

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES  
RENOVABLES**

**“ALTERNATIVAS DE PROTECCIÓN DE SUELOS EN LA  
MICROCUENCA YAHUARCOCHA MEDIANTE LA  
PLANTACIÓN DE ESPECIES *Caesalpinia spinosa*, *Acacia  
macracantha* y *Schinus molle*, EN ZANJAS DE INFILTRACIÓN”**

Tesis previa a la obtención del Título de: Ingeniera en Recursos Naturales Renovables

**Autora:**

**Fernanda Anali Isacás Cerón.**

**Directora de Tesis:**

**Ing. Gladys Yaguana.**

**Ibarra – Ecuador**

**2008**

## **PROBLEMA**

La laguna de Yahuarcocha por su parte, constituye un importante recolector de la erosión de las montañas que la rodean así como de desechos y sedimentos arrastrados por los canales que llegan hacia ella, debido a la inadecuada utilización del suelo y a la cada vez más escasa cobertura vegetal de su entorno. Estos factores producen contaminación y disminuyen la profundidad y el espejo de agua

## **JUSTIFICACIÓN**

Con la presente investigación se determinó alternativas de protección y mejoramiento de los suelos erosionados de la cuenca lacustre Yahuarcocha, para salvaguardar la red hidrográfica y disminuir el arrastre de sedimentos hacia la laguna misma que es el principal atractivo turístico de la ciudad de Ibarra.

Se probaron tres especies nativas: faique *Acacia macracantha* Humb et Bompl; guarango *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze y molle *Schinus molle* L., que fueron seleccionadas con base en la vegetación existente en la zona, por su utilidad como protectoras del suelo, por su resistencia a la sequía y su adaptación a suelos endurecidos. Además estas especies tienen interesantes aplicaciones para la agricultura medicina e industria.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

Contribuir con alternativas para la protección de suelos erosionados de la parte media de la microcuenca Yahuarcocha, mediante la plantación de tres especies nativas dispuestas en zanjas de infiltración, para disminuir el arrastre de sedimentos hacia la laguna.

### **Objetivos Específicos:**

- Determinar las características biofísicas – químicas del área de estudio antes y a los 10 meses de instalado el ensayo.
- Evaluar el crecimiento de las especies, en diámetro basal y altura, porcentaje de sobrevivencia y estado sanitario en condiciones de vivero.
- Determinar el crecimiento inicial de las especies plantadas, en condiciones de campo; en cada uno de los tratamientos: con humus y sin humus en cuatro sitios de la microcuenca.
- Comparar el contenido de humedad del suelo con zanjas y sin zanjas de infiltración, en función de variaciones climáticas.
- Determinar costos de los tratamientos.

## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y METODOS**

Los materiales y equipos que se utilizó en el desarrollo de la investigación fueron los siguientes:

- Equipos
- Balanza analítica
- Estufa
- Caja petri
- Materiales de Campo
- Cámara digital
- Productos fitosanitarios
- Regadera
- Estacas
- Uña para alambrear
- Clinómetro
- Carretilla
- Martillo
- Machetes
- Palas
- Barras
- Semillas de las tres especies
- Calibrador pie de rey
- Manguera con accesorios
- Postes
- Rollos de alambre de púas
- Caja de grapas
- Flexómetro
- Tijera podadora
- Cinta métrica
- Barreno
- Zaran
- Muestreador para densidad en campo
- Tierra negra
- Pomina

## **MÉTODOS**

El estudio se realizó en cuatro sitios experimentales ubicados en el entorno del Lago Yahuarcocha, situado a 5Km al noreste de la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura.

### **Características del Experimento**

Se utilizó semillas de tres especies nativas: *Acacia macracantha*, *Caesalpinia spinosa* y *Schinus molle*, utilizando plantas producidas en el vivero de Yuyucocha, en donde se evaluó diámetro basal y altura total, porcentaje de germinación y sobrevivencia.

En cada uno de los sitios experimentales se instalaron 6 parcelas resultantes de combinar las tres especies nativas con humus y sin humus. Cada parcela tuvo 12 individuos plantados en hoyos de 40 x 40 x 40cm al pie de zanjas de infiltración. Los espacios experimentales fueron protegidos para evitar el acceso de animales. Se realizó análisis del suelo a los 0 y a los 10 meses de instalado el ensayo; además se estudió las propiedades físicas del suelo. Se evaluó el diámetro basal y la altura para evaluar el crecimiento cada 2 meses.

### **Factores en Estudio**

Se utilizó dos factores en estudio para la investigación de Alternativas de protección de suelos:

Factor A (Especies) y Factor B (Humus).

### **Tratamientos**

Faique sin humus	:	E1H1
Faique con humus	:	E1H2
Guarango sin humus	:	E2H1
Guarango con humus	:	E2H2
Molle sin humus	:	E3H1
Molle con humus	:	E3H2

## **Diseño Experimental**

El diseño utilizado fue el de bloques completamente al azar con seis tratamientos y doce repeticiones. Para la tabulación de datos se utilizó el programa estadístico MSTAT.

FA. Se utilizó la prueba de TUKEY para las tres especies.

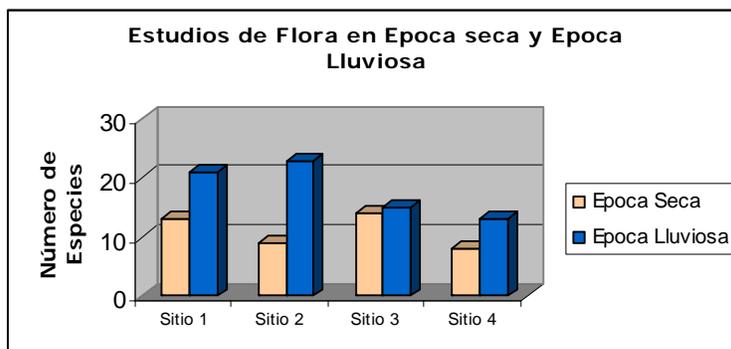
FB. Se utilizó la prueba DMS para la aplicación de humus.

FA x FB Se utilizó la prueba de DUNCAN para tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Inventario de Flora

Se determinó que en la época lluviosa hay mayor abundancia de especies mientras que en la época seca disminuye debido a la poca retención de humedad.

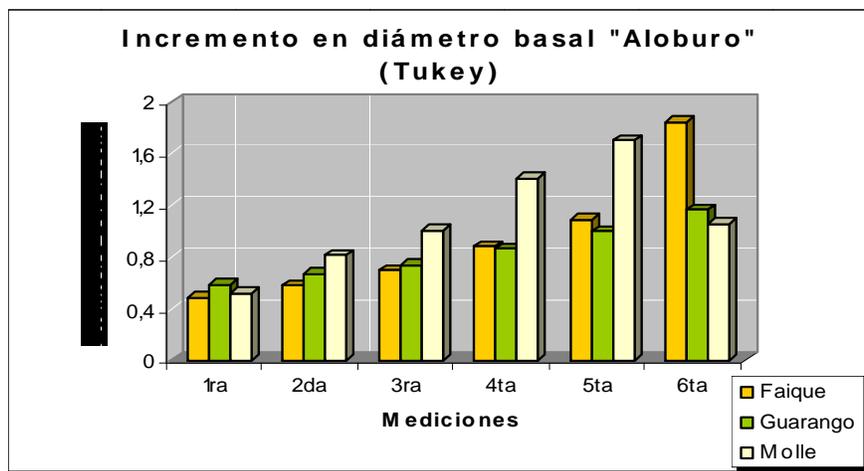


En los resultados de análisis de suelos se comprobó que hubo mejorías en los cuatro sitios tanto en macro y microelementos; además hubo un incremento en el contenido de materia orgánica.

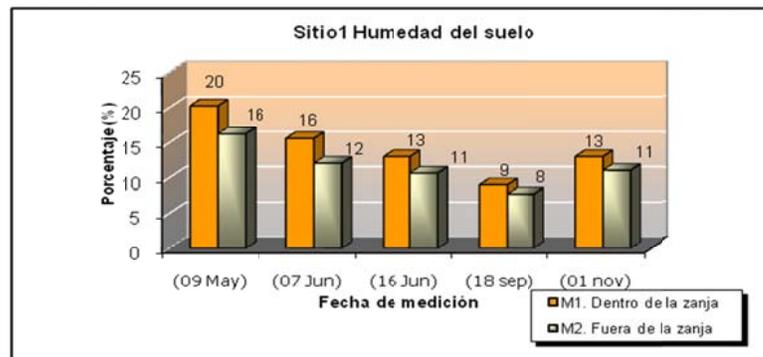
Nutriente ppm	Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4									
	0 meses	10 meses														
P	3	Bajo	3,5	Bajo	7,2	Bajo	8,8	Bajo	3	Bajo	3,5	Bajo	3,2	Bajo	5	Bajo
Fe	22	Medio	35,3	Medio	48	Alto	39,4	Medio	32	Medio	19	Bajo	15	Bajo	14,1	Bajo
Mn	3	Bajo	6,3	Medio	3	Bajo	6	Medio	4	Bajo	4,6	Bajo	2	Bajo	3,2	Bajo
Cu	7	Alto	4,8	Alto	8	Alto	5,7	Alto	7	Alto	4,3	Alto	8	Alto	6	Alto
Zn	2	Bajo	1	Bajo	2	Bajo	1,5	Bajo	2	Bajo	1,1	Bajo	2	Bajo	1	Bajo
B	0,6	Bajo	0,37	Bajo	0,45	Bajo	0,38	Bajo	0,52	Bajo	0,37	Bajo	0,5	Bajo	0,35	Bajo
S	14	Medio	14	Medio	9	Bajo	40	Alto	8	Bajo	25	Alto	11	Bajo	37	Alto
<b>Cmol/kg</b>																
K	1,12	Alto	0,66	Alto	0,66	Alto	0,51	Alto	1,12	Alto	0,66	Alto	1,22	Alto	0,76	Alto
Ca	8,25	Alto	8,05	Alto	10	Alto	6,5	Alto	8,3	Alto	8,85	Alto	8,75	Alto	7,1	Alto
Mg	4,19	Alto	3,87	Alto	3,45	Alto	3,21	Alto	4,27	Alto	4,85	Alto	4,53	Alto	4,28	Alto
%																
M.O.	1,83	Medio	3,52	Alto	3,49	Alto	3,21	Alto	2,41	Alto	5,03	Alto	1,67	Medio	2,5	Alto
N. Total	0,05	Bajo	0,18	Medio	0,17	Medio	0,16	Medio	0,12	Bajo	0,25	Medio	0,08	Bajo	0,12	Bajo

A = Alto    M = Medio    B = Bajo

Los resultados de los tratamientos, existe clara incidencia del humus, en el crecimiento de especies. En el sitio 1 Olivo Alto, el faique con humus demostró mayor desarrollo en altura con un valor de 86.5cm y en diámetro el molle con humus 1.21cm respectivamente; mientras en el sitio 2 Tablón en diámetro fue el molle con humus con 1.91cm y en altura el faique con humus con 88cm. En el Sitio 3 Robayo en diámetro basal el mejor tratamiento fue el molle con humus con 1.87cm de diámetro basal promedio y en altura el faique con humus con 66.4cm de promedio. En el Sitio 4 Aloburo el mejor tratamiento en diámetro basal molle con humus con un valor de 2.04cm y en altura el faique con humus 83.8cm.



Las zanjas de infiltración retienen mayor humedad bajo la zanja mientras que fuera de la zanja existe mayor evapotranspiración.



El método más aconsejable para la reforestación es mediante la producción de plantas en vivero; debido a que obtuvo el 100% de sobrevivencia.

## CONCLUSIONES

- La reforestación en suelos erosionados de Yahuarcocha, utilizando especies nativas: *Acacia macracantha*, *Caesalpinia spinosa* y *Schinus molle*, contribuye a mejorar las propiedades físico químicas del suelo notándose un incremento del contenido de materia orgánica, macro y micro nutrientes.
- La cantidad de especies de flora es mayor en época lluviosa que en época seca debido al contenido de humedad presente en el suelo.
- El cerramiento ayuda a la regeneración de flora es de similar forma en cada uno de los cuatro sitios experimentales, siendo la familia *Asteraceae* la que más se regenera y muestra hábitos cosmopolitas.
- En los sitios de investigación hubo un incremento en las especies de fauna ya que se mejoraron las condiciones naturales y por ende el hábitat fue modificado favorablemente, encontrándose incluso en el sitio 3 (Robayo) la presencia de *Pseudalopex culpaeus* (lobo de páramo).
- En condiciones de vivero el mayor porcentaje de germinación lo tiene el guarango (43.8%), seguido del faique con 43.8%; y finalmente el molle con 26.6%.
- El porcentaje de sobrevivencia para el faique es de 100%; para el guarango 95.6% y finalmente para el molle 85.3% ya que es más susceptible a enfermedades.
- En vivero se observa un mayor crecimiento en diámetro basal en el molle con 0.41cm, seguido faique con 0.40cm y al final guarango con 0.38cm de diámetro.
- En el crecimiento en altura, en vivero, la especie que más se desarrolla es el faique que alcanzó promedios de 27.83cm y mayor rusticidad que el guarango y el molle.
- Los resultados de los tratamientos, existe clara incidencia del humus, en el crecimiento de especies. En el sitio 1 Olivo Alto, el faique con humus demostró

mayor desarrollo en altura con un valor de 86.5cm y en diámetro el molle con humus 1.21cm respectivamente; mientras en el sitio 2 Tablón en diámetro fue el molle con humus con 1.91cm y en altura el faique con humus con 88cm. En el Sitio 3 Robayo en diámetro basal el mejor tratamiento fue el molle con humus con 1.87cm de diámetro basal promedio y en altura el faique con humus con 66.4cm de promedio. En el Sitio 4 Aloburo el mejor tratamiento en diámetro basal molle con humus con un valor de 2.04cm y en altura el faique con humus 83.8cm.

- La zanja de infiltración contribuye a la retención de humedad pues los valores de ésta son mayores bajo la zanja que fuera de ella y tienen relación directa con la cantidad de precipitación que reciba el suelo los promedio de humedad bajo la zanja fueron de 13.55 % y fuera de ella de 11.25% en los sitios 1, 2, 3 y 4 en su orden.
- El faique demostró ser una especie resistente a la sequía y no requiere de mayor cuidado, en comparación con las otras especies: guarango y molle; por lo tanto, es especie pionera para la reforestación de la microcuenca Yahuarcocha.
- El método más aconsejable para la reforestación en Yahuarcocha es la utilización de plántulas producidas en vivero; toda vez que, mostró mejores resultados en comparación con la siembra directa, pues la sobrevivencia en condiciones de campo, para todos los tratamientos, fue del 100% hasta los 10 meses de instalado el ensayo.

## **Recomendaciones**

- Realizar un seguimiento de las especies evaluando el diámetro y altura durante al menos tres a cinco años, para poder observar el comportamiento ya que son especies de crecimiento lento.
- Efectuar estudios de comportamiento en vivero utilizando procedencias de las tres especies nativas para determinar aquellas que muestren mejores características fenotípicas y puedan tener mejor éxito en el sitio definitivo.
- De ser posible instalar pluviómetros en los cuatro sitios experimentales con el fin de medir probables cambios en los valores de precipitación que puedan incidir en el crecimiento de especies.
- Realizar inventarios de flora fuera y dentro de los ensayos para comparar la regeneración natural de las especies y ver la influencia del cercado y no presencia de pastoreo.
- Utilizar las zanjas de infiltración para reforestación lugares de baja precipitación, donde llueva menos de 600mm.

## LITERATURA CITADA

- AÑAZCO, M.; LOJAN, L.; YAGUACHE, R. 2004. Productos forestales no madereros en el Ecuador, (PFNM) una aproximación a su diversidad y usos. p 160.
- BARRAGÁN, R. 1997. Principios de diseño experimental. Ibarra, Universidad Técnica del Norte
- BAUTISTA, C.; ETCHEVERS, J.; CASTILLO, C. et al, 2004, La calidad del suelo y sus indicadores. Revista Ecosistemas.
- CAÑADAS, L. 1983. Mapa bioclimático del Ecuador. Quito.
- CUSTODE, G.; VALAREZO, C. 2002. Los suelos serranos: características y sensibilidad a la erosión y capacidad de uso. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja. 42p
- EDAFOLOGIA, 2004, ([http:// edafología.urg.es/introeda/tema04/text.htm](http://edafología.urg.es/introeda/tema04/text.htm))
- EDWARJ. PLASTER, 2000 La ciencia del suelo y su manejo Editorial Paraninfo s.n.t
- FUENTES, L., Ingeniero Agrónomo, Servicio de Extensión Agraria, Madrid en la H D 1/87 del N° de Agricultura, Pesca y Alimentación, páginas 23 y 24. La Roda. Enero 1998
- FUENTES Y., J. L. El suelo y los fertilizantes. Tercera Ed Ediciones Mundi Prensa Madrid, 1989 (p 19..32)
- FITZPATRICK, E., 1996 Introducción a la ciencia de los suelos. México. Primera Edición. p.288
- GLENN, G., 1986. Guía sobre la repoblación forestal en la sierra ecuatoriana. P. 208
- GUERRERO, C.; LOPEZ , F. 1993. Árboles nativos de la provincia de Loja. P 182
- GARCÍA, B. 2004. Guía para la recolección, procesamiento, almacenamiento y análisis de Semillas Forestales. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- LOJÁN, L. 1992. El verdor de los andes. Quito, Ecuador. Proyecto Desarrollo Forestal Participativo en los Andes. p. 122 – 126, 144-154.
- NOVILLO, H. 1985. Mejoramiento del sistema agrosilvopastoril en Centro Loja, una propuesta ecológica y social. Loja, Ecuador. Centro Andino de Tecnología Rural. 30p.
- PRADO, L.; VALDEBENITO, M. 2000. Contribución a la fenología de especies forestales nativas andinas de Bolivia y Ecuador. p 50-51.

- INPOFOS (Instituto de la potasa y el Fósforo) Manual internacional de la fertilidad de Suelos.
- RODRÍGUEZ, L. 1996. Impactos ambientales del riego en ladera. Cali, Colombia. BID, Instituto Internacional del Manejo de la Irrigación.
- SANTILLAN, C., 2006. Subsector forestal. Quito. Ministerio del Ambiente. p.
- USDA 1999, Guía para la Evaluación de la calidad y salud del suelo. Agosto, snt
- VÁZQUEZ,  
.C.[www.faosict.un.hn/guias%20didacticas/MANUAL\\_AGROFORESTAL.PDF](http://www.faosict.un.hn/guias%20didacticas/MANUAL_AGROFORESTAL.PDF)
- VALLEJO, C. 1995. Alternativas de manejo y conservación de la cuenca lacustre de Yahuarcocha. Tesis de Grado de Ingeniera Forestal. Ibarra, Ecuador. Universidad Técnica del Norte. 190p.
- VALAREZO, C. 2001. El suelo como recurso básico para el crecimiento de las plantas.
- HENAO, J. 1998. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Bogota, Universidad Santo Tomas de Aquino. 399 p.
- USDA 1992. Manual de conservación de suelos. Editorial Limusa Mexico 332 p.
- WINTERS, P. 1998. Manejo de los recursos en los andes ecuatorianos. Quito 60p.