

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
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”**

Tesis de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables

AUTORES:

Margarita Cumandá Vaca Sierra

Santiago Andrés Flores Rivera

DIRECTORA:

Ing. Gladys Yaguana

Ibarra – Ecuador
2009

PRESENTACIÓN

Los resultados, discusión, conclusiones y demás partes de la presente investigación son responsabilidad de los autores.

Margarita Cumandá Vaca Sierra

Santiago Andrés Flores Rivera

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Ramiro y Ruth; a mis hermanos Tulia, Adriana, Lorena y Fabián; a la memoria de mi querido tío Alfonsi; los seres más importantes de mi vida, que en el transcurso de mi carrera supieron darme confianza, apoyo, amor y fortaleza, compartiendo momentos difíciles e impulsándome siempre a cumplir esta meta tan anhelada.

Margarita

Dedico a mi ser superior DIOS que me ha llenado de amor, cariño, comprensión y a dar siempre lo mejor de mí, al ser que permitió que abra mi mente y corazón para entregar todo el amor que hay en mí, señor llena mi vida de bendiciones.

Dedico al ser maravilloso quien me vio nacer, quien me ha enseñado a caminar la que siempre ha estado a mi lado, a la persona que siempre me ha apoyando, brindándome su cariño y comprensión con todo su amor, gracias por ser maravillosa MADRE.

Dedico a mi hermano Darwin con quien he compartido de los buenos momentos que la vida nos da, siendo una fuente de inspiración para ser cada día mejor, que el señor le bendiga y siga por el camino del bien

Dedico a mi familia con quienes he podido disfrutar de momentos inolvidables que siempre estarán presentes en mi mente y corazón especialmente a mi abuelita.

Dedico a las personas que me han apoyado y me han dado la mano durante mis años de estudio, el cual me ha enseñado que a pesar de los problemas hay que seguir adelante para poder cumplir las metas y sueños propuestos, que Dios las bendiga.

Santiago

AGRADECIMIENTO

Nuestros sinceros agradecimientos a nuestra directora de tesis Ing. Gladys Yaguana, quién con su gestión y extraordinaria labor ha hecho posible la culminación de este importante proyecto.

A la Universidad Técnica del Norte, templo del saber, donde hemos forjado nuestros conocimientos y en parte nos brindó el apoyo económico; al Consejo Nacional de Educación Superior (CONESUP), institución cofinanciadora.

A nuestros queridos amigos y asesores Ing. Fabián Burbano, Ing. Guillermo Beltrán y Biól. Galo Pabón, quienes con sus valiosos conocimientos y enseñanzas nos orientaron en el trascurso de la investigación.

A nuestro gentil amigo Ing. Manuel Aguilar, por el apoyo brindado en esta importante etapa.

CONTENIDO

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	3
1.1.1 Objetivo general	3
1.1.2 Objetivos específicos	3
1.2 HIPÓTESIS	4

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 EL SUELO	5
2.1.1 Degradación del suelo	5
2.1.1.1 Erosión	5
2.1.1.2 Deterioro Químico	6
2.1.1.3 Deterioro Físico	7
2.1.1.4 Deterioro Biológico	7
2.1.2 Propiedades Físicas	8
2.1.2.1 Color	8
2.1.2.2 Textura	8
2.1.2.3 Estructura	9
2.1.2.4 Humedad	10
2.1.3 Propiedades Físico – Químicas	11
2.1.3.1 Densidad del Suelo	11
2.1.3.2 Cambio iónico	12
2.1.4 Propiedades Químicas	12
2.1.4.1 Materia orgánica	13
2.1.4.2 Fertilidad	14
2.1.4.3 Acidez –Alcalinidad	15
2.2 CLASIFICACIÓN AGROLÓGICA	16
2.3 PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DEL SUELO	17
2.4 ZANJAS DE INFILTRACIÓN	18

2.4.1	Ventajas	20
2.4.2	Desventajas	20
2.4.3	Construcción de la zanja	20
2.4.4	Zanja y plantación de árboles	20
2.4.5	Cuidados de la zanja de infiltración	21
2.5	CUIDADO DE ESPECIES PLANTADAS	21
2.5.1	Seguimiento	22
2.5.2	Cuidado de los Árboles	22
2.5.3	Deshierbe	22
2.5.4	Replante	23
2.6	TÉCNICAS PARA MANTENER LA FERTILIDAD DEL SUELO	23
2.6.1	Los abonos orgánicos	24
2.6.2	Ventajas del abonamiento natural	24
2.7	HUMUS DE LOMBRIZ	25
2.7.1	Elementos del humus de lombriz	25
2.7.2	Características y propiedades del humus	26
2.7.3	Formas de aplicación	27
2.8	SUCESIÓN NATURAL	27
2.8.1	Tipos de sucesión	28
2.8.1.1	Sucesión evolutiva	28
2.8.1.2	Sucesión primaria	28
2.8.1.3	Sucesión secundaria	28
2.8.2	Sucesión y manejo de la tierra	29
2.9	ANALISIS DE FLORA	29
2.9.1	Muestreo de flora	29
2.9.2	Método de Área Mínima	29
2.9.3	Índice de Similitud de Sorenson	30
2.10	DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES	31
2.10.1	Faique: <i>Acacia macracantha</i> Humb. et Bompl.	31
2.10.2	Guarango: <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze	32
2.10.3	Molle: <i>Schinus molle</i> L.	33

2.11 MICROCUENCA DEL LAGO YAHUARCOCHA	34
2.11.1 Red hidrográfica	34
2.11.2 Zonas de vida	35
2.12 EDUCACIÓN AMBIENTAL	36
2.12.1 Definición de Educación Ambiental	37
2.12.2 Educación Ambiental Formal	37
2.12.3 Educación Ambiental No Formal	37
2.12.4 Educación Ambiental Informal	37
2.12.5 Objetivos de la Educación Ambiental	37
2.12.6 Sensibilización y Educación	38
CAPITULO III	
3. MATERIALES Y MÉTODOS	39
3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	39
3.1.1 Ubicación de la microcuenca	39
3.1.2 Características generales de los sitios	41
3.1.3 Caracterización Limnológica de Yahuarcocha	42
3.1.4 Características de la investigación	42
3.2 MATERIALES UTILIZADOS	44
3.3 METODOLOGÍA	45
3.3.1 Supervivencia y crecimiento de las especies estudiadas y correlación con los datos de precipitación y temperatura	45
3.3.1.1 Porcentaje de supervivencia	45
3.3.1.2 Medición de altura total y diámetro basal	46
3.3.1.3 Datos de precipitación y temperatura	47
3.3.2 Incidencia de las zanjas de infiltración en la conservación de humedad del suelo y comparación con valores de precipitación	47
3.3.3 Cambios en las propiedades físico-químicas del suelo a los 18 meses de la instalación del ensayo	48
3.3.4 Evaluación de la variación de flora y fauna	48
3.3.4.1 Análisis de flora	48
3.3.4.2 Recolección e identificación de muestras botánicas	49

3.3.4.3 Análisis de fauna	50
3.3.5 Socialización del proyecto y sensibilización dentro del área de estudio	50
3.3.5.1 Difusión de resultados y aceptación del grupo de estudio	50
3.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	52
3.5 ELABORACIÓN DE MAPAS	54
CAPÍTULO IV	
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
4.1 Supervivencia y crecimiento de las especies estudiadas y relación con la precipitación	55
4.1.1 Diagrama Ombrotérmico	55
4.1.2 Supervivencia	56
4.1.2.1 Supervivencia por tratamiento y especie en el sistema de plantación de material de vivero	56
4.1.2.2 Supervivencia por tratamiento y especie en el sistema de siembra directa	58
4.1.3 Altura Total	61
4.1.3.1 Altura Total por tratamiento y especie en el sistema de plantación de material de vivero	61
4.1.3.2 Altura Total por tratamiento y especie en el sistema de siembra directa de semillas en el campo	64
4.1.4 Diámetro Basal	67
4.1.4.1 Diámetro Basal por tratamiento y especie en el sistema de plantación de material de vivero	67
4.1.4.2 Diámetro Basal por tratamiento y especie en el sistema de siembra directa	70
4.2 Incidencia de las zanjas de infiltración en la conservación de humedad del suelo y comparación con valores de precipitación	73
4.3 Cambios en las propiedades físico-químicas del suelo a los 18 meses contados a partir de la instalación del ensayo.	75
4.3.1 pH en los cuatro sitios de estudio	76
4.3.2 Contenido de materia orgánica de los cuatro sitios de estudio	77

4.3.3	Contenido de nitrógeno total de los cuatro sitios de estudio	78
4.3.4	Contenido de fósforo de los cuatro sitios de estudio	79
4.3.5	Contenido de potasio de los cuatro sitios de estudio	80
4.3.6	Contenido de calcio, magnesio, azufre y micronutrientes	80
4.4	EVALUACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FLORA Y FAUNA	81
4.4.1	Evaluación de Flora	81
4.4.1.1	Similaridad	81
4.4.1.2	Diversidad	84
4.4.1.3	Dominancia	85
4.4.2	Evaluación de Fauna	87
4.4.2.1	Similaridad	87
4.5	SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO Y SENSIBILIZACIÓN DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO	90
4.5.1	Talleres	90
4.5.2	Encuestas	94
	CAPÍTULO V	
5.	CONCLUSIONES	101
	CAPÍTULO VI	
6.	RECOMENDACIONES	104
	CAPÍTULO VII	
7.	RESUMEN	106
	CAPÍTULO VIII	
8.	SUMMARY	108
	CAPÍTULO IX	
9.	BIBLIOGRAFÍA	110
	CAPÍTULO X	
10.	ANEXOS	114

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Composición del humus de lombriz.	26
Cuadro 2.	Características generales de los sitios, Yahuarcocha, UTN, 2007-2008	41
Cuadro 3.	Materiales e instrumentos utilizados en la investigación. Yahuarcocha, UTN, 2007- 2008	44
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.	57
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.	59
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.	63
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	66
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	69
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	72
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	75
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	76
Cuadro 12.	Índice de Diversidad de Simpson, por época para los cuatro sitios experimentales. Yahuarcocha, UTN, 2008	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Simbología de los tratamientos. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008	44
-----------------	---	----

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1.	Ubicación geográfica de los sitios de estudio. Yahuarcocha”. UTN, 2007–2008	40
----------------	---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Construcción y dimensiones de la zanja de infiltración	18
Figura 2.	Modelo de muestreo para evaluación del área mínima	30
Figura 3.	Distribución de unidades experimentales en cada ensayo. Yahuarcocha, UTN, 2007 – 2008.	43
Figura 4.	Precipitación vs. Temperatura periodo Nov/2007–Nov/2008, Estación Climatológica PUCESI- Ibarra, UTN, 2007-2008	55
Figura 5.	Sobrevivencia de 12 a 24 meses del trasplante de cada tratamiento en el sistema de plantación. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008	56
Figura 6.	Sobrevivencia de 12 a 24 meses del trasplante de cada especie en el sistema de plantación. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008	58
Figura 7.	Sobrevivencia de 12 a 24 meses del trasplante de cada tratamiento en el sistema de siembra directa. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008	59
Figura 8.	Sobrevivencia de 12 a 24 meses del trasplante de cada especie en el sistema de siembra directa. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008	60
Figura 9.	Altura total de 12 a 24 meses del trasplante de cada tratamiento en el sistema de plantación. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008	62
Figura 10.	Altura total de 12 a 24 meses del trasplante de cada especie en el sistema de plantación. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008	63
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	65
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	67
Figura 13.	Diámetro basal de 12 a 24 meses del trasplante por tratamiento en el sistema de plantación, Yahuarcocha, UTN, 2007-2008	68
Figura 14.	Diámetro basal de 12 a 24 meses del trasplante por especie en el sistema de plantación, Yahuarcocha, UTN, 2007-2008	70
Figura 15.	Diámetro basal de 13 a 24 meses de la siembra por tratamiento en el sistema de plantación, Yahuarcocha, UTN, 2007-2008	71
Figura 16.	Diámetro basal de 13 a 24 meses de la siembra por especie en el sistema de siembra directa, Yahuarcocha, UTN, 2007-2008	72
Figura 17.	Contenido de humedad del suelo bajo la influencia de la zanja de infiltración y fuera de ella. Yahuarcocha, UTN, 2007-2008	74
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	77
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	78
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	79

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	80
Figura 26. Dendograma de similaridad de flora en época lluviosa aplicando el índice cualitativo de SORENSON, UTN, 2007-2008	82
Figura 27. Dendograma de similaridad de flora en época seca aplicando el índice cualitativo de SORENSON, UTN, 2007-2008	83
Figura 28. Índice de Diversidad de Simpson. Yahuarcocha, UTN, 2008	84
Figura 29. Dominancia relativa de Familias botánicas en época lluviosa. Yahuarcocha, UTN, 2008	86
Figura 30. Dominancia relativa de Familias botánicas en época seca. Yahuarcocha, UTN, 2008	87
Figura 31. Dendograma de similaridad de fauna en época lluviosa aplicando el índice cualitativo de SORENSON	88
Figura 32. Dendograma de similaridad de fauna en época seca aplicando el índice cualitativo de SORENSON	89
Figura 33. Especies de árboles sugeridas por los participantes de los talleres para reforestar el sector. Yahuarcocha	90
Figura 34. Especies de arbustos sugeridas por los participantes de los talleres para reforestar el sector. Yahuarcocha	91
Figura 35. Especies herbáceas sugeridas por los participantes de los talleres para sembrar en el sector. Yahuarcocha	92
Figura 36. Importancia de las especies en estudio: faique	92
Figura 37. Preferencia del sistema de reforestación de las especies: faique	93
Figura 38. Bienes (%) que poseen las personas encuestadas del área de influencia del proyecto. Yahuarcocha	94
Figura 39. % de personas encuestadas que creen que existe erosión del suelo en la comunidad. Yahuarcocha	95
Figura 40. % de personas encuestadas que estarían dispuestas a sembrar árboles en sus predios Yahuarcocha	96
Figura 41. % de personas encuestadas que conocen o no las ventajas del faique	97
Figura 42. Preferencia de las especies	98
Figura 43. Preferencia del sistema de reforestación por parte de las personas encuestadas. Yahuarcocha	98
Figura 44. Preferencia de las personas encuestadas por la UTN o IMI para trabajar en reforestación. Yahuarcocha	99
Figura 45. Disposición a participar en la reforestación de la microcuenca Yahuarcocha por parte de las personas encuestadas. Yahuarcocha	100

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Determinación de la sobrevivencia en el campo mediante observación directa. Yahuarcocha	45
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	46
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	47
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	48
Fotografía 11 y 12. Toma y preparación de muestras de suelo para determinar propiedades físico-químicas. Yahuarcocha	49
Fotografía 13 y 14. Determinación del área mínima. Yahuarcocha	50
Fotografía 15 y 16. Muestras botánicas obtenidas en los ensayos. Yahuarcocha	51
Fotografía 17 y 18. Difusión y Educación Ambiental en las escuelas del sector. Yahuarcocha	74
Fotografía 19 y 20. Zanjas de infiltración reteniendo humedad y sedimentos. Yahuarcocha	

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Boletines educativos para difusión y sensibilización dentro del área de influencia del proyecto	115
Anexo 2. Taller dirigido a participantes en el programa de difusión y sensibilización ambiental	119
Anexo 3. Encuesta cuestionario de aceptación del proyecto de investigación	120
Anexo 4. Supervivencia promedio de cada tratamiento para los cuatro sitios de estudio	122
Anexo 5. Altura total promedio de cada tratamiento en los cuatro sitios de estudio	124
Anexo 6. Diámetro basal promedio de cada tratamiento en los cuatro sitios de estudio.	126
Anexo 7. Cuadrado medio (CM) y su significancia estadística para la variable Altura Total (AT) en el sistema de plantación de material de vivero	128
Anexo 8. Cuadrado medio (CM) y su significancia estadística para la variable Diámetro Basal (DB) en el sistema de plantación de material de vivero	129
Anexo 9. Prueba Tukey al 5% para determinar las diferencias de crecimiento para la variable Altura Total (AT) de las especies en el sistema de plantación de material de vivero	130
Anexo 10. Prueba Tukey al 5% para determinar las diferencias de crecimiento para la variable Diámetro Basal (DB) de las especies en el sistema de plantación de material de vivero.	131
Anexo 11. Prueba Duncan al 5% para determinar las diferencias de crecimiento para la variable Altura Total (AT) de las especies en el sistema de plantación de material de vivero	132
Anexo 12. Prueba Duncan al 5% para determinar las diferencias de crecimiento para la variable Diámetro Basal (DB) de las especies en el sistema de plantación de material de vivero	132
Anexo 13. Prueba de “t” pareada para determinar las diferencias de crecimiento para la variable Altura Total (AT) con y sin humus en el sistema de plantación de material de vivero.	133
Anexo 14. Prueba de “t” pareada para determinar las diferencias de crecimiento para la variable Diámetro Basal (DB) con y sin humus en el sistema de plantación de material de vivero.	133
Anexo 15. Prueba de “t” pareada para determinar las diferencias de crecimiento para la variable Altura Total (AT) en el sistema de siembra directa para cada ensayo experimental.	134
Anexo 16. Prueba de “t” pareada para determinar las diferencias de crecimiento para la variable Diámetro Basal (DB) en el sistema de siembra directa para cada ensayo experimental.	136
Anexo 17. Datos climatológicos	139
Anexo 18. Contenido de humedad del suelo (%) en los sitios de estudio	140
Anexo 19. Inventarios de flora de los sitios experimentales en época seca y lluviosa	143
Anexo 20. Inventarios de fauna silvestre de los sitios experimentales en época seca y lluviosa	146

Anexo 21. Resultados de los talleres dirigidos a participantes en el programa de difusión y sensibilización ambiental	146
Anexo 22. Resultados de la encuesta cuestionario de aceptación del proyecto de investigación	147
Anexo 23. Mapas temáticos de la microcuenca Yahuarcocha	
• 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	153
• Mapa de suelos de la microcuenca Yahuarcocha	
• Mapa de pendientes de la microcuenca Yahuarcocha	
• Mapa de clases agrológicas	
Anexo 24. Anexo fotográfico	161