FoLo		Fo		FoAcAr	
ppm																
P	1,80	B	3,50	B	5,80	B	16,00	M	3,50	B	4,50	B	18,0	M	15,50	M
Fe	19,50	B	19,40	B	49,00	A	12,70	B	20,20	B	27,20	M	16,30	B	18,60	B
Mn	3,10	B	2,20	B	8,40	M	10,10	M	5,80	B	6,00	M	3,40	B	3,70	B
Cu	5,20	A	3,30	M	6,00	A	5,10	A	5,50	A	4,70	A	5,60	A	4,00	M
Zn	0,90	B	1,60	B	1,40	B	2,10	B	1,00	B	1,70	B	1,00	B	1,70	B
B	0,35	B	0,31	B	0,40	B	0,40	B	0,37	B	0,30	B	0,31	B	0,25	B
S	34,00	A	24,00	M	39,00	A	28,00	A	30,00	A	22,00	M	34,00	A	23,00	M
C.E.	0,30	NS	0,18	NS	0,15	NS	0,20	NS	0,33	NS	0,31	NS	0,24	NS	0,30	NS
Cmol/kg																
K	0,66	A	0,76	A	0,51	A	0,51	A	0,56	A	0,76	A	0,81	A	0,97	A
Ca	7,00	A	5,30	A	6,50	A	6,40	A	7,30	A	8,75	A	7,60	A	6,45	A
Mg	3,87	A	3,04	A	3,30	A	2,74	A	4,20	A	4,11	A	3,87	A	2,88	A
%																
M.O.	2,22	A	1,93	M	4,20	A	2,98	A	3,48	A	4,92	A	2,53	A	2,40	A
N. Total	0,11	B	0,09	A	0,21	M	0,15	B	0,17	M	0,25	M	0,13	B	0,12	B

A = Alto M = Medio B = Bajo Fo= Franco Ac= Arcilloso Ar= Arenoso Lo= Limoso NS= No Salino
PN= Práct. Neutro LA= Lig. Alcalino

Cuadro 11. Resultados del análisis químico de suelos de los cuatro sitios en estudio para el sistema de plantación de material de vivero a los 10 y 18 meses de instalados los ensayos. Yahuarcocha, UTN, 2007 – 2008

REPORTE DEL ANÁLISIS DE SUELO EN LOS CUATRO SITIOS (PLANTACIÓN): A LOS 10 Y 18 MESES DE INSTALADOS LOS ENSAYOS																
Sitio Análisis	OLIVO ALTO				EL TABLÓN				LOMA ROBAYO				ALOBURO			
	10 meses		18 meses		10 meses		18 meses		10 meses		18 meses		10 meses		18 meses	
pH	6,62	PN	7,12	PN	6,60	PN	6,98	PN	6,72	PN	6,72	PN	7,50	PN	8,05	A
Textura	FoAcAr		Fo		FoAcAr		FoAcAr		FoAr		FoArAc		FoAr		Fo	
ppm																
P	3,50	B	4,50	B	8,80	B	7,50	B	3,50	B	4,50	B	5,00	B	5,80	B
Fe	35,30	M	21,10	M	39,40	M	32,40	M	19,00	B	27,10	M	14,10	B	14,60	B
Mn	6,30	M	4,20	B	6,00	M	4,00	B	4,60	B	6,20	M	3,20	B	3,70	B
Cu	4,80	A	4,10	A	5,70	A	4,20	A	4,30	A	4,50	A	6,00	A	4,80	A
Zn	1,00	B	1,60	B	1,50	B	1,70	B	1,10	B	1,80	B	1,00	B	1,80	B
B	0,37	B	0,36	B	0,38	B	0,37	B	0,37	B	0,35	B	0,35	B	0,28	B
S	14,00	M	20,00	M	40,00	A	24,00	M	25,00	A	22,00	M	37,00	A	21,00	M
C.E.	0,31	NS	1,26	NS	0,14	NS	0,19	NS	0,22	NS	0,25	NS	0,24	NS	0,43	NS
Cmol/kg																
K	0,66	A	0,92	A	0,51	A	0,61	A	0,66	A	0,92	A	0,76	A	0,86	A
Ca	8,05	A	7,00	A	6,50	A	7,00	A	8,85	A	8,00	A	7,10	A	9,90	A
Mg	3,87	A	3,04	A	3,21	A	3,37	A	4,85	A	3,62	A	4,28	A	5,10	A
%																
M.O.	3,52	A	2,55	A	3,21	A	2,69	A	5,03	A	5,71	A	2,50	A	2,55	A
N. Total	0,18	M	0,13	B	0,16	M	0,13	B	0,25	M	0,28	M	0,12	B	0,13	B

A = Alto M = Medio B = Bajo Fo= Franco Ac= Arcilloso Ar= Arenoso Lo= Limoso NS= No Salino
PN= Práct. Neutro LA= Lig. Alcalino

4.3.1 pH en los cuatro sitios de estudio

El pH, es un parámetro con el que se relaciona la disponibilidad de nutrientes y materia orgánica del suelo, hasta los 18 meses, en todos los sitios experimentales, se mantuvo en valores prácticamente neutros, lo cual es propio de zonas secas, con altas concentraciones de sales solubles, carbonatos de calcio y magnesio que

no han sido lavados por las precipitaciones. Se puede afirmar entonces que, al menos en la capa superior del suelo, hubo condiciones óptimas para la absorción de nitrógeno, fósforo, potasio, que según el (USDA, 1999), se encuentran disponibles en un rango de pH entre 6.0 y 7.5.

4.3.2 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, 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, *op. cit.*, 2002). En el aspecto químico mejora la fertilidad del suelo.

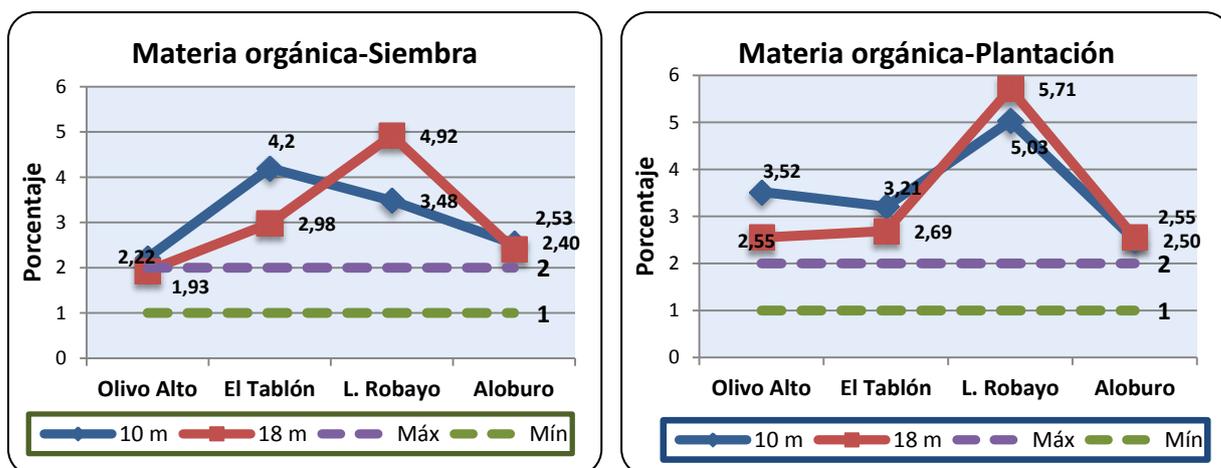


Figura 18 y 19. Contenido de materia orgánica en los cuatro sitios de estudio, a los 10 y 18 meses de instalados los ensayos para los dos sistemas siembra directa y plantación, Yahuarcocha, UTN, 2007 - 2008

Como se puede observar en las figuras 18 y 19, a los 10 y 18 meses de instalados los ensayos la materia orgánica se encuentra en niveles altos en todos los sitios experimentales, por lo cual se puede afirmar que la protección de los ensayos y la reforestación realizada sirvió para que el aporte de materia orgánica, especialmente de hojas de las diversas especies regeneradas, contribuyera a su

incremento. Con ello las características físico-químicas se vieron favorecidas y se mejoró las posibilidades para el crecimiento de las especies.

4.3.3 Contenido de nitrógeno total de los cuatro sitios de estudio

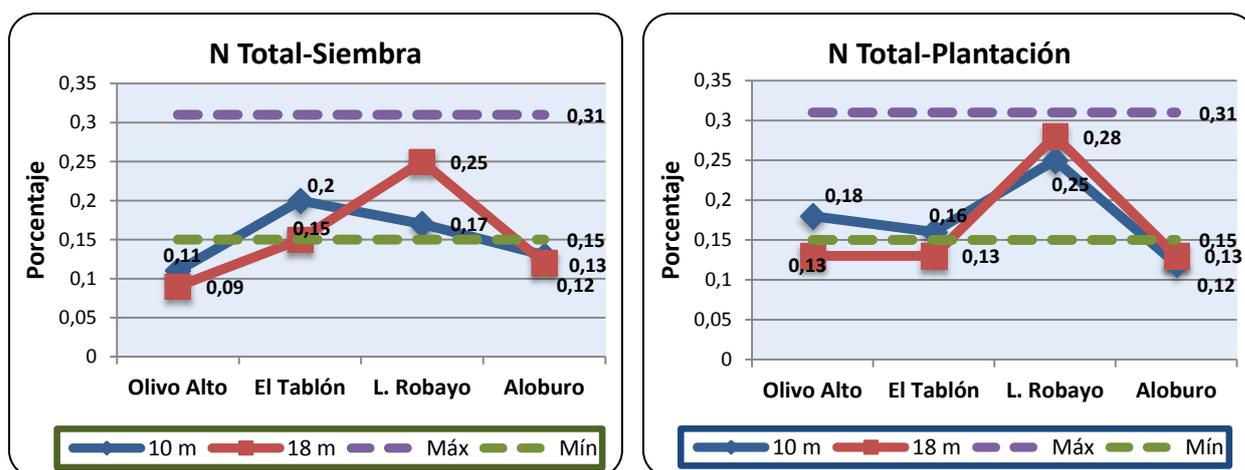


Figura 20 y 21. Contenido de nitrógeno total en los cuatro sitios de estudio, a los 10 y 18 meses de instalados los ensayos, para los dos sistemas siembra directa y plantación. Yahuarcocha, UTN, 2007 - 2008

Como se observa en las figuras 20 y 21, el contenido de nitrógeno se mantuvo prácticamente igual a los 10 y 18 meses de instalados los ensayos. De acuerdo con Porta y Lopez-Acevedo (2005), el nitrógeno 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, mejores brotes y aumentando la producción de follaje (*Ibíd*).

A los 10 meses de instalados los ensayos el contenido de nitrógeno se mantuvo en valores medios a excepción de Aloburo; ya que este sitio antes de instalar el ensayo era muy intervenido por actividades ganaderas (suelos endurecidos, erosionados y afloramientos de cangahuas); además tenía escasa diversidad de flora. A los 18 meses el contenido de nitrógeno se mantuvo cercano a los niveles registrados a los 10 meses (cualitativamente en el mismo valor) subiendo en lo cuantitativo en Loma Robayo debido a que éste es un sitio que mostró mejor

regeneración vegetal y por tanto reciclaje de nutrientes y consecuente actividad microbiana.

4.3.4 Contenido de fósforo de los cuatro sitios de estudio

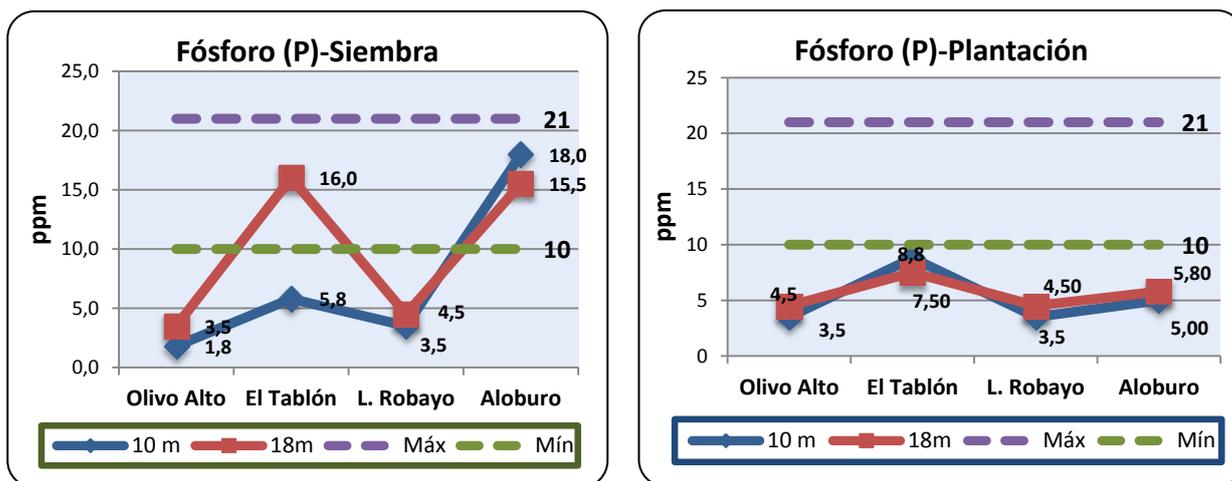


Figura 22 y 23. Contenido de fósforo en los cuatro sitios de estudio, a los 10 y 18 meses de instalados los ensayos, para los dos sistemas siembra directa y plantación. Yahuarcocha, UTN, 2007 - 2008

Como se observa en las figuras 22 y 23 el contenido de este nutriente, que ayuda a la formación de yemas y raíces así como a la lignificación, se incrementó ligeramente en lo cuantitativo.

En lo cualitativo permanecieron en niveles bajos a los 10 y 18 meses de instalados los ensayos, excepto en los ensayos El Tablón y Aloburo en que cambiaron a medio después de instalados los ensayos. Esto se explica por la baja movilidad del fósforo.

Ello guardaría relación con cierta tendencia del pH de los sitios a ligeramente alcalinos, mientras el rango en que el fósforo tiene una mejor disponibilidad está en el rango de 5.0 - 7.0.

4.3.5 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 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 (Fuentes, *op. cit.*, 1989)

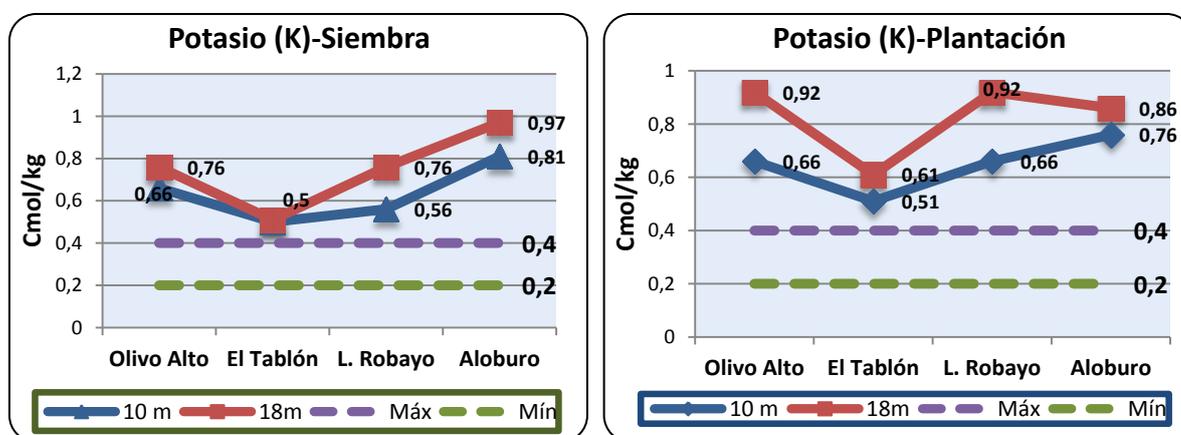


Figura 24 y 25. Contenido de potasio en los cuatro sitios de estudio, antes, a los 10 y 18 meses de instalados los ensayos, para los dos sistemas siembra directa y plantación. Yahuarcocha, UTN, 2006 - 2007

En la las figuras 24 y 25 se puede observar que en los cuatro sitios el contenido de potasio se mantuvo en niveles altos a los 10 y 18 meses de instalados los ensayos. Las variaciones se dieron ligeramente en lo cuantitativo, manteniendo relación con las características relativas al origen de los suelos.

4.3.6 Contenido de calcio, magnesio, azufre y micronutrientes

El contenido de *calcio* (Ca), se mantuvo en niveles altos al igual que el *magnesio* (Mg), con ligeras variaciones en lo cuantitativo (Cuadros 10 y 11). Por lo tanto, estarían presentes en el suelo las ventajas inducidas por estos nutrientes ya que el calcio por su parte contribuye al crecimiento de las raíces, ayuda a la absorción de los demás nutrientes y facilita la formación de agregados estables; mientras, el

magnesio sirve para la formación de las proteínas e incrementa la resistencia de las plantas, contribuye a la formación de nódulos de las leguminosas. Los dos elementos forman parte del complejo de intercambio catiónico por lo que están en estrecho vínculo con la fertilidad potencial del suelo.

El *azufre* (S), pasó de alto a medio con ligeras variaciones en lo cuantitativo (Cuadros 10 y 11).

Los *micronutrientes*, como el hierro (Fe), se mantuvo en los mismos niveles en los sitios Olivo Alto y Aloburo; y, experimentó ligeras variaciones cualitativas en el Tablón y Loma Robayo; el manganeso (Mn), prácticamente se mantuvo igual en todos los sitios con pequeñas variaciones. El cobre (Cu), permaneció siempre en niveles altos; y, el zinc (Zn) y boro (B), en niveles bajos. Es necesario indicar, que si bien estos nutrientes son necesarios para las plantas sólo en pequeñas cantidades a menudo éstas los requieren. Así por ejemplo, el manganeso sirve para el crecimiento de las raíces y el hierro para evitar la clorosis o amarillamiento férrico de las plantas.

4.4 EVALUACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FLORA Y FAUNA

4.4.1 Evaluación de Flora

4.4.1.1 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 (Céspedes, 2006).

- **Época lluviosa**

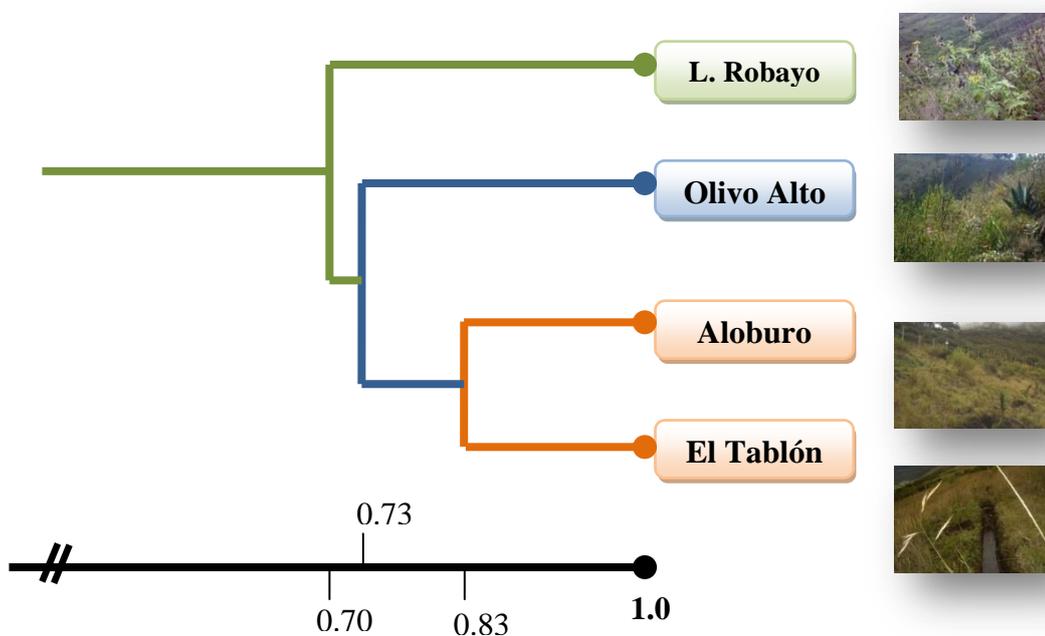


Figura 26. Dendrograma de similaridad de flora en época lluviosa aplicando el índice cualitativo de SORENSON, UTN, 2007-2008

La similitud de flora en época lluviosa (noviembre/07 y mayo/08) para los cuatro sitios experimentales (Anexo 19) guardó relación con la intervención que se da alrededor de ellos. Cerca de los ensayos Aloburo y el Tablón se realiza actividad pecuaria, por lo que la composición florística entre estos sitios se asemejó en un 83%. El Olivo Alto es una zona menos intervenida debido a la poca accesibilidad que presenta por su alta pendiente que la determina como de relieve montañoso (Anexo 23, Mapa de Pendientes); comparte un 73% de similitud con el grupo anterior. Finalmente, Loma Robayo participa en un 70% de las especies de flora respecto a los demás sitios; ésta es la zona que menor incidencia humana presenta, ya que se encuentra alejada de la zona de afluencia de personas, tiene un relieve escarpado (Anexo 23, Mapa de Pendientes) y difícil acceso.

Los cuatro sitios experimentales compartieron un 70% de las especies de flora entre ellos, índice alto ya que en la zona la vegetación es xerofítica y según el

mapa de Uso del Suelo (Anexo 23, Mapa de Uso del Suelo), Olivo Alto y Loma Robayo tienen 90% de vegetación arbustiva y pastos naturales y 5% de áreas en proceso de erosión; mientras, El Tablón y Aloburo tienen 90% de pastos naturales y 5% de vegetación arbustiva. Las familias más representativas fueron: POACEAE (pastos), ASTERACEAE (tagetes), VERVENACEAE (verbena, chichabo), FABACEAE (alfalfa), MALVACEAE (escubillo, malva), y AMARANTHACEAE (amaranto).

- **Época seca**

Para la época seca (junio/2008 a agosto/2008) la composición florística presentó mayor diferencia o distancia entre los cuatro ensayos (Anexo 19) respecto de la época lluviosa, con un valor del 64% (Figura 27). Siguió manteniéndose la condición de influencia de las actividades humanas en los alrededores de cada ensayo.

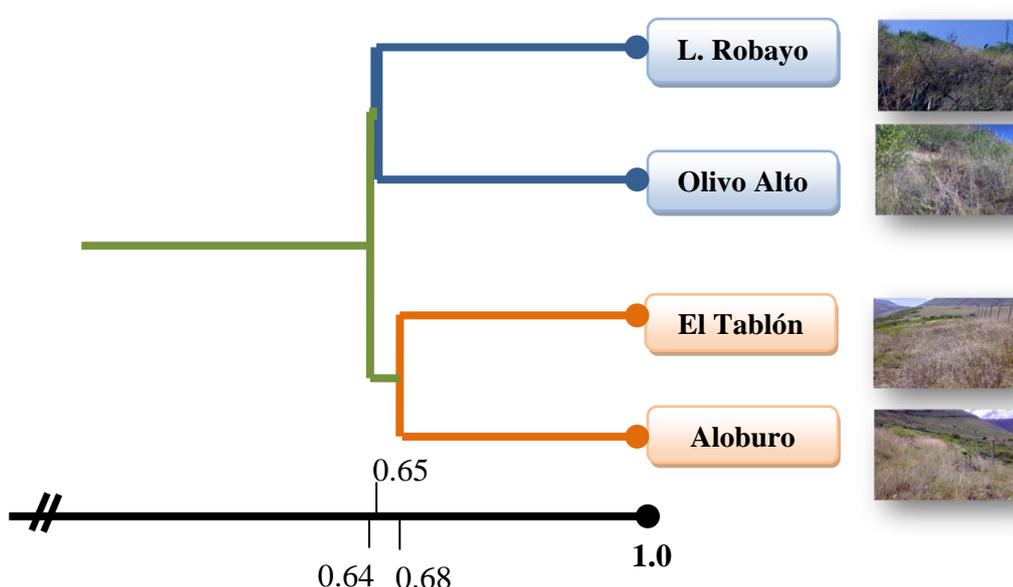


Figura 27. Dendrograma de similitud de flora en época seca aplicando el índice cualitativo de SORENSON, UTN, 2007-2008

Aloburo y el Tablón se mantuvieron como los sitios con mayor similitud con el 68%, en época seca. La vegetación dominante en abundancia es herbácea,

representada por las familias: POACEAE (pastos) y ASTERACEAE (botoncillo, doradilla, canayuyo, cumbaya...). Loma Robayo y Olivo Alto coincidieron en un 65% y en estos sitios hubo más vegetación arbustiva que en grupo anterior, representada principalmente por las familias MIMOSOIDAE (uña de gato, espino hembra), SAPINDACEAE (chámamo), VERVENACEAE (chichabo, tupirrosa), FAB-FABOIDEAE (izo) y EUPHORBIACEAE (mosquera).

4.4.1.2 Diversidad

En este estudio el índice de Diversidad de Simpson sirvió para determinar cuál de los sitios experimentales se mostró más diverso y en qué época se incrementa esa diversidad (Anexo 19). Los resultados se presentan en el Cuadro 12 y Figura 28.

Cuadro 12. Índice de Diversidad de Simpson, por época para los cuatro sitios experimentales. Yahuarcocha, UTN, 2008

ENSAYO	D. LL.	V. Comp.	D. Sec.	V. Comp.
Olivo Alto	0.94	0.9783	0.90	0.9667
El Tablón	0.95	0.9833	0.93	0.9762
Loma Robayo	0.96	0.9833	0.92	0.9756
Aloburo	0.96	0.9839	0.93	0.9750

D. LL.= Índice de Diversidad de Simpson calculado para la época lluviosa

D. Sec.= Índice de Diversidad de Simpson calculado para la época seca

V. Comp.= Valor de comparación calculado según la metodología de Simpson

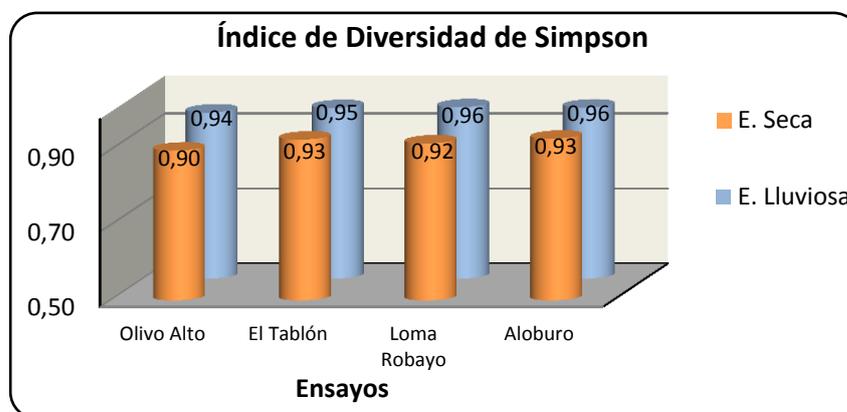


Figura 28. Índice de Diversidad de Simpson en época lluviosa y seca. Yahuarcocha, UTN, 2008

En las dos épocas del año: lluviosa y seca el índice de diversidad de Simpson para flora dio como resultado que los cuatro sitios experimentales correspondieron a zonas de alta diversidad con valores superiores a 0,9.

Efectuada la relación con el valor de comparación calculado, se determinó que en época lluviosa el sitio Olivo Alto es menos diverso que El Tablón, Loma Robayo y Aloburo, los últimos tres comparten el mismo valor.

En época seca disminuyó un poco la diversidad ya que la humedad del ambiente incidió en la sobrevivencia de algunas especies; sin embargo, los índices calculados para esta época fueron altos y se ubicaron en 0.9-0.93. En esta época el sitio más diverso fue Aloburo, seguido de El Tablón, Loma Robayo y finalmente Olivo Alto.

Los valores de diversidad guardaron relación con los de abundancia de especies registradas, siendo Olivo Alto el que menos abundancia y por lo tanto menor diversidad registró especialmente por ser un sitio de suelo suelto, con menor retención de humedad y mayor incidencia de luz solar. Asimismo, por estas razones fue el sitio que dio menores resultados en el prendimiento y desarrollo de especies: faique, guarango y molle, en especial en el sistema de siembra directa.

4.4.1.3 Dominancia

Se tomó como criterio de dominancia la diversidad relativa de familias botánicas presentes en los cuatro sitios de estudio (Anexo 19), el análisis se lo hizo por separado para la época lluviosa y para la seca, los resultados se observan en las figuras 29 y 30.

- **Época Lluviosa**

Para los cuatro sitios experimentales en época lluviosa las familias botánicas que dominaron fueron: ASTERACEAE con el 28%, POACEAE 12%, FABACEAE 9%,

VERVENACEAE 7%, MALVACEAE, AMARANTACEAE y PTERIDACEAE con el 4%, EUPHORBIACEAE y SCROPHULARACEAE el 3%, CONVULVULACEAE y LAMIACEAE 2%. La flora está compuesta principalmente por pastos, hierbas y arbustos.

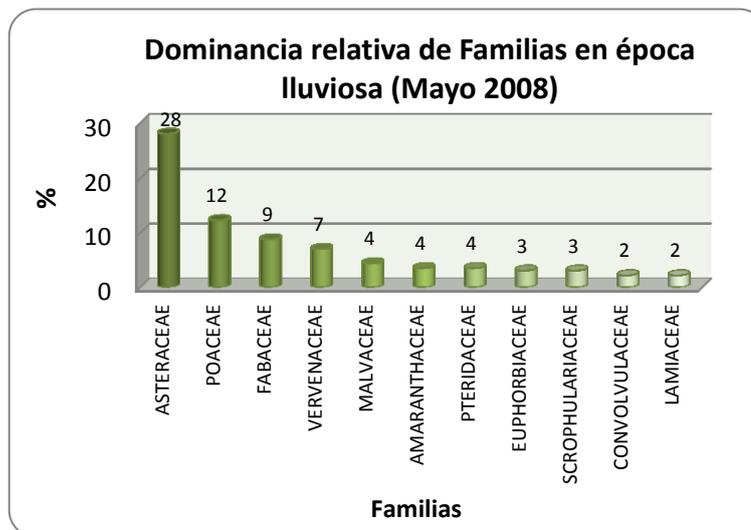


Figura 29. Dominancia relativa de Familias botánicas en época lluviosa. Yahuarcocha, UTN, 2008

- **Época Seca**

En época seca el orden de familias dominantes fue: ASTERACEAE con el 24%, POACEAE 18%, VERNACEAE 10%, AMARANTACEAE, EUPHORBIACEAE, FABACEAE y MALVACEAE con 5%, CONVULVULACEAE, MIMOSOIDAE, PTERIDACEAE, SAPINDACEAE y STERCULIACEAE el 3%; en ésta época del año la vegetación xerofítica está compuesta principalmente por arbustos (chamano, uña de gato, chichabo, mosquera, entre otros) y pastos resistentes a la sequía.

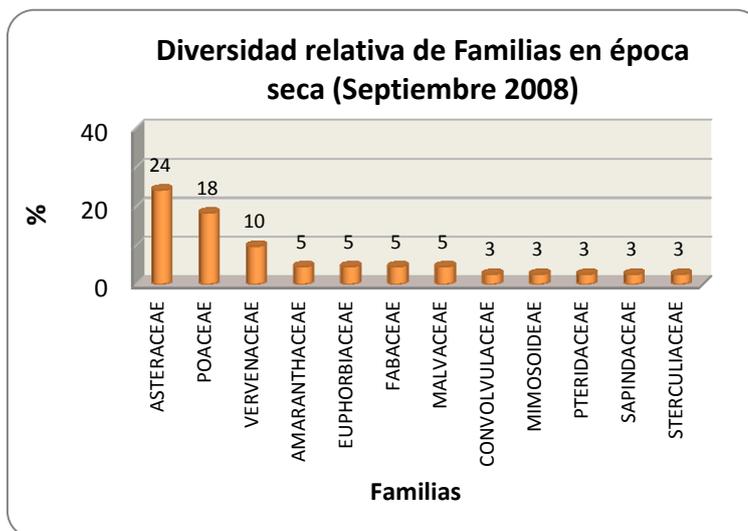


Figura 30. Dominancia relativa de Familias botánicas en época seca. Yahuarcocha, UTN, 2008

4.4.2 Evaluación de Fauna

Se registraron especies de aves mamíferos y reptiles (Anexo 20).

4.4.2.1 Similitud

- **Época lluviosa**

La similitud tuvo relación con la gradiente geográfica norte-sur, ya que los sitios compartieron las especies de acuerdo con su posición y cercanía entre ellos. Así, Aloburo ubicado al norte de la zona de estudio tuvo un 87% de similitud con Loma Robayo que es el segundo punto siguiendo la misma gradiente, compartieron especies de las familias: CICONIIFORMES (garza grande, garza bueyera), FALCONIDAE (quilico), FRIGILIDAE (jilguero). El Tablón siendo el tercer punto en la misma dirección se pareció en un 85% al grupo anterior, compartiendo las familias: COLUMBIDAE (tucurpilla, tórtola), FRIGILIDAE (huiracchuro) y LEPORIDAE (conejo de páramo). El Olivo Alto ubicado al sur de la zona de investigación fue el sitio que menos especies compartió con los demás,

presentó el 78% de similitud con los otros grupos, en este sitio se observó como especie propia del sector a *Saltador striatipectus* (pájaro plomo) de la familia FRIGILIDAE.

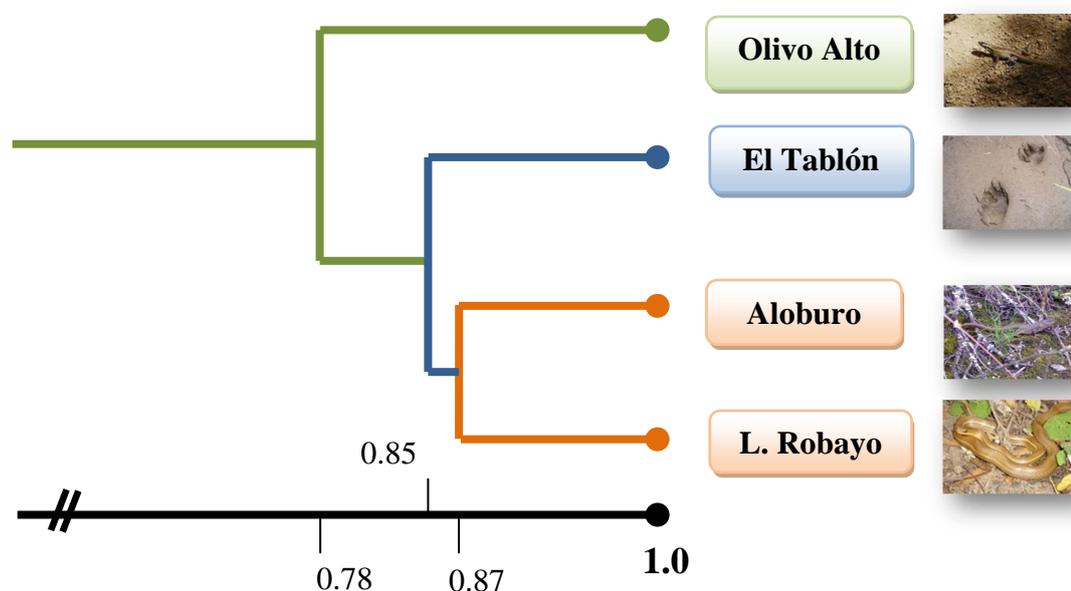


Figura 31. Dendrograma de similaridad de fauna en época lluviosa aplicando el índice cualitativo de SORENSON, UTN, 2007-2008

Como se puede ver en la Figura 31, en esta época los cuatro sitios compartieron un 78% de similitud entre ellos, coincidieron representantes de las siguientes familias: COLUMBIDAE (tucurpilla, tórtola), EMBERIZIDAE (gorrión), FRIGILIDAE (huiracchuro), HIRUNDINIDAE (golondrina), TYRANNIDAE (pájaro rojo), TROCHILIDAE (colibrí cara azul y pecho café), LEPORIDAE (conejo de páramo), IGUANIDAE (lagartija); que de este modo se convierten en las especies más comunes de la zona de estudio en época lluviosa.

- **Época seca**

La similaridad dependió de la cercanía entre los sitios experimentales y los poblados de la zona; y, con el tipo de vegetación dominante del área.

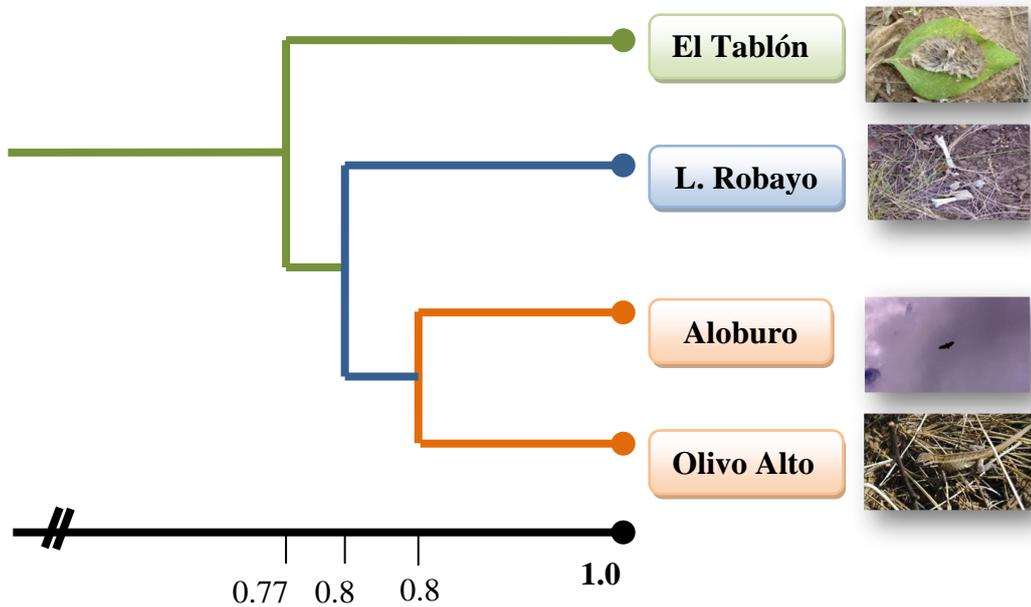


Figura 32. Dendrograma de similitud de fauna en época seca aplicando el índice cualitativo de SORENSON, UTN, 2007-2008

Aloburo y el Olivo Alto están muy cerca de poblados y hay presencia de pastos, arbustos y algunos árboles, compartieron una similitud del 86% entre ellos, con representantes de la familia: APODIDAE (vencejo). Loma Robayo es un sector poco frecuentado por transeúntes, alejado de los caseríos, con vegetación herbácea y arbustiva; fue particular del sitio la especie *Dipsas oreas ellipsifera* (culebra) de la familia COLUBRIDAE, éste sitio compartió el 81% de similitud con el grupo anterior. Finalmente, El Tablón donde los pastos dominan el área y hay actividad ganadera en los alrededores fue el sitio menos similar con los otros, tuvo como familias representativas: CICONIFORMES (garza grande, garza bueyera) y TURDIDAE (mirlo); el sitio presentó un 77% de similitud con los demás.

Los cuatro ensayos compartieron el 77% de las especies de fauna en esta época, valor alto de similitud entre sitios. Entre las especies en común se encontró individuos de las familias: ACCIPITRIDAE (gavilán), COLUMBIDAE (tucurpilla, tórtola), FALCONIDAE (quilico), EMBERIZIDAE (gorrión), HIRUNDINIDAE (golondrina), TYRANNIDAE (pájaro rojo), TROCHILIDAE (colibrí cara azul y pecho café), LEPORIDAE (conejo de páramo), IGUANIDAE (lagartija).

4.5 SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO Y SENSIBILIZACIÓN DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO

Los resultados de los talleres y encuestas concernientes a determinar la aceptación por parte de las habitantes del área de influencia del proyecto se presentan a continuación:

4.5.1 Talleres

En la participación de los talleres (Anexo 2) se tuvo 17 personas de la Junta de Aguas de Aloburo y 18 personas en San Miguel de Yahuarcocha (Anexo 21); los resultados fueron los siguientes:

- **Especies de árboles con las que se debería reforestar el sector**

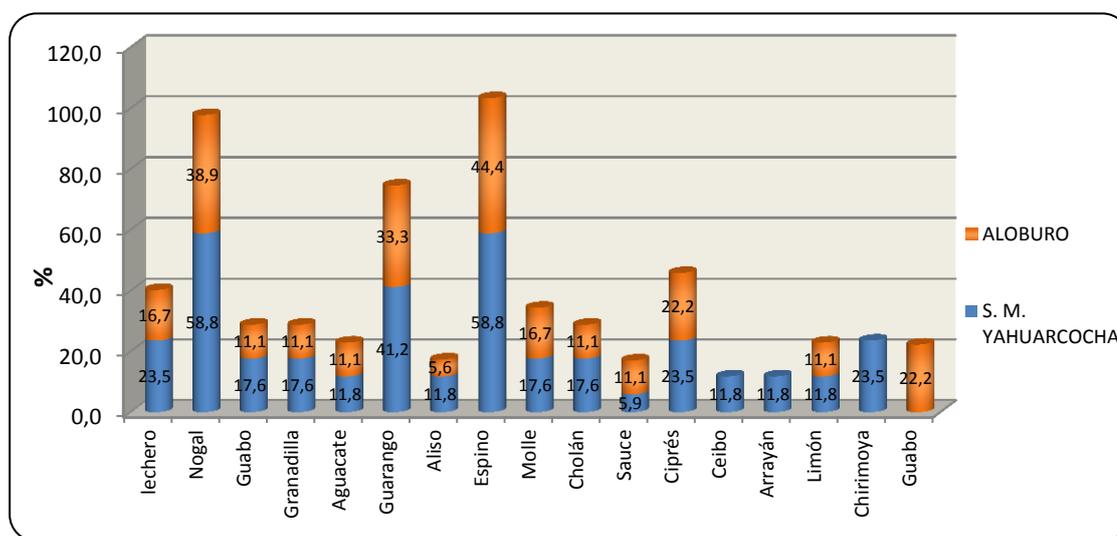


Figura 33. Especies de árboles sugeridas por los participantes de los talleres para reforestar el sector. Yahuarcocha, UTN, 2008

Las especies de árboles con las que les gustaría reforestar en sus localidades fueron: el lechero, nogal, guabo, granadilla, aguacate, guarango, aliso, espino, molle, cholán, sauce, ciprés, ceibo, arrayán, limón, chirimoya y guabo. De esta manera se obtuvo que: en el sector de San Miguel de Yahuarcocha las especies

que tuvieron mayor preferencia fueron con 58.82% el nogal y el espino, 41.18% guarango, las demás especies se ubicaron por debajo del 25%. En el sector de Aloburo se determinó que las especies arbóreas con las que se debe reforestar son: espino con el 44.44%, nogal 38.89% y guarango con 33.33%, las otras especies se situaron por debajo del 25%.

- **Especies arbustivas con las que se debería reforestar el sector**

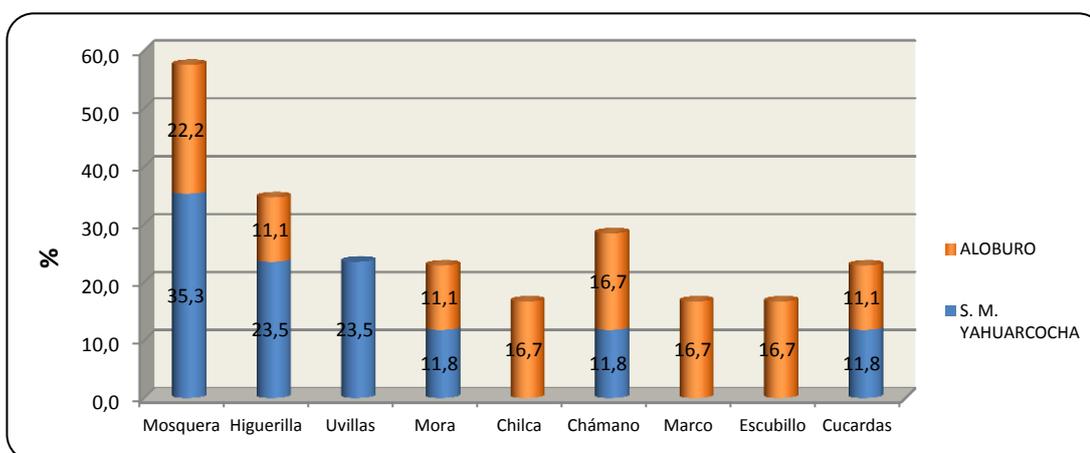


Figura 34. Especies de arbustos sugeridas por los participantes de los talleres para reforestar el sector. Yahuarcocha, UTN, 2008

Las especies de arbustos fueron: mosquera, higuerilla, uvilla, mora, chilca, chámamo, marco, escubillo, cucardas; de esta manera se conoció que en el sector de Aloburo las especies que tuvieron mayor acogida fueron la mosquera con el 22.22%; chilca, chámamo, marco, escubillo con el 16.67%; las demás especies se encontraron por debajo del 12%. En el sector de San Miguel de Yahuarcocha las especies arbustivas que sugirieron fueron: mosquera con 35.29%, higuerilla con el 23.53% y uvilla con el 23.53%, el resto de especies se encontraron por debajo del 12%.

- **Especies herbáceas que se deberían sembrar en el sector**

Las especies de pastos elegidas por los participantes de los talleres fueron: alfalfa y kikuyo, se tuvo como resultado que en el sector de Aloburo la preferencia fue la

misma para las dos especies con el 38.89%, en San Miguel de Yahuarcocha hubo preferencia por el kikuyo con el 41.18% ya que esta especie les da mayor beneficio; y, la alfalfa obtuvo el 23.53% de preferencia.

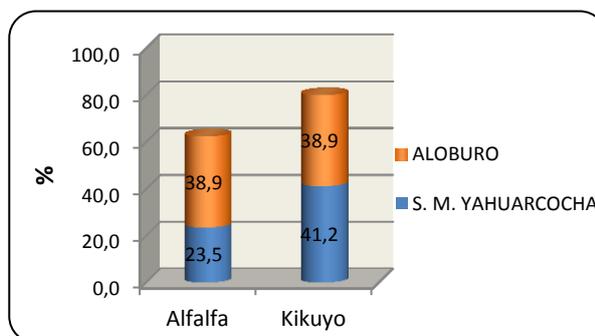


Figura 35. Especies herbáceas sugeridas por los participantes de los talleres para sembrar en el sector. Yahuarcocha, UTN, 2008

- **Importancia del faique, guarango y molle para los participantes de los talleres**

Se determinó que estas especies poseen un gran valor para los participantes de los talleres, ya que, poseen muchas bondades como por ejemplo: el guarango lo utilizan como forraje para los animales, el guarango y faique mejoran la fertilidad de los suelos, les brindan sombra y son ornamentales, del faique o espino se obtiene leña y carbón de gran calidad. Se determinó de esta manera que en el sector de Aloburo que el faique y guarango tienen el 100% de importancia y el molle el 78%; en el sector de San Miguel de Yahuarcocha el 88.24% Guarango, y el 70.59% Espino y Molle.

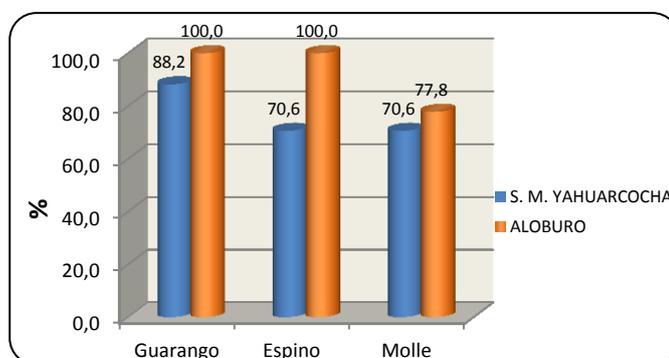


Figura 36. Importancia de las especies en estudio: faique, guarango y molle; por parte de los participantes de los talleres. Yahuarcocha, UTN, 2008

- **Cómo les gustaría plantar el faique, guarango y molle**

Se pudo conocer de qué manera las personas plantarían estas especies como resultado se encontró que en el sector de Aloburo el espino sería plantado como cercas vivas con el 56%, el 22% en pequeños bosques y el 17% como barreras; en el caso del guarango se pudo determinar que el 44% plantaría como cercas vivas, el 39% en pequeños bosques y el 0% en barreras; el 44% plantaría al molle en barreras, el 17% como cercas vivas y bosques. En el sector de San Miguel de Yahuarcocha se tuvo como resultado que les gustaría plantar el espino como cercas vivas con el 47.06%, el 22% en pequeños bosques y el 17% en barreras; el guarango 47.06% en pequeños bosques, el 35.29% en cercas vivas y el 17.65% como barreras; en el caso del molle se pudo conocer que a las personas les gustaría plantar con un mayor porcentaje en barreras el 41.18%, en cercas vivas el 29.41% y en pequeños bosques el 17.65%.

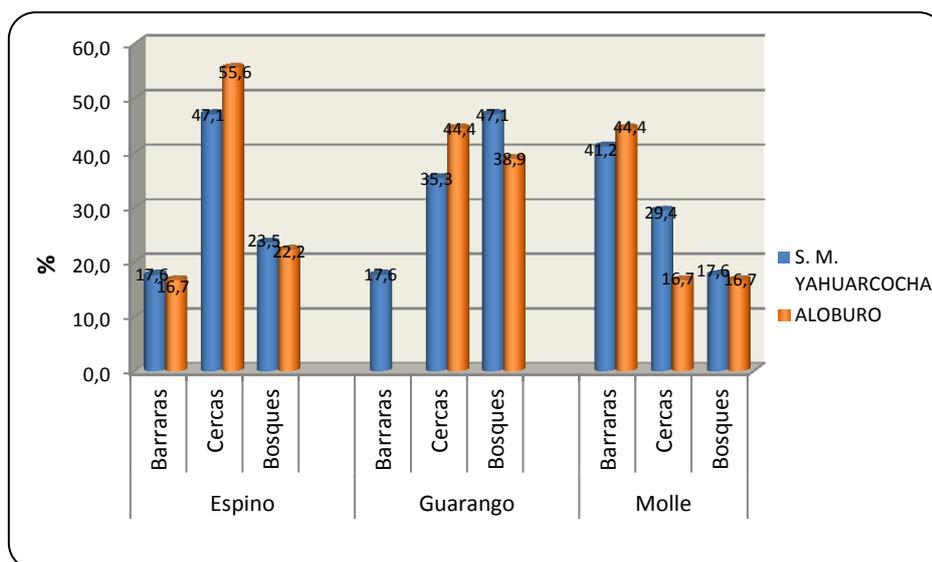


Figura 37. Porcentaje de preferencia del sistema de reforestación de las especies: faique, guarango y molle; por parte de los participantes de los talleres. Yahuarcocha, UTN, 2008

4.5.2 Encuestas

Los resultados de las encuestas dirigidas a los participantes y pobladores de los sectores: Aloburo, San Miguel de Yahuarcocha y Olivo Alto (Anexo 22), para determinar la posibilidad de replicar la experiencia de reforestación con beneficiarios directos en sus terrenos se presentan a continuación:

- **Bienes que poseen los habitantes de los sectores**

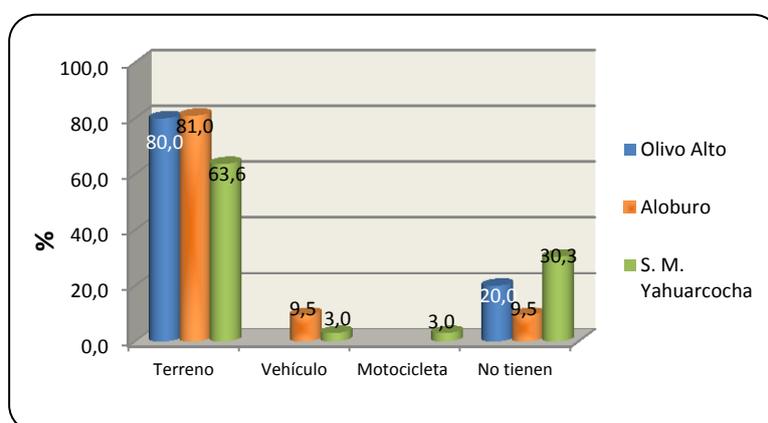


Figura 38. Bienes que poseen las personas encuestadas del área de influencia del proyecto. Yahuarcocha, UTN, 2008

En el sector del Olivo Alto el 80% de las personas encuestadas poseen terreno y el 20% restante no lo tiene, en el sector de Aloburo se determinó que el 80.95% tienen terrenos el 9.52% vehículo y el 9.52% no poseen terrenos. El sector de San Miguel de Yahuarcocha se tuvo como resultado que el 63.64% de los individuos son dueños de terrenos los cuales son pequeños con respecto a las extensiones de terreno que poseen en los otros sectores, el 3.03% tienen vehículo, 3.03% motocicleta y el 30.3% de personas encuestadas no poseen ninguno de estos bienes.

- **Existe o no erosión del suelo en la comunidad**

De la figura 39 se puede determinar, que los encuestados de las comunidades aledañas tienen conciencia que la erosión esta presente y empobreciendo sus

suelos, debido a que en sus tierras hay disminución de la capa arable de suelo y su producción agrícola disminuye. Los pobladores de las comunidades de la microcuenca son conscientes del problema de erosión y la necesidad de minimizarlo.

En el sector de Aloburo se determinó que el 89.47% de personas están consientes de que existe erosión; y, un 10.53% no lo están. En el sector de San Miguel de Yahuarcocha se pudo apreciar que el 84.85% reconocieron que existe este problema en el sector y el 15.15% que no. En el sector del Olivo Alto el 80% estuvieron consientes de que existe erosión en su comunidad y el 20% creen que no.

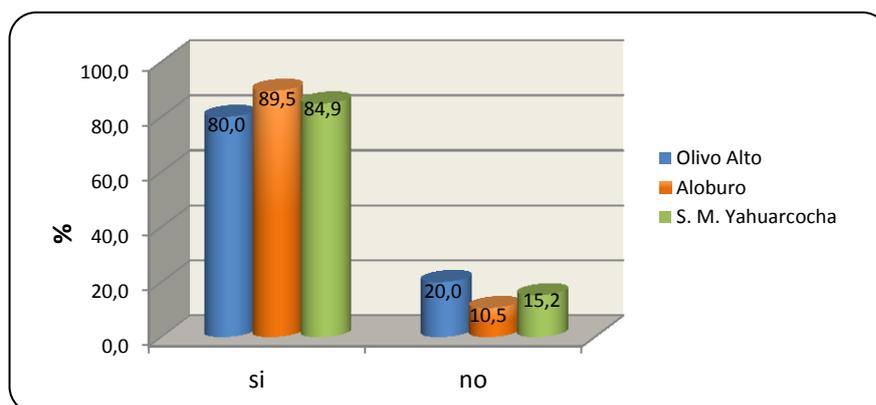


Figura 39. Porcentaje de personas encuestadas que creen que existe erosión del suelo en la comunidad. Yahuarcocha, UTN, 2008

- **Realización de acciones de conservación en la comunidad**

En ninguno de estos sectores hubo acciones de conservación del medio ambiente observamos que en los tres sectores se obtuvo un 100% a favor del no, dando a conocer que no se ha realizado ningún tipo de conservación medio ambiental.

- **Si los habitantes del sector estarían dispuestos a sembrar árboles en sus predios**

En el sector Olivo Alto se determinó que el 50% de personas que poseen terrenos estarían dispuestas a sembrar árboles, el 30% no lo están, este porcentaje correspondió a personas pertenecen a la tercera edad y muchos de sus terrenos son pequeños y se encuentran junto a sus viviendas y el 20% no posee terreno. En el sector de Aloburo se obtuvo un 73.68% está dispuesto a sembrar árboles, en este sector las extensiones de terrenos son mayores y con pendientes fuertes.

Las personas están consientes de que se debe reforestar la zona, el 15.79% no lo haría ya que por su edad y su estado de salud es muy difícil trabajar; y, el 10.53% no posee terreno pero si está dispuesto a ayudar con la siembra de árboles en su sector. En el sector de San Miguel de Yahuarcocha se tuvo como resultado que el 63.64% está dispuesto a sembrar árboles en sus terrenos, el 18.18% no lo está y el 18.18% no tienen terreno.

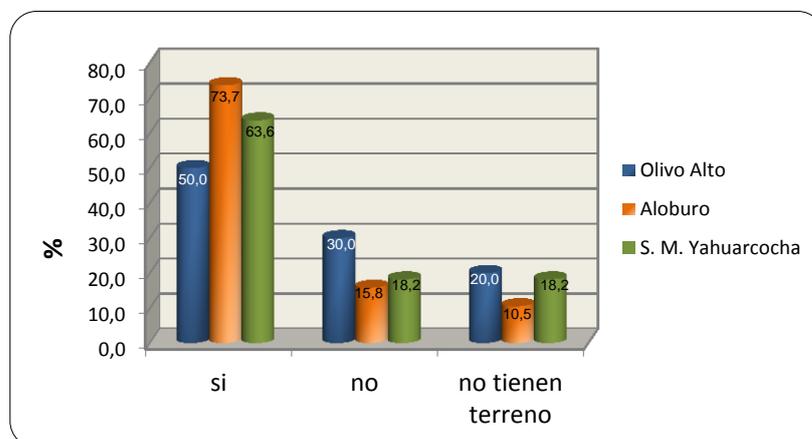


Figura 40. Porcentaje de personas encuestadas que estarían dispuestas a sembrar árboles en sus predios Yahuarcocha, UTN, 2008

- **Ventajas del faique o espino, guarango y molle**

En el sector del Olivo Alto se pudo determinar que el 20% de personas encuestadas sí conoce las ventajas del espino, guarango y molle, y el 80% no las

conocen. En el sector de Aloburo se obtuvo el 73.68% conocen las ventajas de estas tres especies y el 26.32% no las conocen. El sector de San Miguel de Yahuarcocha se pudo apreciar que el 63.64% conoce las ventajas de las tres especies ya que por sus actividades de comercio utilizan como leña para hornear el pescado y el 36.36% no las conocen.

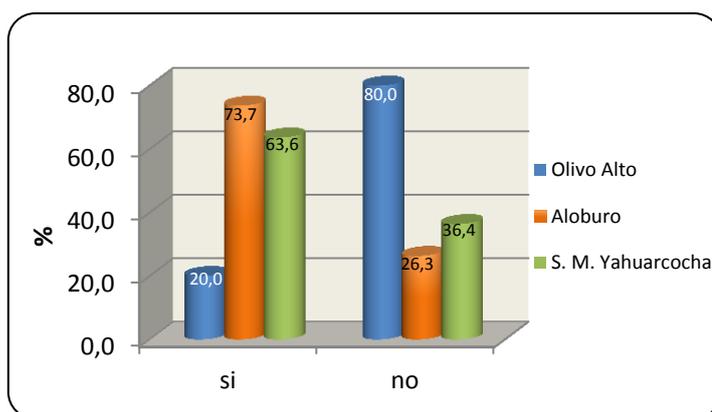


Figura 41. Porcentaje de personas encuestadas que conocen o no las ventajas del faique, guarango y molle. Yahuarcocha, UTN, 2008

- **Especies que les gustaría plantar y reforestar**

En el sector San Miguel de Yahuarcocha se apreció que el espino es la especie que les gustaría plantar con el 45.45%, ya que, es la que más utilizan en sus actividades de comercio como leña, el guarango 33.33% y el molle 21.21% ya que les brinda mayor sombra y en algunos casos también son utilizadas como leña. En el sector de Aloburo se pudo conocer que existe interés por las tres especies, el espino 22.73% el molle 27.27% y la especie que tuvo mayor acogida fue el guarango con un 50% ya que de ella pueden sacar mayor provecho en sus actividades agrícolas y para brindar como forraje a los animales. En el sector de Olivo Alto no existió mayor interés por estas especies, las personas del lugar prefieren sembrar otro tipo de especies como son las frutales con el 71.43%, guarango un 14.29% y el molle 14.29%. La falta de interés por el espino, guarango y molle en este sector se debió a que las personas de este sector no conocen las ventajas que poseen estas especies.

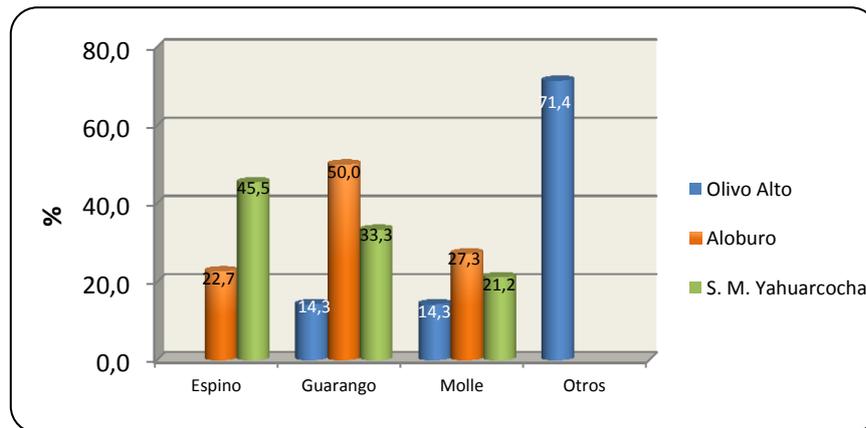


Figura 42. Preferencia de las especies: faique, guarango, molle u otras; por parte de las personas encuestadas. Yahuarcocha, UTN, 2008

- **Cómo les gustaría plantar las especies a reforestar**

En el sector de San Miguel de Yahuarcocha se determinó que el 73.91% de personas encuestadas le gustaría plantar los árboles como cercas vivas, el 8.7% en potreros y el 17.39% en pequeños bosques. En el sector de Aloburo se tuvo como resultado que el 70.59% prefiere plantar árboles como cercas vivas el 5.88% en potreros y un 23.53% en pequeños bosques. En el sector del Olivo Alto se pudo conocer que las personas encuestadas prefieren plantar árboles en pequeños bosques con un 62.5% y un 37.5% como cercas vivas.

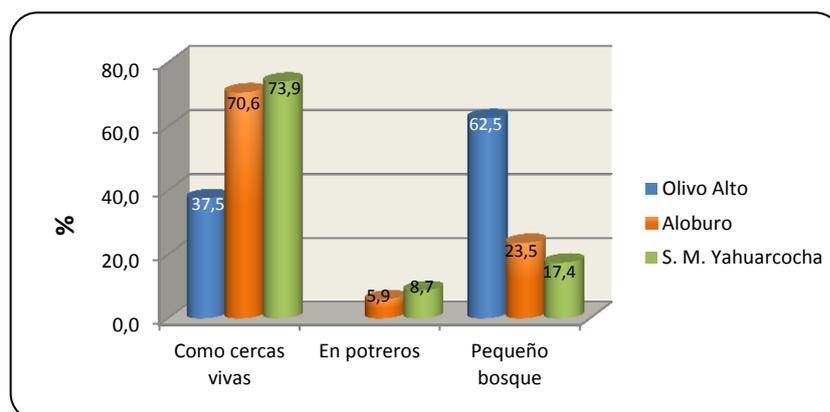


Figura 43. Preferencia del sistema de reforestación por parte de las personas encuestadas. Yahuarcocha, UTN, 2008

- **Participación en proyectos de desarrollo**

Se pudo conocer que en ninguno de los sectores se ha trabajado con instituciones ni en proyectos de desarrollo obteniendo así un 100% negativo en las tres localidades.

- **Preferencia por la UTN o IMI para trabajar en reforestación**

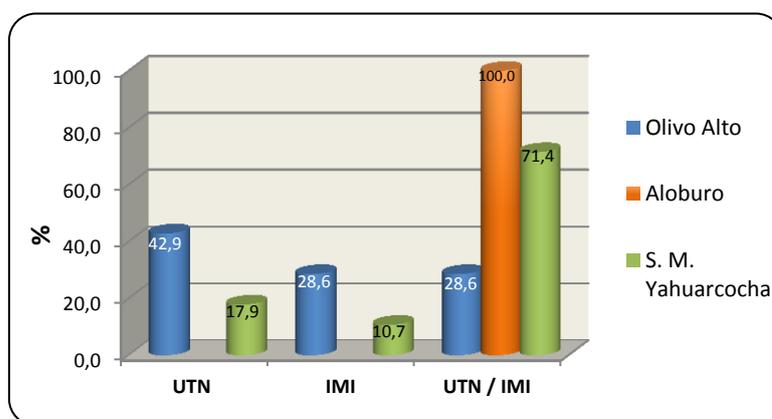


Figura 44. Preferencia de las personas encuestadas por la UTN o IMI para trabajar en reforestación. Yahuarcocha, UTN, 2008

Se pudo conocer que el sector del Olivo Alto el 42.86% de personas encuestadas prefirieron trabajar en convenio con la Universidad Técnica del Norte, el 28.57% con el Municipio de Ibarra y el 28.57% con las dos instituciones. En el sector de Aloburo el 100% les gustaría trabajar con las dos instituciones. En el sector de San Miguel de Yahuarcocha el 17.86% le gustaría trabajar con la Universidad Técnica del Norte el 10.71% con el Municipio de Ibarra y el 71.43% con las dos instituciones.

- **Disposición a participar en la reforestación de la microcuenca Yahuarcocha.**

Se pudo determinar que el porcentaje de personas que participarían en la reforestación de la laguna de Yahuarcocha fue mayor respecto al porcentaje que

no participaría, así: en el sector de San Miguel de Yahuarcocha el 81.82% de personas encuestadas si participaría en la reforestación del sector, el 18.18% no lo haría; ya que, no tienen terrenos, son muy pequeños y se encuentran detrás de sus casas donde tienen animales y árboles frutales. En el sector del Olivo Alto se determinó que el 70% participaría en la reforestación y el 30% no lo haría, ya que, estas personas son de la tercera edad y otras no poseen terrenos. En Aloburo se pudo conocer que el 78.95% de personas encuestadas participarían en la reforestación y el 21.05% no lo harían, puesto que pertenecen a la tercera edad, en este sector las personas que no tienen terreno se encuentran dispuestas a participar en la reforestación de la microcuenca Yahuarcocha.

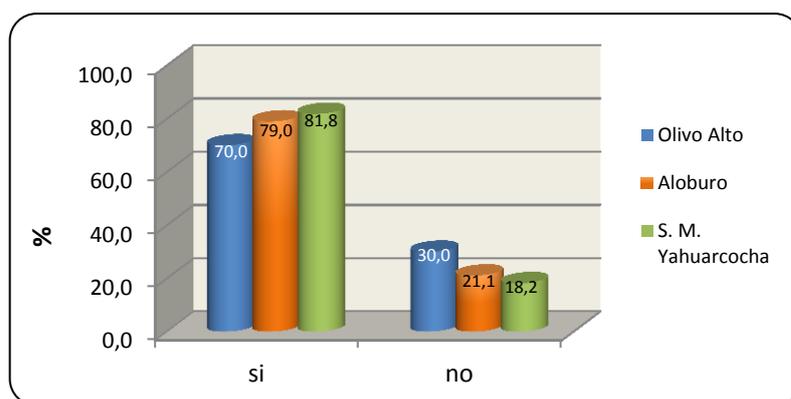


Figura 45. Disposición a participar en la reforestación de la microcuenca Yahuarcocha por parte de las personas encuestadas. Yahuarcocha, UTN, 2008

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- La mejor alternativa para la reforestación es el faique (*Acacia macracantha*) seguido del molle (*Schinus molle*) y finalmente del guarango (*Caesalpinia spinosa*), en todos los casos con humus, ya que en general, hasta los 24 meses, mostraron en su orden los mejores resultados en sobrevivencia, altura total y diámetro basal.
- La sobrevivencia y desarrollo en altura total, están condicionados por el sistema: siembra directa o plantación; por la especie: faique, guarango o molle; aplicación de humus; y, por la época del año: lluviosa o seca.
- Las especies con mejor sobrevivencia mostraron ser *Schinus molle* (molle) y *Acacia macracantha* (faique o espino), en plantación y siembra directa respectivamente.
- Para el segundo año la sobrevivencia, en el sistema de plantación aún no se estabiliza; mientras, se vuelve prácticamente constante para el sistema de siembra directa.
- El crecimiento en altura total es mayor para el sistema de plantación respecto a la siembra directa.
- La altura total de *Acacia macracantha* (faique), y *Caesalpinia spinosa* (guarango) es influenciado positivamente por la época lluviosa; mientras, *Schinus molle* (molle) crece más en la época seca, por su mayor fototropismo.

- El desarrollo en diámetro basal está en relación con el sistema de reforestación, características de la especie y aplicación de humus.
- *Schinus molle* (molle) por sus características y exigencias propias de la especie desarrolla más su diámetro basal; en tanto, *Acacia macracantha* (faique), y *Caesalpinia spinosa* (guarango) aumentan su diámetro de forma similar, hasta los 24 meses de instalados los ensayos, en los dos sistemas de reforestación.
- El humus ejerce influencia positiva en el crecimiento de las tres especies. En altura total el mejor fue faique con humus; y, en diámetro basal, molle con humus.
- La zanja de infiltración contribuye a la retención de humedad, demostrando que el contenido de humedad del suelo fue mayor dentro de su área de incidencia, en todos los sitios.
- La humedad retenida en la zanja está en relación directa con la precipitación, pendiente, cobertura y textura del suelo. Es mayor en los suelos donde el porcentaje de arcilla es más elevado (Ensayos El Tablón y Loma Robayo).
- Las propiedades físico-químicas y biológicas de las áreas de investigación mejoran con la protección y manejo adecuado del suelo; pasando de suelos degradados, con poca cobertura vegetal y menor fertilidad, a suelos con mejor cobertura y fertilidad, especialmente en materia orgánica y nitrógeno total.
- La abundancia y similaridad de flora depende de la época del año y de la intervención que se da alrededor del sitio. Es mayor en época lluviosa y en los sitios donde la intervención de actividades humanas es escasa.
- La parte media de la microcuenca Yahuarcocha, es una zona de alta diversidad florística, con valores superiores a 0.9, tanto en época lluviosa como seca,

según el índice de Simpson; y, se manifiesta en una gradiente geográfica de mayor a menor diversidad: norte-sur.

- En época lluviosa y seca la dominancia de familias botánicas en los sitios de estudio es mayor para: ASTERACEAE, y POACEAE; en época lluviosa hay más representantes de hábito herbáceo mientras que la época seca las especies arbustivas dominan el paisaje.
- Al incrementar la vegetación en los sitios, aumenta la fauna de aves, mamíferos y reptiles. En época lluviosa los sitios son similares entre sí siguiendo la misma gradiente geográfica de la flora (norte-sur).
- La presencia de especies “bandera”, como el lobo (*Pseudalopex culpaeus*) y el águila (*Buteo polysoma*), indican que los sitios experimentales están dentro de ecosistemas naturalmente equilibrados.
- La abundancia y similaridad de fauna está en relación con la época del año y cercanía de los sitios experimentales a poblados de la zona. Es ligeramente mayor en época lluviosa y en los sitios más alejados.
- La reforestación y protección en Yahuarcocha disminuye el arrastre de sedimentos, conserva el agua, regenera la flora y fauna, cambiando notoriamente las características del paisaje.
- Los pobladores del área de influencia del proyecto demuestran mayor acogida por las especies de mayor beneficio: *Caesalpinia spinosa* (guarango) y *Acacia macracantha* (faique).
- La apertura de los pobladores para emprender planes de reforestación de la microcuenca Yahuarcocha es favorable; se encuentran conscientes del problema de erosión y degradación en sus tierras.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

- Realizar el seguimiento de los ensayos evaluando sobrevivencia, altura total y diámetro basal, desde el tercero a quinto año de instalados los ensayos, ya que son especies de crecimiento lento y la sobrevivencia diferente en cada sistema: Plantación de material de vivero y Siembra directa.
- La reforestación en la zona debe hacerse con plántulas producidas en vivero y realizarse la plantación al comienzo de la época lluviosa para un mejor prendimiento y desarrollo, aplicar humus por los mejores resultados en sobrevivencia, altura total y diámetro basal.
- Considerar al faique o espino (*Acacia macracantha*), como la especie más promisoría para la conservación de suelos y aguas en la microcuenca Yahuarcocha por sus bondades en la fijación de nitrógeno, rusticidad, crecimiento en altura, producción de biomasa y usos como forraje, leña y carbón de alta calidad. En segundo lugar usar el molle (*Schinus molle*) por la alta sobrevivencia que presenta en tierras secas.
- Dar protección a las áreas reforestadas, al menos en las etapas de crecimiento inicial de las plántulas, ya que el cerramiento ayuda a la regeneración de la flora, incremento de fauna y mejoramiento de la fertilidad del suelo.
- Utilizar las zanjas de infiltración para la reforestación en lugares de precipitación menor de 600mm anuales, suelos no muy profundos de hasta

50cm y en pendientes del 10 al 50%, ya que la zanja favorece la retención de agua y sedimentos.

- Que se realice un trabajo de investigación para evaluar la cantidad de sedimentos que atrapan las zanjas de infiltración en el área de la microcuenca.
- Inventariar la flora y fauna dentro y fuera de los ensayos para caracterizar y comparar las áreas reforestadas con las que están a merced de las actividades humanas; y, para incrementar la base de datos correspondiente a estos recursos.
- Contribuir a la preservación y conservación de la zona ya que mostró ser de alta diversidad florística.
- Impulsar campañas de conservación del ambiente por parte de organismos seccionales (Gobierno Provincial, Municipio, Juntas Parroquiales), ONG's y dueños de predios, para emprender planes amplios de reforestación dentro de la microcuenca, ya que sumadas las clases VI y VII del mapa de clases agrológicas (Anexo 23), hay en toda la microcuenca, 1028.73ha de suelos no aptos para el cultivo, donde se debe realizar: protección, conservación y forestación. Esto permitiría crear bosques protectores que a futuro mantendrán la humedad, evitarán en gran medida la erosión del suelo, aumentarán la biodiversidad, mejorarán el paisaje de la zona, ayudando así a la conservación del lago Yahuarcocha que es un importante recurso de la provincia de Imbabura.

CAPÍTULO VII

RESUMEN

En la microcuenca de Yahuarcocha existe uso inadecuado de la tierra y disminución de la calidad escénica del paisaje. Una de las alternativas para atacar estos problemas es propiciar un adecuado manejo del suelo en función de la clase agrológica; sustituyendo los cultivos limpios por bosques protectores con especies nativas, aplicando prácticas de conservación convenientes.

La presente investigación constituyó la segunda fase de estudio contribuyendo al proyecto: “Recuperación y Protección de suelos y agua utilizando especies nativas en el entorno del lago Yahuarcocha”. Donde se estudiaron tres especies: *Acacia macracantha* H.&B., *Caesalpinia spinosa* M.&K. y *Schinus molle* L., utilizando zanjas de infiltración como medida para la conservación del suelo y el agua. La experimentación se realizó en cuatro sitios experimentales de la microcuenca.

Los objetivos específicos de esta investigación fueron:

- Evaluar el crecimiento y sobrevivencia de las especies en estudio en cada uno de los tratamientos: con humus, sin humus, siembra directa y plantadas, cada dos meses y relacionarlos con la época lluviosa y seca. Periodo 12 a 24 meses de instalado el ensayo.
- Determinar la incidencia de las zanjas de infiltración en la retención de humedad del suelo y comparar con los valores obtenidos de la precipitación.
- Evaluar las variaciones de flora y fauna nativa en los cuatro sitios experimentales.

- Medir las propiedades físico-químicas del suelo a los 18 meses, contados a partir de la instalación del ensayo, para establecer posibles cambios en relación con los datos obtenidos a los 10 meses de instalado el ensayo.
- Realizar la socialización del proyecto y sensibilización dentro del área de influencia, comprendiendo los sectores de San Miguel de Yahuarcocha y Aloburo.

Se aplicó el diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 12 tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: sobrevivencia, altura total y diámetro basal de cada tratamiento, contenido de humedad dentro y fuera de la área de influencia de la zanja; variación de las propiedades físico-químicas del suelo; diversidad y dominancia de flora; similaridad de flora y fauna en los cuatro sitios experimentales y aceptación del proyecto de los pobladores de San Miguel de Yahuarcocha y Aloburo.

Como resultados se tuvo que el sistema de plantación de material de vivero a los 24 meses de instalados los ensayos alcanzó los mayores valores; el faique con humus tuvo una sobrevivencia del 98% y una altura total de 131.5cm. En cuanto a diámetro basal el molle con humus alcanzó 2.52cm.

Se concluyó que: la sobrevivencia, altura total y diámetro basal está en relación con la especie, aplicación de humus, sistema de reforestación e influencia de la época del año lluviosa y seca. La zanja de infiltración contribuye a la retención de humedad del suelo. La fertilidad del suelo mejoró con el tiempo, especialmente en materia orgánica y nitrógeno total.

Se recomienda considerar los resultados de esta investigación para planes más amplios de reforestación en la microcuenca, donde existen al menos 1028.73ha en la cuenca media y baja, usando como especie promisoría el faique o espino; y, en segundo lugar el molle; aplicando humus, realizando zanjas de infiltración, con el fin de retener humedad y controlar la erosión.

CAPÍTULO VIII

SUMMARY

There is an inadequate usage of the earth as well as the decrease of the scenery quality of the landscape of the shore of Yahuarcocha. To face this problem is to promote an adequate direction of the earth in function of the agro-farming class, making substitutions of the cleaned crops for protective forests with native species applying convenient preservative trainings.

This research was the second stage of study contributing to the project “Recuperación y protección de suelos y agua utilizando especies nativas en el entorno del lago Yahuarcocha”. Where three species were investigated: *Acacia macracantha* H.&B., *Caesalpinia spinosa* M.&K. and *Schinus molle* L., using irrigation ditch to the conservations of the earth and land. The experimentations was applied into four experimental sites of the shore.

The specific objectives of this research were:

- To evaluate the growing and survival of the species in study in each treatment: with humus, without humus, direct and planted cultivation, every two months to be related with the rainy and dry weather. Period of twelve to twenty four months of setting the activity.
- To determine the incidence of the irrigation ditch in the humidity retention of the earth and to compare with the obtained results of the experiments.

- To evaluate of the variation of native flora and fauna in the four experimental sites.
- To measure the physical and chemical properties after the 18 months considering since the installation of the task to establish possible changes in relation with the obtained results after the 10 months of being installed.
- To realize the socialization of the project and sensibilization with in the influenced area between San Miguel de Yaguarcocha and Aloburo.

The completed block design was applied by chance with 12 treatments and 4 repetitions. The evaluated variables were: survivals, total height, and based diameter of each treatment, humidity inside and outside of the influenced area of the irrigation ditch; variation of the physical and chemical properties of the earth; diversity of the flora; similarity of flora and fauna in the four experimental sites and project acceptance of the inhabitants of San Miguel de Yahuarcocha and Aloburo.

As a result o we noticed that the cultivation system of the greenhouse material after 24 months of installation got the highest results; the faique with humus had survived the 98% and a total height of 131.5cm. Its based diameter the molle with humus has reached the 2.52cm.

As a conclusion I realized that the survival, total height, based diameter is in relation with the specie, humus application, deforestation system and its influence of the rainy and dry weather conditions. The irrigation ditch contributes to the humidity retention of the earth. The earth fertility improved with the time, especially in the organic field and total nitrogen.

It is recommended to consider the results of the research for more spacious deforestations plans on the shore where there is at least 1028.73ha of the shore, using the faique or espino; and the molle; applying humus realizing irrigation ditch to retain the humidity and to control the erosion.

CAPÍTULO IX

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- AÑAZCO, M.; LOJÁN, L. 2004. Productos forestales no madereros en el Ecuador, (PFNM) una aproximación a su diversidad y usos. Quito, FOSEFOR.
- BRACK, A.; MENDIOLA, V. 2000. Ecología del Perú, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Perú. Editorial Bruño. p. irr.
- CARLSON, P.; AÑAZCO M. 1990. Establecimiento y Manejo de Prácticas Agroforestales en la Sierra Ecuatoriana. Quito, Ec. Red Agro-Forestal Ecuatoriana, 187 p.
- CÉSPEDES, P. 2005-2006. Inventarios de flora y fauna. Universidad Técnica del Norte. (Correspondencia personal).
- COSTA RICA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA; MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES ENERGÍA Y MINAS. SEPSA. 1991. Metodología para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. San José, C.R. 51p.
- EDUCACIÓN AMBIENTAL. s.f. Disponible en: www.Ecopibes_com - ¿Que es la educación ambiental.htm. Consulta: noviembre 2007.
- EL SUELO. s.f. Disponible en: www.EDAFOLOGIA_ Lección 1_ ¿Que es el suelo.htm. Consulta: noviembre 2007
- ESTRADA, W. 2005. Ecología Terrestre. Universidad Técnica del Norte. (Correspondencia personal).
- ESTUDIO DEFINITIVO Yahuarcocha. 1996. Grupo Consultor.
- FUENTES, J.L. 1989. El suelo y los fertilizantes. 3era.ed. Madrid, Mundi-Prensa.

- GAVANDE, S.A. 1973. Física de suelos; Principios y aplicaciones. México D.F. LIMUSA. 352p.
- GUERRERO, C.; LÓPEZ, F. 1993. Árboles Nativos de la provincia de Loja. Loja, Ec.
- HUMUS DE LOMBRIZ. s.f. Disponible en: www.monografias.com/trabajos12/mncuarto/mncuarto.shtml#HUMUS. Consulta: noviembre 2007
- LOJÁN, L. 1992. El verdor de los Andes. Quito, Ec. Proyecto Desarrollo Forestal Participativo en los Andes. p. irr.
- IIRR-AVRDC (1997). Guía Práctica para su Huerto Familiar Orgánico. Quito-Ecuador, Segunda Edición, 251p.
- IÑIGUEZ, M.G. s.f. Edafología. Universidad Nacional de Loja. (Ec.). Departamento de Publicaciones. 221p.
- MOREJÓN, V.S.; MOREJÓN, J.L. 2007. Diagnóstico socioambiental participativo y programa de educación ambiental y manejo de los recursos naturales en las comunidades de San Isidro, La Libertad – Cantón Espejo, El Hato y Palo Blanco – Cantón Mira, Provincia del Carchi. Tesis de Grado de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Ibarra, Ec. Universidad Técnica del Norte.
- PAREDES, L. 2008. Alternativas de protección de suelos en la microcuenca Yahuarcocha mediante siembra directa de tres especies *Caesalpinia spinosa*, *Acacia macracantha* y *Schinus molle*, en zanjas de infiltración. Tesis de grado de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Ibarra, Ec. Universidad Técnica del Norte.
- PORTA CASANELLAS, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M. 2005. Agenda de campo de Suelos; Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente. Madrid, España. Mundi-Prensa. 541p.
- PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M. 2005. Agenda de campo de suelos. Cataluña- España, Mundi-Prensa.
- PROPIEDADES FÍSCAS DEL SUELO. s.f. Disponible en: www.propiedades.htm. Consulta: noviembre 2007

- PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO. s.f. Disponible en:
www.pdf.rincondelvago.com/propiedades-quimicas-del-suelo.html.
Consulta: noviembre 2007
- RED DE ACCIÓN EN ALTERNATIVAS AL USO DE AGROQUÍMICOS-
RAAA. 1999. Manejo Ecológico de Suelos; Conceptos, experiencias y
Técnicas. Ed. Por L.G. Osorio; H. Velásquez. Lima, Perú. Gráfica
Sttefany. 229p.
- RIDGELY, R.; GREENFIELD, P. s.f. Aves del Ecuador; Guía de Campo. Quito,
Ec. Impresión Colibrí Digital. v.1, 82p.
- RIST, S.; SAN MARTIN, Juan, 1993, Agroecología y Saber Campesino en la
Conservación de Suelos, AGRUCO, Segunda Edición, Editorial hisbol,
Cochabamba-Bolivia. 138 pp.
- SUQUILANDA, M. 1996. Serie de agricultura orgánica,. Quito, Ec. UPS
ediciones.
- USDA, 1999, Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo, s.n.t.
- VALAREZO, C. 2002. El suelo como recurso básico para el crecimiento de las
plantas, características físico-químicas y fertilidad. Loja, Ecuador.
Universidad Nacional 48p.
- VALLEJO, C. 1995. Alternativas de manejo y conservación de la cuenca
lacustre de Yahuarcocha. Tesis de Grado de Ingeniería Forestal. Ibarra,
Ec. Universidad Técnica del Norte.
- VOGEL, A.W. 1999. Conservar y Producir, cuidar el suelo para una agricultura
sostenible, Riobamba, Ec. Servicio Holandés de cooperación al desarrollo,
Fondo Ecuatoriano Populorun Progressio, ImpreFEPP, 125p.
- 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 Ingeniería Forestal. Ibarra, Ec. Universidad Técnica
del Norte.

YAGUANA, G. 2009. Alternativas de protección de suelos y aguas utilizando especies nativas en el entorno del lago Yahuarcocha. Universidad Técnica del Norte. (Ec.). Centro de Ciencia y Tecnología. 183p.

ZANJAS DE INFILTRACIÓN. s.f. Disponible en:
www.geocities.com/raaaperu/consu.html. Consulta: noviembre 2007

ANEXOS