

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

CENTRO DE AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE

EVALUACIÓN DE CULTIVOS EN CALLEJONES CON *Guadua
angustifolia* Kunth Y CULTIVOS ANUALES EN RENDIMIENTO,
HOJARASCA Y EROSIÓN DEL SUELO

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
**MAESTRO EN CIENCIAS EN
AGROFORESTERÍA PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE**

P R E S E N T A:

DANIEL KLÉBER MORÁN ZULOAGA

Chapingo, Estado de México, junio de 2013.

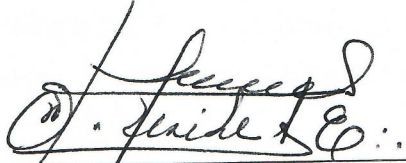
**EVALUACIÓN DE CULTIVOS EN CALLEJONES CON *Guadua angustifolia*
Kunth Y CULTIVOS ANUALES EN RENDIMIENTO, HOJARASCA Y
EROSIÓN DEL SUELO**

Tesis realizada por **Daniel Kléber Morán Zuloaga**, bajo la dirección del comité asesor
indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado
de:

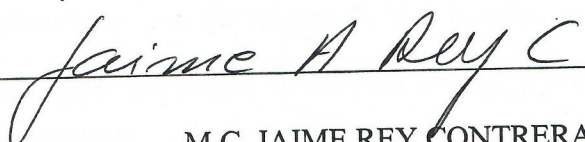
**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE**

DIRECTOR: _____

DR. LAKSMI REDDIAR KRISHNAMURTHY

ASESOR: _____

M.C. MIGUEL URIBE GÓMEZ

ASESOR: _____

M.C. JAIME REY CONTRERAS

**EVALUACIÓN DE CULTIVOS EN CALLEJONES CON *Guadua angustifolia*
Kunth Y CULTIVOS ANUALES EN RENDIMIENTO, HOJARASCA Y
EROSIÓN DEL SUELO**

Tesis realizada por **Daniel Kléber Morán Zuloaga**, bajo la dirección del comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE**

DIRECTOR: _____

DR. LAKSMI REDDIAR KRISHNAMURTHY

ASESOR: _____

M.C. MIGUEL URIBE GÓMEZ

ASESOR: _____

M.C. JAIME REY CONTRERAS

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Kléber Morán y Mariela Zuloaga, mis padres, ya que ellos me han enseñado el valor de la perseverancia, además de brindarme su incondicional apoyo, a mis hermanos Juan Luís y Mariella, por brindar alegrías y complementar nuestra familia.

A ESPOL, y su invaluable recurso humano, con su rector Dr. Moisés Tacle, Dr. Paúl Carrión, la gente del Proyecto para el Desarrollo de la Península a Reina Ordoñez, Nagib Chavarría, Wendy Mieles, Alejandro Salcedo; Miguel Quilambaqui y profesores Ing. Víctor Bastidas, (Dr. Rodolfo Maribona, Ing. Israel Arellano)[†], Mc. Ma. Fernanda Morales Mc. Haydee Torres, Mat. Cesar Guerrero, Mc. Gaudencio Zurita, Mc Jorge Medina y el Ing. Héctor Ayon.

A la Universidad Autónoma Chapingo, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría, y su personal Srta. Dolores Coronel, Alberto Pérez, Mc. Jaime Rey, Mc. Miguel Uribe y Dr. Krishnamurthy, Jorge Alatorre y mis compañeros de maestría.

A la Fundación BAMBULLACTA, por confiar en el proyecto y su representante, Arq. Marco Oviedo, Srta. Ma. Fernanda Silvestre, Ing. Robert Acosta, además del personal de campo los Sres. Catalino Chilán, Pablo Lino y Pablo Baque, Don Teófilo.

Al personal de INBAR, con el Arq. Jorge Morán, por sus consejos durante la exposición en el Simposio de Guadua, y también a la Ing. Carmen Guznay, Richard, Ing. Gerber Stegeman, y a la Lcda. Virginia Aristizábal y al Ing. Luís Fernando Botero de Colombia por todo su apoyo.

A el IECE de Guayaquil con la Lcda. Tejena, también a la Fundación CAPACITAR y su representante el Ing. Luís Parodi por los apoyos económicos para realizar mis estudios.

A la Universidad de Santiago de Compostela, Dra. Rosa Mosquera-Losada y Dr. Antonio Rigueiro, Ing. Mercedes Roíz, por brindarme la oportunidad de exponer los avances de mi tesis y darme la oportunidad de conocer la gente linda de España.

Y finalmente a DIOS por darme un día más de vida y dejarme terminar este trabajo que les presento a continuación.

[†] Paz en su tumba

DATOS BIOGRÁFICOS

Daniel Kléber Morán Zuloaga, nació en la ciudad Santiago de Guayaquil, capital de la provincia del Guayas en Ecuador, el 1 de junio de 1979, realizó sus estudios de primaria en la escuela Golfo de Guayaquil, la secundaria en la Academia Naval Almirante Illingworth graduándose en la especialidad Físico Matemático.

En 1997, ingreso a la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), donde realizó sus estudios en la carrera de tecnología en Agricultura en el Campus Daule, donde terminó sus estudios en 1999. En el mismo año, inicio sus estudios de postgrado con un diplomado sobre Biotecnología vegetal a cargo del Dr. Rodolfo Maribona con auspicio del Centro de Biotecnología del Ecuador. En enero de 2000 y hasta junio de 2002, inicio sus actividades laborales en el Programa para el Desarrollo de la Península de Santa Elena (PDPSE) como técnico de campo para asistencia rural, en el mismo período, también realizó un entrenamiento para la certificación de calidad ISO 9001. Sus actividades fueron asesoramiento técnico de préstamo a pequeños agricultores para la siembra de cultivos anuales con un fondo de 10,000 dólares anuales, también análisis FODA para la identificación de problemas y situación actual en comunidades rurales de la costa y capacitación de comuneros para el desarrollo de huertos caseros orgánicos en las comunas de Pechiche, Ancon, San Rafael y Prosperidad en colaboración con la Lcda. Mariela García de la Facultad de Arqueología de ESPOL.

En enero de 2003, ingresó como estudiante de tiempo completo a la maestría en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible en la Universidad Autónoma Chapingo.

Terminado sus estudios se reincorporara en como personal docente de ESPOL, en la Facultad de Mecánica y Ciencias de la Producción, en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, sus proyectos a futuro son estudiar un doctorado en ciencias Agrícolas y Forestales, realizar investigaciones con especies endémicas y difundir el buen manejo agrícola sostenible del Ecuador.

Evaluación de cultivos en callejones con *Guadua angustifolia* Kunth y cultivos anuales sobre rendimiento, hojarasca y erosión del suelo

Evaluation of alley cropping with *Guadua angustifolia* Kunth and seasonal crops on Yield, Leaf Litter and Soil Erosion

D. Morán, L. Krishnamurthy

RESUMEN

La siguiente investigación se realizó en plantaciones pertenecientes a la fundación Bambullacta, localizada al noroeste de la comuna La Entrada, 01° 40.050' S y 80° 45.180' O a 66 msnm, en la provincia del Guayas en Ecuador, durante el 2003 al 2004, con el objetivo de evaluar el volumen de producción, y la erosión del suelo, materia orgánica MO y nutrientes NPK perdidos en cultivos en callejones (sistema agroforestal) con *Guadua angustifolia* Kunth y cultivos anuales. El diseño experimental fue de bloques al azar con tres repeticiones y los siguientes cuatro tratamientos: cultivos en callejones (guadua y cacahuate *Arachis hypogaea* L/ maíz *Zea mays* L en rotación) plantación forestal (caña guadua), monocultivo (cacahuate/ maíz) y la parcela testigo de suelo sin cobertura vegetal, cada parcela con una dimensión de 12m x 18m. Las variables a medir fueron: los rendimientos de cacahuate y maíz como monocultivos y sistema de cultivos en callejones, hojarasca de caña guadua, y pérdida de suelo, materia orgánica MO y nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) de los sedimentos capturados en las cajas tipo Gerlach.

La rendimiento total anual de cacahuate y maíz en rotación bajo condiciones de cultivos en callejones con caña guadua, fue 1,086.73 kg ha⁻¹, y los monocultivos fue 1,312.65 kg ha⁻¹. La hojarasca de caña guadua bajo cultivos en callejones y monocultivo fue 8,896.6 kg ha⁻¹ y 6,497.7 kg ha⁻¹ al año respectivamente.

Los valores anuales de erosión del suelo recolectado fueron 25.17 kg ha⁻¹, 12.71 kg ha⁻¹, 12.30 kg ha⁻¹ y 8.72 kg ha⁻¹, respectivamente para el testigo, el sistema de cultivos en callejones, monocultivo de cacahuate y maíz en rotación y monocultivo de caña guadua. Los valores máximos de pérdida de materia orgánica (600 t ha⁻¹) fueron recolectados en el testigo, y el mínimo de 151.2 t ha⁻¹ en la plantación de caña guadua, mientras que valores de 167 t ha⁻¹ y 300.4 t ha⁻¹ en los sistemas agroforestal y monocultivo respectivamente. El máximo valor de pérdida de nitrógeno al año fue (640 kg ha⁻¹) reportado en la parcela testigo mientras que el mínimo fue 188 kg ha⁻¹ fue en el sistema agroforestal. La pérdida anual de nitrógeno en la plantación de caña guadua y monocultivo fueron 243 t ha⁻¹ y 340 t ha⁻¹. Los valores para pérdida de fósforo para el testigo, plantación de guadua, monocultivos anuales y el sistema agroforestal fueron 278 kg ha⁻¹, 103 kg ha⁻¹, 131 kg ha⁻¹ y 102 kg ha⁻¹. La mayor pérdida de potasio (1601 kg ha⁻¹) para el testigo y la mínima (1404 kg ha⁻¹) fue en el sistema agroforestal. La pérdida anual de potasio para la plantación de guadua y los monocultivos fueron 1601 kg ha⁻¹ y 1544 kg ha⁻¹.

El valor estimado del Uso Equivalente de la Tierra, LER con siglas en inglés, indican que la producción de cacahuate y maíz en rotación bajo condiciones de cultivos en callejones fue 2.57, lo que significa que la producción de cacahuate y maíz en rotación bajo condiciones cultivos en callejones presenta una ganancia positiva. Basándose en los resultados del experimento en el rendimiento positivo, erosión del suelo y pérdida de nutrientes, se puede concluir que el sistema agroforestal con caña guadua, cacahuate y maíz en rotación es agrónomicamente más productivo y conserva las condiciones naturales del suelo.

Palabras claves: Agroforestería, cultivos en callejones, hojarasca de caña guadua, erosión del suelo, uso equivalente de la tierra, Ecuador.

ABSTRACT

The present study was conducted in the plantations belonging to the Bambullacta Foundation located at the community of Entrada (01° 40.050' S y 80° 45.180' E, 66 msl), in the Northwest of the Guayas province of Ecuador, from 2003 through 2004, with the objective of evaluating the magnitude of production, soil erosion, organic matter and the NPK nutrient loss, in an alley cropping (agroforestry) system with *Guadua angustifolia* Kunth and seasonal crops. The experiment consisted of random blocks with three repetitions of the following four treatments: alley cropping (guadua and groundnut (*Arachis hypogaea* L)/ maize (*Zea mays* L) in rotation), forest plantation (guadua), sole crops (groundnut/maize) and test plot, each plot with 12 m x 18 m size. The following variables were measured: yield for groundnut and maize as sole crop and alley cropping system, litter fall of guadua, and soil erosion, organic matter and NPK nutrient content in sediments collected using Gerlach box.

The total annual yield of groundnut and maize in rotation under alley cropping condition with guadua was 1,086.73 kg ha⁻¹ and that of sole crops was 1,312.65 kg ha⁻¹. The leaf litter for guadua under alley cropping and sole crop conditions were 8,896.6 kg ha⁻¹ and 6,497.7 kg ha⁻¹ year, respectively.

The values of annual soil erosion recorded through sediment collection were 25.17 kg ha⁻¹, 12.71 kg ha⁻¹, 12.30 kg ha⁻¹ and 8.72 kg ha⁻¹, respectively for test plot, alley cropping system, plot with sole crops, and sole crop guadua. The maximum amount of organic matter loss (600 t ha⁻¹) was recorded for test plot and the minimum of 151.2 t ha⁻¹ for guadua plantation; while the values were 167 and 300.4 t ha⁻¹ for agroforestry and sole crop systems. The maximum amount of nitrogen loss per year (640 kg ha⁻¹) was observed in the test plot while the minimum 188 kg ha⁻¹ was recorded for agroforestry system. The annual loss of nitrogen for guadua plantation and sole crop systems were, respectively, 243 t ha⁻¹, 340 t ha⁻¹. The values of annual loss of phosphorous for test plot, guadua plantation, sole crops, and agroforestry system were, respectively, 278 kg ha⁻¹, 103 kg ha⁻¹, 131 kg ha⁻¹, and 102 kg ha⁻¹. The loss of potassium was highest (1601 kg ha⁻¹) for test plot and the minimum (1404 kg ha⁻¹) was observed for agroforestry system. The annual loss of potassium for guadua plantation and sole crops were, respectively, 1601 kg ha⁻¹ and 1544 kg ha⁻¹.

The estimated value of Land Equivalent Ratio for the present experiment was 2.57; indicating that yield of groundnut and maize in rotation under alley cropping condition with guadua show a positive yield gain. Based on the experimental results of the present study on yield gain, soil erosion, and nutrient loss, it is concluded that agroforestry systems with guadua and groundnut-maize in rotation is agronomically more productive and conserves soil resource base.

Key words: Agroforestry, alley cropping, guadua leaf litter, soil erosion, land equivalent ratio, Ecuador.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	v
ABSTRACT	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN	2
3. OBJETIVOS	3
3.1. Objetivo general	3
3.2. Objetivos particulares	3
4. HIPÓTESIS	3
4.1. Hipótesis general	3
4.2. Hipótesis específicas	4
5. MARCO TEÓRICO	4
5.1. Antecedentes	4
5.2. La Agroforestería y manejo sostenible	7
5.3. Cultivos en callejones	7
5.4. La caña guadua	9
5.5. Cultivo de cacahuete	16
5.6. Cultivo de maíz	20
5.7. Rotación de cultivos	24
6. REVISIÓN DE LA LITERATURA	26
6.1. Sistema agroforestal talun- kelun con bambú en West Java	26
6.2. Plantaciones de guadua y asociaciones con otras especies en la zona cafetera de Colombia	29
6.3. Pérdida de nutrientes en plantaciones de guadua en Colombia	30
6.4. Potencial alelopático de la guadua y otras especies de bambúes sobre la germinación y el crecimiento de varios cultivos	32
6.5. Necesidades de la investigación agroforestal	33
7. METODOLOGÍA	36
7.1. Localización	36
7.2. Clima	38
7.3. Vegetación	39
7.4. Suelos	39
7.5. Actividades, recurso humano y herramientas	40

	Pág.
7.6. Métodos para el análisis de suelo y agua	41
7.7. Diseño experimental	43
7.8. Tratamientos	45
7.9. Variables a medir	48
7.10. Muestreo	51
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
8.1. Rendimientos de semilla en los cultivos anuales	55
8.2. Hojarasca de caña guadua	57
8.3. Erosión del suelo	60
9. CONCLUSIONES	65
10. RECOMENDACIONES	66
11. LITERATURA CITADA	67
12. ANEXOS	72

ÍNDICE DE CUADROS

		Pág.
Cuadro 1.	Uso actual de la tierra en el Ecuador.	5
Cuadro 2.	Superficie estimada de los sistemas agroforestales en el Ecuador.	6
Cuadro 3.	Producción forestal de madera en $m^3 ha^{-1}$ de una plantación comercial de caña guadua a partir del 4 año.	16
Cuadro 4.	Producción de semilla de cacahuete en $kg ha^{-1}$ variedad INIAP 380.	20
Cuadro 5.	Producción de semilla de maíz en $kg ha^{-1}$ variedad PACIFIC.	24
Cuadro 6.	Descripción de la tabla análisis de varianza del diseño de bloques al azar.	44
Cuadro 7.	Productividad anual por unidad de superficie LER, del sistema agroforestal y los monocultivo de caña guadua, cacahuete y maíz en rotación en $kg ha^{-1}$ de junio a noviembre del 2004.	56
Cuadro 8.	Colección anual de la hojarasca de caña guadua en $kg ha^{-1}$ con trampas de $1 m^2$ en los tratamientos agroforestal y forestal de febrero a diciembre del 2004.	59
Cuadro 9.	Sedimentos anuales capturados con cajas tipo Gerlach en $kg ha^{-1}$ de los tratamientos agroforestal, forestal, monocultivo y testigo del recinto Guale de enero a diciembre del 2004.	62

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ciclo de producción de los cultivos en callejones Krishnamurthy, 2003.	8
Figura 2. Parte basal y ramas de la caña guadua Hidalgo, 1974.	10
Figura 3. Parte foliar de la caña guadua Hidalgo, 1974.	10
Figura 4. Chusquines de guadua Palmatropic, 2003.	11
Figura 5. Deshije de chusquines de guadua Palmatropic, 2003.	11
Figura 6. Viviendas Hogar de Cristo de guadua y cemento.	15
Figura 7. Fachada principal con caña guadua, Universidad de Guayaquil.	15
Figura 8. Cortes comerciales de una caña guadua Herrera, 1999.	15
Figura 9. Cultivo de maíz como monocultivo y asociado con fríjol.	21
Figura 10. Diagrama del sistema talun- kebun con bambú y cultivos anuales en Soreang. West Java, Indonesia Christanty, 1996.	28
Figura 12. Registro de la pluviometría del primer semestre del 2004 en el recinto Guale.	38
Figura 13. Registro de la pluviometría del segundo semestre del 2004 en el recinto Guale.	39
Figura 14. Plantación de guadua de 15 meses.	40
Figura 15. Calicata en el suelo forestal.	40
Figura 16. Sistema agroforestal compuesto por caña guadua y cacahuete.	46
Figura 17. Sistema agroforestal compuesto por caña guadua y maíz.	46
Figura 18. Monocultivo de cacahuete.	47
Figura 19. Monocultivo de maíz.	47
Figura 20. Monocultivo forestal de caña guadua.	47
Figura 21. Parcela testigo de suelo sin cobertura vegetal.	47
Figura 22. Esquema gráfico del área de estudio en la comuna Guale.	48
Figura 23. Trampa de hojarasca de guadua.	49
Figura 24. Trampa instalada en campo.	49
Figura 25. Caja tipo Gerlach.	51
Figura 26. Caja tipo Gerlach en el campo.	51
Figura 27. Semilla de cacahuete.	52
Figura 28. Semilla de maíz.	52

	Pág.
Figura 29.	Ubicación de las trampas. 52
Figura 30.	Recolección de hojarasca. 52
Figura 31.	Deposito en una funda ziploc. 53
Figura 32.	Rotulación de funda. 53
Figura 33.	Sedimentos en campo. 53
Figura 34.	Recolección de sedimentos. 53
Figura 35.	Recolección en campo. 54
Figura 36.	Rotulación de la funda. 54
Figura 37.	Rendimientos de semilla de cacahuate y maíz en rotación en los tratamientos agroforestal y de monocultivo de enero a noviembre del 2004. 55
Figura 38.	Colección de la hojarasca de caña guadua en los tratamientos agroforestal y forestal en el primer semestre del 2004. 58
Figura 39.	Colección de la hojarasca de caña guadua en los tratamientos agroforestal y forestal en el segundo semestre del 2004. 58
Figura 40.	Sedimentos capturados en los tratamientos agroforestal, monocultivo y testigo del recinto Guale en el primer semestre del 2004. 61
Figura 41.	Sedimentos capturados en los tratamientos agroforestal, monocultivo y testigo del recinto Guale en el segundo semestre del 2004. 62
Figura 42.	Pérdida anual materia orgánica en kg ha ⁻¹ de los sedimentos recolectados en los tratamientos agroforestal, forestal, monocultivo y testigo en el 2004. 64

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el Ecuador ha experimentado una gran evolución en la explotación maderera, debido a que ofrece una excelente perspectiva como fuente de ingresos para la nación. Sin embargo, ésta solo se podrá continuar si se ejecuta a través de un programa de producción organizado que permita la sostenibilidad de la producción de madera.

El sistema agroforestal de cultivo en callejones es una alternativa forestal sostenible, siendo la siembra conjunta de árboles o arbustos con especies anuales, manteniendo distancias entre cada especie para evitar problemas de competencia, antagonismo y nutrientes. Uno de los beneficios inmediatos de la siembra de cultivos en callejones es el incremento de la diversidad biológica, mejorando la estética del sitio además de reducir efectos negativos al ambiente como la erosión del suelo.

La caña guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) además de ser una especie nativa del Ecuador y Colombia, es uno de los recursos naturales más importantes que tiene el Ecuador y es muy utilizado en construcciones civiles, campesinas, y en artesanías, razón por la cual tiene mucha demanda por lo que su siembra se está difundiendo. Sin embargo, los productores de caña guadua deben esperar de cuatro años hasta poder cosechar las primeras cañas maduras y recuperar su capital a los seis años.

Los cultivos en callejones con caña guadua son prácticas tradicionales que han sido realizadas por los agricultores pero poco difundidas, en la parte noreste de la costa ecuatoriana, las plantaciones existentes de caña guadua se suelen asociar con maíz o frijol durante el primer año, también se conoce de prácticas agrosilvopastoriles con caña guadua, pero sin mucho éxito, pues se han visto afectadas, por el ganado vacuno, el cual la consume en sus estados jóvenes, menores de dos años. A pesar de la utilidad de este tipo de prácticas, no han sido difundidas ni documentadas, y su aporte a la agricultura actual, la convierte en una forma de producción alternativa y sostenible.

2. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con Galindo (2004), la pérdida de bosques en el Ecuador y el cambio de la cobertura vegetal natural, es producto de las actividades de aprovechamiento en sí, las cuales en la mayoría de los casos han sido la explotación minera y por su importancia económica y de subsistencia, las actividades agropecuarias. En el Ecuador se ha producido un fuerte cambio del uso del suelo, incluso en suelos de aptitud forestal, otros elementos como políticas de colonización mal dirigidas acompañadas por leyes que han promovido la deforestación, las ventajas económicas de otros usos de la tierra frente al uso forestal, la inseguridad en la tenencia de la tierra, la subvaloración de los bosques y la madera, y el débil control estatal, entre otras, conducen a una alta presión sobre el bosque y al cambio del uso de la tierra. Todo en su conjunto ha favorecido a la pérdida de los recursos forestales y con ellos a elementos importantes de la biodiversidad.

Si bien la dimensión de la cobertura nativa vegetal no está claramente identificada para todo el país, se puede indicar que en la Costa aproximadamente existen 1, 500,000 hectáreas de bosques nativos, en la Sierra 800,000 hectáreas y la gran mayoría, es decir 9, 200,000 hectáreas se encuentran en la Región Amazónica (Galindo, 2004).

La deforestación intensiva que se produce en la Península de Santa Elena (PSE), a partir de la segunda guerra mundial, parece haber influido en la disminución de las lluvias que tradicionalmente permitían la extensión de la agricultura más allá de los meses de invierno. Esta situación afectó a todas las poblaciones de los valles de la PSE, además que impidió la tradicional diversidad productiva y la articulación de los cultivos de ciclo cortos de las tierras bajas y del ciclo largo en las tierras altas. Aunque esto aún se puede apreciar en la zona norte de la PSE, donde la cordillera Chongón Colonche presenta su mayor cercanía al mar. Además, en el valle de Chanduy, se construyen pozos artesanales para obtener agua del subsuelo, los que son alimentados por un manto acuífero de los depósitos de la formación Tablazo, que incluye el valle de Chanduy, los pozos tienen una profundidad de 1 a 10 m, con los que se suministra agua a pequeñas huertas o chacras, para la siembra cultivos de ciclo corto como pimiento, tomate, pepino, sandía, melón, donde el nivel de producción es de subsistencia (Álvarez, 1998).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar el sistema agroforestal de cultivos en callejones (*Guadua angustifolia* K, *Arachis hypogea* L, y *Zea mays* L en rotación) con sus respectivos monocultivos en relación al uso equivalente de la tierra (LER), producción de hojarasca de caña guadua y erosión de suelo.

3.2. Objetivos particulares

1. Evaluar el uso equivalente de la tierra (LER), de un sistema agroforestal de cultivos en callejones (caña guadua *G. angustifolia*, cacahuete *Arachis hypogea* y maíz *Zea mays* en rotación) con sus respectivos monocultivos.
2. Comparar la producción anual de hojarasca de caña guadua del sistema agroforestal (caña guadua *G. angustifolia*, cacahuete *Arachis hypogea*, y maíz *Zea mays* en rotación) con el monocultivo forestal de caña guadua.
3. Estimar la pérdida del suelo, materia orgánica y nutrientes (NPK), de un sistema agroforestal (caña guadua *G. angustifolia*, cacahuete *Arachis hypogea*, y maíz *Zea mays* en rotación) con sus monocultivos y suelo sin cobertura vegetal.

4. HIPÓTESIS

4.1. Hipótesis general

El uso equivalente de la tierra LER, la producción de hojarasca de caña guadua y la pérdida de suelo son más eficientes en el sistema agroforestal de cultivos en callejones con caña guadua *G. angustifolia*, cacahuete *Arachis hypogea*, y maíz *Zea mays* en rotación que en sus respectivos monocultivos.

4.2. Hipótesis específicas

1. El uso equivalente de la tierra LER, del sistema agroforestal de cultivos en callejones con caña guadua *G. angustifolia*, cacahuate *Arachis hypogea*, y maíz *Zea mays* en rotación es mayor a uno.
2. La producción de hojarasca de caña guadua es mayor en el sistema agroforestal de cultivos en callejones caña guadua *G. angustifolia*, cacahuate *Arachis hypogea*, y maíz *Zea mays* en rotación que los monocultivos de sus componentes.
3. La pérdida del suelo, materia orgánica y nutrientes NPK es menor en el sistema agroforestal de cultivos en callejones caña guadua *G. angustifolia*, cacahuate *Arachis hypogea*, y maíz *Zea mays* en rotación que los monocultivos de sus componentes.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Antecedentes

Según el Ministerio del Ambiente (2000), el Ecuador tiene una superficie de 25, 637,000 ha, el 98.2% corresponde al área continental. La región costa cuenta con aproximadamente 6, 676,000 ha y una población de 4, 800,000 de habitantes. La Sierra con 6, 467,000 ha y 4, 400,000 de habitantes y, la Región Oriental o Amazónica tiene una superficie aproximada de 13, 113,700 ha y una población de 400,000 habitantes.

La costa cuenta con tan solo el 13% de la cobertura boscosa del país, la mayor parte de este se concentra en la zona norte, eso es en la provincia de Esmeraldas, sin embargo entre el período 1985 a 1991, del total nacional produjo el 48% de madera; mientras tanto, la región amazónica que cuenta con aproximadamente el 70% de la cobertura boscosa del país, para el mismo período con el 30% de madera (Galindo, 2004).

De acuerdo con Vásquez *et al.* (1996), en el año 1962 el 58% de la superficie del país se encontraba cubierto con bosques naturales, esto equivale a aproximadamente 15, 600,000 ha; en 1996 esta cifra es de alrededor de 10, 937,000 ha, es decir una pérdida de bosque del orden de 4, 663,000 ha en 34 años, lo que implica un promedio anual de deforestación de 137,147 ha. Aunque los datos varían según el tipo de análisis, la tasa de deforestación anual en Ecuador es del orden del 2.3% anual, en un rango va del 0.5 al 2.4% anual, o su equivalente a 60,000 y 340,000 ha, respectivamente.

Cuadro 1. Uso actual de la tierra en el Ecuador.

Tipo de cobertura	Superficie (ha)	Porcentaje %
Bosque húmedo	7,881,758	30.74
Bosque seco	562,183	2.19
Vegetación arbustiva	1,202,108	4.69
Manglares	108,299	0.42
Páramo	482,736	3.29
Áreas protegidas	4,754,586	18.55
Subtotal uso forestal	15,351,670	59.88
Subtotal uso agropecuario	7,463,670	29.11
Subtotal agro +forestal	22,814,917	88.99
Áreas descubiertas	2,822,083	11.01
Superficie total del país	25,637,000	100.00

Fuente: CLIRSEN 2003 / III Censo agropecuario, MAE DNF- DNB.

De acuerdo al Cuadro 1, el 60 % del suelo ecuatoriano esta ocupado por cobertura forestal, y existe adicionalmente un 11.01% es decir 2, 822,083 hectáreas, como tierras de uso potencial forestal sin bosque, que pueden ser cubiertas con árboles para fines de producción o protección. Se estima que parte de la superficie destinada a usos ganaderos y agrícolas, se encuentra en suelos de alta pendiente, baja fertilidad y ecológicamente

frágiles, por ello son de aptitud forestal y deberían ser utilizados para este fin, entonces, se puede afirmar que más del 70% de la superficie del Ecuador es de aptitud forestal.

Según un estudio realizado por Sierra *et al.* (1999), sobre los cambios de la cobertura de todas las formaciones naturales del Ecuador continental se estima que del área original de dichas formaciones en la Costa, el área remanente es de aproximadamente 2, 599,752 ha, equivalente al 31.6%. Para la región Sierra, el área remanente de todas las formaciones naturales vegetales es de 4, 336,282 ha, lo que equivale al 57.3% del área original; y, finalmente, el área remanente de todas las formaciones naturales vegetales en la región Amazónica es de 7, 940,952 ha, es decir el 84.4% del área original.

Los bosques tropicales ayudan a moderar la gama diurna de temperaturas del aire y mantienen los niveles de humedad atmosférica, absorben el carbono de la atmósfera y reponen el oxígeno en el aire que respiramos. La conservación de los recursos forestales en las cuencas que suministran agua para riego y consumo humano. Además, los sistemas agroforestales son un componente importante para estrategias de abastecimiento de agua, ya que en ellos se genera un microclima húmedo que ayuda a disminuir los efectos de la evapotranspiración (Musálem, 2001).

Una fuente importante de productos madereros son los árboles que están dentro de los sistemas agroforestales. Se estiman que en Ecuador existen alrededor de 7,3 millones de hectáreas, que contribuyen en la provisión de una parte importante de madera, ya sea para uso familiar o para la venta de productos aserrados, ver en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Superficie estimada de los sistemas agroforestales en el Ecuador.

Región	Secuenciales (ha)	Simultáneos (ha)	Cercas vivas y cortinas rompevientos (ha)
Costa	776,888	1,614,398	No hay datos
Sierra	408,254	623,165	1,459,056
Oriente	1,348,468	1,141,634	No hay datos
Total	2,533,610	3,379,197	1,459,056

Fuente: INEFAN/ITTO, 1994.

5.2. La Agroforestería y manejo sostenible

La Agroforestería es un sistema de uso de la tierra que implica una integración aceptable, en términos sociales y ecológicos, de árboles con cultivos y/o animales simultanea y secuencial, de tal manera que se incrementa la productividad total de las plantas y animales de una forma sustancial por unidad de producto o finca, especialmente bajo condiciones de bajos niveles de insumos tecnológicos y tierras marginales (Nair, 1997).

El potencial de la Agroforestería se hizo presente cuando los agrónomos durante los años setentas empezaron a dar cuenta del potencial que existía para mejorar la fertilidad del suelo sin costos, agregando al suelo bajo cultivos alimentarios residuos de los árboles producidos en la fincas.

En todo sistema agroforestal se busca establecer siempre árboles multiusos o de propósito múltiple define este concepto de la siguiente manera: un árbol de uso múltiple es uno que en adición a los productos y servicios normalmente esperados como madera, influencias micro climáticas, mejoramiento del suelo, adición de materia orgánica, proporciona productos y servicios adicionales importantes tales como fijación de nitrógeno, forraje, productos comestibles para humanos, gomas, fibras y otros (Budowski, 1987).

La diferencia fundamental entre los árboles de usos múltiples y los demás descansa en que los primeros se cultivan deliberadamente, se conservan o manipulan para mas de un uso, ya sea de producción o de recursos naturales (Huxley, 1983).

Dentro de los árboles multiusos sobresalen los fijadores de nitrógeno. Estos árboles fijan el nitrógeno de la atmósfera a través de microorganismos simbióticos presentes en las raíces. Además, mucho de ellos son de crecimiento rápido y productores de follaje.

5.3. Cultivos en callejones

Según Krishnamurthy *et al* (2003), el cultivo en callejón es un sistema de producción en el cual los árboles y los arbustos, preferiblemente especies leguminosas de rápido

crecimiento, son establecidos en setos vivos sobre tierras arables, con cultivos de alimentos sembrados en los callejones entre los setos vivos. Generalmente se practica en áreas planas o topográficamente estables, refiérase a la Figura 1.

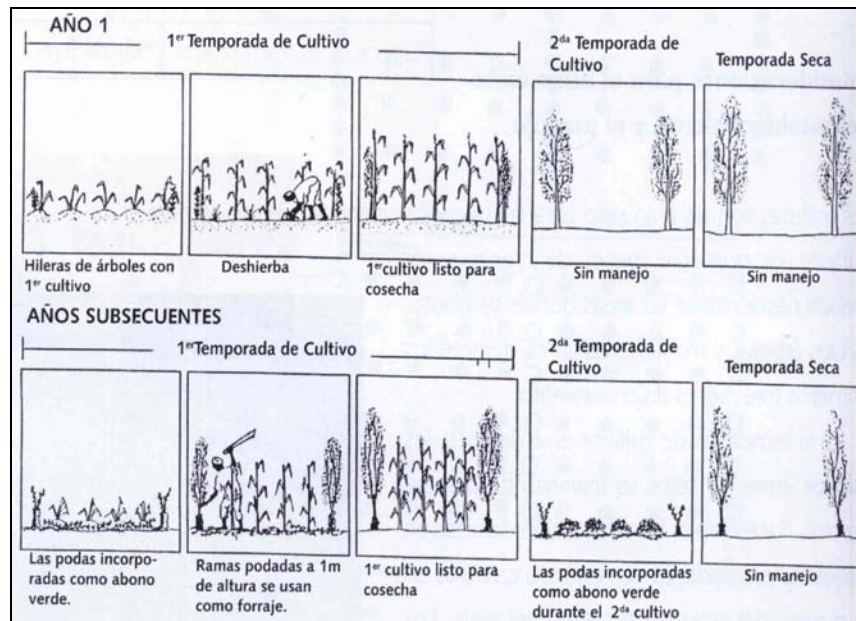


Figura 1. Ciclo de producción de los cultivos en callejones
Krishnamurthy, 2003.

Problemas de cultivo en callejón.

Los problemas comunes que pueden encontrarse en la tecnología de los callejones son: competencia entre los árboles y cultivos por luz, agua, espacio y nutrientes.

Como minimizar la competencia por la luz:

- Utilice árboles cuyo follaje permita la penetración de la luz o que no sean perennes,
- Utilice cultivos que no proyecten su sombra de tal manera que el crecimiento de los árboles se vea afectado durante su establecimiento y
- Utilice cultivos que no sean enredaderas.

Como minimizar la competencia por agua y nutrientes:

- Utilice árboles y cultivos cuyas hojas puedan enriquecer el suelo,
- Utilice árboles y cultivos que fijen nitrógeno atmosférico y
- Practique la rotación de cultivos.

Como minimizar la competencia por espacio:

- Utilice árboles de propósito múltiple,
- Incorpore árboles que también produzcan alimentos y
- Proporcione un espacio apropiado entre las hileras de cultivos y de árboles, al menos 5 metros de distancia entre planta y planta.

5.4. La caña guadua

Es nativa del noroeste de Sur América, en países como Colombia, Venezuela, Guyanas, Ecuador y Perú, se extiende hasta Panamá, en forma cultivada (Mahecha, 1983).

Los nombres comunes para *Guadua angustifolia* Kunth son: guadua¹, bambú nativo, guadua macara, guadua cebolla (Colombia), gaupa (Amazonia), caña mousa, caña brava (Ecuador), gua gua, paru paru (Venezuela), paca (Perú).

De todas las especies de bambú, el género *Guadua* es uno de los más importantes y originario de América tropical. Además, la caña guadua es conocida como un bambú leñoso con características forestales, por su utilidad en la construcción.

¹ En 1822 se creó el género *Guadua*, en el que utilizó el vocablo indígena ‘guadua’, con el que los aborígenes de Colombia y Ecuador denominaban a esa planta.

Características vegetativas morfológicas

Rizoma paquimorfo, muy grueso, de cuello algo alargado; cespitoso. Tallos comúnmente de 18 metros de altura, algunas veces llegan hasta los 30 metros. Diámetros entre 10 y 15 centímetros excepcionalmente de 20 centímetros, erectos, ampliamente arqueados en la parte superior. Internudos huecos, generalmente con una acanaladura perceptible sobre el punto de unión de las ramas, observar Figura 2.

Carece enteramente de aurículas y setas orales en las cubiertas interiores. Ligula muy variables, generalmente bastante convexa, algunas veces truncadas o encorvada. La hoja triangular que envuelve el tallo, es ancha en la base, como el propio ápice de la hoja, persistente y adosada al tallo, ver Figura 3.

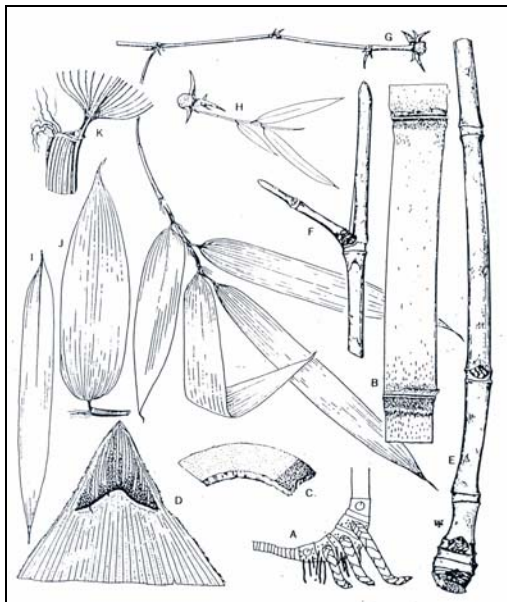


Figura 2. Parte basal y ramas de la caña guadua Hidalgo, 1974.

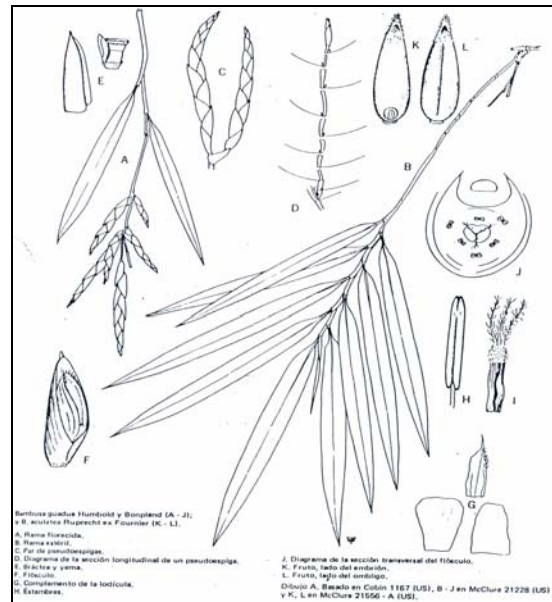


Figura 3. Parte foliar de la caña guadua Hidalgo, 1974.

Propagación

Existen dos tipos de propagación, por ramas basales, y por chusquines.

Método por ramas basales. De las yemas de los nudos de primer cuarto basal del culmo brotan ramas de crecimiento paralelo a la superficie del suelo.

La longitud de estas ramas basales, cuando ya ha adquirido su desarrollo normal, es de 3.8 m. Sin perder las características de la planta, las ramas basales poseen nudos separados por entrenudos que en promedio tienen una longitud de 9 cm., siendo más cortos en su parte basal (Herrera *et al.*, 1999).

Método por chusquines. La palabra chusquin² es de origen quechua y que significa brote basal. El chusquin es una plántula proveniente del brote basal del rizoma, al cual se le ha aprovechado su tallo aéreo o culmo. Los chusquines se empiezan a observar después de dos meses de haber sido aprovechado el tallo de la guadua. Son plántulas pequeñas que poseen las siguientes características: raíces, tallos, hojas, ver Figuras 4 y 5.



Figura 4. Chusquines de guadua
Palmatropic, 2003.



Figura 5. Deshije de chusquines de guadua
Palmatropic, 2003

² Chusquin: nombre colocado por el Ingeniero Forestal Aureliano Sabogal Ospina, pionero en la investigación de este tipo de propagación.

Previa la identificación de los rodales más vigorosos y localizados los chusquines, se seleccionan los más fértiles y sanos, y se los separan del rizoma que los generó.

Distancia de siembra

Según Cruz (1992), antes de preparar el terreno y efectuar el trazado, previamente se debe de seleccionar la distancia de siembra, según el objetivo analizado y definido para la plantación.

Como bosque protector de suelos o cuencas, se siembra en triángulo a 2.5 m por 2.5 m de distancia entre plantas y en el caso de conservación de corrientes, se traza a partir de uno o dos metros de talud del río o quebrada.

En el bosque productor aprovechable comercialmente, se han evaluado diferentes distancias de siembra partiendo de 4 m por 4 m, pasando luego a 4.5 m por 4.5 m y llegando a distancias de 5.0 m por 5.0 m. En estas dos últimas distancias, debido al espacio entre plantas, menor competencia por agua, luz, y nutrientes y menores impedimentos para el desarrollo y evolución del rizoma.

Preparación del terreno

Para el establecimiento de bosques protectores, solo si es estrictamente necesario, se realiza una limpieza moderada, que facilite el trazado. Algunas veces para el caso de establecimiento de bosques productores se hace una limpieza general del área.

Siembra de la caña guadua

El material vegetal que se emplee para esta labor debe de ser fuerte, vigoroso y de buen desarrollo tanto foliar como radical. Estas características se logran en la fase de vivero y son las que en muy alto porcentaje determinan el éxito de la plantación.

Las plántulas para la siembra deben de ser preparadas desde el vivero y tratadas con cuidados requeridos, especialmente riego, por ello, la época de siembra se debe de planear en época de lluvia, ya que el agua es el factor más importante para que las

plántulas prosperen. Por lo general en los trópicos de Ecuador y Colombia, la época lluviosa tiene dos periodos, de enero a mayo y de octubre a diciembre.

Según Castaño *et al.* (2004), la época de siembra en el vivero debe de planificarse. Hay que tener en cuenta que la propagación de la guadua requiere de 3 a 4 meses y que las plantas se deben de llevar a campo, para transplantadas, al principio de una estación de lluvias. Por ejemplo, si se quiere plantar la guadua en mayo, habrá que sembrarla en febrero.

Después de dos meses del establecimiento, se debe de realizar la resiembra que generalmente se calcula en un 15% dependiendo ante todo de las lluvias.

Fertilización de la caña guadua

Con la caña guadua *G. angustifolia*, el campo de la investigación ha sido poco investigado. La importancia de los nutrientes que extrae la planta es igual tanto en sus estados iniciales de desarrollo como en la fase adulta.

El orden de extracción de elementos mayores es el siguiente de mayor a menor: potasio, nitrógeno, calcio, magnesio y fósforo. El orden de extracción de elementos menores es el siguiente de mayor a menor: hierro, zinc, manganeso, boro y cobre. El contenido más alto de un elemento mayor lo constituye el potasio, con una relación 5:1.

En las hojas de las plántulas de guadua el contenido de nitrógeno es mayor que en los estados adultos.

El contenido de potasio es más o menos similar tanto en los estados iniciales y adultos de la planta, lo cual indica la importancia de este elemento para la planta.

Al momento de la siembra se debe fertilizar con la mezcla de NPK en una relación 2-1-4. A medida que el desarrollo de la planta es mayor, los requerimientos nutricionales aumentan. Como la extracción de nitrógeno es mayor en las plántulas que en plantas adultas, las aplicaciones de este elemento y en especial de las plantas cloróticas, es una practica recomendable en los primeros estados de desarrollo (Hidalgo, 1974).

Las podas, hasta el tercer año de edad del guadual, solo se deben cortar los tallos y ramas que estén totalmente secas. Esta práctica es conocida como aclareo y se realiza cuando el guadual ha llegado a la etapa adulta, luego de esto se realizan las podas.

La práctica consiste en entresacar los tallos totalmente secos, partidos, enfermos y en general tallos y ramas que han empezado a producir congestiones fuertes.

La frecuencia de esta labor cultural influye en el número de tallos por punto, encontrándose que cuando los periodos de mantenimientos oscilan entre los 3 y 4 meses, los rodales se ven favorecidos que cuando la labor se realiza cada 2 o cada 6 meses.

Plagas y enfermedades

La *Estigmia* sp. ataca solo los tallos nuevos en crecimiento y como consecuencia los entrenudos se hacen cortos y algunas veces se tuercen.

En el informe respectivo existe alrededor de 78 clases de hongos, que incluyen 29 de *Penicilium*, 25 de bacterias imperfectas, 19 de *Aspergillus*, 5 de *Mucor* y *Rhyzopus*.

Lo más importante para prevenir el ataque de hongos en los productos del bambú, es que tengan un contenido de humedad inferior al 15% o sea que la humedad relativa del aire que los rodea debe ser menor del 60%.

Edad del corte, se considera más apropiada para cortar los tallos es entre los 5 y 6 años, dependiendo de la especie y su aplicación final.

Costo de producción

Según datos proporcionados por la Fundación Bambullacta, y con referencias de la Red Internacional del Bambú y el Rattan (INBAR) en el periodo de 2003 a 2004, los costos de producción de caña guadua son alrededor de \$ 6649.10 para el primer año y \$ 4127.76 los siguientes periodos hasta el 5 año donde empieza la producción. Los costos de producción de la caña guadua se pueden revisar en el Anexo 1.



Figura 6. Viviendas Hogar de Cristo de guadua y cemento.



Figura 7. Fachada principal con caña guadua, Universidad de Guayaquil.

En las Figuras 6, 7 y 8, se aprecia los usos se puede dar a las diferentes partes de la guadua: la cepa, la basa, sobrebasa, y el varillón, muy usado en las bananeras.

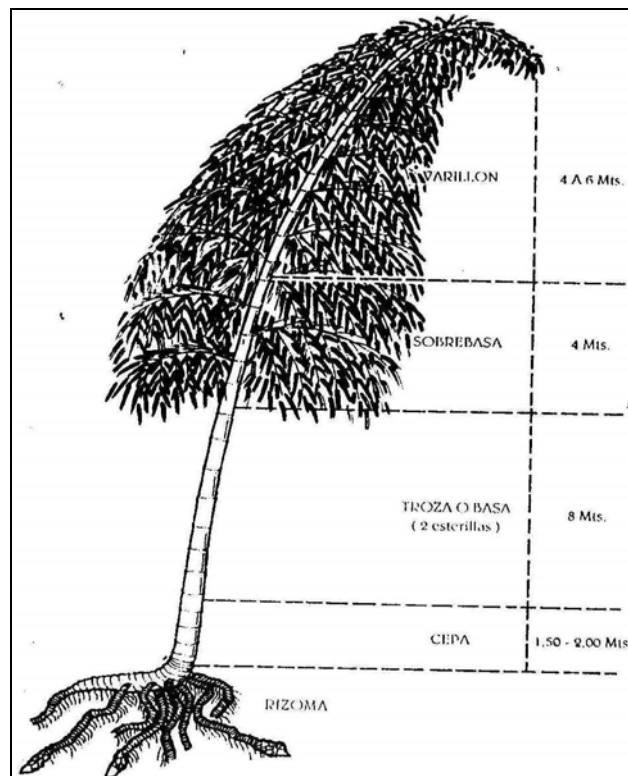


Figura 8. Cortes comerciales de una caña guadua
Herrera, 1999

Rendimientos de la caña guadua

Según Cruz (1992), el ciclo de producción de la caña guadua empieza a partir del 5 año, ver cuadro 3, y su aprovechamiento es continuo y va aumentando hasta 10 años como se puede apreciar en el Cuadro 3, se estima que 10 guaduas equivalen a 1 m³.

Cuadro 3. Producción forestal de madera en m³ ha⁻¹ de una plantación comercial de caña guadua a partir del 4 año.

	4 año	5 año	6 año	7 año	8 año	9 año	10 año
Rendimiento guadua (unidad)	277	500	1000	1500	2000	2500	3000
Precio venta(\$) ³	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62
Subtotal	2,109	3,808	7,616	11,424	15,232	19,040	22,848

Fuente: INBAR, Fundación Bambullacta, 2004.

Importancia económica

El cultivo de la caña guadua, actualmente posee mucha demanda por lo que su siembra se esta difundiendo, sin embargo los productores de caña guadua deben de esperar de 4 a 5 años hasta poder cosechar las primeras cañas maduras y logra recuperar su capital al 6 año. Así también, también se utiliza en casas de lujo, turísticas y es auxiliar en la construcción moderna, donde se le usa en andamios o como soporte de encofrados.

5.5. Cultivo de cacahuete

El maní o cacahuete *Arachis hypogea* L tiene gran demanda para su consumo directo después de su tostado; es una fuente importante de aceite para consumo humano en diferentes ingredientes, para crema, margarina e inclusive en la jabonería fina, en cosméticos, productos farmacéuticos, adhesivo, pinturas y lubricantes especiales. De el se emplea desde la semilla, hasta el follaje, usándose este como subproducto en forma de heno, en la alimentación de los animales domésticos, así como subproductos no

³ Cotizado a 11.2 pesos mexicanos el dólar, enero de 2005.

comestibles. Su introducción en la industria alimenticia se ha basado en su contenido de proteínas, aceites, carbohidratos, sustancias albuminoideas y compuestos vitamínicos con alto contenido de Complejo B. el hombre consume el cacahuate en forma directa, sin cáscara, tostados y salados; en forma de subproductos tales como aceites, mayonesas, mantequillas, dulces, pasteles y galletas.

Antecedentes del cacahuate INIAP 380

La variedad INIAP 380 desarrollada por el Programa Regional de Soya del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador (INIAP), entre 1990 y 1992, proviene del material genético introducido de la India a través del ICRISAT⁴. Inicialmente las pruebas de rendimiento se realizaron en las estaciones experimentales del INIAP y luego en las áreas de producción de cacahuate de las provincias de Portoviejo y Calderón en la provincia de Manabí; El Almendral, Opoluca y Yamana en la provincia de Loja; Marcabelí en la provincia de El Oro y Boliche en la provincia del Guayas (Peralta *et al.*, 1995).

Épocas de siembra

En los países tropicales, donde el factor limitante es la distribución de las lluvias, debería escogerse la época de siembra de manera que las operaciones de cosecha puedan realizarse en un periodo relativamente seco.

Una estación húmeda en el periodo de cosecha, además de alargar el ciclo de la planta, hace poco uniforme la maduración de los frutos, prolonga el periodo de secado y desmejora la calidad de los frutos.

En suelo de textura arcillosa la cama melonera ha sido la mejor opción que la siembra en el fondo del surco, ya que este ultimo método representa la desventaja de permitir que el agua de riego o lluvia escurra hasta el fondo del surco, lo que a veces causa mala

⁴ Internacional Crops Research Institute for Semi Arid Tropics

germinación o pudrición por encharcamiento tanto en estado de plántulas como en desarrollo mas avanzado de plantas, e inclusive daño a los frutos si estos permanecen con humedad excesiva en el suelo en la temporada de cosecha del cacahuate.

Fertilización

En el podemos observar alguno de los elementos necesarios para el buen desarrollo de la planta de cacahuate.

El nitrógeno en el cacahuate es uno de los cultivos que pueden abastecer parcialmente sus propias necesidades de nitrógeno, por lo cual es considerado poco sensible a la fertilización (Robles, 1991).

La planta responde bien a la fertilización con fósforo, sobre todo para obtener una buena producción de frutos, ya que este influye en el tamaño, cantidad, calidad del cacahuate al activarse la floración, fructificación y la mejor maduración.

Aunque el cultivo consuma grandes cantidades de potasio, la fertilización no tiene mucho efecto, pues es capaz de satisfacer sus necesidades con la cantidad remanente del cultivo anterior; a veces se recomienda incorporarlo al suelo unos meses antes de la siembra.

El manganeso produce mayor aumento en la producción y su disponibilidad esta fuertemente afectada por el pH del suelo. El boro también aumenta la producción y el contenido de fósforo en las raíces, de las hojas y de las flores. El cobre aumenta el rendimiento y reduce el porcentaje de frutos mal formados. El hierro influye en la formación de clorofila. La deficiencia de todos estos elementos puede reducirse con quelátos.

Labores del cultivo

Según Borrás (2002), recomienda efectuar limpiezas mecánicas o manuales durante los primeros 30 a 40 días después de la emergencia de las plantas. El último cultivo se debe de tardar a más de 60 días después de la siembra, antes de que se generalice la

penetración de los ginóforos al suelo. Los cultivos deben de ser poco profundos para no dañar las raíces. Los cultivos posteriores, hasta antes del cierre del cultivo, deben hacerse únicamente en el centro del surco, los deshierbes posteriores deben hacerse a mano. Se insiste en lo anterior ya que un laboreo frecuente puede causar daño a la raíz, pérdida de flores o daño a los ginóforos o los frutos.

Cosecha

Uno de los factores que más hay que considerar sobre la cosecha del cacahuete es el momento de realizarla, ya que el fruto esta dentro del suelo y no puede observarse en forma directa sino hasta que se saca.

El tiempo de maduración total de los frutos varía mucho entre grupos y variedades, ya que se realiza de manera continua y sucesiva. Una cosecha temprana trae como consecuencia un alto porcentaje de semillas sin madurar, con menor peso, menor contenido de aceite, y por lo tanto menor producción, mientras que una cosecha tardía puede ocasionar daños a la semilla si hay exceso de humedad que cause pudriciones de la misma (Sobrino *et al.*, 1992).

Para definir el mejor tiempo de cosecha se pueden adoptar los siguientes criterios:

1. Observar el amarillamiento general de la planta, pues se indica que la maduración esta llegando a su final. La desventaja de este método es que la planta puede tomar este color debido a enfermedades, humedad excesiva u otros factores y
2. Al faltar unos 10 días para completar su ciclo vegetativo, en varias partes del cultivo se hace un muestreo de frutos maduros, cuando alcance una proporción del 75 a 80% se puede efectuar la cosecha. La madurez se conoce por el color rosado de la testa, al frotar la semilla, la testa no se desprende con facilidad, así al agitar o mover las vainas se escucha un ruido característico de las vainas sueltas.

También es aconsejable incorporar el follaje cosechado al suelo para ayudar al reciclaje de los nutrientes (Robles, 1991).

Costos de producción

Los costos de producción estimados para el cacahuate tomados como referencia folleto instructivo del INIAP, como monocultivo son de \$ 12 152.45. Los costos de producción del cacahuate pueden ser consultados en el Anexo 2.

Rendimientos

En el Cuadro 4, con la variedad INIAP 380, se puede obtener rendimientos de 290.63 kg ha⁻¹ de cacahuate en cáscara. Los precios de comercialización del cacahuate varían entre \$ 67.2 y \$ 100.8 por cada kg, dependiendo de la demanda del producto. Promedio de datos de cacahuate en cáscara en ensayos experimentales realizados en Portoviejo, Calderón, Opoluca, Yamana, Marcabelí y Boliche, durante 1990- 1992.

Cuadro 4. Producción de semilla de cacahuate en kg ha⁻¹ variedad INIAP 380.

Variedad	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Venta(\$) ⁵	Subtotal
INIAP 380	290.63	67	19,530
Boliche	112	67	7,526
47-67 D	114	67	7,661
Caramelo	98	67	6,586

Fuente: INIAP, Proyecto SICA Ecuador, 2004.

5.6. Cultivo de maíz

El maíz se encuentra distribuido en todo el territorio ecuatoriano, debido a la existencia de una gran diversidad de tipos y variedades con adaptación a todas las condiciones climáticas. Se cultiva desde el nivel del mar hasta los 3 500 msnm. Tanto la temperatura como la luminosidad influyen directamente sobre el periodo vegetativo (Cadavid, 1995).

⁵ Cotizado a 11.2 pesos mexicanos el dólar, enero de 2005.

Siembra

Monocultivo. La densidad de plantas por hectárea depende de la topografía del terreno, disponibilidad de agua, fertilidad del suelo. En los cultivos mecanizados y con variedades de porte bajo se pueden sembrar 62,500 plantas ha^{-1} , con distancias de 80 cm entre surcos y 20 cm entre plantas. La demanda de semillas es de 25 kg.

Asociado. La siembra se hace simultáneamente y en el mismo sitio, con frijol de enredadera. Las distancias de siembra más aconsejables son de 0.9 a 1.0 m, entre surcos y sitios, que tiene tres granos de maíz y cuatro granos de frijol. En este sistema se requiere 15 kg de semilla de maíz y 20 kg de semilla de frijol ha^{-1} , ver Figura 9.



Figura 9. Cultivo de maíz como monocultivo y asociado con frijol.

Las distancias de siembra dependen de la distribución del cultivo principal y con esta práctica se busca reducir los costos de establecimiento y utilizar en mejor forma el suelo.

Preparación del terreno

Este cultivo responde bien a la mínima labranza, en suelos arados con una profundidad de 15 o 20 cm, para facilitar una buena germinación, y crecimiento de la planta y a la vez efectuar un control de malezas, plagas y enfermedades.

Semillas, para alcanzar altos rendimientos en el maíz, debe de usarse semilla mejorada y certificada, caso contrario, se selecciona la mejor semilla cosechada por el agricultor.

Época de siembra, esta estrechamente relacionada con los periodos de lluvia, en la costa Ecuatoriana, esta puede ser de febrero a abril para el primer semestre y de agosto a octubre para el segundo semestre.

En los primeros días de cada periodo de siembra, a finales de febrero, agosto y septiembre, se presenta una menor incidencia de pájaros, situación que debe de tenerse en cuenta, la cosecha debe de coincidir con periodos secos o de poca lluvia en Ecuador.

Métodos de siembra. En zonas de ladera, la siembra se hace por sitios utilizando una estaca, o coa, de 1.5 m o 1.8 m de longitud, cuidando de no enterrar mucho la semilla o dejarla muy superficial; la profundidad de siembra de 5 cm es la adecuada.

Labores del cultivo

Fertilización. Una buena fertilización del cultivo se logra cuando se conjugan los siguientes criterios.

Fertilización

Una cosecha de 3 800 kg ha⁻¹, extrae: 106 kg de Nitrógeno, 39 kg de Fósforo, 78 kg de Potasio, 6 kg de Calcio, 6 kg de Magnesio y 6 kg de Azufre.

Potencial de producción del cultivo, esta correlacionado con las variedades o híbridos usados y su manejo.

De acuerdo con Robles (1991), el control de malezas puede hacerse en forma mecánica, manual o química, para la selección de uno de estos métodos se tiene que tener en cuenta la pendiente y el tipo de suelo. La práctica de desyerbas puede ser de la siguiente manera, la primera entre los 20 y 25 días conjuntamente con el raleo, la segunda entre los 40 y 50 días que coincida con el aporque y la segunda fertilización, la tercera, si es necesaria, a los 70 días o al momento de espigar. En los primeros 45 días este cultivo es muy sensible a la competencia por malezas.

Manejo sanitario

Plagas. Trozadores o tierreros *Spodoptera sp*, *Phyllophaga sp*, *Grillus sp*, *Grillotalpa sp*, Cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* Smith, gusano de la mazorca *Heliothis zea* Boddie, no se recomienda su control para maíz seco, en plantaciones para producción aplicar Lannate o Kevin, y pájaros. Siembras tempranas, uso de espantapájaros, papel de aluminio, papeletas, entre otros. Nemátodos *Meloidogyne incognita* Kofoid y White. Sembrar semilla certificada, rotación de cultivos, aplicación de nematicidas y controles biológicos preventivos.

Enfermedades. En el cultivo de maíz revisten muy poca importancia. El control químico generalmente no ha sido necesario. Pudrición de la plántula *Phytium*, *Fusarium* y *Rhizoctonia*. Semillas certificadas, rotación de cultivos, destrucción de residuos de cosecha. Pudrición de los granos *Aspergillum sp*, *Penicillium sp*. Oportuna cosecha y buen almacenamiento

Cosecha

El maíz facilita distintos usos en diferentes estados de madurez del cultivo como son: forraje verde, henificación, mazorca o choclo y maíz seco.

El momento oportuno para la recolección, cuando se destina la producción a la obtención de mazorca, ocurre unos 30 o 40 días después de la floración. Este tipo de cosecha es importante para el agricultor cuando las condiciones del clima desfavorables, como por ejemplo exceso de lluvias.

El momento oportuno para la cosecha se da entre los 60 y 80 días después de la floración, con un contenido de humedad del grano de 16 y 18%. Son índices para la recolección, la aparición de un punto o capa negra en el grano y la tusa, y la inclinación de la mazorca. Cuando se llega a un 50% de mazorcas inclinadas, el grano tiene un porcentaje de humedad del 20% aproximadamente. La cosecha puede hacerse de dos formas: manual o mecánica, para el desgranaje también puede ser por aporreo. Los costos de producción del maíz son de \$ 10 359.89, ver el Anexo 3.

Según datos proporcionados por la Federación Nacional del Maíz (FENAMAIZ) y el Servicio de Información y Censos Agropecuarios Proyecto SICA⁶ del Ecuador los rendimientos de maíz para la costa, la información puede ser consultada en el Cuadro 5, donde se realiza una comparación con las producciones de diferentes variedades de maíz y sus rendimientos.

Cuadro 5. Producción de semilla de maíz en kg ha⁻¹ variedad PACIFIC.

Variedad	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Venta(\$) ⁷	Subtotal
Pacific	3600	4.5	16,128
Brasilia	3400	4.5	15,232
INIAP	3200	4.5	14,336

Fuente: FENAMAIZ, SICA Ecuador, 2004.

5.7. Rotación de cultivos

El uso de las rotaciones se ha hecho popular en los últimos años debido al desarrollo de técnicas que han permitido abandonar las rotaciones estrictas y adoptar sistemas de producción más sencillos. El desarrollo de nuevos problemas específicos de malas hierbas, el aumento de la resistencia al control químico de muchas malas hierbas, y los peligros de la contaminación química del medio ambiente son las principales razones que hacen que los agricultores ecológicos rechacen el uso de los biocida como parte de su sistema de gestión agrícola (Lampkin, 1998).

El desarrollo de las rotaciones se vio estimulado por el hecho de que los cultivos que crecían en una rotación, producían normalmente más que si el mismo cultivo hubiera crecido en el mismo lugar sin interrupción durante varios años, como el caso de los monocultivos.

⁶ Proyecto SICA del Ecuador. <http://www.sica.gov.ec>

⁷ Cotizado a 11.2 pesos mexicanos el dólar, enero de 2005.

El cultivo mixto o sistemas agroforestales, que proporcionan un importante elemento de diversidad. Las mezclas en los cultivos tienden a tener mayor eficiencia que los monocultivos. Esto va ligado a la una mayor eficiencia en la utilización de recursos (luz, agua, nutrientes), a los beneficios de de la fijación de nitrógeno cuando se emplean leguminosas, a la reducción en la dispersión de plagas y enfermedades, el aumento de las oportunidades para los depredadores naturales y a la mejora del control de malas hierbas a través del aumento de la competencia (Regnault-Roger *et al.*, 2004).

Es recomendable asociaciones con bambúes y cultivos anuales desde la siembra de la caña y hasta que las plantaciones tengan 2 años, pasado ese periodo la competencia entre esos cultivos se vuelve negativa para los cultivos anuales y las producciones a obtener son menores (Christanty *et al.*, 1996).

6. REVISIÓN DE LA LITERATURA

6.1. Sistema agroforestal talun- kelun con bambú en West Java

Investigaciones hechas por Christanty *et al.* (1996), en West Java Indonesia, acerca del sistema talun- kebun⁸ que es una práctica de 6 a 7 años consiste en una práctica de 4 o 5 años de manejo forestal en las plantaciones de bambú con dos años de cultivos anuales, con las podas del bambú (*Bambusa sp*), se apilan los arvenses forestales del bambú y herbáceas para compost a futuro. La siembra se realiza con brotes jóvenes de bambú a 25 cm de profundidad, por su tamaño este es fácil de asociarlo con los cultivos anuales. Los cultivos con los que usualmente se asocian son: pepinos (*Cucumis sativus* L), papa amarga (*Solanum dulcamara* L), y frijol hyacinth (*Phaseolus sp*). Las pilas de abonos orgánicos luego de cortadas, y luego quemadas y enriquecidas con excrementos de animales que aportan NPK, y ayudan a incrementar los rendimientos de los vegetales. Además de esa adición de nutrientes, es bueno realizar una fertilización convencional durante el primer año, cultivo de cassava (*Manihot esculenta* Crantz), el cual tiene menos demanda de nutriente en el segundo año, para luego realizar el corte del bambú. Es en este segundo año, cuando se realiza el corte del bambú, es una práctica cultural del bambú ya que este rebrota y mejora su desarrollo, se vuelve más agresivo, pero también aporta nutrientes cuando se mineralizan sus hojas, fertilizando a los cultivos anuales.

Luego de este proceso, se deja descansar, convirtiéndose en un sitio con poco manejo forestal por 4 o 5 años. El éxito del sistema es a largo plazo, pues el bambú actúa como una bomba de nutrientes, ósea que extrae nutrientes del subsuelo para incorporarlos a manera de hojarasca a la superficie con ayuda de la descomposición de materia orgánica de hoja, la cual es rica en silicio, complementándolo con la gran producción de biomasa en sus finas raíces. Algunas investigaciones hechas al respecto demuestran que los bambúes extraen nutrientes de capas subterráneas de suelos durante los dos primeros años de cultivo, y estos nutrientes son depositados en capas primarias o cerca de la

⁸ Talun = cultivos perennes y kelun = cultivos anuales, terminología nativa de Indonesia.

superficie con la descomposición de las raíces. El rol biogeoquímico del bambú en las producciones sostenibles de los sistemas agroforestales se reflejan con un refrán conocido por los agricultores rurales: “sin bambú, el suelo muere” (Christanty *et al.*, 1996).

El sistema talun- kebun con bambú consiste, el primer año del cultivo, empieza con la siembra de frijol hyacinth después de la primera lluvia (final de octubre/ inicio de noviembre). Tres semillas son plantadas en hueco, y son cubiertos por materia orgánica y estiércol nuevo. Los surcos de pepino son plantados una semana después del frijol y también son fertilizados con abono orgánico. Los semilleros de papa amarga son transplantados tres semanas después de la siembra del pepino. La segunda fertilización consiste en abono inorgánico con NPK mezclado con abonos orgánicos, se aplican de dos a tres semanas después de sembrados. El frijol hyacinth recibe una fertilización adicional a la sexta semana. La limpieza de arvenses es en el segundo y tercer mes, después de cada cosecha la materia seca es usada en compost. El primer cultivo cosechado es en pepino, después de 40 días de sembrado. La frecuencia de cosecha del pepino es de 3 a 5 días por dos meses. La papa amarga puede ser cosechada semanalmente, empezando desde el primer mes de establecida, por un periodo de 3 a 4 meses. El frijol hyacinth es cosechado luego que los ginóforos se hayan secado en el suelo, eso es después de 6 o 7 meses de plantado. La cosecha del frijol hyacinth termina el primer ciclo de cultivo. El suelo se deja descansar por 2 o 3 meses hasta que la época seca termine el terreno sea arado y se pueda empezar el segundo año de producción.

Con el cultivo de cassava se realiza una rotación en el segundo año. Esta especie no requiere de manejo intensivo, y su fertilización y manejo de malezas es mínimo. La cassava se la cosecha a los 8 o 9 meses, dependiendo de la variedad sembrada. El segundo año termina con la cosecha de cassava, ver Figura 10.

Las raíces finas (menor de 2 mm de diámetro) y pequeñas raíces (2-5 mm) crean capas de materia orgánica en la superficie del suelo, que ayudan a minimizar las pérdidas de nutrientes de suelo, muy comunes en los trópicos. Las raíces del bambú profundizan hasta 75 cm en el suelo. El bambú toma nutrientes de capas profundas del suelo lo que

se conoce como bombeo de nutrientes así recupera nutrientes que hayan sido perdidos por un manejo extensivo de los suelos, alrededor de 19 t ha^{-1} lo cual comprende: biomasa de raíces descompuestas y que se incorporan como materia orgánica al suelo.

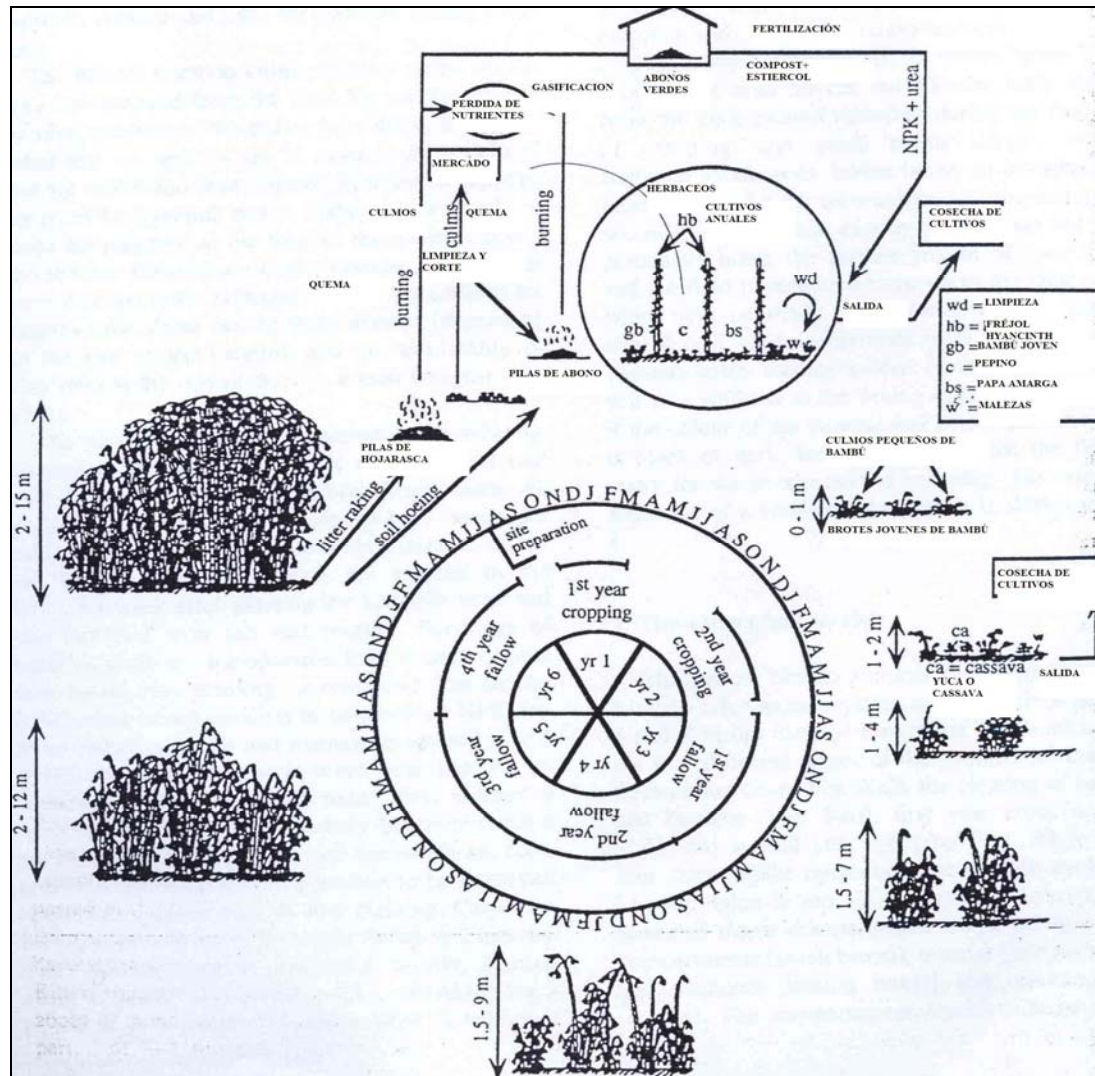


Figura 10. Diagrama del sistema talun-keban con bambú y cultivos anuales en Soreang, West Java, Indonesia Christanty, 1996.

El bambú juega un rol clave para la restauración de la fertilidad en los suelos con la acumulación de materia orgánica y nutriente en épocas de descanso del suelo. La lenta descomposición de la materia orgánica de hojarasca produce una pequeña capa de

conserva la consistencia del suelo y evita la pérdida por erosión además de su contribución de nutrientes (Christanty, 1989).

Debido al incremento de la población y la presión económica, los agricultores han intensificado la agricultura y como consecuencia, han declinado los nutrientes en el suelo y su fertilidad. En teoría, la reducción de esta materia orgánica ha sido compensada por la alta producción de materia orgánica del sistema talun- kebun. Sin embargo los agricultores desisten de producciones a largo plazo, ya que el sistema talun- kebun es menos eficiente en suelos pobres en nutrientes y secos.

6.2. Plantaciones de guadua y asociaciones con otras especies en la zona cafetera de Colombia

Camargo (2004), realizó un estudio sobre las influencias de diferentes prácticas silviculturales en la calidad, y el crecimiento, de los culmos de *Guadua angustifolia* Kunth. Los resultados muestran incrementos estadísticamente significativos ($p < 0.05$) en asociaciones con *Musa acuminata* Colla y *Schizolobium parahyba* Vell, con respecto al tratamiento sin asociación, en sitios donde antes habían sido establecidos cafetales y otros donde se practicaba la ganadería.

El experimento de asociación se evaluó en el Municipio Montenegro, departamento del Quindío a 1200 msnm con precipitaciones de 2200 mm. El diseño fue bloques completos al azar y los tratamientos fueron guadua con fertilización química; guadua asociada con plátano (*Musa acuminata*), guadua asociada con tambor (*Schizolobium parahybum*), guadua asociada con tambor y plátano, tambor como monocultivo, plátano como monocultivo y guadua sin fertilización. La variable de respuesta fue el crecimiento expresado en la altura para todas las especies y sus evaluaciones fueron hechas cada tres meses durante nueve meses. Para la fertilización fue usado NPK, 250 g por planta cada tres meses. Para el plátano, se hizo el manejo que usualmente hacen los agricultores de la zona especialmente en cuanto a la fertilización usando 250 g por planta cada tres meses, inicialmente fertilizantes nitrogenados y luego fertilizantes potásicos. Los bloques en el experimento fueron definidos de acuerdo al uso anterior del sitio y las

condiciones del mismo como pasturas, pasturas degradadas y plantaciones de café. Se realizó el análisis de varianza para evidenciar diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Así mismo, sobre los experimentos fueron definidas variables de crecimiento para determinar la productividad de la guadua.

Los resultados obtenidos con respecto a las especies asociadas con guadua (plátano y tambor), no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) respecto a su crecimiento. Pero el crecimiento de las guaduas del bloque anteriormente usado para café, fueron significativamente ($p < 0.05$) más altas. Esto demuestra que no se evidencian efectos en el crecimiento, debido a la competencia, al menos en las primeras etapas de desarrollo. Con el tiempo se podría ajustar el espaciamiento adecuado para la guadua, si existieran limitaciones de crecimiento y productividad, por ejemplo las especies como el plátano, el cual tiene un ciclo de producción que a los cinco años decrece y se sugiere reemplazar las plantas. Se puede decir en general que el crecimiento de las especies evaluadas resultó mejor en sitios anteriormente sembrados con café, lo cual se explica si se considera que las áreas bajo pasturas, usualmente presentan propiedades físicas de los suelos limitadas por proceso de compactación y densidad aparente alta.

Según Camargo (2004), la posibilidad de asociar guadua con otras especies en sus estados iniciales, podría ser una buena estrategia para promover las plantaciones, teniendo en cuenta que los productos y las especies asociadas pueden generar más ingresos y a corto plazo.

6.3. Pérdida de nutrientes en plantaciones de guadua en Colombia

En esta investigación Sepúlveda *et al.* (2004), evaluaron los beneficios ambientales de la *Guadua angustifolia* en cuanto a la disminución de la susceptibilidad del suelo a la erosión bajo diferentes condiciones ecológicas. Se realizó muestreos en tres lugares del eje cafetero, dos de ellos, son las sub-estaciones experimentales pertenecientes a CENICAFÉ, dos de ellas para evaluar captación de agua en plantaciones de guadua, pero solo una sobre la pérdida del suelo, donde se escogió 5 tipos de cobertura para ser evaluadas; para cada cobertura, se realizó un muestreo completamente al azar en tres

parcelas temporales para evaluar la susceptibilidad a la erosión. En la reserva natural El Ciprés, lugar donde se evaluó la pérdida de nutrientes del suelo, se muestreo las siguientes combinaciones *Guadua angustifolia*, bosque secundario a través de regeneración con *Brachiaria decumbens* Stapf, *Coffea arabica* L, *Trichanthera gigantea* H y B, *Saccharum officinarum* L y cultivo limpio compuesto *Manihot esculenta* L, *Zea mays* M y *Arracacia zanthorrhiza* Brancroft.

La metodología usada en el Ciprés consistió en la instalación de tres parcelas por tipo de coberturas en total se estudiaron 21 parcelas de 8 m x 4 m, ubicadas en pendientes homogéneas (62%). Cada una contó con una trampa de sedimentos en la base de la misma, la cual esta recubierta con una tela de fibra en polipropileno para filtrar el agua de esorrentía, quedando solamente los sedimentos, además se encerró con láminas de esterilla (caña cortada a manera de tiras) cubierta con plástico negro para evitar que el suelo se adhiriera al material de separación.

En cuanto a las mediciones de la pérdida de suelo bajo diferentes coberturas, se destaca que la mayor pérdida fue en el cultivo limpio con 2.61 t ha^{-1} , seguido por el banco de proteínas, y el más bajo fue para la guadua con 0.08 t ha^{-1} las áreas con guadua, bosque y pasto presentaron un comportamiento similar en el transcurso del tiempo con valores bajos de pérdida de suelo.

Respecto a la pérdida de nutrientes debido a la erosión, el tratamiento con guadua mostró los menores valores para la pérdida de calcio, potasio, magnesio, fósforo, nitrógeno y materia orgánica; el cultivo limpio presento mayores pérdidas de calcio, magnesio, nitrógeno y materia orgánica, mientras que el banco de proteínas presentó pérdidas de potasio y fósforo.

La plantaciones con guadua ayudan a mantener las características físicas del suelo confiriéndole condiciones de estabilidad moderada, además de la reducción en la pérdida del suelo y nutrientes por la erosión con otras coberturas (Sepúlveda *et al.*, 2004).

La intensidad, frecuencia y el tipo de aprovechamiento realizado en los guaduales del eje cafetero colombiano bajo condiciones específicas de esta investigación no presentan

influencia marcada sobre ninguna de las características físicas del suelo relacionadas con la susceptibilidad a la erosión, sino que por el contrario estas características poseen valores considerados óptimos de los rangos establecidos para suelos de cenizas volcánicas.

6.4. Potencial alelopático de la guadua y otras especies de bambúes sobre la germinación y el crecimiento de varios cultivos

Según investigaciones de Ríos *et al.* (2004), evaluaron el efecto de extractos acuosos provenientes de la hojarasca de *Guadua angustifolia*, *Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland y *Dendrocalamus strictus* Nees, sobre la germinación y crecimiento de las semillas de *Phaseolus vulgaris* L, *Cucurbita moschata* L, *Daucus carota* L, *Lycopersicum esculentum* Mill, *Lactuca sativa* L, maíz *Zea mays* L, *Oriza sativa* L, *Cucumis melo* L, *Sesamun indicum* L, *Abelmoscus sculentus* Moench, *Solanum melongena* L, *Raphanus sativus* L, y *Sorgum bicolor* Kuntze. Los extractos fueron preparados a partir de la hojarasca presente en la superficie del suelo, en las plantas de bambú, y obtenidos de acuerdo con la metodología de Pratley y col, en 1996. El potencial Redox (ds/m) 24.5, 61.1 y 55.2; pH 6.72, 6.11, y 6.22; y la conductividad (m S/ cm) 550, 684, 598 fueron logrados de los respectivos licores obtenidos. Todas las especies de bambú mostraron un efecto alelopático (efecto inhibitorio de crecimiento de una especie a otra). Con el uso de los extractos de germinación fue inhibida en un 60% en general.

En los casos de maíz y frijol, no se encontró ningún efecto, todo parece indicar que estas especies tienen contenidos suficientemente activos en sus cotiledones que no permiten actuar a los agentes alelopáticos en los procesos de germinación y suficientes sustancias de reserva para evadirlos. También se observó un incremento en el caso del maíz ante los extractos de *Guadua* y *Bambusa*, la lechuga frente al *Dendrocalamus*, la berenjena con los de *Dendrocalamus*, por otra parte se presenta una disminución de los mismos en el arroz, la calabaza, melón, quimbombó, y millo frente a los otros extractos. Los de la lechuga ante la *Bambusa*, la berenjena y por ultimo, el frijol ante los licores obtenidos de *Guadua* y *Bambusa*. Es de destacar que en el caso del arroz, el promedio de los

epicotilos en el testigo es de 4.69 cm y disminuye a 1.74 cm y 1.28 cm cuando se evaluó plántulas creciendo en extractos acuosos de *Guadua* y *Dendrocalamus*, respectivamente, los de calabaza disminuyen de 6.39 a 2.22, llegando a alcanzar 1.40 cm frente al extracto de *Bambusa*. Se manifiesta similar tendencia frente a la *Bambusa* (Ríos *et al.*, 2004).

Investigaciones realizadas por Chou *et al.* (1981), informaron sobre el potencial alelopático que representaron las especies *Bambusa floribunda* Schreber, *B. multiplex* Rausch, *B. pachinensis* Hayata y *B. ventricosa* Kimmei, sobre las especies *Lactuca sativa* L y *Oriza sativa* L. Por otra parte, Chou (1983) evaluó el potencial de 14 especies de bambú y encontró que *Sinocalamus latiflorus* Munro no fue suficientemente potente para demostrar estos efectos alelopáticos, pero *Bambusa oldhami* Munro, *B. pachiensis* H, *B. ventricosa* K, *Phyllostachys edulis* Carr y *P. makimoi* Carr mostraron fototoxicidad sobre el crecimiento de las radículas de la lechuga, el arroz y el ryegrass.

Por su parte Eyini *et al.* (1989) encontraron un efecto alelopático de extractos acuosos de *Bambusa arundinaceae* Wild, sobre plantas de *Arachis hypogea* L.

Se observó un efecto alelopático producido por los extractos obtenidos de las hojarascas de *Guadua angustifolia*, *Dendrocalamus strictus* Nees, y *Bambusa vulgaris* Schrad sobre las especies de interés agrícola estudiadas, esto es debido a que la germinación se vio afectada en todos los casos salvo en el maíz y el fréjol. Se produjo un incremento de la misma solo en el caso de la berenjena. Las especies más afectadas fueron el rábano y el millo, las radículas disminuyeron su crecimiento en la calabaza, tomate, ajonjolí, millo y zanahoria mientras que aumentaron en rábano y el fréjol (Ríos *et al.*, 2004).

6.5. Necesidades de la investigación agroforestal

En el trópico se ha extendido e incrementado las necesidades de conservación del suelo. Es poco común encontrar información acerca de ello en los sistemas agrícolas tradicionales ya que estos no identifican la degradación del suelo o baja de fertilidad así como otros problemas presentes. Donde los terrenos tienen pendientes, el proceso de erosión disminuye la fertilidad del suelo, en pendientes cuesta arriba prevalece este efecto. Sumado al aumento de población y el uso indiscriminado de los agroquímicos;

ayudan a que desestabilizar los niveles de sostenibilidad. Las necesidades de investigación en el campo agroforestal podemos concluir tres puntos: hay que buscar enlaces que aporten a la práctica agroforestal, indicar las necesidades para investigación en el potencial agroforestal para la conservación del suelo, concienciar el sentido del buen mantenimiento o mejoramiento de la fertilidad del suelo (Young, 1990).

La erosión de la fertilidad es la pérdida de nutrientes por erosión y puede ser comparable en magnitud con la remoción de los mismos elementos bajo sistemas de cultivos muy exigentes. El proceso de pérdida varía según los diferentes elementos. El fósforo se pierde principalmente con las partículas coloidales, en cuya superficie esta absorbido, mientras el nitrógeno en forma de nitritos o nitratos es soluble, por lo que se elimina en disolución a través de la escorrentía sin que exista algún desplazamiento del suelo (Hudson, 1982).

Los sistemas agroforestales se les ha presentado como una alternativa para controlar la erosión, mantener la fertilidad del suelo, y hacer un uso apropiado del terreno sembrado. Algunas alternativas han sido aceptadas por los agricultores por ser prácticas ancestrales, pero hay otras que aun siguen en programas de investigación para su uso futuro. La capacidad de los sistemas agroforestales para controlar problemas de erosión sugiere un análisis sobre causas de la erosión y procesos erosivos con relación a las características de los sistemas agroforestales (Young, 1990).

En conjunto una larga y creciente necesidad de conservar el suelo, nos presentan un alto potencial para el manejo de la Agroforestería, y al de algunas regiones ya que se presenta una carencia de prácticas experimentales que evidencien clara y concisamente las necesidades de investigación.

Las necesidades de la investigación, son: el aumento de los problemas de degradación del suelo, un alto potencial de los sistemas agroforestales para solucionar estos problemas, una falta de prácticas experimentales que confirmen estas teorías y es difícil aceptar una combinación cuando no hay pruebas que lo verifiquen claramente.

Existe una tendencia al empleo de investigaciones en los sistemas agroforestales, ya que surgen como una alternativa para solucionar problemas crecimiento poblacional al crear nuevas y eficientes fuentes de trabajo; efectos sobre los beneficios de los recursos naturales, en las cuales los sistemas agroforestales intentan solucionarlos a corto plazo. Es la estructura y planificación de la investigación.

Los sistemas agroforestales son complejos, envuelven interacciones de al menos dos componentes vegetales (forestales y anuales) y otras variables como clima y suelo. Las investigaciones científicas deben ir dirigidas a contestar las siguientes preguntas: ¿Qué, cómo y por qué?, trata de contestar la pregunta ¿Que sucede? Es la pregunta que se tratan de resolver agricultores y productores agrícolas. ¿Por qué?, trata de buscar la respuestas a las preguntas de por que los componentes agroforestales reaccionan de tal manera. Así también trata de determinar la relación causa-efecto en un sitio específico y cada año bajo condiciones climáticas naturales. ¿Cómo?, es la investigación concerniente a los procesos fundamentales que operan entre los sistemas. Algunas investigaciones a niveles no específicos pueden envolver estudios tales como micro climatología, suelo, física, biología del suelo y nutrición de plantas (Huxley, 1983).

Además de estos métodos científicos se puede incluir:

Campos experimentales con entrada abierta para productores y pequeños agricultores en la que se muestren los resultados que estos experimentos brinden.

Evaluaciones periódicas la cual nos permitirá reconocer los resultados al medio ambiente, económico y social. Las últimas son investigaciones bastante complejas, empezando por qué especies estudiar y qué factores estudiar.

Si entendemos cómo las plantaciones forestales reaccionan con nuestros cultivos, y cómo la competencia por agua y nutrientes del suelo; podremos diseñar sistemas agroforestales, los cuales funcionen a las condiciones que proponemos satisfactoriamente. El que investiga puede evaluar diferentes variables en un mismo proyecto. En esta manera las preguntas del cómo y por qué pueden ser respondidas sin inconvenientes (Young, 1990).

7. METODOLOGÍA

7.1. Localización

El área de estudio a trabajar esta localizado a $01^{\circ} 40.050' S$ y $80^{\circ} 45.180' O$, refiérase a la Figura 11, a una altura de 66 msnm, se encuentra en la comuna La Entrada, en los alrededores del recinto Guale de la Provincia del Guayas al noroeste de la Península de Santa Elena, a 350 km de la carretera Guayaquil- Manta, por la ruta del sol.

El recinto Guale se encuentra entrando por un camino lastrado de 4 km, y está colindando las comunas de Matapalos y Casas Viejas, pertenecientes a la Provincia del Manabí. En la parte derecha, se encuentra una vertiente del río Ayampe, el cual recorre una superficie de 59,400 ha de la cordillera Chongón Colonche (Bonifaz, 1994).

Está compuesto de 10 casas dispersas alrededor del río Ayampe. Los habitantes de la comunidad se dedican a la agricultura, pesca y caza artesanal, el total de habitantes del recinto Guale, no asciende a más de 50 personas. El lugar donde se desarrollo la presente investigación pertenece a la Fundación BAMBULLACTA, la hacienda tiene alrededor de 400 hectáreas dedicadas a plantaciones de caña guadua, propiedad del Arq. Marco Oviedo, director de la fundación, quien amablemente accedió a la realización del proyecto, carta de colaboración entre ESPOL el Proyecto para el Desarrollo de la Península de Santa Elena y la Fundación Bambullacta.

Uno de los compromisos del proyecto fue ayudar a mejorar la calidad de vida de los agricultores de la zona con incentivos económicos por actividades agrícolas durante el desarrollo de los cultivos anuales y la donación de parte de la cosecha de cacahuete y maíz.

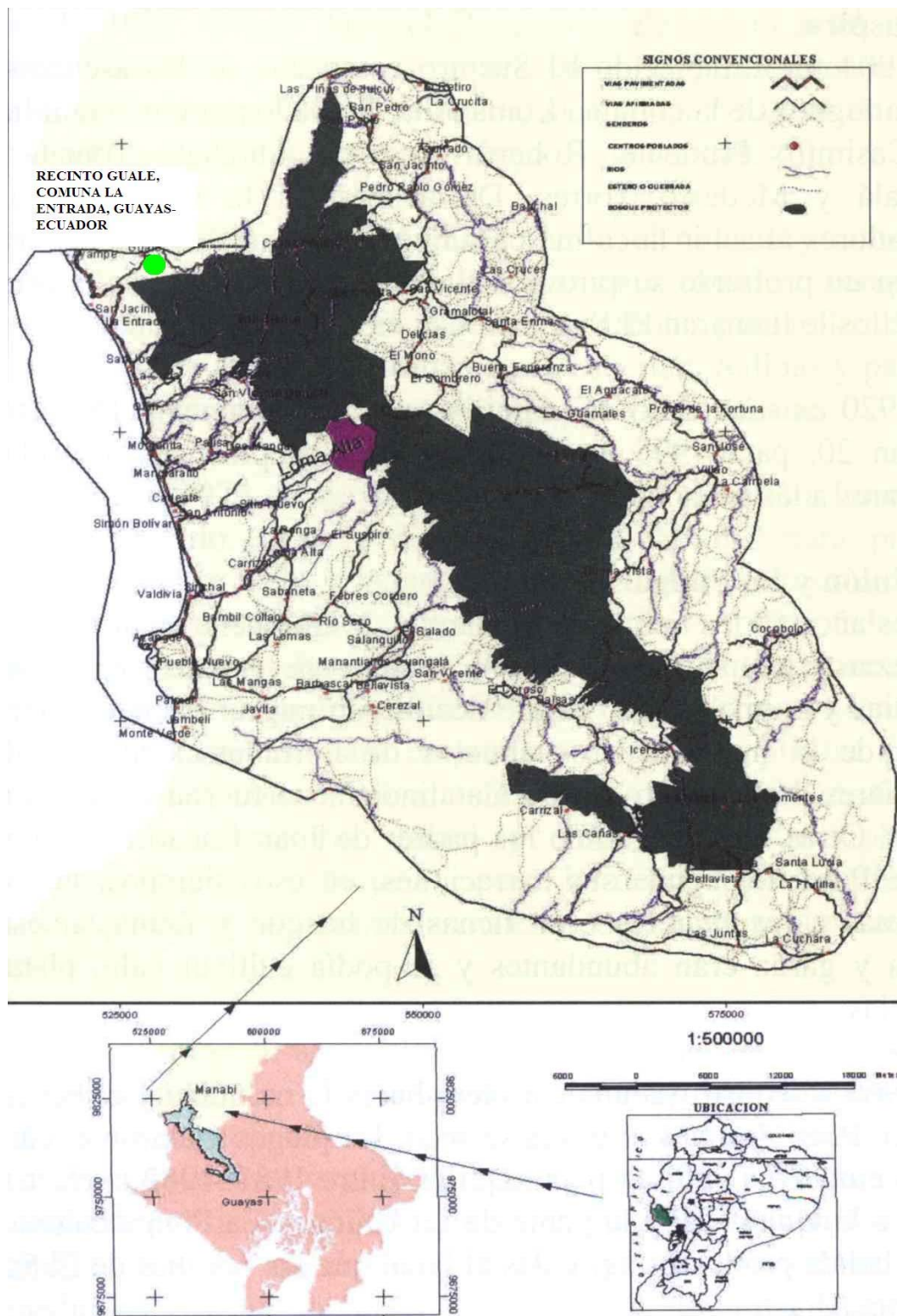


Figura 11. Mapa de la provincia del Guayas en la comuna La Entrada, recinto Guale Bonifaz, 2004.

7.2. Clima

Es un bosque tropical húmedo con temperaturas promedio de 30 a 35° C y una humedad relativa con rangos de 75 a 80%, se estima que la precipitación anual es de 808 mm, con una temperatura promedio anual de 23 C, la heliofanía es de 1,164 horas de brillo solar, la nubosidad es de 6 horas, la humedad relativa es del 81%, la velocidad del viento es de 1.8 metros por segundo y la evaporación anual es de 1,160 mm (Bonifaz, 1994).

La época de lluvia en el primer semestre de 2004 ha sido seca, esto es debido a la poca incidencia de lluvias, las cuales fueron muy esporádicas. La menor incidencia de lluvia fue en el mes de enero con 0 mm, el mes con mayor incidencia de lluvia es mayo donde se registro 70 mm. El total registrado desde 1 de Enero hasta el 30 de Junio ha sido de 167.5 mm, y la media de las lluvias diarias durante el periodo de verano ha sido de 0.92 mm por día, ver Figura 12.

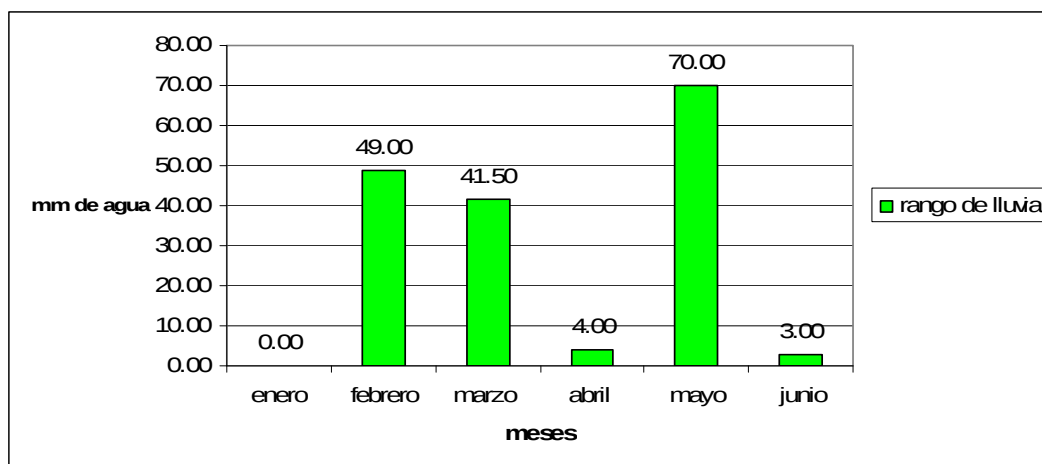


Figura 12. Registro de la pluviometría del primer semestre del 2004 en el recinto Guale.

En el segundo semestre, de julio a diciembre la pluviométrica total medida fue de 103 mm con una media de 0.56 mm diarios. Los meses más húmedos fueron julio con 35 mm, octubre con 21.50 mm y septiembre con 26.5 mm. El mes más seco fue el de diciembre con 0 mm, seguido de agosto con 6.50 mm. A partir de la segunda quincena de noviembre y todo el mes de diciembre no hubo lluvias, ver Figura 13.

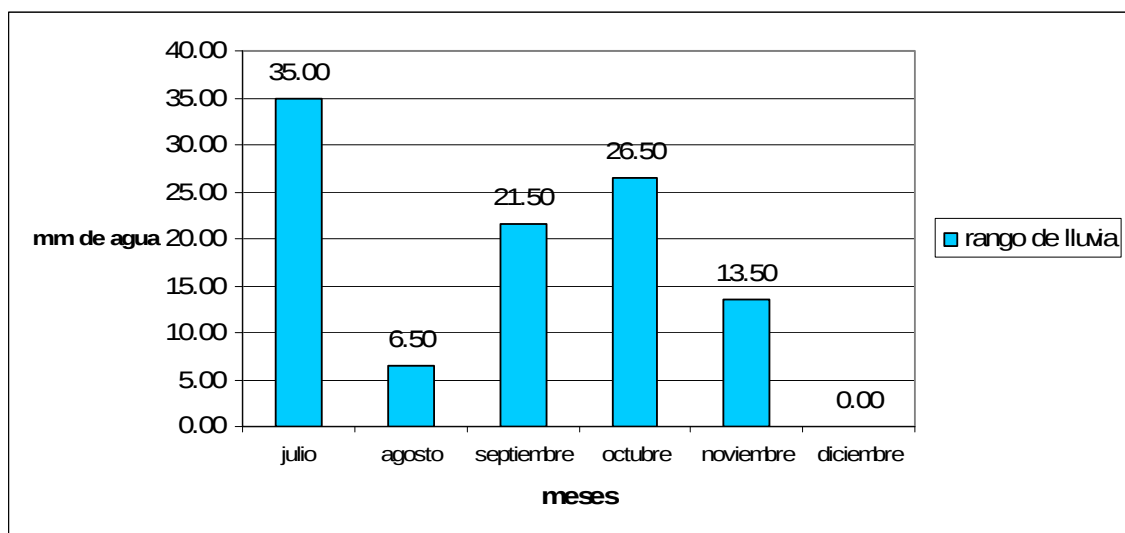


Figura 13. Registro de la pluviometría del segundo semestre del 2004 en el recinto Guale.

7.3 Vegetación

La vegetación existente es de un bosque tropical húmedo, en el área se encuentra las siguientes especies nativas forestales prometedoras para diversos usos como carbón, construcción, estacas, entre las especies más importantes tenemos: *Pithecellobium arboreum* L, *Ziziphus thyrsoiflora* B, *Geoffroea striata* W, *Tabebuia chrysanthra* J, *Tabebuia bibergeri* B, *Tabebuia heterophylla* B, *Prosopis* sp (Bonifaz, 2004).

7.4. Suelos

Los suelos de textura franco arenosa, profundos, abarcan una superficie de 2,172 ha y su uso potencial es para cultivos anuales, actualmente están ocupados por plantaciones de caña guadua en el sector La Llorona, en la comuna Guale de la hacienda Bambullacta.

La topografía del terreno es plana con una ligera pendiente de 1.0%. La clasificación FAO es un Regosol éutrico, y la USDA del suelo es Ustipsament, su estructura es subbloquear y características texturales de franco arenosas en la parcelas agroforestales y franco en las parcelas de monocultivo y testigo; sin cobertura vegetal, La geología del suelo es una terraza del río Ayampe, y valle aluvial del río Ayampe y con colinas medias y altas, refiérase a las Figuras 14 y15, y la caracterización del suelo en el Anexo 4.

La fisiología del suelo es (400 hectáreas) de plantaciones de caña guadua, con densidades de siembra de 444, 400, y 277 cañas por hectárea, todas con el fines de producción maderable, también hay 50 hectáreas de producción de árboles endémicos como *Tabebuia chrysantha* J, *Tabebuia bibergeri* J, *Tabebuia heterophylla* J (Lindao *et al.*, 1994).



Figura 14. Plantación de guadua de 15 meses. Figura 15. Calicata en el suelo forestal.

7.5. Actividades, recurso humano y herramientas

Delimitación del área a trabajar. Cuatro jornaleros para limpieza del terreno y diez jornaleros para cercar el área. GPS Garmin etrex vista con precisión de tres metros, cuatro machetes, 220 estacas de madera, 550 m de alambre para potrero.

Mantenimiento de los cultivos. Dos jornaleros para labores de riego, y un jornalero para cuidar el área experimental y toma de datos de pluviometría. 50 sobre de semillas de 20 gramos hortalizas menores (lechuga, rábano y cilantro), Fertilizante foliar CITOKIN a base de Cytokininina, Insecticida biológico X- NIM a base de *Azadirachta indica* J, Insecticida para espantar hormigas arrieras FLURAMIN, a base de Sulfluramin 3g kg^{-1} , Bomba de 5 HP para el riego de los cultivos, 200 m de manguera de 2 pulgadas, Equipo de fontanería, un higrómetro digital para la medición de humedad y temperatura marca Fisher Scientific, un pluviómetro en escala de mm de agua, y combustibles y lubricantes.

Toma de datos para erosión hídrica del suelo. Un jornal para recolección de muestras, y un jornal para toma de datos. Doce cajas tipo Gerlach de 0.01 m^3 para la recolección de

sedimentos, GPS Garmin etrex vista (posicionamiento y altímetro), Fundas herméticas Ziploc para mantener la humedad de campo, Balanza de campo marca ONHUS (0.02 g de precisión).

Toma de datos de hojarasca de caña guadua. Un jornal para recolección de muestras, y un jornal para toma de datos. Seis trampas de aluminio de 1.0 m² para la recolección de hojas, GPS Garmin etrex vista (posicionamiento y altímetro), Fundas herméticas Ziploc para mantener la humedad de campo, Balanza de campo marca ONHUS (0.02 g de precisión).

Toma de datos para cosecha cultivos anuales. Doce jornales para recolección cosecha, y un jornal para toma de datos. Dieciocho sacos de plástico vacíos de 45 Kg. para evaluar cada una de las parcelas, Balanza de campo marca ONHUS (0.02 g de precisión), Libreta de campo.

7.6. Métodos para el análisis de suelo y agua

Métodos físicos

Análisis mecánico. Método Bouyoucos- RR. Day; con dispersante sodio tripolifosfato al 5%, densímetro 152H.ST.

Densidad aparente (ρ_b). Método cilindro estándar- gravimétrico.

Densidad real o de partículas (ρ_s). Método de picnómetro a 20° C gravimétrico.

Métodos químicos

Aniones solubles. Carbonatos y bicarbonatos: métodos volumétricos. Sulfatos: métodos turbidimétrico.

Bases de cambio (BA). Método de extracción con acetato de amonio 1N, pH 7.0.

Capacidad de intercambio cationico (CIC). Método de sustitución de amonio por Na, valorado en reacción del formaldehído con Na OH 0.2 N.

Materia Orgánica (MO). Calculado en base a CO % x 1.724, Método W. Black (ácido sulfúrico concentrado más potasio dicromato 1 N; valoración con sulfato ferroso).

Cationes solubles. Na y K (alcalinos) determinación en AA, Ca y Mg (alcalinos térreos) valoración con EDTA.

CE en extracto de saturación. Exploratorio, en solución filtrada de pH, método electrométrico, con el puente Weastone.

Conductividad eléctrica (CE). Exploratorio, en solución filtrada de pH, método electrométrico, con el puente Weastone.

Fósforo asimilable (P). Método Olsem modificado (extractante bicarbonato de sodio 0.5 M pH 8.5 mas EDTA. Determinación: espectrofotométrica 600u).

Micro nutriente (Fe, Mn, Zn, Cu). Método Olsem modificado, determinación en AA.

Nitrógeno (N). Método digestión MicroKjeldhal, valoración espectrofotométrica con reactivo Nessler.

Potencial de hidrógeno, reacción al suelo (pH). Acidez actual en agua, relación 1:2.5, método potenciómetro.

Salinidad. Método de extracto saturado con el puente Weastone.

El cronograma de trabajo y los costos generales del proyecto con sus aportaciones, puede refiérase al Anexo 5.

7.7. Diseño experimental

Según Padrón (1996), el diseño estadístico aplicado debe de ser bloques completos al azar debido a que es más usado en la experimentación agrícola, ver Cuadro 6.

La formula aplicada al diseño es la siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + B_j + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

$$i = 1, 2, 3, 4, \dots, t$$

$$j = 1, 2, 3, 4, \dots, t$$

En donde

Y_{ij} = variable de respuesta en la j – ésima repetición del i – ésimo tratamiento

μ = media general

τ_i = efecto del tratamiento i

B_j = efecto del bloque j

ε_{ij} = error aleatorio, en donde $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

El análisis de la Varianza para el modelo $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$

En donde

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_t \quad (2)$$

H_a : al menos un efecto de un tratamiento es diferente de los demás.

Cuadro 6. Descripción de la tabla análisis de varianza del diseño de bloques al azar.

Fuentes de variación (FV)	Grados de libertad (GL)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrados medios (CM)	F₀
Tratamientos	t - 1	$\sum_{i=1}^t \frac{Y_{i.}^2}{b} - \frac{Y_{..}^2}{bt}$	$\frac{S.C.TRAT.}{t - 1}$	$\frac{C.M.TRAT}{C.M.ERROR}$
Bloques	b - 1	$\sum_{j=1}^b \frac{Y_{.j}^2}{t} - \frac{Y_{..}^2}{bt}$		
Error	(t-1)(b-1)	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 - \sum_{i=1}^t \frac{Y_{i.}^2}{b} - \sum_{j=1}^b \frac{Y_{.j}^2}{t} + \frac{Y_{..}^2}{bt}$	$\frac{S.C.ERROR}{(t-1)(b-1)}$	
Total	(bt - 1)	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{bt}$		

La plantación de caña guadua (*G. angustifolia*) con una edad de 15 meses en enero del 2004, posee una extensión de 55 ha, de las cuales se escogió tres hectáreas para realizar las parcelas y una hectárea para el muestreo. Se dio preferencia a las cañas que estaba más cercana al río Ayampe, para poder facilitar las labores de las hortalizas a sembrar. Las cañas guadas están sembradas a una densidad aproximada de 6 m x 6 m con una población de 277 cañas por hectárea. Luego mediante un sorteo al azar fueron seleccionadas las parcelas que van a ser sujeto de estudio, en las siguientes categorías: sistema agroforestal, plantación forestal. Las parcelas tienen dimensiones de 18 x 12 metros (216 m²), con tres repeticiones cada una.

Los factores de homogeneidad que se consiguieron fueron los siguientes:

1. Uniformidad en el suelo franco arenosos en toda el área experimental,
2. La temperatura, precipitación y la humedad relativa y
3. Edad de la plantación de caña guadua.

Además, los factores en los que no se pudo lograr homogeneidad y razón por la cual se decidió bloquear, fueron las siguientes:

1. El tamaño de las cañas guaduas, ya que pese a tener la misma edad, variaban su altura de 6 m a 8 m y
2. La pendiente de la zona de estudio del 1% considerada plana, pero con las características del suelo franco arenoso, son suelos fácilmente erosionables

Los valores obtenidos de rendimiento de los cultivos anuales, hojarasca de caña guadua, y erosión del suelo con las cajas tipo Gerlach y, se espera realizar un Análisis de Varianza, y comparación de medias con las pruebas de Tukey y Duncan con un nivel de significancia de 95%, para lo cual se empleo el paquete estadístico de SAS versión 8.

7.8. Tratamientos

El experimento tiene cuatro tratamientos agroforestal, forestal monocultivo y testigo a evaluar con tres repeticiones o bloques.

El sistema agroforestal de cultivos en callejones, en las Figuras 16 y 17, con caña guadua *G. angustifolia* con cacahuate *A. hypogea* y maíz *Z. mays* en rotación. Las parcelas de cultivos en callejones, por ser de asociaciones de cultivos poseen un diseño de siembra diferente a la de monocultivo, y por ser un experimento que basa su aplicación en la agricultura de conservación.

El cultivo de cacahuate, con 120 días hasta la cosecha en primer semestre, sembrado en los callejones de 6 metros de distancia libre por caña guadua dejando 1.5 metros libres a

los extremos para evitar la competencia de nutrientes y agua durante la asociación, y el maíz, con 120 días hasta la cosecha en segundo semestre, de igual manera sembrado en los callejones de 6 metros de distancia libre por caña guadua dejando 1.5 metros libres.

La siembra del cacahuate en las plantaciones de caña guadua se realizó el 16 de febrero de 2004. La densidad de siembra fue de 0.25 m, entre plantas y 0.60 m, entre hileras, con una densidad de 300 plantas por parcela, con 18 hileras por parcela.

El primero de agosto de 2004 se realizó la siembra de maíz en las parcelas. Las plantas de maíz fueron sembradas nueve hileras a 0.25 m por 1.00 m, en nueve hileras, con una densidad de 243 plantas por cada parcela.

El primer cultivo en asociar va a ser una leguminosa para aportar de nitrógeno el suelo, el cual casi siempre se encuentra escaso en el suelo. Las opciones leguminosas anuales a elegir están los frijoles, soya, cacahuate de los cuales se ha optado por el último debido al buen mercado que tiene, pues aunque el precio baje los productos elaborados del cacahuate también tienen buena acogida por los consumidores.



Figura 16. Sistema agroforestal compuesto por caña guadua y cacahuate.



Figura 17. Sistema agroforestal compuesto por caña guadua y maíz.

El monocultivo de cacahuate y maíz en rotación, Figuras 18 y 19, con cultivo anual de cacahuate en el primer semestre y maíz en el segundo semestre, para comparar rendimientos con el sistema agroforestal. Las distancias de siembra para las parcelas de monocultivos son similares a las del sistema agroforestal.



Figura 18. Monocultivo de cacahuete.



Figura 19. Monocultivo de maíz.

El tratamiento forestal de monocultivo de caña guadua *G. angustifolia*, en la Figura 20, para evaluar con el tratamiento agroforestal en producción de hojarasca de caña guadua.

El tratamiento de testigo o suelo sin cobertura vegetal, en la Figura 21, para evaluar la erosión del suelo con los tres tratamientos anteriormente descritos.



Figura 20. Monocultivo forestal de caña guadua.



Figura 21. Parcela testigo de suelo sin cobertura vegetal.

La distribución en campo de cada uno de los tratamientos con sus respectivas repeticiones se los puede ver en la Figura 22.

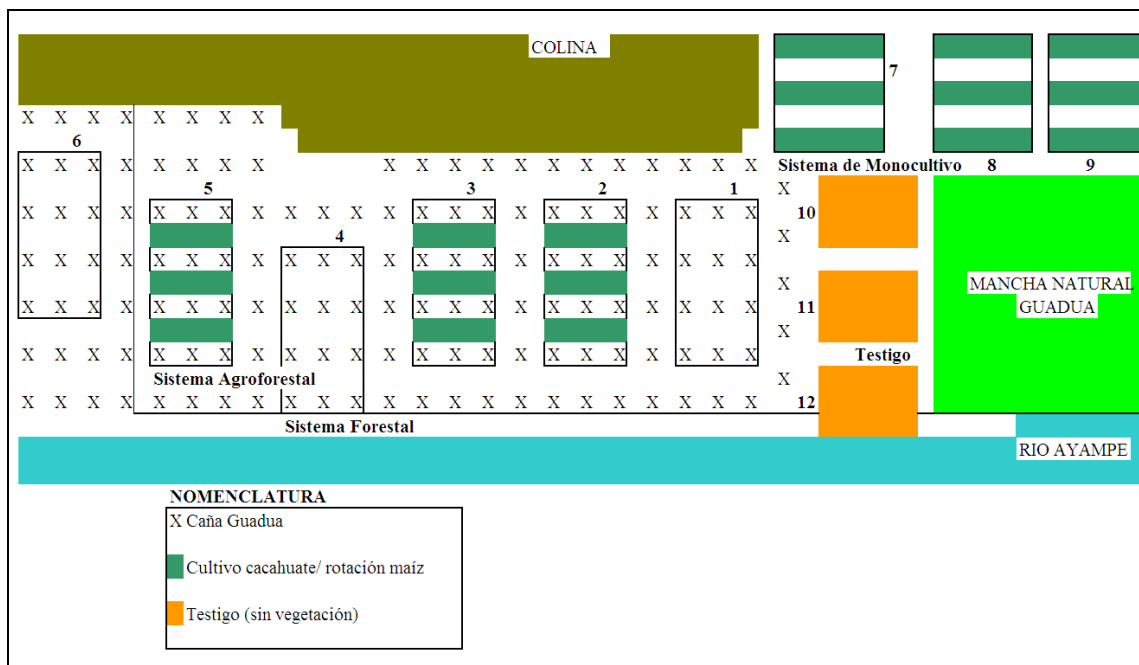


Figura 22. Esquema gráfico del área de estudio en la comuna Guale.

7.9. Variables a medir

Uso equivalente del suelo

La razón de uso equivalente de la tierra es la proporción del área requerida bajo sistema de monocultivo en relación al sistema agroforestal, bajo el mismo nivel de manejo, para obtener una cantidad igual de rendimiento Land Equivalent Ratio LER, es la suma de las fracciones de los rendimientos de los cultivos en asociación con respecto a los de monocultivos.

El uso equivalente de la tierra LER, se incluye en el análisis de productividad del sistema agroforestal. El LER es un índice usado para cuantificar la eficiencia de rendimiento por hectárea en la asociación (Andrews *et al.*, 1976).

$$LER = \sum_{i=1}^n (Y_i^A / Y_i^M) \quad (3)$$

Donde Y_i^A es el rendimiento del cultivo en el sistema agroforestal, y Y_i^M es el rendimiento del cultivo en el sistema de monocultivo.

Hojarasca de caña guadua

La captura de la hojarasca producida por la caña guadua, se realizó con unas trampas de aluminio dispersas al azar en cada una de las parcelas, para la recolección de hojarasca tipo cobertura se lo realizó en una caja de metálica con una superficie de 1.0m x 1.0m (1m²). Las mediciones se hizo mensualmente y su recolección en fundas herméticas para obtener peso en húmedo y luego del análisis de composición de la hoja, en peso seco.

Esta caja recolectó toda la hojarasca de caña guadua que acumulada durante el período de un año productivo de febrero a diciembre. Dependiendo de la hojarasca que se logre recolectar se evaluara la producción en periodos mensuales, se tomara en cuenta los tiempos picos, de producciones máximas, el cual se presume que es en época seca, ver Figuras 23 y 24.

Se captura toda la hojarasca, registra el peso fresco total por 1.0 m²; de esta se saca una muestra y se registra su peso; se coloca en bolsas de papel, rotulado y se seca en la estufa a 75° C hasta obtener un peso constante en kg ha⁻¹ (Arévalo, 2004).



Figura 23. Trampa de hojarasca de guadua.



Figura 24. Trampa instalada en campo.

Para calcular la producción de hojarasca de caña guadua en kg ha⁻¹, y luego realizar su conversión a kg ha⁻¹ debe de utilizarse la siguiente ecuación.

$$H \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} = (\text{PSM} \times 10.000 \text{ m}^2) \quad (4)$$

En donde

$H \text{ (kg ha}^{-1}\text{)}$ = hojarasca, materia seca,

$PSM \text{ (kg)}$ = peso seco de la muestra colectada,

Ambientalmente, se puede destacar a la guadua por su gran producción de hojarasca supera los treinta y cinco toneladas por hectárea cada año, de las cuales unas cinco se incorporan al suelo mejorando su textura y estructura (Botero, 2001).

Erosión del suelo

De acuerdo con Van Dijk (2002), para la medición de erosión del suelo se usarán las cajas tipo Gerlach, con 0.5 m x 0.2 m x 0.1 m (0.01 m³), durante el año de evaluación, las cuales se colocaron seis en las parcelas en la parte media y seis en la parte baja ya que el terreno en su extensión es de topografía plana.

La variable medida es la incidencia de sedimentos recolectados mensuales, los cuales por conversión a hectárea fueron analizados estadísticamente.

$$ST \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} = (PSP \times 10,000 \text{ m}^2) / TM \quad (5)$$

En donde

$ST \text{ (kg ha}^{-1}\text{)}$ = sedimentos totales,

$PSP \text{ (kg ha}^{-1}\text{)}$ = peso de sedimentos capturados por hectárea, y

$TM \text{ (m}^2\text{)}$ = tamaño de la parcela, 216 m², en nuestro caso.

También se tomaron muestras para análisis de suelo remarcando los niveles de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio en el primer y segundo semestre, se comparará al final de cada ciclo de producción los nutrientes capturados en los sedimentos de las cajas, de esta manera se podrá determinar los nutrientes que se pierden por efectos de la erosión hídrica, refiérase a Figuras 25 y 26.



Figura 25. Caja tipo Gerlach.



Figura 26. Caja tipo Gerlach en el campo.

7.10. Muestreo

Para decidir el tamaño adecuado de una muestra es necesario aplicar la siguiente formula.

$$m = (z^2 o^2) / e^2 \quad (6)$$

En donde

z , es un valor obtenido por tablas,

o , es un valor antecedente de la variable de interés que se necesite estudiar y

e , es error de muestreo, el que se recomienda trabajarlo con 0.001.

Producción de cultivos anuales

Los cultivos anuales de cacahuete y maíz del experimento tienen un periodo de 120 días hasta su cosecha, ver Figuras 27 y 28.



Figura 27. Semilla de cacahuete.



Figura 28. Semilla de maíz.

La última semana de mayo se realizó una evaluación de campo para determinar el grado de maduración de las vainas del cacahuete. Al comprobar que estaban listas para la cosecha, los días 4 y 5 de Junio se efectuó la recolección de los cacahuates, para verificar las diferencias entre las parcelas agroforestales con caña guadua y cacahuete, y las parcelas de monocultivo; en ambas se peso los rendimientos en campo. Así también, la primera semana de noviembre se realizó una evaluación de campo para determinar estado del grano del maíz, el 13 de agosto se hizo la cosecha de maíz, y por la poca la cantidad de maíz cosechado para la venta, está fue donada en su totalidad a los agricultores de la comuna Guale.

Hojarasca de caña guadua

Para el muestreo de la hojarasca, el proceso de recolección en campo se lo describe en las Figuras 29 a la 32.



Figura 29. Ubicación de las trampas.



Figura 30. Recolección de hojarasca.



Figura 31. Deposito en una funda ziploc.

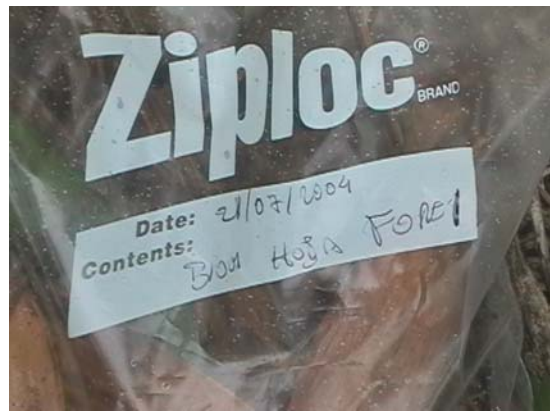


Figura 32. Rotulación de funda.

En el primer semestre, el 11 de febrero se colocaron las trampas de medición de hojarasca, el 30 de junio del mismo año se recolectó las trampas de hojarasca, hay 6 trampas, tres por cada tratamiento, agroforestal y forestal. En el segundo semestre, se colocaron las trampas el 2 de Julio y se recogieron hasta el 15 de diciembre de 2004, las muestras recolectadas fueron llevadas a laboratorio para su respectivo análisis de humedad, y determinación de materia seca.

Erosión del suelo

El procedimiento en campo para la recolección de los sedimentos generados por la lluvia, se puede ver en las Figuras 33 a la 36.



Figura 33. Sedimentos en campo.



Figura 34. Recolección de sedimentos.



Figura 35. Recolección en campo.



Figura 36. Rotulación de la funda.

El 15 de enero de 2004 se instalaron las cajas tipo Gerlach, hay 12 cajas en total ósea tres por tratamiento, las cuales recogieron los sedimentos producidos por la lluvia, el 30 de junio las cajas tipo Gerlach fueron recogidas. El 2 de julio se instalaron nuevamente las cajas, hasta el 15 de noviembre, en diciembre no se pudo realizar las mediciones de los sedimentos debido a que desde mediados de noviembre a diciembre dejó de llover. Luego con los sedimentos capturados por las cajas tipo Gerlach se realizó un análisis de los nutrientes que contenía, se evaluó nitrógeno, fósforo, y potasio, con los sedimentos acumulados en el primer y el segundo semestre.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1. Rendimientos de semilla en los cultivos anuales

Los rendimientos de semilla en las parcelas de cacahuete fueron $865.74 \text{ kg ha}^{-1}$, en la parcela agroforestal y $1001.54 \text{ kg ha}^{-1}$ en la parcela de monocultivo, la diferencia entre los dos fue $135.80 \text{ kg ha}^{-1}$, con resultados favorables al tratamiento de monocultivo.

En el caso del maíz, el rendimiento fue $220.99 \text{ kg ha}^{-1}$ en la parcela agroforestal y $311.11 \text{ kg ha}^{-1}$ en la parcela de monocultivo, la diferencia de los rendimientos es de 90.12 kg ha^{-1} , más en el tratamiento de monocultivo, refiérase a la Figura 37.

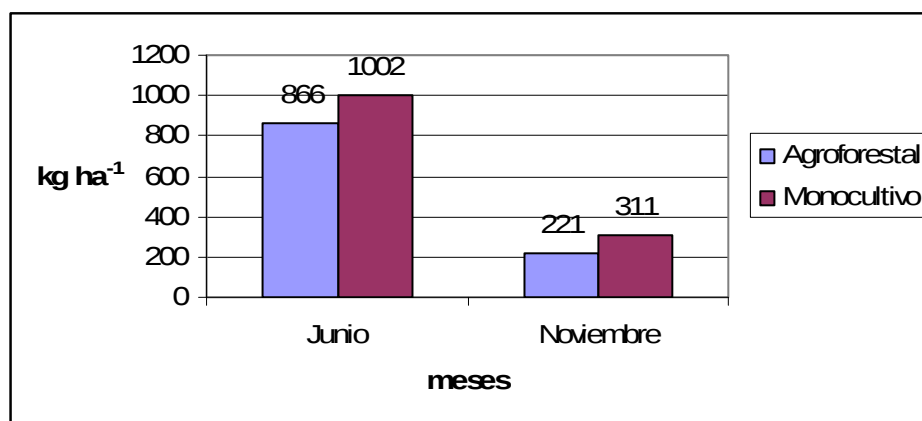


Figura 37. Rendimientos de semilla de cacahuete y maíz en rotación en los tratamientos agroforestal y de monocultivo de enero a noviembre del 2004.

Tomando como referencia los estudios hechos por Andrews *et al.* (1976), sobre el índice de Uso Equivalente de la tierra LER, se realizó una comparación entre los diferentes cultivos que intervienen en el experimento.

En el Cuadro 7, el uso equivalente de la tierra es 2.57; de acuerdo con Andrews *et al.* (1976), si es mayor que uno, significa que la asociación es buena, si es menor que uno entonces hay problemas de competencia en la asociación, los datos originales de campo pueden ser consultados Anexo 6.

Cuadro 7. Productividad anual por unidad de superficie LER, del sistema agroforestal y los monocultivos de caña guadua, cacahuete y maíz en rotación en kg ha⁻¹ de junio a noviembre del 2004.

Cultivos	Agroforestal	Monocultivo	Relación
Cacahuete (kg ha ⁻¹)	865.74	1001.54	0.86
Maíz (kg ha ⁻¹)	220.99	311.11	0.71
Caña guadua (m ³ ha ⁻¹)	27.70	27.70	1.00
		LER ⁹	2.57

El uso equivalente de la tierra LER, es 2.57, similares resultados obtuvo Montiel (2004), al evaluar otros sistemas agroforestales en el estado de Michoacán en México, con sistemas agroforestales bajo plantaciones de palma de coco con mango (2.48), palma de coco con maíz (2.66), y palma de coco con limón (2.85).

La productividad por unidad de superficie, LER al evaluar el sistema agroforestal de cultivos en callejones (caña guadua, cacahuete y maíz en rotación) es 2.57, lo que significa que el sistema agroforestal produce 1.57 veces más por hectárea que cada monocultivo de caña guadua, cacahuete y maíz en rotación; o visto de otra manera, los monocultivos necesitan incrementar 1.57 veces más su superficie de producción para poder igualar la producción del sistema agroforestal de cultivos en callejones; es por esto que se puede asegurar que el sistema agroforestal de cultivos en callejones aprovecha al máximo el suelo cultivado, todo esto a pesar que en la rotación con maíz en el segundo semestre del 2004, las producciones rindieron solo el 30% de la producción esperada, en ambos sistemas en comparación con la producción con cacahuete en el primer semestre, las cuales fueron más eficientes.

Con los resultados obtenidos se puede decir que es preferible realizar la asociación de cultivos durante los primeros 19 meses, esto es debido a que a partir del mes 20 al 24, existen problemas de competencia por luz, nutrientes y espacio como lo menciona, esto a pesar de Christanty *et al.* (1996), recomienda la asociación de cultivos anuales durante los 24 primeros meses de vida del bambú.

⁹ Land Equivalent Ratio, LER.

En el segundo semestre, la producción de maíz no fue buena debido a la diversidad de plagas que atacaron al cultivo. Entre las más importante se destacan las ardillas y pájaros negros que en el mes de octubre, cuando en fruto estaba madurando empezaron a atacar. A pesar que la producción fue pobre, las parcelas de monocultivo rindieron 90.12 kg más que las parcelas agroforestales.

Las producciones semestrales de los sistemas agroforestales y monocultivo con cacahuete en el primer semestre fue 1867.28 kg ha⁻¹, y luego en el segundo semestre la rotación con maíz, la producción decreció a 532.10 kg ha⁻¹, en el segundo semestre la producción fue solo el 22% en comparación con el primer semestre, el análisis de varianza y las pruebas de Tukey y Duncan pueden referirse al Anexo 9.

De acuerdo con Ríos *et al.* (2004), en la evaluación con la hojarasca de tres diferentes bambúes, entre ellos *G. angustifolia*, todos ellos mostraron alelopatía en la germinación de cultivos anuales como maíz y frijol, y en el desarrollo en menor grado.

A pesar de haber antecedentes de especies de bambú con algún tipo de efecto alelopático con ciertas especies de cultivos anuales, no se ha mostrado ningún efecto con la caña guadua. Además que esta asociación es practicada por agricultores locales del Ecuador y Colombia con cultivos de maíz, leguminosas y banano.

8.2. Hojarasca de caña guadua

En el tratamiento agroforestal la producción de hojarasca en febrero fue 600.8 kg ha⁻¹, en marzo 508.8 kg ha⁻¹, en abril 49.0 kg ha⁻¹, en mayo 2235.0 kg ha⁻¹, y en junio con 36.8 kg ha⁻¹. En el tratamiento de monocultivo en febrero con 442.2 kg ha⁻¹, en marzo 374.5 kg ha⁻¹, en abril 36.1 kg ha⁻¹, en mayo 1720.0 kg ha⁻¹, y en junio con 27.1 kg ha⁻¹. El rendimiento semestral de hojarasca durante la época de invierno fue en el tratamiento agroforestal 3430.4 kg ha⁻¹, y en el tratamiento forestal 2599.9 kg ha⁻¹. La diferencia en ambos tratamientos es de 830.49 kg ha⁻¹, más en el tratamiento agroforestal, refiérase a Figura 38.

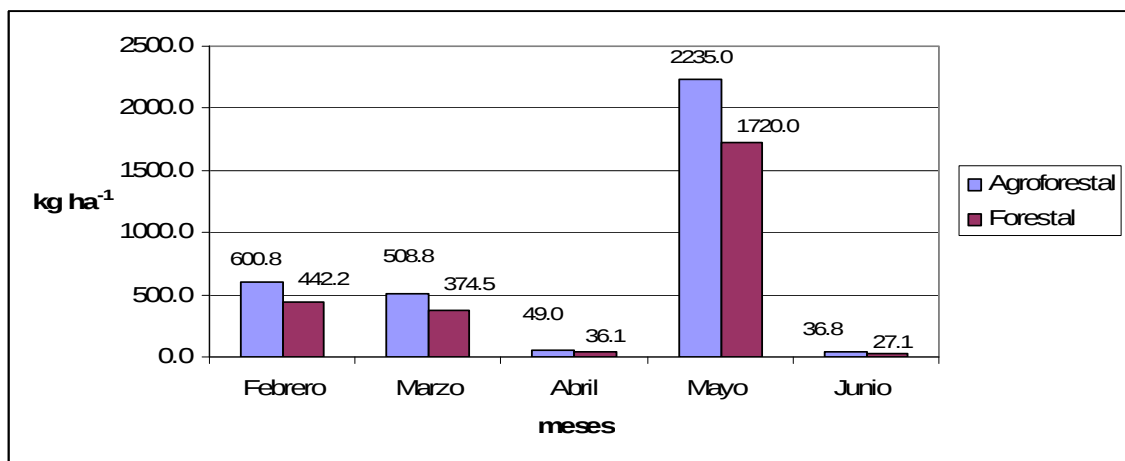


Figura 38. Colección de la hojarasca de caña guadua en los tratamientos agroforestal y forestal en el primer semestre del 2004.

En el segundo semestre, la producción de hojarasca en el sistema agroforestal en el mes de julio fue 2918.3 kg ha⁻¹, en agosto 380.0 kg ha⁻¹, en septiembre 379.5 kg ha⁻¹, en octubre 975.0 kg ha⁻¹, en noviembre con 478.0 kg ha⁻¹ y en diciembre con 335.3 kg ha⁻¹. En el tratamiento de monocultivo, en julio con 1935.0 kg ha⁻¹, en agosto 365.7 kg ha⁻¹, en septiembre 266.8 kg ha⁻¹, en octubre 751.7 kg ha⁻¹, en noviembre con 318.7 kg ha⁻¹ y en diciembre con 260 kg ha⁻¹. La mayor producción de hojarasca durante la época de verano se dio en las parcelas agroforestales con 5466.2 kg ha⁻¹ en comparación con las forestales 3897.8 kg ha⁻¹, con una diferencia de 1568.33 kg ha⁻¹ refiérase a Figura 39.

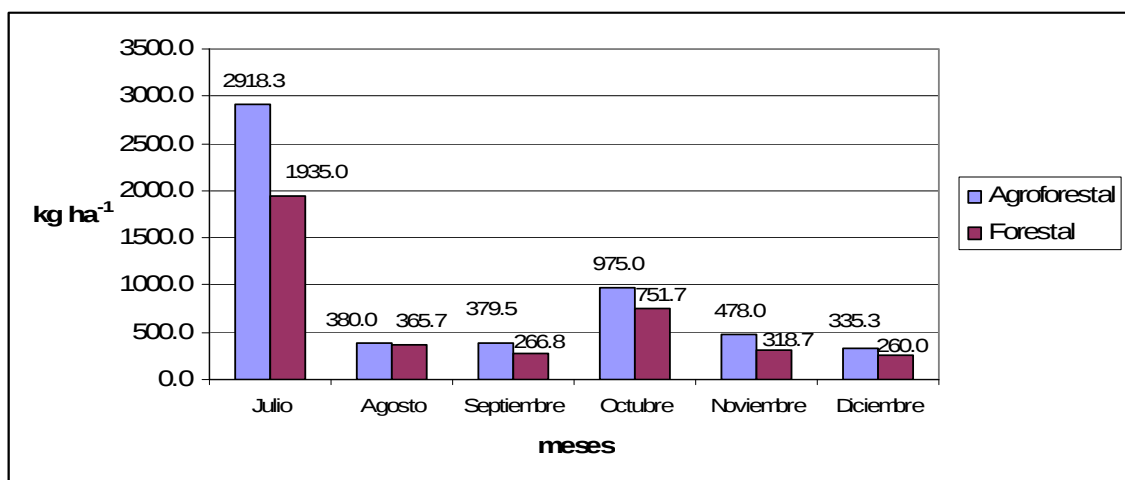


Figura 39. Colección de la hojarasca de caña guadua en los tratamientos agroforestal y forestal en el segundo semestre del 2004.

En el Cuadro 8, se puede observar la evolución de la producción de la hojarasca a través del tiempo. Los datos originales de campo pueden ser revisados en el Anexo 7.

Cuadro 8. Colección anual de la hojarasca de caña guadua en kg ha⁻¹ con trampas de 1 m² en los tratamientos agroforestal y forestal de febrero a diciembre del 2004.

Meses	Tratamientos	
	Agroforestal	Forestal
Febrero	600.8	442.2
Marzo	508.8	374.5
Abril	49.0	36.1
Mayo	2235.0	1720.0
Junio	36.8	27.1
Julio	2918.3	1935.0
Agosto	380.0	365.7
Septiembre	379.5	266.8
Octubre	975.0	751.7
Noviembre	478.0	318.7
Diciembre	335.3	260.0
Total	8896.6	6497.7

Se realizó el análisis de varianza ($p < 0.05$) y la prueba de diferencia de medias aplicando las pruebas de Tukey y Duncan, se encontró diferencias significativas en el tratamiento agroforestal en comparación con el tratamiento, refiérase al Anexo 10.

La mayor producción de hojarasca siempre fue en el tratamiento agroforestal en comparación con el tratamiento forestal, con una diferencia de 2398.8 kg ha⁻¹ año. Los meses comprendidos entre de julio a diciembre han sido los más productivos.

Según Botero (2001), las producciones de hojarasca con caña guadua, llegan a ser de 35 t ha⁻¹ año. En nuestro caso, la producción fue de 8.89 t ha⁻¹ para el sistema agroforestal, y 6.49 t ha⁻¹ para el monocultivo de caña guadua, por lo cual, al momento no se cumple esta producción en los sistemas agroforestales de cultivos en callejones con caña guadua y tampoco se comparte el criterio de Botero. Cabe recalcar que esto ocurre en rodales naturales de guadua, que es donde se obtiene la producción en Colombia, en Ecuador se ha empezado desde 1999 la siembra de plantaciones establecidas en campos agrícolas, donde las plantaciones de caña guadua jóvenes, empiezan a generar la hojarasca de caña guadua. Por lo tanto, en valor de hojarasca

mencionado por Botero, sirve como referencia aunque se necesitaría más investigación al respecto para poder confirmar estos valores.

Por otro lado, la producción de hojarasca se duplicó en la época de verano tanto en el sistema agroforestal como en el monocultivo, esto se explica por el efecto de senescencia de la planta, que en tiempos de sequía, bota hojas a manera de ahorrar más en energía y consumir menos nutrientes, similar al periodo de hibernación en algunos mamíferos. Además se comprobó que las mayores producciones de hojarasca de guadua fueron en mayores en la época seca, esto es en los meses de julio hasta diciembre, el sistema agroforestal aportó con el 58% mientras el monocultivo de caña guadua aportó con el 42% de la producción total.

Las diferencias existentes entre ambos tratamientos se deben a que en el tratamiento agroforestal estuvo asociada con una planta leguminosa anual, por lo que tuvo aportes significantes de nitrógeno que ayudaron a su mejor desarrollo fisiológico. Además de cuidados en riego, control de maleza manual, para reducir el efecto de competencia.

Sin embargo, con el significativo aporte de hojarasca de caña guadua no se ha probado que mejore la cobertura del suelo, esto es debido a que el contenido de materia orgánica de la hojarasca en el trópico húmedo de fácil descomposición y cumple una función de aporte de materia orgánica más que como cobertura del suelo tipo mantillo.

8.3. Erosión del suelo

De acuerdo con Bonifaz (2004), las cordilleras costeras en el Ecuador occidental se encuentran influenciadas principalmente por la acción climática de las corrientes marinas. La corriente fría de Humboldt provoca un efecto de nubosidad en los meses de mayo a septiembre, denominado ‘garúa’ en Chongón Colonche, ‘brisa’ en Manabí, y ‘sereno’ en Esmeraldas, siendo determinante este aporte de humedad para la formación de exuberantes bosques húmedos en las partes altas (≥ 400 msnm).

En la erosión hídrica, se debe mencionar que por la poca incidencia de lluvias, 270.5 mm en el año, los datos son estimaciones más no tendencias a largo plazo. La zona

registra según datos reportados por INAMHI¹⁰ de 850 mm anuales, por lo que el 2004 fue un año seco, con pocas precipitaciones de lluvia, razón por la cual, los datos presentados a continuación deben de ser tomados como referencia para investigaciones futuras más no como tendencias, debido a que el periodo de evaluación fue de 12 meses, y para poder tener estimaciones más precisas se debe de evaluar por 36 a 60 meses.

En la erosión del suelo de enero a junio, con fue de 6.0 kg ha⁻¹ en el tratamientos agroforestal, 3.4 kg ha⁻¹ en el tratamiento forestal, 4.9 kg ha⁻¹ en monocultivo, y 9.9 kg ha⁻¹ en el testigo, ver Figura 40.

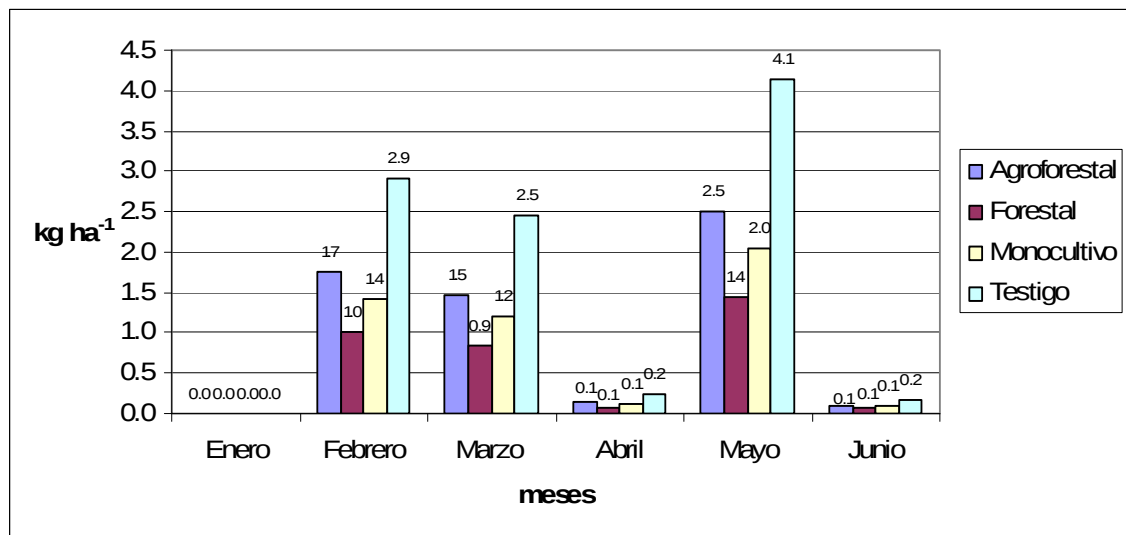


Figura 40. Sedimentos capturados en los tratamientos agroforestal, monocultivo y testigo del recinto Guale en el primer semestre del 2004.

A partir de julio a diciembre con los sedimentos colectados son 6.7 kg ha⁻¹ en el tratamiento agroforestal, el tratamiento forestal con 5.3 kg ha⁻¹, el tratamiento de monocultivo con 7.6 kg ha⁻¹, y el testigo con 15.2 kg ha⁻¹, ver Figura 41.

¹⁰ Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador, www.inamhi.gov.ec

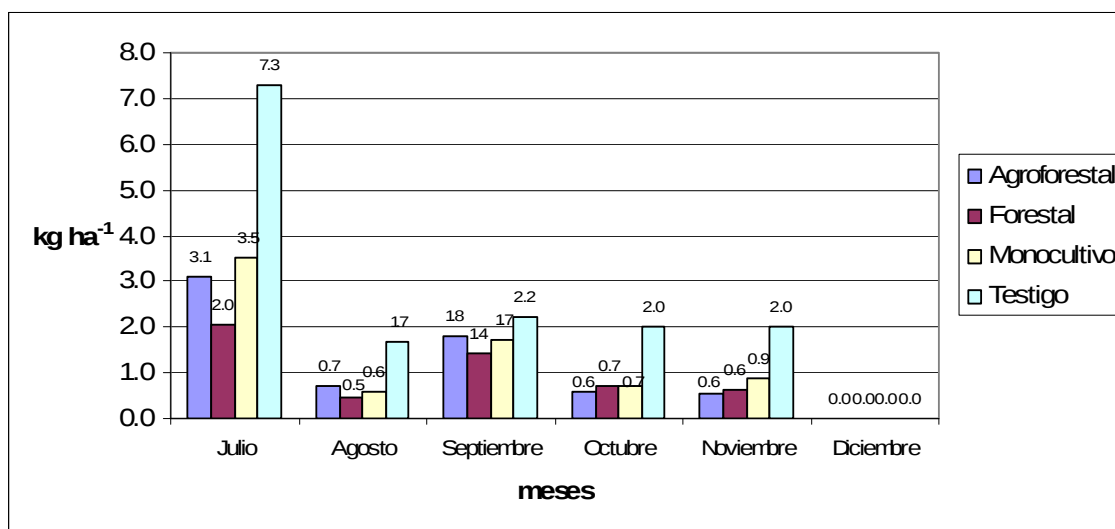


Figura 41. Sedimentos capturados en los tratamientos agroforestal, monocultivo y testigo del recinto Guale en el segundo semestre del 2004.

En el Cuadro 9, se puede tomar como referencia para ver los niveles de erosión hídrica a través del tiempo en los cuatro tratamientos: agroforestal, forestal, monocultivo y testigo. Los datos generados van a ir directamente relacionados con la pluviometría registrada en los meses de enero a diciembre de 2004, ver las Figuras 12 y 13.

Cuadro 9. Sedimentos anuales capturados con cajas tipo Gerlach en kg ha⁻¹ de los tratamientos agroforestal, forestal, monocultivo y testigo del recinto Guale de enero a diciembre del 2004.

Meses	Tratamientos			
	Agroforestal	Forestal	Monocultivo	Testigo
Enero	0.00	0.00	0.00	0.00
Febrero	1.75	1.01	1.43	2.90
Marzo	1.48	0.85	1.21	2.46
Abril	0.14	0.08	0.12	0.24
Mayo	2.50	1.44	2.04	4.15
Junio	0.11	0.06	0.09	0.18
Julio	3.09	2.04	3.52	7.31
Agosto	0.72	0.46	0.58	1.66
Septiembre	1.81	1.42	1.73	2.23
Octubre	0.57	0.71	0.71	2.02
Noviembre	0.56	0.65	0.86	2.02
Diciembre	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	12.71	8.72	12.30	25.17

Se realizó el análisis de varianza ($p < 0.05$) además de las pruebas de Duncan y Tukey, se encontró diferencias significativas en el tratamiento testigo en comparación con los otros tres tratamientos, ver en Anexo 11.

El tratamiento forestal con guadua es el menos erosivo, con 8.72 kg ha^{-1} , mientras que los tratamientos agroforestal y monocultivo muestran similares niveles de erosión, con 12.71 kg ha^{-1} y 12.30 kg ha^{-1} respectivamente, el tratamiento testigo fue 25.17 kg ha^{-1} .

Los sedimentos capturados fueron mayores en el tratamiento testigo, el cual mostró diferencia estadística con los otros tres tratamientos, agroforestal, forestal, y monocultivo. Los tres últimos tratamientos no mostraron diferencia estadística entre sí, los datos originales de campo puede referirse al Anexo 8. La diferencia de medias en las pruebas de Tukey y Duncan, se repiten los resultados, solo muestra diferencias del testigo con los tratamientos agroforestal, forestal y monocultivo.

Los análisis de los sedimentos, muestran que el testigo y monocultivo presentan altos niveles en los contenidos de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, mientras que en menor grado el tratamiento forestal y agroforestal, respectivamente, se comparte el criterio de (Sepúlveda *et al.*, 2004).

Según (Hidalgo, 1974) cultivos de bambú incluido la caña guadua, son exigentes en potasio a una relación de 5:1, en nuestro caso los tratamientos agroforestal y forestal que tenían como factor común la caña guadua, obtuvo niveles altos en los sedimentos de potasio, comparado con el testigo y el monocultivo.

La pérdida de materia orgánica, en el Anexo 11, también ha sido evaluada debido a que los suelos más ricos en nutrientes son los localizados en los tratamientos de monocultivos y testigos, ver la Figura 42.

Sin embargo los análisis de los sedimentos capturados en las cajas tipo Gerlach muestran que el contenido de materia orgánica en los sedimentos evaluado en los diferentes sistemas son diferentes. El suelo sin cobertura vegetal y el monocultivo presentan las mayores pérdidas de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, todo esto a excepción del

potasio. Este nutriente muestra similares niveles de erosión en todos los sistemas evaluados, esto puede explicarse por el alto contenido de potasio en los suelos de la comuna Guale, referirse al Anexo 12.

También se puede tomar como referencia el efecto de bomba de nutrientes que menciona (Christanty, 1996), en donde la caña guadua, que demanda de potasio para su desarrollo, extrae este mineral de las capas primarias y lo fija a manera de hojarasca, por lo cual los suelos de la zona son ricos en potasio.

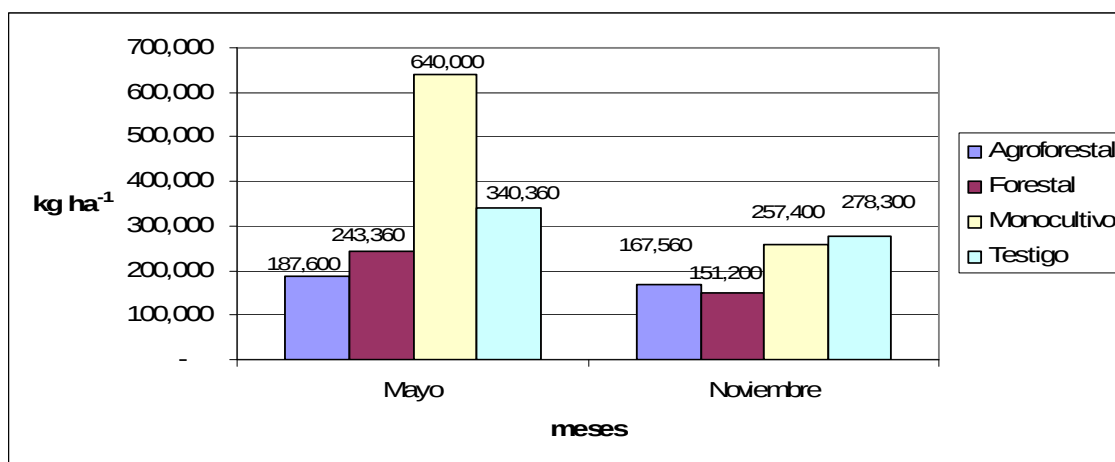


Figura 42. Pérdida anual materia orgánica en kg ha^{-1} de los sedimentos recolectados en los tratamientos agroforestal, forestal, monocultivo y testigo en el 2004.

A pesar que el sistema agroforestal de cultivos en callejones con caña guadua, cacahuete y maíz en rotación solo muestra diferencias entre el suelo sin cobertura vegetal, más no con los monocultivos de caña guadua cacahuete, maíz en rotación, al evaluar el contenido de materia orgánica de los sedimentos capturados por la caja tipo Gerlach, el sistema agroforestal de cultivos en callejones y el monocultivo forestal con caña guadua muestran los niveles más bajos en la pérdida de nutrientes con respecto a los monocultivos de cacahuete y maíz en rotación y el suelo sin cobertura vegetal.

9. CONCLUSIONES

1. El sistema agroforestal de cultivos en callejones (caña guadua *G angustifolia*, cacahuete *A hypogea* y maíz *Z mays* en rotación) ha demostrado ser más eficiente que los monocultivos debido a su LER mayor a uno, la mayor producción de hojarasca y los niveles bajos en la pérdida del suelo, materia orgánica y NPK.
2. El uso equivalente de la tierra de los cultivos en callejones (caña guadua *G angustifolia*, cacahuete *A hypogea* y maíz *Z mays* en rotación) es de 2.57, con lo cual se puede afirmar que el sistema agroforestal de cultivos en callejones (caña guadua *G angustifolia*, cacahuete *A hypogea* y maíz *Z mays* en rotación) produce 1.57 veces más que sus respectivos monocultivos por unidad de superficie.
3. Las producciones de hojarasca de caña guadua son mayores en el sistema agroforestal de cultivos en callejones (caña guadua *G angustifolia*, cacahuete *A hypogea* y maíz *Z mays* en rotación) en comparación con su monocultivo, con esto se demuestra que las producciones de los sistemas agroforestales de cultivos en callejones (caña guadua *G angustifolia*, cacahuete *A hypogea* y maíz *Z mays* en rotación) son rinden más que sus monocultivos.
4. La erosión de suelo en el sistema agroforestal de cultivo en callejones (caña guadua *G angustifolia*, cacahuete *A hypogea* y maíz *Z mays* en rotación) no han sido relevantes por la baja pluviometría en el 2004, es por eso que la pérdida de suelo en el sistema agroforestal de cultivos en callejones (caña guadua *G angustifolia*, cacahuete *A hypogea*, y maíz *Z mays* en rotación) presentan similares niveles de erosión del suelo que los generados en los monocultivos sin embargo el suelo sin cobertura vegetal ha sido el más erosivo, por no poseer ningún tipo de protección contra la lluvia. Además, los cultivos en callejones (caña guadua *G angustifolia*, cacahuete *A hypogea* y maíz *Z mays* en rotación) y el monocultivo de caña guadua presentan los niveles bajos en sedimentos de materia orgánica, nitrógeno, y fósforo, en comparación con los niveles del testigo y el monocultivo de cacahuete *A hypogea* y maíz *Z mays* en rotación.

10. RECOMENDACIONES

1. Los sistemas agroforestales de cultivos en callejones (caña guadua *G angustifolia*, cacahuete *A hypogea*, y maíz *Z mays* en rotación) han demostrado ser más productivos por unidad de superficie de tierra, LER que los monocultivos de caña guadua *G angustifolia*, cacahuete *A hypogea*, y maíz *Z mays* en rotación, es por eso que se recomienda está la práctica agroforestal a los pequeños y medianos productores, por ser una alternativa de producción que aprovecha al máximo el uso del suelo y aumenta la productividad por unidad de superficie del suelo en comparación con sus monocultivos.
2. Se sugiere realizar investigaciones acerca de que cultivos (anuales y perennes) a través del tiempo de desarrollo de la caña guadua *G angustifolia* puedan asociarse con la caña guadua, debido a que la información encontrada acerca de este tipo de prácticas ha sido limitada y poco documentada.
3. Se recomienda aislar todas las parcelas experimentales, debido a que los sedimentos de otros tratamientos o sitios aledaños pueden alterar los sedimentos recolectados y por que es posible alterar los resultados obtenidos, además evitar colocar una caja tipo Gerlach cerca de caminos de paso y lugares de riego.
4. Se aconseja continuar con estudios de investigación de campo por periodos de tiempo más prolongado, esto para establecer tendencias en la erosión hídrica. Es recomendable realizar investigaciones en tiempos mayores al año, esto es debido a que los periodos de lluvia tienden a ser irregulares, y los resultados obtenidos en 12 meses no muestran la verdadera tendencia de las variables a medir.
5. Se recomienda incentivar y fomentar este tipo de prácticas a instituciones como el Ministerio de Agricultura, y del Ambiente, pues ha demostrado que el sistema de cultivos en callejones con caña guadua ha sido más eficiente con respecto al uso equivalente de la tierra, hojarasca y erosión del suelo, materia orgánica y NPK que sus respectivos monocultivos.

11. LITERATURA CITADA

- ÁLVAREZ, S. 1998. De Huancavilcas a comuneros. Relaciones interétnicas en la Península de Santa Elena, Ecuador. Ediciones. Abya- Yala. pp: 505.
- ANDREWS, D. S and A. KASSAM, H. 1976. The importance of multiple cropping in increasing world food supplies, in: multiple cropping 1976, A.S.A. special publication number 27.
- ARÉVALO, L. ALEGRE, J. PALM, CH. 2003. Manual de determinación de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú. Ministerio de Agricultura del Perú. Ediciones Graficas Miguel Álvarez. pp: 12- 21.
- BONIFAZ, C. 1994. Estudio de la factibilidad para la reforestación de la cuenca del río ayampe- Caracterización edafológica y uso actual del suelo. Fundación Natura. PEP The Nature Conservancy 59p.
- BONIFAZ, C. 2004. Flora del bosque garúa de la comuna Loma Alta cordillera Chongón Colonche Provincia del Guayas Ecuador. Fundación Natura 150p.
- BORRÁS, LL. 2002. Lo mejor de la huerta, las claves de los productos saludables. Editorial norma. Capitulo 1, las legumbres y su oferta nutricional. pp: 11- 28.
- BOTERO, L. 2001 Beneficios de la caña guadua. Guadua, la revista del bambú. Revista INBAR. pp: 10-11.
- BUDOWSKY, G. 1987. Living fence in Tropical America, a widespread agroforestry practice. Agroforestry realities possibilities and potenciales. Nijhoff publishers and ICRAF. Gholz editorials. pp: 31- 45.
- CADAVID, J. 1995. Alelopatía Control Biológico de Plantas y Huerto Casero. Fundación Hogares Juveniles campesino. Talleres Gráficos de Didácticas Kingraf Ltda.. pp: 57- 59.

- CAMARGO, J. 2004. Silvicultura y productividad de la *Guadua angustifolia* en la zona cafetera de Colombia. Simposio Internacional Guadua 2004. Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de Ciencias Ambientales. CD de memorias 329p.
- CASTAÑO, F. MORENO, R. 2004. Guadua para todos, cultivo y aprovechamiento. Proyecto Manejo Sostenible de Bosques en Colombia. Panamericana Formas e Impresos S.A. pp: 77- 99.
- CHOU, C.H. 1983. Allelopathic in Agrosystems in Taiwan. In Allelochemicals and feromones ed C.H.
- CHOU, C.H. HOU, M.H. 1981. Allelopathic researches if subtropical vegetation in Taiwan. I Evaluation of allelopathic potencial of bamboo vegetation. Proceedings of the Nacional Science Council, Rep. China, part B. pp: 284-292.
- CHRISTANTY, L. 1989. Analysis of the sustainability and management of the talun- kebun system of West Java, Indonesia, PhD. Thesis. University of British Columbia. Canada 276p.
- CHRISTANTY, L. MAILLY, D. KIMMINS, J.P. 1996. Without bamboo, the land dies: bamboo litterfall, and soil organic matter dynamics of the Javanese bamboo talon- kebun system. Faculty of Forestry. Departmen of sciences. University of British Columbia. Forest Ecology and Management #87. pp: 75- 88.
- CRUZ, H. 1992. La guadua nuestro bambú. Corporación Autónoma Regional del Quindío. Centro Nacional para el Estudio del Bambú Guadua 293p.
- EYINI, M. JAYAKUMAR, M. PANNIRELVAN, S. 1989 Allelopathic effect of bamboo leaf extracto on the seedling of groundnut. Tropical Ecology #30. pp: 138- 141.
- GALINDO, G. 2004. Informe de la Dirección Nacional Forestal a la FAO. Ministerio del Ambiente 16p.

- HERRERA, E. SABOGAL, A. 1999. Una alternativa sostenible: La guadua. Técnicas de cultivo y manejo. Corporación autónoma regional del Quindío C.R.Q. 192p.
- HIDALGO, O. 1974. Bambú: su cultivo y aplicaciones en: fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería y artesanía. Estudios técnicos Colombianos 318p.
- HUDSON, N. 1984. Conservación del suelo. Capítulo de erosión de la Fertilidad. Editorial Reverté S.A. 335p.
- HUXLEY, P.A. 1983. The tree crop interface and the methodology for the exploration and assessment of multipurpose trees. ICRAF. Commonwealth Forestry Institute and the Board of Science and Technology for International Development (BOSTID). pp:1- 39.
- KRISHNAMURTHY, L. ARROYO A, RAJAPAG, I. 2003. Introducción a la Agroforestería para el Desarrollo Rural. Centro de educación y capacitación. Imprenta Grafica Publicitaria S.A. pp: 53-65.
- LAMPKIN, N. 1998. Agricultura ecológica. Editorial Mundi- empresa. Cultivos extensivos y hortícola. pp: 419- 447.
- LINDAO, R. STOTHER, K. 1994. El uso vernáculo de los árboles y plantas en la Península de Santa Elena. Fundación Pro pueblo. La Cemento Nacional 59p.
- MAHECHA, G. ECHEVERRI, R. 1983. Árboles del Valle del Cauca. Progreso Corporación Financiera S.A. Litografía ARCO 208p.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE. 2000. Informe del Ecuador sobre la convención de la lucha contra la desertización. Ministerio del Ambiente 53p.
- MONTIEL, G. 2004. Opciones agroforestales para el desarrollo sostenible de la agricultura en el estado de Michoacán. Tesis de grado en la Maestría en Agroforestería para el desarrollo sostenible. Universidad Autónoma Chapingo 243pp.

- MUSÁLEM, M. 2001. Sistemas Agrosilvopastoriles. Antecedentes de los sistemas agroforestales. Universidad Autónoma Chapingo 120 p.
- NAIR, P.K. 1997. Agroforestería. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma de Chapingo, México. pp: 141- 159.
- PADRÓN, E. 1996. Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y la ganadería. Editorial Trillas 215p.
- PERALTA, L. GUAMAN, R. VILLACRESES, A. ULLAURY, J. 1995. INIAP- 380 Nueva variedad de cacahuete de alto rendimiento y buen tamaño de grano. Boletín divulgativo #257. Estación Experimental Boliche. INIAP-ECUADOR 4p.
- PROJECT CORPEI- CBI. 2001. Exportable supply expansion of Ecuador. Bamboo (*Guadua angustifolia*) Giant American bamboo. 36p.
- PROYECTO SICA DEL ECUADOR. 2004. Internet. www.sica.gov.ec
- REBOLLEDO, H. 1999. SAS en microcomputadora. Análisis estadístico de datos experimentales. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos. Área de fertilidad. pp: 55- 108.
- REGNAULT- ROGER, C. PHILOGENE, B. VINCENT, C. 2004. Biopesticidas de origen vegetal. Ediciones Mundi- empresa. pp: 202- 234.
- RIOS, C. 2004. PUENTES, M. TORRES, SINESIO. VAN DANME, P. Potencial Alelopático de *Guadua angustifolia* y otras especies de bambúes sobre la germinación y el crecimiento de varios cultivos tropicales. Simposio Internacional *Guadua* 2004. Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de Ciencias Ambientales. CD de memorias 329p.
- ROBLES, R. 1991. Producción de oleaginosas y textiles- tercera edición. Grupo Noriega editores, Limusa. pp: 289- 316.

- SEPULVEDA, I. RODRIGUEZ, A. CAMARGO, J. 2004. Beneficios Ambientales de la *Guadua angustifolia* Kunth en la protección del suelo en el eje cafetero colombiano. Simposio Internacional Guadua 2004. Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de Ciencias Ambientales. CD de memorias 329p.
- SIERRA, R. CAMPOS, F. y CHAMBERLIN, J. 1999. Áreas prioritarias para la conservación en el Ecuador continental. Un estudio basado en la biodiversidad de ecosistemas y su ornitofauna. Ministerio del Ambiente proyecto INEFAN/GEF- BIRF, Ecociencia y Wildlife Conservation Society. Quito.
- SOBRINO, I. SOBRINO, V. 1992. Tratado de horticultura herbáceas- hortalizas de legumbre de tallo, bulbo y tuberosas. Editorial AEDOS. Primera parte, hortalizas de legumbres. pp: 9- 185.
- VAN DIJK, A.I.J.M. 2002. Water and sediment dynamics in bench terraces Agricultural steepsland in West Java, Indonesia. Vrije Universiteit Amsterdam. Chapter 9. pp: 151- 176.
- VÁSQUEZ, M. ULLOA, R. 1996. Estrategias para la conservación de la diversidad biológica en el sector forestal del Ecuador. Proyecto FAO Holanda: Apoyo a la ejecución del plan de acción forestal del Ecuador (PAFE). Ecociencia Quito 56p.
- YOUNG, A. 1991. Agroforestry for soil conservation ICRAF Science and practice of Agroforestry CAB International Chapters 4 and 250p.

12. ANEXOS

Anexo 1. Costos de producción anuales para el establecimiento de una hectárea como plantación comercial de caña guadua.

CAÑA GUADUA				
COSTOS DIRECTOS				
CONCEPTO	CANTIDAD	P.UNIT	SUBTOTAL	
Recurso agua				
Gasolina (galon)	35	16.58	580.16	
Aceite bomba agua	3	8.96	26.88	
Aceite bomba fumigar	2	11.20	22.40	
		TOTAL	629.44	10.41
CONCEPTO	CANTIDAD	P.UNIT	SUBTOTAL	
Semilla				
Guadua plantulas	400	5.60	2,240.00	
		TOTAL	2,240.00	37.06
COSTOS INDIRECTOS				
Mano de obra (primer año)				
CONCEPTO	JORNALES	P.UNIT	SUBTOTAL	
Limpieza del terreno	8	50.4	403.20	
Construccion de hoyos para siembra	4	50.4	201.60	
Transplante de la guadua en surcos	12	50.4	604.80	
Resiembra del guadua	3	50.4	151.20	
Deshierba del cultivo	20	50.4	1,008.00	
Fertilizaciones basales	8	50.4	403.20	
Riego del cultivo por surco	8	50.4	403.20	
	63	TOTAL	3,175.20	52.53
				100.00
	1 año	2 año	3 año	4 año
COSTOS DIRECTOS	2,869.44	-	-	-
COSTOS INDIRECTOS	3,175.20	1,965.60	1,965.60	1,965.60
SUBTOTAL	6,044.64	1,965.60	1,965.60	1,965.60
IMPREVISTOS 10%	604.46	196.56	196.56	196.56
TOTAL	6,649.10	2,162.16	2,162.16	2,162.16

Cotizado a 11.2 pesos mexicanos en dólar, Enero de 2005

Anexo 2. Costos de producción anuales para el establecimiento de una hectárea de cacahuete INIAP 380.

CULTIVO DE CACAHUATE

Monocultivo

COSTOS DIRECTOS

Concepto	Cantidad	Precio Unit	Subtotal
Gasolina (galón)	150	16.576	2486.4
Aceite para bomba agua	3	8.96	26.88
		Subtotal	2513.28

Insumos

Concepto	Cantidad	Precio Unit	Subtotal
Semilla INIAP 380 (kg)	15	10.08	151.2
Fertilizantes foliares (kg)	8	16.8	134.4
Enmiendas basales (kg)	6	16.8	100.8
Insecticidas orgánicos (lt)	2	134.4	268.8
Fungicidas orgánicos (lt)	2	134.4	268.8
		Subtotal	924

COSTOS INDIRECTOS

Concepto	Cantidad	Precio Unit	Subtotal
Limpieza del terreno	15	50.4	756
Construcción de surcos	10	50.4	504
Siembra de maní	8	50.4	403.2
Labores culturales	12	50.4	604.8
Fertilizaciones basales/foliares	8	50.4	403.2
Riego	70	50.4	3528
Cosecha	20	50.4	1008
Secado	8	50.4	403.2
Pelado	16	50.4	806.4
Seleccionado	8	50.4	403.2
		Subtotal	7610.4

COSTOS DIRECTOS	3,437.28
COSTOS INDIRECTOS	7,610.40
SUBTOTAL	11,047.68
IMPREVISTOS 10%	1,104.77
TOTAL	12,152.45

Cotizado a 11.2 pesos mexicanos en dólar, Enero de 2005

Anexo 3. Costos de producción anuales para el establecimiento de una hectárea de maíz híbrido PACIFIC.

CULTIVO DE MAÍZ

Monocultivo

COSTOS DIRECTOS

Concepto	Cantidad	Precio Unit	Subtotal
Gasolina (galón)	150	16.576	2486.4
Aceite para bomba agua	3	8.96	26.88
		Subtotal	2513.28

Insumos

Concepto	Cantidad	Precio Unit	Subtotal
Semilla PACIFIC (kg)	20	10.08	201.6
Fertilizantes foliares (kg)	2	16.8	33.6
Enmiendas basales (kg)	6	16.8	100.8
Insecticidas orgánicos (lt)	2	134.4	268.8
		Subtotal	604.8

COSTOS INDIRECTOS

Concepto	Cantidad	Precio Unit	Subtotal
Limpieza del terreno	15	50.4	756
Labranza mínima	8	50.4	403.2
Siembra de maíz	8	50.4	403.2
Labores culturales	12	50.4	604.8
Fertilizaciones basales/foliares	2	50.4	100.8
Riego	50	50.4	2520
Cosecha	22	50.4	1108.8
Secado	8	50.4	403.2
		Subtotal	6300

COSTOS DIRECTOS	3,118.08
COSTOS INDIRECTOS	6,300.00
SUBTOTAL	9,418.08
IMPREVISTOS 10%	941.81
TOTAL	10,359.89

Cotizado a 11.2 pesos mexicanos en dólar, Enero de 2005

Anexo 4. Caracterización del suelo en el área experimental a una profundidad de un metro del recinto Guale.

Datos de perfil de suelo

Nivel de estudio: Investigación tesis de grado en Agroforestería
 Perfil No: 1 Fecha: Marzo 2, 2004 Zona: Recinto Guale
 Localización geográfica: Terraza del río Ayampe (Recinto Guale)
 Observador: Alejandro Vera Altura absoluta msnm: 63 Material parental: Deposito Aluvial

Posición geomorfológica: Valle Aluvial del río Ayampe
 Localización del perfil en la posición geomorfológica: Terraza indiferenciada Topografía: Plana Pendiente: 0.5 a 1.0 %

Posición vecina: Colinas medias y altas
 Clase, grado y evidencias de erosión: Depositos aluviales Nivel freático: No

Vegetación natural: Bosque tropical húmedo
 Regimen de temperatura del suelo: Isohipertermico Lluvias y riego: Por gravedad

Profundidad efectiva: 1.40 m
 Limitante de profundidad: Ninguno Humedad actual de perfil seco de 0 a 15 cm:

Inundabilidad: En épocas excepcionales como Fenómeno del Niño
 Drenaje: Externo Bueno Interno Muy Rápido Epipedón: Ocrico Horizonte sub o superficial: reciente
 Esquema de ubicación:

Taxonomía del perfil: Ustipsamment
 Factores y procesos genéticos importantes: Deposito aluvial
 Muestras de (cm): No

Horizontes		Departamento de riego:		Textura		Estructura		Consistencia			poros		Raíces		Reacción al HCl	Mancha s de	Límites	
Profundidad	Clave	Seco	Húmedo		Tipo	Grado	Clase	Seco	Húmedo	Mojado	cantidad	tamaños	cantidad	tamaños			Nitid	Topog
0 a 15	C	25Y 6/4		Fao fina	LAM				M FRIAla	peg	plast	frec		ab		-	no	abrupto
15 a 30	Ab		10YR 3/2	FA FAL	BSA				FIRME	la	plast	muchos		ab		-	no	claro
30 a 57	C1		25Y 4/4	F FAo	SE				M BLANla	lp		muchos		muchos		-	no	claro
57 a 116	C2		25Y 4/4	Ao F grueso	SE				M BLANna	np		pocos				-	no	claro
116 a 140	C3		25Y 5/4	Fao media	SE	M DEBIL			M BLANna	np		pocos		pocos		-	no	claro

Anexo 5. Cronograma de trabajo con fase de campo, laboratorio, edición del proyecto y costos generales del proyecto y sus auspiciantes.

PROYECTO DE AGROFORESTAL DE CULTIVOS EN CALLEJON CON CAÑA GUADUA																												Duración de actividades
N	Actividad	2003					2004												2005									por ciclos de trabajo
		ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago		
OFICINA																												
1	Planeación y búsqueda de fuentes de financiamiento	■																									1	
2	Abastecimiento de insumos	■		■		■																					2	
3	Reconocimiento del area a trabajar	■	■																								2	
4	Interpretación de analisis de suelo																		■	■							2	
5	Analisis económico de caña guadua																		■	■	■						2	
6	Edición de tesis																		■	■	■						3	
CAMPO																											0	
1	Toma de muestras de suelo y análisis		■										■														2	
2	Limpieza del terreno a trabajar		■																								1	
4	Preparación del terreno					■	■																				2	
6	Siembra al campo de cultivos anuales					■	■						■														2	
7	Riego de los cultivos					■	■	■	■	■	■	■		■	■	■											6	
8	Fertilizaciones: foliares, basales			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■											7	
9	Labores culturales			■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■											5	
10	Mediciones del crecimiento de la caña guadua					■	■	■	■	■	■	■		■	■	■		■									4	
11	Fumigaciones contra plagas (dependiendo de la intensidad del ataque)					■	■	■	■	■	■	■		■	■	■		■									5	
12	Control de malezas					■	■	■	■	■	■	■		■	■	■		■									6	
13	Cosecha de producción agrícola										■					■	■										3	

■

 Labores del 2003

■

 Labores del 2004

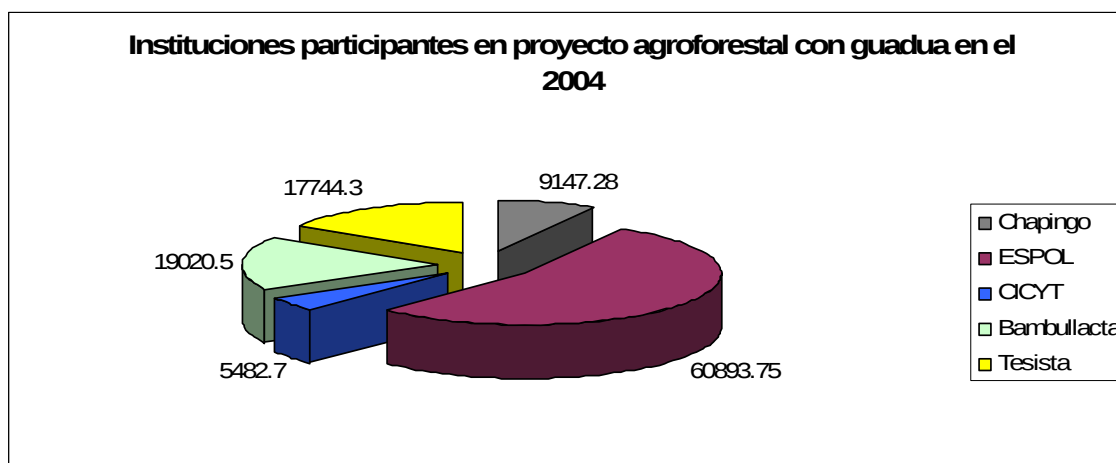
■

 Labores del 2005

Costos generales e instituciones que colaboraron durante el desarrollo del proyecto.

CONCEPTO	Fuente de aportaciones					
	Subtotales	Chapingo	ESPOL	CICYT	Bambullacta	Tesista
Recursos Humanos	36,787.50	9147.28	60893.75	5482.7	19020.5	17744
Consumibles	63,118.63	8.15	54.23	4.88	16.94	15.80
Materiales y equipos	12,382.40					
Total	112,288.53					

Cotizado a 11.2 pesos mexicanos el dólar



Anexo 6. Rendimientos de cultivos anuales en los tratamientos agroforestales y de monocultivo en kg ha⁻¹ de los meses de junio y noviembre del 2004 en el recinto Guale.

Producción de semilla de los cultivos anuales en kg ha ⁻¹				
Periodo	Tratamiento	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Primer semestre	Agroforestal (cacahuete)	921.30	944.44	731.48
	Monocultivo (cacahuete)	1245.37	995.37	763.89
Segundo semestre	Agroforestal (maíz)	516.2	74.54	72.22
	Monocultivo (maíz)	463.43	338.43	131.48
	Total	3146.30	2352.78	1699.07
	Promedio	786.58	588.20	424.77

Anexo 7. Colección de hojarasca de caña guadua tratamientos agroforestales y de monocultivo de caña guadua en kg parcela⁻¹ de febrero a diciembre de 2004 en el recinto Guale.

Meses	Agro1	Agro2	Agro3	For1	For2	For3
Febrero	65.88	68.69	45.66	18.31	82.43	39.26
Marzo	55.80	58.17	38.68	15.51	69.82	33.25
Abril	5.38	5.61	3.73	1.49	6.73	3.20
Mayo	218.50	222.40	229.60	64.00	272.70	131.20
Junio	4.03	4.21	2.80	1.12	5.05	2.40
Julio	400.00	280.00	195.50	105.00	149.00	164.00
Agosto	54.30	38.10	21.60	50.00	41.00	100.00
Septiembre	54.30	21.60	37.95	20.50	22.60	18.40
Octubre	170.50	83.10	38.90	103.50	56.50	21.50
Noviembre	70.90	31.50	41.00	23.10	48.30	25.50
Diciembre	41.00	38.00	21.60	18.40	25.50	22.60
Total	1140.58	851.37	677.01	420.94	779.63	561.32
Promedio	103.69	77.40	61.55	38.27	70.88	51.03

Datos promediados de las producciones en cada tratamiento en kg ha⁻¹.

Meses	Tratamientos	
	Agroforestal	Forestal
Febrero	600.8	442.2
Marzo	508.8	374.5
Abril	49.0	36.1
Mayo	2235.0	1720.0
Junio	36.8	27.1
Julio	2918.3	1935.0
Agosto	380.0	365.7
Septiembre	379.5	266.8
Octubre	975.0	751.7
Noviembre	478.0	318.7
Diciembre	335.3	260.0
Total	8896.6	6497.7

Anexo 8. Colección de sedimentos de suelo en los tratamientos agroforestal, forestal, monocultivo y testigo, en kg parcela⁻¹ y datos finales en kg ha⁻¹ de enero a diciembre de 2004 en el recinto Guale.

meses	agroforestal	forestal	monocultivo	testigo
Enero	0.00	0.00	0.00	0.00
Febrero	0.04	0.02	0.03	0.06
Marzo	0.03	0.02	0.03	0.05
Abril	0.00	0.00	0.00	0.01
Mayo	0.05	0.03	0.04	0.09
Junio	0.00	0.00	0.00	0.00
Julio	0.07	0.04	0.08	0.16
Agosto	0.02	0.01	0.01	0.04
Septiembre	0.04	0.03	0.04	0.05
Octubre	0.01	0.02	0.02	0.04
Noviembre	0.01	0.01	0.02	0.04
Diciembre	0.00	0.00	0.00	0.00

Datos promediados de las producciones en cada tratamiento en kg ha⁻¹.

meses	agroforestal	forestal	monocultivo	testigo
Enero	0.00	0.00	0.00	0.00
Febrero	1.75	1.01	1.43	2.90
Marzo	1.48	0.85	1.21	2.46
Abril	0.14	0.08	0.12	0.24
Mayo	2.50	1.44	2.04	4.15
Junio	0.11	0.06	0.09	0.18
Julio	3.09	2.04	3.52	7.31
Agosto	0.72	0.46	0.58	1.66
Septiembre	1.81	1.42	1.73	2.23
Octubre	0.57	0.71	0.71	2.02
Noviembre	0.56	0.65	0.86	2.02
Diciembre	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	12.71	8.72	12.30	25.17

Anexo 9. Análisis estadístico con el software SAS para los rendimientos anuales de los tratamientos agroforestal y monocultivo.

The SAS System 13:07 Saturday, February 26, 2005 1

Obs	Y	TRAT	BLOQ
1	921.30	Agro	1
2	1245.37	Mono	1
3	944.44	Agro	2
4	995.37	Mono	2
5	731.48	Agro	3
6	763.89	Mono	3
7	516.20	Agro	4
8	463.43	Mono	4
9	74.54	Agro	5
10	338.43	Mono	5
11	72.22	Agro	6
12	131.48	Mono	6

The SAS System 13:07 Saturday, February 26, 2005 2

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRAT	2	Agro Mono
BLOQ	6	1 2 3 4 5 6

Number of observations 12

The SAS System 13:07 Saturday, February 26, 2005 3

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Y

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	1653085.993	275514.332	25.50	0.0013
Error	5	54016.722	10803.344		
Corrected Total	11	1707102.715			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Y Mean
0.968358	17.32764	103.9391	599.8458

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	1	38283.274	38283.274	3.54	0.1185
BLOQ	5	1614802.720	322960.544	29.89	0.0010

The SAS System 13:07 Saturday, February 26, 2005 4

The ANOVA Procedure

Duncan's Multiple Range Test for Y

NOTE: This test controls the Type I comparison wise error rate, not the experiment wise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	5
Error Mean Square	10803.34

Number of Means	2
Critical Range	154.3

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	TRAT
A	656.33	6	Mono
A			
A	543.36	6	Agro

The SAS System 13:07 Saturday, February 26, 2005 5

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Y

NOTE: This test controls the Type I experiment wise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	5
Error Mean Square	10803.34
Critical Value of Studentized Range	3.63535
Minimum Significant Difference	154.26

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	656.33	6	Mono
A			
A	543.36	6	Agro

Anexo 10. Análisis estadístico con software SAS en la producción anual hojarasca en los tratamientos agroforestal y monocultivo de caña guadua.

The SAS System 19:44 Wednesday, March 15, 2005 1

Obs	Y	TRAT	BLOQ
1	600.8	Agro	1
2	442.2	Fore	1
3	508.8	Agro	2
4	374.5	Fore	2
5	49.0	Agro	3
6	36.1	Fore	3
7	2235.0	Agro	4
8	1720.0	Fore	4
9	36.8	Agro	5
10	27.1	Fore	5
11	2918.3	Agro	6
12	1935.0	Fore	6
13	380.0	Agro	7
14	365.7	Fore	7
15	379.5	Agro	8
16	266.8	Fore	8
17	975.0	Agro	9
18	751.7	Fore	9
19	478.0	Agro	10
20	318.7	Fore	10
21	335.3	Agro	11
22	260.0	Fore	11

The SAS System 19:44 Wednesday, March 15, 2005 2

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class Levels Values

TRAT	2	Agro Fore
BLOQ	11	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

Number of observations 22

The SAS System 19:44 Wednesday, March 15, 2005 3

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Y

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	12499671.67	1136333.79	26.85	<.0001
Error	10	423150.42	42315.04		
Corrected Total	21	12922822.09			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Y Mean
0.967256	29.39748	205.7062	699.7409

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	1	261534.62	261534.62	6.18	0.0322
BLOQ	10	12238137.05	1223813.70	28.92	<.0001

The SAS System 19:44 Wednesday, March 15, 2005 4

The ANOVA Procedure

Duncan's Multiple Range Test for Y

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error Mean Square	42315.04

Number of Means	2
Critical Range	195.4

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	TRAT
A	808.77	11	Agro
B	590.71	11	Fore

The SAS System 19:44 Wednesday, March 15, 2005 5

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Y

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error Mean Square	42315.04
Critical Value of Studentized Range	3.15106
Minimum Significant Difference	195.44

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	808.77	11	Agro
B	590.71	11	Fore

Anexo 11. Análisis estadístico con software SAS con los sedimentos anuales recolectados en las cajas tipo gerlach en los tratamientos agroforestal, forestal, monocultivo y testigo.

The SAS System 13:13 Saturday, February 26, 2005 1

Obs	Y	TRAT	BLOQ
1	0.00	Agro	1
2	0.00	Fore	1
3	0.00	Mono	1
4	0.00	Test	1
5	1.75	Agro	2
6	1.01	Fore	2
7	1.43	Mono	2
8	2.90	Test	2
9	1.48	Agro	3
10	0.85	Fore	3
11	1.21	Mono	3
12	2.46	Test	3
13	0.14	Agro	4
14	0.08	Fore	4
15	0.12	Mono	4
16	0.24	Test	4
17	2.50	Agro	5
18	1.44	Fore	5
19	2.04	Mono	5
20	4.15	Test	5
21	0.11	Agro	6
22	0.06	Fore	6
23	0.09	Mono	6
24	0.18	Test	6
25	3.09	Agro	7
26	2.04	Fore	7
27	3.52	Mono	7
28	7.31	Test	7
29	0.72	Agro	8
30	0.46	Fore	8
31	0.58	Mono	8
32	1.66	Test	8
33	1.81	Agro	9
34	1.42	Fore	9
35	1.73	Mono	9
36	2.23	Test	9
37	0.57	Agro	10
38	0.71	Fore	10
39	0.71	Mono	10
40	2.02	Test	10
41	0.56	Agro	11
42	0.65	Fore	11
43	0.86	Mono	11
44	2.02	Test	11
45	0.00	Agro	12
46	0.00	Fore	12
47	0.00	Mono	12
48	0.00	Test	12

The SAS System 13:13 Saturday, February 26, 2005 2

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRAT	4	Agro Fore Mono Test
BLOQ	12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Number of observations 48

The SAS System 13:13 Saturday, February 26, 2005 3

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Y

Sum of

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	14	75.70684583	5.40763185	12.39	<.0001
Error	33	14.40750208	0.43659097		
Corrected Total	47	90.11434792			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Y Mean
0.840120	53.83808	0.660750	1.227292

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	3	12.92227292	4.30742431	9.87	<.0001
BLOQ	11	62.78457292	5.70768845	13.07	<.0001

The SAS System 13:13 Saturday, February 26, 2005 4

The ANOVA Procedure

Duncan's Multiple Range Test for Y

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	33
Error Mean Square	0.436591

Number of Means	2	3	4
Critical Range	.5488	.5769	.5951

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	TRAT
A	2.0975	12	Test
B	1.0608	12	Agro
B			
B	1.0242	12	Mono
B			
B	0.7267	12	Fore

The SAS System 13:13 Saturday, February 26, 2005 5

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Y

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	33
Error Mean Square	0.436591
Critical Value of Studentized Range	3.82537
Minimum Significant Difference	0.7297

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	2.0975	12	Test
B	1.0608	12	Agro
B			
B	1.0242	12	Mono
B			
B	0.7267	12	Fore

Anexo 12. Pérdida de nutrientes nitrógeno, fósforo y potasio en los sedimentos capturados en las cajas tipo Gerlach de los tratamientos agroforestal, forestal, monocultivo y testigo de enero a diciembre de 2004.

