

**ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS**

TEMA:

**“EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS SILVOPASTORILES UTILIZANDO:
YAGUAL (*Polylepis racemosa*), QUISHUAR (*Buddleja incana*) y COLLE
(*Buddleja coriacea*); EN LA MICROCUENCA DEL RIO CHIMBORAZO”.**

AUTOR:

MANUEL EDUARDO GÓMEZ PEÑAHERRERA

**INFORME DEL PROYECTO DE INVESTIGACION PRESENTADO COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO
AGROPECUARIO.**

SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS – ECUADOR

2007

TEMA:

**“EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS SILVOPASTORILES UTILIZANDO:
YAGUAL (*Polylepis racemosa*), QUISHUAR (*Buddleja incana*) y COLLE
(*Buddleja coriacea*); EN LA MICROCUENCA DEL RIO CHIMBORAZO”.**

AUTOR:

MANUEL EDUARDO GÓMEZ PEÑAHERRERA

REVISADO Y APROBADO

MAYO. ESP. ING. RENE GONZALEZ

COORDINADOR

**CARRERA DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS SANTO
DOMINGO**

ING. FTL. PATRICIO JIMÉNEZ

DIRECTOR

ING. AGR. ALFREDO VALAREZO

CODIRECTOR

**CERTIFICO QUE ESTE TRABAJO FUE PRESENTADO EN ORIGINAL (EN
MEDIO MAGNETICO) E IMPRESO EN DOS EJEMPLARES**

DIRECCIÓN UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO

TEMA:

**“EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS SILVOPASTORILES UTILIZANDO:
YAGUAL (Polylepis racemosa), QUISHUAR (Buddleja incana) y COLLE
(Buddleja coriacea); EN LA MICROCUENCA DEL RIO CHIMBORAZO”.**

AUTOR:

MANUEL EDUARDO GÓMEZ PEÑAHERRERA

**APROBADO POR LOS SEÑORES MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE
CALIFICACIÓN DEL INFORME TECNICO.**

	CALIFICACIÓN	FECHA
ING. FTL. PATRICIO JIMÉNEZ		
DIRECTOR	_____	_____
ING. AGR. ALFREDO VALAREZO		
CODIRECTOR	_____	_____

**CERTIFICO QUE ESTAS CALIFICACIONES FUERON PRESENTADAS EN
LA DIRECCIÓN UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO.**

DIRECCIÓN UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO

DEDICATORIA

CON AMOR A MIS PADRES:
LA SRA. GLADIS YOLANDA PEÑAHERRERA ESQUIVEL Y
EL SR. MANUEL ANGEL GÓMEZ URIBE
POR DARME LA VIDA Y EL APOYO CONSTANTE
A DIOS PADRE Y A NUESTRA SEÑORA DE AGUA SANTA DE BAÑOS
AGRADECIMIENTO

A la Escuela Politécnica del Ejército, Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias Santo Domingo de los Colorados, al personal administrativo, docente y de campo, por el aporte a mi formación académica y humana. Principalmente al Ing. Ftl. Patricio Jiménez, director y al Ing. Agr. Alfredo Valarezo, codirector de tesis. Al Ing. Agr. Juan Carlos Gallardo biometrista.

Al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP Santa Catalina, a todo su personal humano por la apertura y colaboración a esta investigación. Al Programa Nacional de Forestería del INIAP, con todos sus colaboradores por el aporte técnico. Un reconocimiento especial al Sr. Jorge Grijalva Olmedo, Ing. Agr. Ph.D., Jefe del Programa Nacional de Forestería, investigador principal y coordinador de esta investigación. Al Sr. Víctor Hugo Barrera, Ing. Agr. MSc. Investigador del INIAP. A la Unidad de Transferencia UT – Chimborazo, con su responsable el Sr. Pedro Llangarí, Ing. Ph.D. Zoot., y a todos los compañeros que conforman la misma, por la muestra de amistad sincera y colaboración para el desarrollo de esta investigación. A la Unión de Organizaciones Campesinas de San Juan “UCASAJ”, por colaborar y facilitar el sitio para la investigación.

A las personas cercanas a mí, en especial a Raquel, Rafael, Xavier, Cori, a todos mis familiares y amigos quienes de una u otra manera han contribuido para que lo que era un sueño hoy sea una realidad.

CONTENIDO

Descripción

Página

TEMA	1
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
A. CONTEXTO ANDINO	5
B. CARACTERÍSTICAS DE LA MICROCUENCA DEL RIO CHIMBORAZO	9
C. Unión de Organizaciones Campesinas de San Juan (UCASAJ)	11
D. EL ECOSISTEMA PÁRAMO EN EL CONTEXTO ECUATORIANO	15
E. LA AGROFORESTERÍA	19
F. SISTEMAS SILVOPASTORILES (SSP)	26
G. CARACTERÍSTICAS DE LAS TRES ESPECIES FORESTALES NATIVAS	29
H. DESCRIPCIÓN DE CUATRO ESPECIES DE PASTOS	37
I. DEFINICIÓN DE ALGUNOS DESCRIPTORES E INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD	46
J. CARBONO	50
III. MATERIALES Y MÉTODOS	54
A. FECHA DE INSTALACIÓN Y DURACIÓN DEL ENSAYO	54
B. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL	54
C. METODOLOGÍA	56
D. DATOS REGISTRADOS Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN	58

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	72
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
VI. RESUMEN	105
VII. SUMMARY	109
VIII. BIBLIOGRAFIA	113
IX. ANEXOS	121

Nº LISTA DE CUADROS

Nº	Descripción	Página
-----------	--------------------	---------------

1. Aporte de materia orgánica de hojarasca (kilogramos por hectárea por año) proveniente de la poda de árboles nativos durante el establecimiento de un sistema silvopastoril en zonas de montaña. San Juan, Chimborazo. Entre los años 2002 y 2004. 13
2. Indicadores de eficiencia socio-económica para diferentes usos de la tierra en zonas de montaña. San Juan, Chimborazo. 2002-2004. 15
3. Características físicas y químicas del suelo evaluadas en el sitio experimental en la Granja UCASAJ, al inicio de la investigación, por el Departamento de Suelos de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP. (Enero 2006). 55
4. Esquema de análisis de varianza. 57
5. Cuadrados Medios para Densidad Aparente del suelo, en tres sistemas silvopastoriles compuestos por una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 73
6. Promedios de Densidad Aparente del suelo (g cm^{-3}), en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 73
7. Prueba de T para la variable Densidad Aparente del suelo en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en 74

la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

8. Promedios por tratamientos de Compactación del suelo (Kgf cm⁻²), en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle, en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 76
9. Cuadrados Medios para Compactación del suelo, en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle, en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 77
10. Prueba de T para la variable Compactación del suelo, en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle, en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 77
11. Cuadrados medios para Humedad del suelo, en tres sistemas silvopastoriles compuestos por una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 79
12. Promedios por tratamientos de Humedad del suelo (%), en tres sistemas silvopastoriles compuestos por una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 80

13. Prueba de T para la variable Humedad del suelo, en tres sistemas silvopastoriles compuestos por una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 80
14. Contenido de Materia Orgánica del suelo (%), en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 82
15. Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en suelo en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 83
16. Relación Carbono/Nitrógeno en suelo al final del ensayo, en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 85
17. Promedio por evaluación de lombrices en suelo por hectárea, en sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 86
18. Cuadrados medios para la variable Biomasa herbácea en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 87

19. Promedios de producción de Biomasa herbácea ($t\ ha^{-1}$) del pasto en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle, de seis evaluaciones, en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 88
20. Análisis proximal del pasto en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 89
21. Análisis de varianza para la variable hojarasca de los árboles ($Kg\ m^{-2}$), caída sobre la superficie del suelo; en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 89
22. Prueba de Tukey al 5% para la variable hojarasca de los árboles de tres evaluaciones en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 90
23. Promedio de biomasa de los árboles ($kg\ ha^{-1}$) por componente, obtenidos del muestreo destructivo en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 91

24. Cuadrados medios para las variables Diámetro y Altura de los árboles al quinto año de establecidos en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 92
25. Prueba de Tukey al 5% para la variable Diámetro de los árboles al quinto año de establecidos los sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 93
26. Prueba de Tukey al 5% para la variable Altura de los árboles al quinto año de establecidos los sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 94
27. Producción de leche en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle (experimento) y en alternativas pastoriles (INIAP, 2004) en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 95
28. Costos y beneficios promedios registrados durante cinco años de formación de sistemas silvopastoriles compuestos de pastura mixta asociada con yagual, quishuar y colle, versus dos sistemas a campo abierto en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 96

29. Uso de insumos internos o externos en sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 98
30. Uso de Mano de Obra por género (Jornales $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) en sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 99
31. Saber local en relación a las especies forestales nativas usadas en sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 100
32. Cantidad de Carbono secuestrado (t ha^{-1}) en tres sistemas silvopastoriles de cinco años de establecidos, compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 101
33. Cantidad de Leña recolectada ($\text{kg ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) durante el quinto año de establecidos los sistemas silvopastoriles compuestos de pastura mixta asociada con yagual, quishuar y colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 102
34. Promedio de aves observadas dentro de parcelas silvopastoriles compuestos de pastura mixta asociada con yagual, quishuar y colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 102

LISTA DE FIGURAS

Nº	Descripción	Página
1.	Localización del ensayo en la microcuenca del Río Chimborazo.	9
2.	Modelos de sistemas agroforestales en función de sus componentes principales (Nieto <i>et al</i> , 2005).	23
3.	Sistema silvopastoril con la especie forestal nativa Yagual (<i>Polylepis racemosa</i>) en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.	29
4.	Sistema silvopastoril con la especie forestal nativa Quishuar (<i>Buddleja incana</i>) en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.	32
5.	Sistema silvopastoril con la especie forestal nativa Colle (<i>Buddleja coriasea</i>) en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.	35
6.	Localización del ensayo en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba.	54
7.	Densidad Aparente del suelo en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle, en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.	74
8.	Compactación del suelo en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle, en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.	78

9. Humedad Gravimétrica del suelo en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 81
10. Contenido de materia orgánica del suelo en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 82
11. Contenido de nitrógeno, fósforo en suelo en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 84
12. Contenido potasio en suelo en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 84
13. Promedios de rendimiento de hojarasca de los árboles (Kg m^{-2}), durante tres evaluaciones en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 90
14. Biomasa total por especie de los árboles, obtenida del muestreo destructivo en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, 91

Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan. 2006.

15. Promedios de diámetro de los árboles al quinto año de establecidos en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 93
16. Promedios de altura de los árboles al quinto de establecidos en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006. 94

**“EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS SILVOPASTORILES UTILIZANDO:
YAGUAL (*Polylepis racemosa*), QUISHUAR (*Buddleja incana*) y COLLE
(*Buddleja coriacea*); EN LA MICROCUENCA DEL RIO CHIMBORAZO”.**

I. INTRODUCCIÓN

El proyecto colaborativo entre el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias - Programa de Mejoramiento de los Servicios Agropecuarios (INIAP - PROMSA IQ-CV-074) denominado “Investigación y promoción de alternativas pastoriles y silvopastoriles para el uso sostenible de la tierra en el piso alto de la Ecoregión Andina, 2001-2004”, fue una iniciativa entre el INIAP, el Gobierno Provincial del Carchi (GPC) y la Escuela Superior Politécnica del

Chimborazo (ESPOCH) para buscar opciones orientadas al uso sostenible de la tierra, que contribuyan al alivio de la pobreza y la conservación de los recursos naturales de la ecorregión andina, dada la situación alarmante de degradación de los recursos causadas por la pérdida de sus bosques y el cambio de uso hacia la agricultura basada en la aplicación de prácticas agrícolas no sostenibles por parte de poblaciones rurales de escasos recursos.

Durante la primera fase de estudio se evidenció la sostenibilidad de varias prácticas pastoriles y silvopastoriles bajo bosque andino, utilizando un conjunto de descriptores e indicadores de sostenibilidad, propuestos y señalados por varios autores (Committee on Agricultural Sustainability for Developing Countries 1987, Torquebiau 1992, Arévalo 1999). Se planteó un enfoque agroforestal con gestión de recursos naturales, cuyos resultados preliminares mostraron mayores beneficios derivados del sistema silvopastoril basado el uso de pasturas mixtas del tipo Rye grass *Lolium Perenne*, *L. multiflorum* y trébol blanco *Trifolium repens* creciendo bajo un bosque andino ($5694 \text{ l ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) compuesto de Samal *Rapanea dependens*, Pujín *Heperomeles heterophyla*, Tabalbal *Verbesina brachypoda*, Colca *Miconia sp.* y Catzozo, en relación con el sistema pastoril basado en una pradera naturalizada degradada compuesta de Holco *Holcus lanatus*, grama *Paspalum sp.* y pactilla *Rumex acetocella* ($2919 \text{ l ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) a pleno sol (Grijalva *et al*, 2004).

Específicamente, en la organización campesina UCASAJ (cantón Riobamba, parroquia San Juan, Provincia de Chimborazo), se evaluó por cuatro años consecutivos (2001 - 2005), un sistema silvopastoril utilizando las especies forestales nativas: Yagual (*Polylepis racemosa*), Quishuar (*Buddleja incana*) y Colle (*Buddleja coriacea*). Durante el período de formación del sistema silvopastoril, varios cultivos fueron priorizados para rotación: avena *Avena sativa* con vicia *Vicia sp.*, como forraje para corte y los cultivos de papa *Solanum tuberosum* y haba *Vicia fabae* cuyos resultados preliminares mostraron un incremento del 20% en la producción de leche en comparación con la alternativa basada en pradera natural a campo abierto, la rotación permitió obtener alimento e ingresos económicos para las comunidades campesinas y las primeras podas de formación sirvieron como fuente de leña y para incorporar materia orgánica al suelo (Grijalva *et al*, 2004).

Con estos antecedentes, se planteó el presente estudio (2006), dirigido a la “EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS SILVOPASTORILES UTILIZANDO: YAGUAL (*Polylepis racemosa*), QUISHUAR (*Buddleja incana*) y COLLE (*Buddleja coriacea*); EN LA MICROCUENCA DEL RIO CHIMBORAZO”, teniendo como propósito la generación de tecnología para la protección y gestión sostenible de la microcuenca del Río Chimborazo.

Se planteó la hipótesis las especies forestales nativas de uso múltiple, asociadas en sistemas silvopastoriles,

constituyen alternativas para revertir el proceso de degradación de los recursos naturales y contribuyen al mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades campesinas de la microcuenca del Río Chimborazo.

Objetivo General

Contribuir a la protección y gestión sostenible de la microcuenca del Río Chimborazo a través del desarrollo de alternativas silvopastoriles utilizando especies forestales nativas de uso múltiple.

Objetivos Específicos:

- Evaluar el comportamiento de tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con las especies forestales nativas: yagual, quishuar y colle, utilizando un conjunto de descriptores de sostenibilidad.
- Evaluar el potencial de los sistemas silvopastoriles en estudio para proporcionar servicios ambientales asociados a la captura de carbono y energía de biomasa.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. CONTEXTO ANDINO

La región andina se encuentra integrada principalmente por Ecuador, Perú y Bolivia, países con características similares en población, cultura y recursos naturales. La región presenta tasas altas de crecimiento demográfico, con 3.1 por ciento anual. Así, de treinta millones de habitantes en 1980, se ha llegado a 50 millones en el 2000. Para el año 2010 se estima un total de 62 millones. En este contexto la Sierra ecuatoriana acusa una alta expansión demográfica que implica una mayor demanda de productos alimenticios, servicios, empleo y oportunidades de usar eficientemente los recursos naturales para hacer una agricultura rural sostenible (Barrera *et al*, 2004).

El paisaje andino, por diversas causas ha experimentado una serie de cambios; el monte ha sido depredado, en algunos lugares prácticamente ha desaparecido, dando paso a la agricultura y la ganadería intensiva en algunos casos y de subsistencia en otros, hay sitios donde la vegetación ya no existe (Padilla 1995).

Las culturas o etnias antecesoras a los Incas, asentadas en lo que hoy es el territorio ecuatoriano, contribuyeron al proceso de domesticación de varios cultivos y especies animales. Más de 50 especies de plantas nativas fueron domesticadas en la Zona Andina, muchas de las cuales, todavía se encuentran en los campos de cultivo en la actualidad. Las poblaciones ancestrales de Ecuador, desarrollaron varios métodos para cultivar la tierra, producir cultivos, procesar cosechas y conservar alimentos, los que fueron de alguna manera alterados o modificados, durante los 60 años que duró la conquista Incaica y, que a pesar de todo el proceso de transformación vivido durante los últimos 500 años después de la conquista española, algunas tecnologías todavía se encuentran vigentes en áreas rurales de Ecuador (Nieto *et al*, 2005).

Con la conquista Española, se inicia transformaciones en las relaciones agro-socio-económicas y métodos de producción, las que opacaron, hasta casi la extinción, las formas tradicionales de hacer agricultura en Ecuador y en la Zona Andina. Las transformaciones de los sistemas de producción agropecuaria empezaron a imponerse en la época

de la colonia, se acentuaron en la época republicana, y algunos se consolidaron en la segunda mitad del siglo XX, hasta llegar a los sistemas de producción "modernos" (Nieto *et al*, 2005).

La sierra o región central andina ecuatoriana comprende las partes altas de los Andes que atraviesan el Ecuador de norte a sur (Calispa *et al*, 2000). Históricamente ha sido la región de mayor asentamiento poblacional y donde se ha ejercido una mayor presión a los recursos naturales (Hidalgo 1998); se impusieron sistemas de labranza intensa del suelo, se impusieron cultivos introducidos (ejemplo los cereales) y la cría de animales introducidos, a expensas de cultivos y animales nativos. En consecuencia, los hábitos alimenticios de la población cambiaron, dando lugar a un proceso sistemático de desnutrición. Se implantó el sistema de hacienda que marcó el inicio del proceso de privatización legalizada de tierras, y con éste, varios conflictos. Se implantó el sistema "Huasipungo" al comienzo y el trabajo asalariado más tarde, como relaciones laborales en la agricultura. El sistema huasipungo, podría significar sin duda, el inicio del éxodo de la población indígena hacia las montañas, lo que ha marcado el proceso de intervención del ecosistema páramo, con todas las consecuencias nefastas muy conocidas, para la conservación ambiental y de los recursos naturales (Nieto *et al*, 2005).

Durante la segunda mitad del siglo XX, en esta región aparecen transformaciones impulsadas por los gobiernos de turno, interviniendo los sistemas de producción y en la tenencia y uso de la tierra. Las dos grandes

transformaciones son: 1) La Reforma Agraria y 2) La "revolución verde". En Ecuador tuvieron su auge; pero las consecuencias no han sido favorables para la población rural. Si bien, el proceso de revolución verde significó un aumento de la producción y productividad agropecuaria, al comparar estos ingresos con los costos ambientales, la destrucción y erosión de los recursos naturales, el balance final es sustancialmente negativo (Southgate *et al*, 1994; Wtaker 1996; Nieto 1997).

La tendencia institucionalizada de la repoblación forestal, ha sido reforestar siguiendo modelos silvícolas ajenos al monte andino; se han generado bosques monoespecíficos utilizando especies forestales como *Eucalyptos globulos* y *Pinus radiata*. En la segunda mitad de la década del 80, se empieza dar importancia a los sistemas integrales de uso del suelo en los Andes; se empezó a verificar que la asociación de cultivos con árboles, pastos y animales es practicada por el poblador andino desde tiempos inmemoriales, y se inicia la aplicación de las prácticas agroforestales en los planes de manejo de cuencas y de desarrollo rural integral. Las parcelas campesinas andinas con árboles o arbustos asociados con cultivos, pastos y animales, no han sido instaladas bajo concepción agroforestal, pero funcionan y cumplen como tal. De éstas, las manejadas con eficiencia, con racionalidad, en función de objetivos concretos y con criterios de sustentabilidad, pertenecen a campesinos curiosos que en muchos casos han heredado la parcela y mantienen el conocimiento que les fue transmitido de sus antepasados. Los sistemas agrosilvopastoriles se presentan como alternativa de manejo sostenido de las cuencas, pues el monocultivo, en un

territorio variado, degradado y sujeto a condiciones tan adversas de clima, no es aplicable social, ecológica ni técnicamente (Padilla 1995).

Al inicio de la década de los 90, científicos estimaron que en el mundo un 25 por ciento de las tierras en uso para la agricultura, están seriamente degradadas, poniendo en peligro la sobrevivencia de millones de familias, especialmente en países en vías de desarrollo. El efecto principal de la degradación del suelo, es la reducción en su productividad, lo cual afecta a todos los que dependen de él, como recurso primordial para producir sus cultivos, criar su ganado y encontrar leña y madera (CAMAREN 1999).

Bustos (2005) sostiene que a partir de la Cumbre de Río de Janeiro realizada en el año de 1992, los países participantes que elaboraron la Agenda 21, decidieron trabajar por la erradicación de la pobreza, atenuar y minimizar el deterioro de los Recursos Naturales. El capítulo XIII de esa agenda enfoca sobre "El desarrollo sostenible de las zonas de montaña" uno de sus programas de acción es: "Promoción del Aprovechamiento Integrado de las Cuencas Hidrográficas y de Otros Medios de Vida", ya que cerca de la mitad de la población del mundo se ve afectado de diversas maneras por la Ecología de montaña y la degradación de las Cuencas Hidrográficas.

B. CARACTERISTICAS DE LA MICROCUENCA DEL RIO CHIMBORAZO

La cuenca hidrográfica es considerada como una unidad territorial y ambiental delimitada por una línea divisoria de aguas, que tributa o alimenta a una red natural de drenaje, con una salida única. En su interior se encuentra una serie de elementos como el agua, la flora, fauna, el suelo y las personas, que actúan formando un sistema abierto e interdependiente (Calispa *et al*, 2000.).

Según Bustos (2005) la microcuenca del Río Chimborazo (Figura 1) se encuentra situada en la Sierra Central del Ecuador, al noreste de la provincia de Chimborazo a una distancia de 18 kilómetros de la ciudad de Riobamba, en la zona 17 UTM (Universal Transversa de Mercator) enmarcada en las siguientes coordenadas: Latitud 9837092,23 a 9814890,79 y Longitud 735554,19 a 748150,76 y pertenece jurídicamente a la parroquia San Juan.

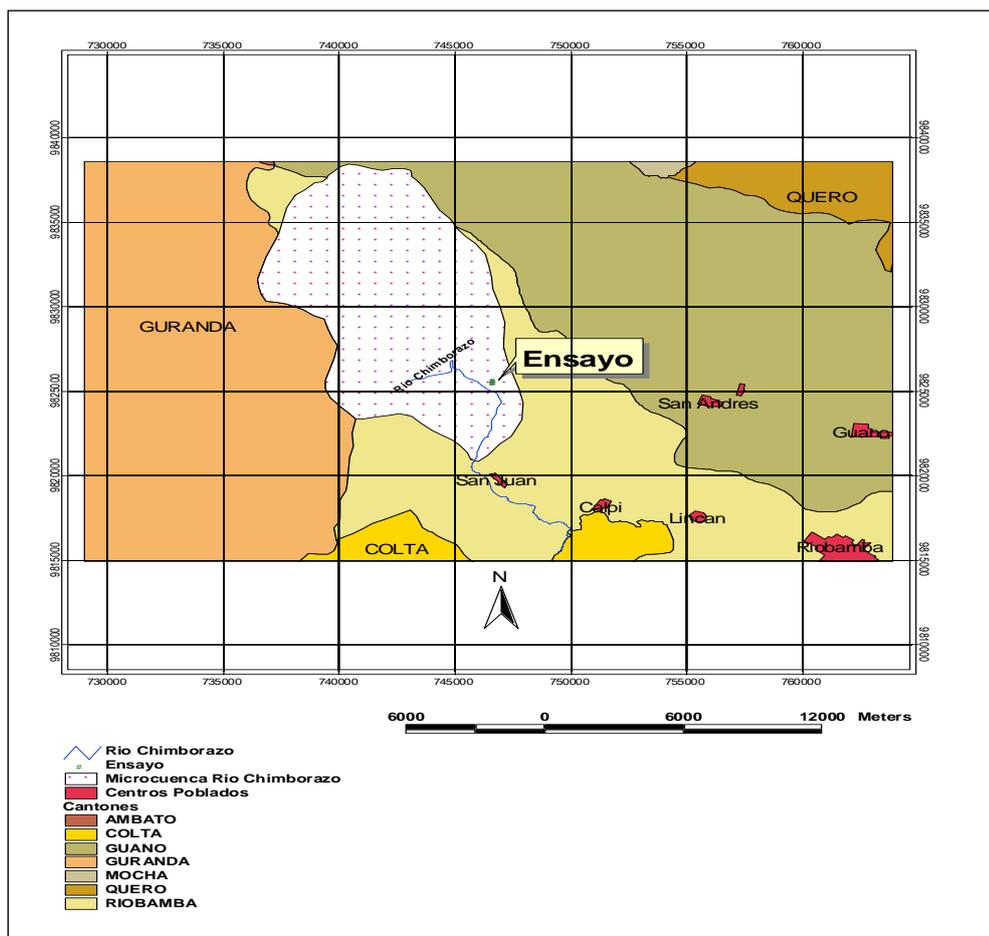


Figura 1. Localización del ensayo en la microcuenca del Río Chimborazo.

Las características fisiográficas de la microcuenca del Río Chimborazo más relevantes son: área total de la microcuenca: 16522 hectáreas, caudal promedio del Río Chimborazo: 506 litros por segundo, el uso de las aguas del Río Chimborazo se da de la siguiente manera: los primeros 13 kilómetros utiliza la planta hidroeléctrica de la empresa Cemento Chimborazo y luego es destinado para riego a diferentes usuarios, la altitud superior de la microcuenca es de 5000 metros y la altitud inferior es de 3170 metros, la precipitación promedio anual es de 700 milímetros, la temperatura promedio anual es de 6 grados centígrados (Bustos 2005).

C. Unión de Organizaciones Campesinas de San Juan (UCASAJ)

La “UCASAJ”, perteneciente a la parroquia San Juan, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, de acuerdo con datos registrados en un diagnóstico participativo (Grijalva *et al*, 2002b) es una organización de segundo grado que está constituida por 17 comunidades campesinas con una población de 4871 habitantes. La mayor parte de las familias tienen educación primaria, los jefes de familia u hombres adultos trabajan en el sector agrícola y pecuario, como también emigran a ciudades como

Guayaquil, Quito, Ambato, Santo Domingo, Cuenca, donde se desempeñan como albañiles o chóferes; las mujeres se dedican a los quehaceres domésticos, crianza de animales menores y comercio. La gran parte de productores tienen tierras propias con título de propiedad.

Particularmente en la granja, de propiedad comunal, de UCASAJ, en donde se llevo acabo la presente investigación, se mantiene el interés de plantar árboles y fortalecer el vivero forestal donde se desarrolla varias especies nativas y exóticas incluyendo yagual (*Polylepis racemosa*), Quishuar (*Buddleja incana*) y colle (*Buddleja coriacea*), cuyos beneficios son limitados por falta de apoyo técnico para su funcionamiento y oportunidades de mercado para la venta de árboles. Algunos de sus miembros hombres y/o mujeres poseen experiencia en el manejo tecnológico del vivero y en técnicas de recolección y propagación de semillas de árboles. (Grijalva *et al*, 2004).

En la granja de UCASAJ se establecieron alternativas pastoriles y formación de un Sistema Silvopastoril con árboles nativos, trabajo que constituye la base previa a partir del cual se realizó el presente estudio. Con la idea de promover la participación comunitaria en el establecimiento de sistemas silvopastoriles a largo plazo que sirva con fines productivos, académicos y demostrativos para otras comunidades vecinas, cuya experiencia se analiza a continuación (Grijalva *et al*, 2004).

La hojarasca proveniente de la poda de ramas, restos de troncos y ramas de los árboles (Cuadro 1), en principio aporta cantidades relativamente escasas de materia orgánica al suelo, comparado con los aportes de un bosque secundario o primario maduro. Sin embargo, no deja de ser importante, toda vez que es una biomasa que puede ser utilizada como abono verde para mejorar la fertilidad del suelo, y también como leña para los hogares. Más aún, otro beneficio ambientalmente interesante que han expresado las comunidades en la alternativa silvopastoril, es la presencia masiva de fauna silvestre de aves, principalmente de pájaros. La composición química de la biomasa de hojarasca fue de 1.8 por ciento de nitrógeno, 0.2 por ciento de fósforo y 0.6 por ciento de potasio, consecuentemente, el aporte en estos nutrientes es aún insignificante, debido en parte a la alta proporción de humedad durante las primeras fases de crecimiento (Grijalva *et al*, 2004).

Cuadro 1. Aporte de materia orgánica de hojarasca (kilogramos por hectárea por año) proveniente de la poda de árboles nativos durante el establecimiento de un sistema silvopastoril en zonas de montaña. San Juan, Chimborazo. Entre los años 2002 y 2004.

Descriptor	Sistema silvopastoril en formación con árboles nativos de yagual, quishuar y colle.	
	Primer año	Segundo año
Materia verde	745	1132
Materia seca	290	441
Materia orgánica	165	252

Fuente: INIAP 2004.

Durante el período de formación del sistema silvopastoril, varios cultivos fueron priorizados para rotación: avena *Avena sativa* con vicia *Vicia*

sp., como forraje para corte y los cultivos de papa *Solanum tuberosum* y haba *Vicia fabae*. La cosecha de avena con vicia se destinó un 75 por ciento a la alimentación del ganado en producción de leche, un 15 por ciento a la venta y el resto se quedó en el campo. Por su parte, los cultivos de papa y haba utilizados como parte del plan de rotación, se destinaron principalmente para la venta en los mercados locales y también la papa fue utilizada para semilla dentro de la misma comunidad (Grijalva *et al*, 2004).

Por otra parte, se ha observado diferencias importantes en el uso de mano de obra entre sistemas, siendo de 147, 18, 10 y 16 jornales para los cultivos papa, avena-vicia, pradera natural y pastura, respectivamente. En términos monetarios significa un 29, 20, 44 y 10% de los costos de producción, en ese orden. Tales resultados suponen que para el cultivo de papa se requiere contratar mano de obra adicional al trabajo de la familia, en tanto que las necesidades de mano de obra para manejar la pradera, son cubiertas básicamente por el trabajo familiar (Grijalva *et al*, 2004).

Un análisis comparativo del comportamiento socioeconómico de las alternativas o sistemas de uso (Cuadro 2) permite inferir que tanto la opción silvopastoril como la pastura mixta son altamente exigentes en insumos exógenos. Así, en la silvopastura en formación, los insumos externos se dedican al cultivo de la papa. Por su parte, la pastura exige alto uso de fertilizantes químicos y la semilla forrajera además de la maquinaria agrícola, que en suma corresponden a un rango entre 72 y 83 por ciento de los costos variables, respectivamente. Los altos beneficios económicos netos del

sistema silvopastoril se explica por la venta de la producción de papa, pero se debe advertir que el precio de la papa es muy sensible, pudiendo variar hasta en un 500 por ciento en períodos cortos de tiempo (Barrera *et al*, 2002 citado por Grijalva *et al*, 2004).

El requerimiento de mano de obra nuevamente es importante en la opción silvopastoril, la cual se dedica a realizar trabajos de plantación de árboles, cercado, control fitosanitario, fertilización y coronamiento. En la pastura, se explica por el uso en siembras y labores culturales además del manejo selectivo del ganado. La diferencia entre ambas opciones radica en que gran parte de la mano de obra de la alternativa silvopastoril proviene de las mismas comunidades (Grijalva *et al*, 2004).

Cuadro 2. Indicadores de eficiencia socio - económica para diferentes usos de la tierra en zonas de montaña. San Juan, Chimborazo. 2002-2004

Indicadores de eficiencia socioeconómica	Unidades	Sistemas de uso		
		Silvopastoril en formación	Pradera natural	Pastura mixta
Costos de producción	USD. ha ⁻¹ año ⁻¹	2569	130	537
Beneficios netos	USD. ha ⁻¹ año ⁻¹	1 532	386	556
Insumos externos	% de los costos	72	0	83
Uso de maquinaria	horas/ha	13	0	20
Mano de obra	jornal/ha/año	25	17	40
MOF	% de mano de	75	100	45

Fuente: INIAP 2004. Datos registrados en UCASAJ durante dos años de establecimiento del sistema silvopastoril, 2002-2004. Pradera natural de más de 15 años. Pastura de 5 años de edad.

D. EL ECOSISTEMA PÁRAMO EN EL CONTEXTO ECUATORIANO

El estudio del páramo, espacio de vida para una importante cantidad de comunidades y familias campesinas, así como para un incontable número de especies arbustivas, florísticas y faunísticas, reviste particular importancia dado que es impostergable desarrollar acciones para proteger este importante ecosistema, ha empezado a volverse criterio corriente que los páramos son esas “cisternas” naturales de la región interandina, toda vez que en ellos están las más importantes reservas de agua y carbono. Siendo correcto este criterio, la salud de los páramos depende el abastecimiento de agua para las poblaciones grandes y pequeñas de la serranía, así como el riego que garantiza la seguridad alimentaria de la mayoría de los ecuatorianos (Aguilar *et al*, 2000).

Según Astudillo *et al*, (2000) la zona de vida Bosque Húmedo Montano, situada entre altitudes de 3000 y 4000 metros, con temperaturas de 6 a 12 grados centígrados, con precipitaciones de 500 a 1000 milímetros en el año facilitando la actividad agropecuaria pues no se enfrentan dificultades en el aprovisionamiento de agua. Ocasionalmente se presentan situaciones atípicas oscilantes (fenómenos climáticos ocasionales) que pueden afectar la producción agropecuaria. A esta zona pertenecen los páramos bajos húmedos o subpáramos de la sierra ecuatoriana (3.78 por ciento de la superficie nacional), donde es posible el desarrollo de la ganadería como principal actividad ya que la humedad presente permite la disponibilidad de pastos naturales y cultivados.

La definición del ecosistema páramo, que de acuerdo con lo que consta en las propuestas de Ley de Desarrollo Forestal Sustentable del Ecuador, así como en la Ley de Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad, es la siguiente: Páramo es el Ecosistema tropical altoandino que se extiende en los Andes septentrionales entre el actual y potencial límite superior del bosque andino cerrado y la línea de nieve perpetua, caracterizado por una vegetación dominante no arbórea, alta irradiación ultravioleta, bajas temperaturas y alta humedad. Por efectos de esta definición se considera a los páramos como el área en el Ecuador que esta sobre la cota de los 3500 metros en los páramos ubicados al norte del paralelo 3 de latitud sur, y sobre los 3000 metros al sur de dicho paralelo. Esta definición que resulta practica para efectos de propuestas de leyes y otros instrumentos similares, no refleja en realidad la diversidad y la complejidad inherentes al ecosistema páramo (Hofstede *et al*, 2003).

En términos biológicos, los páramos constituyen una parte importante de la extraordinaria diversidad ecológica en un país relativamente pequeño como el Ecuador pero con una variedad ambiental y biológica mayor a la de los países con extensiones muy superiores (Mittermeier *et al*, 1997).

Las plantas más duras, que forman parte de los páramos, pueden soportar temperaturas y condiciones extremas por sobre los 4200 metros. En general son plantas pequeñas y con una cobertura muy escasa del suelo; a pesar, de que muchas veces cae nieve en esta franja, es posible, encontrar

árboles de yagual a estas alturas, por tanto, estas plantas están entre las leñosas que crecen a mayor altitud en el mundo (Aguilar *et al*, 2000).

La parte inferior del páramo es denominada subpáramo y colinda con el bosque andino. El límite superior es más sencillo de definir: simplemente se encuentra donde termina la montaña. La presencia de nieve y glaciares es un factor que inhibe el crecimiento de ciertas plantas como líquenes y algunos pastos diminutos (Hofstede *et al*, 2003).

La mayor concentración de páramos en el Ecuador esta repartida en cuatro provincias (Chimborazo, Azuay, Napo y Pichincha); pues entre ellas abarcan el 60 por ciento de la cantidad de páramos existentes en el país; Chimborazo encabeza la lista con 194.695 hectáreas de páramo en la provincia, es decir el 29.83 por ciento de la provincia es páramo (Aguilar *et al*, 2000).

Astudillo *et al*, (2000) advierten algunas consecuencias de las formas de explotación del páramo como son: el excesivo pastoreo, la extracción de abono orgánico, avance de la frontera agrícola, deforestación acelerada, destrucción de la cubierta vegetal protectora, esto provoca varios fenómenos como: 1) Disminución de la capacidad de retención de humedad en suelos de páramo, debido a la reducción de la cubierta vegetal protectora, lo cual se traduce en la escasez de agua en vertientes y fuentes durante la estación seca, 2) Ausencia de una cubierta vegetal protectora del suelo, por las quemadas en los páramos, las microcuencas hidrográficas ya no disponen

temporal o permanentemente de esta cubierta vegetal, la que contribuye a la captación y retención de agua proveniente de las lluvias y la condensación de la humedad aportada por las nieblas, 3) Sequía de los páramos, la explotación de agua en exceso, causa una fuerte disminución de los caudales de los ríos y arroyos naturales que inundaron anteriormente 4) Disminución de las especies de fauna y flora, la disminución de la biodiversidad en los ecosistemas de altura debido a las quemas, deforestación y uso agrícola, provocan un desequilibrio ecológico que incrementa la fragilidad del ecosistema y 5) Acelerando el proceso de erosión de los terrenos de ladera cultivados sin medidas de conservación. El proceso de erosión es inevitable, la destrucción de la vegetación protectora en combinación con las fuerzas del agua provoca el arrastre de las tierras fértiles que se pierden para siempre.

E. LA AGROFORESTERÍA

1. Concepto

Añazco (2000) y Kenny-Jordan (1999) consideran que la agroforestería es una alternativa para el uso y manejo sostenido de la tierra, en la cual se combinan árboles, con cultivos y animales. Esta actividad se practica desde hace mucho tiempo en forma tradicional. Su incorporación al mundo científico es reciente. Se fundamenta en conocimientos teórico - práctico con un enfoque multidisciplinario, en el cual se incluyen elementos de carácter social, económico, biológico y ambiental.

La combinación puede ser simultánea o secuencial, en el tiempo o en el espacio. Tiene como meta optimizar la producción por unidad de superficie, respetando el principio de rendimiento sostenido y las condiciones ecológicas, económicas y sociales de la región donde se practica. (Kenyy-Jordan *et al*, 1999).

Los sistemas agroforestales son no sólo una alternativa de producción sostenible, sino una oportunidad para diversificar las fincas e incrementar las fuentes de ingresos con la posible venta de servicios ambientales por reducción del dióxido de carbono atmosférico. El establecimiento de mercados de servicios ambientales puede contribuir de distintas maneras al desarrollo sostenible en el medio rural y en algunos casos sus beneficios trascienden el nivel local y adquiere una dimensión regional y hasta global. El desarrollo de estos mercados puede conducir al surgimiento de nuevas actividades económicas, generación de empleo y de ingresos a los propietarios de recursos generadores de servicios ambientales. También, permite la transferencia de conocimientos y de recursos de otros sectores nacionales e internacionales al medio rural (Ruiz 2002).

A través de la historia y casi en todo el mundo se ha practicado el cultivo de árboles y especies tanto agrícolas como los pastizales o las forrajeras en combinación deliberada. En América tropical desde tiempos inmemoriales, se ha desarrollado la agroforestería. Hasta hace unos diez años existía en las Américas gran variedad de mamíferos que se

alimentaban de árboles. Hay evidencia que ciertos rumiantes, como el búfalo americano, alternaban el consumo de árboles con gramíneas, según los cambios climáticos (Añazco 2000).

En el Ecuador tradicionalmente se practica la agroforestería en todas las regiones. Los linderos con pomarrosa (*Eugenia jambos*) son muy comunes en la parte alta de la provincia de El Oro. La presencia de guaba (*Inga spp*) o porotillo (*Erythrina spp*) con café se puede apreciar en varias zonas de la provincia de Guayas. Los linderos con lechero morado (*Euphorbia cotinifolia*), en la Amazonia. En la Sierra ecuatoriana pueden apreciarse varias combinaciones de eucalipto con alfalfa, eucalipto con pasto kikuyo, eucalipto en linderos, entre otras forman que datan desde el siglo anterior (Añazco 2000).

2. La Agroforestería como Sistema

El componente arbóreo y arbustivo del ecosistema forestal, asociado con plantas agrícolas, yerbas, pastos, animales y el ser humano en un sistema sostenido de manejo de la tierra, se convierte en ecosistema agroforestal (Padilla 1995).

En los ecosistemas agrosilvopastoriles tradicionales andinos conducidos espontáneamente por el campesino, se observa una franca interrelación del ser humano con los animales y con una variedad elevada de plantas: árboles, arbustos, yerbas. (Padilla 1995).

Como en otros ecosistemas complejos, en el agroforestal las entradas corresponden a la energía solar, el agua de la atmósfera, el aire con sus componentes gaseoso y partículas; hay, además, la adición de material orgánico vegetal y animal. Las salidas están dadas por el agua, nutrientes, material inerte, suelo, que se pierden por percolación, erosión y lixiviación. En el sistema agroforestal se realizan las múltiples y variadas interrelaciones: simbiosis, parasitismo, comensalismo, antagonismo, alelopatías, depredación (Padilla 1995).

3. Manejo de Sistemas Agroforestales

El manejo de sistemas agroforestales se realiza con fines de protección, producción o una combinación de ambos. Confines de protección un sistema agroforestal está orientado a la protección de la vivienda, cultivos y animales frente a condiciones climáticas adversas, como vientos y heladas; protección del suelo contra la erosión hídrica y mejoramiento del suelo (aporte de materia orgánica, fijación de nitrógeno, entre otros); protección del predio contra la entrada de personas y animales y protección de la parte alta de las cuencas hidrográficas, así como riveras y canales de riego. Cuando se trata de manejo con fines de producción, son muy variados los productos que se pueden obtener de los sistemas agroforestales. Así, además de la producción de cultivos, pastos y animales (carne, lana, pieles), los árboles o arbustos pueden generar los siguientes productos: forraje, frutos, leña, madera, carbón, medicina, leña, hongos, taninos y tinturas, productos para la agroindustria. (Kenyy-Jordan *et al*, 1999).

4. **Clasificación de los Sistemas Agroforestales**

Según la estructura de los sistemas, Añazco (2000) clasifica a la agroforestería en:

- a. **Sistemas silvoagrícolas.-** Árboles asociados con cultivos agrícolas.
- b. **Sistemas silvopastoriles.-** Árboles asociados a la ganadería.
- c. **Sistemas agrosilvopastoriles.-** Árboles asociados con cultivos agrícolas y a la ganadería.

El sistema más utilizado de clasificación de los sistemas agroforestales en varias regiones de los cinco continentes, se basa en el tipo de componentes incluidos (agrícola forestal y animal) se presenta en la Figura 2 y la asociación espacial o temporal que existe entre ellos. Esta clasificación es descriptiva, pues al nombrar cada sistema, además de los componentes, se obtiene una idea de su fisonomía y sus principales funciones y objetivos. De esta forma se puede distinguir tres tipos de sistemas agroforestales: secuencial, simultáneo, (Añazco 2000) y complementario; estas tres principales categorías de sistemas agroforestales

que han sido estudiadas, validadas y promocionadas en el mundo y se describen a continuación (Nieto *et al*, 2005).

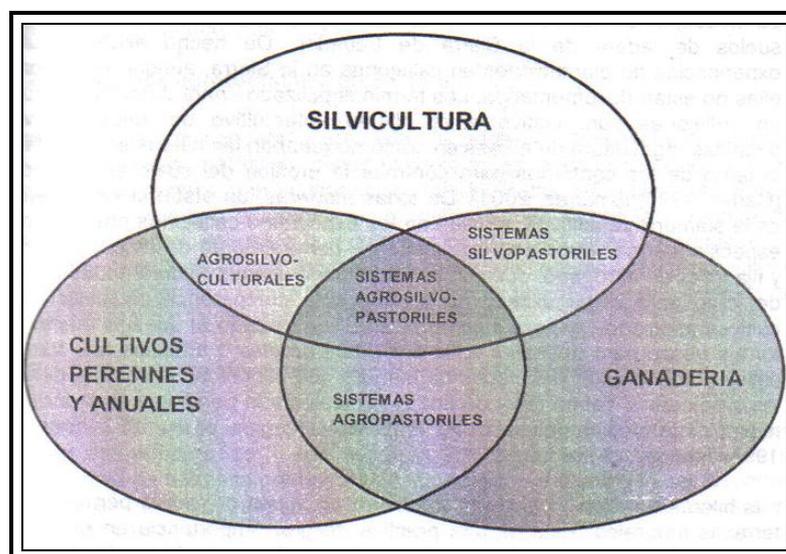


Figura 2. Modelos de sistemas agroforestales en función de sus componentes principales (Nieto *et al*, 2005).

Sistemas Agroforestales Simultáneos, que consisten en la plantación simultánea en la misma parcela especies perennes y especies anuales (cultivos o forrajes), e incluye la combinación con la cría y producción de animales (Nieto *et al*, 2005). Su objetivo principal es la diversificación. También se puede lograr aumentos de la productividad por medio de algunas interacciones con el componente arbóreo (Añazco, 2000). Los casos típicos de los sistemas agroforestales simultáneos se pueden agrupar en cuatro categorías: árboles en asociación con cultivos perennes, árboles en franjas con cultivos anuales (cultivo en callejones), huertos caseros mixtos, sistemas agrosilvopastoriles.

Los **sistemas agrosilvopastoriles** son asociaciones de árboles maderables o frutales con animales, con o sin presencia de cultivos. Son practicados a diferentes niveles, desde las grandes plantaciones arbóreas comerciales, con inclusión de ganado, hasta el pastoreo de animales, como complemento a la agricultura de subsistencia (Añazco, 2000). Los **sistemas silvopastoriles**, en los cuales tanto la especie arbórea como la forrajera son perennes y plantados simultáneamente, también pertenecen a esta categoría (Nieto *et al.*, 2005).

5. **Efectos de Interacciones Agroforestales**

Añazco (2000) identifica varios efectos entre los componentes dentro de los sistemas agroforestales y se describen a continuación:

a. Efecto de los árboles sobre los animales.- Los árboles proveen de follaje y frutos para el consumo, causan modificación en el microambiente y cambios en la capacidad de carga animal.

b. Efectos de los animales sobre los árboles.- Los animales causan daño mecánico, contribuyen a la dispersión de semilla, reducción de material combustible y la compactación del suelo.

c. Efecto del ser humano sobre los árboles.- El ser humano se relaciona con la selección de las especies y el manejo de los árboles.

d. Efecto de los árboles sobre el ser humano.- Cambios en el microclima, diversificación de productos, cambios en el manejo de cultivos; además de beneficios socioeconómicos.

e. Efecto árbol – suelo.- En los sistemas silvopastoriles, la presencia de los árboles puede contribuir a mejorar la productividad del suelo. Algunos de los mecanismos más importantes son: la fijación de nitrógeno, el reciclaje de nutrientes, la mejora en la eficiencia de uso de nutrimento, el mantenimiento de la materia orgánica y el control de la erosión (Añazco, citado por Cuasapaz, 2005)

F. SISTEMAS SILVOPASTORILES (SSP)

1. Concepto

Nieto *et al*, (2005) mencionan que los sistemas silvopastoriles, corresponden a aquellas opciones de producción pecuaria que involucran la presencia de leñosas perennes (árboles y arbustos), interactuando el mismo sitio y tiempo con las plantas forrajeras tradicionales, en un sistema de manejo integral de producción ganadera. Dentro de la categoría de sistemas agroforestales, interactúan por lo menos tres componentes: el árbol, el pasto y el animal, todos bajo la gestión y decisiones del ganadero.

Astudillo *et al*, (2000) afirman que los sistemas en los que se encuentran árboles en asociación con pastos y ganado, se llaman sistemas silvopastoriles, los mismos que forman parte de un sistema de producción campesino propio y adecuado a cada piso altitudinal. El manejo de estos sistemas de producción de altura, con un enfoque silvopastoril, es una opción para la conservación y recuperación de los recursos naturales, tomando en cuenta que el desarrollo de las especies arbóreas y arbustivas es lento, dadas las condiciones climáticas existentes en estas zonas.

Por su parte León (2003) menciona que la energía lumínica es la principal riqueza de los países ecuatoriales; en pasturas, esta energía puede ser aprovechada al máximo implementando sistemas silvopastoriles. Los sistemas silvopastoriles ofrecen numerosas ventajas como son: mejoramiento de la calidad del forraje ofrecido a los animales, incremento de la producción de biomasa por unidad de superficie, sombra para el ganado, banco de proteína, cerca viva, sustentabilidad, contribución a la eliminación del CO₂ del aire y aportación de O₂, optimización de la utilización de la energía radiante del espacio aéreo y del suelo, mejoramiento del suelo con los nutrientes que las raíces de los árboles extraen de capas profundas, mejoramiento de la biodiversidad, protección del suelo contra la erosión, fuente de madera y leña, etc.

Hay que considerar que una de las razones para plantar sistemas silvopastoriles, en lugar de solamente praderas es que estos

permiten aprovechar en forma intensiva el suelo y al mismo tiempo permiten su conservación. Uno de los objetivos específicos de un sistema silvopastoril es el de contribuir al mantenimiento de la biodiversidad local y asegurar la sostenibilidad del uso de la tierra (Pezo *et al*, 1998).

2. Experiencias sobre Sistemas Silvopastoriles en Los Andes

López *et al*, (1998) implementaron un sistema silvopastoril con la participación de hombres, mujeres y niños en minga comunal; plantando en forma intercalada yagual (*Polylepis incana*), quishuar (*Buddleja incana*) y retama (*Spartium jumceum*) a 1,5 metros de distancia entre plantas. Para la siembra de pastos utilizaron una mezcla de ray grass (*Lolium multiflorum*), pasto azul (*Dactylis glomerata*) y trébol rojo (*Trifolium pratense*) sembrados al boleó en 10 hectáreas. El primer corte lo realizaron a los cinco meses, cuando el pasto alcanzó una altura de 50 centímetros. Luego del segundo corte se introdujo una alpaca macho puro y siete hembras huarizas. Al segundo año las especies forestales nativas alcanzaron 1 metro de altura, con el fin de lograr un mayor crecimiento las ramas fueron podadas y se utilizaron como leña. Los impactos se relacionaron a un incremento de 26 alpacas mejoradas, obtención de 60 kilogramos de lana anualmente por esquila, además de pastos, leña, abono orgánico, esquejes y semillas forestales. Además, este sistema ha sido replicado en otras áreas de la provincia. A partir del cuarto año, con la siembra de pastos, e introducción de camélidos y plantación de árboles nativos, la vegetación natural empezó a recuperarse.

Vogal (1999) menciona que entre las especies más usadas en sistemas silvopastoriles es el aliso, sin embargo, las experiencias en la zona de Tixán han mostrado que las condiciones climáticas como heladas y sequías limitan el uso amplio de esta especie. En Tambopamba, donde se han comprobado las condiciones adecuadas, este sistema se ha divulgado a mayor escala, de modo que la siembra de cultivos ha sido desplazada casi completamente por la ganadería con un sistema silvopastoril, pues requiere menos mano de obra y se obtienen resultados económicos satisfactorios.

G. CARACTERÍSTICAS DE LAS TRES ESPECIES FORESTALES NATIVAS

1. Yagual

a. Taxonomía

Familia: Rosaceae

Género: *Polylepis*

Especie: *racemosa*

Nombre científico: *Polylepis racemosa*

Nombre vulgar: Yagual



Figura 3. Sistema silvopastoril con la especie forestal nativa Yagual (*Polylepis racemosa*) en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Las hojas son compuestas, imparipinadas, con un número variado de folíolos que son de color verde oscuro pero brillante en el haz, el tamaño de las hojas depende de las condiciones donde crece, por ejemplo en lugares húmedos las hojas crecen más que las de lugares secos (SIPCOSEFNA s/f).

Es una especie que incluye arbustos de 15 metros. El fuste normalmente es torcido y puede ser único o con varios tallos, los mismos que tienen abundantes ramificaciones y muchas de ellas nacen desde la base del tallo, mide de 1.5 metros de altura, llegando incluso a tener árboles de 23 metros. El tronco normalmente, torcido, con varios tallos y abundante ramificación. La corteza es de color rojiza o marrón amarillento brillante; la

corteza es exfoliante en láminas papiraceas rojizas; hojas alternas compuestas e imparipinadas, foliolos oblongos, margen entero, haz glabro o viloso, envés con varios tipos de indumento. Sus hojas están compuestas de tres foliólos de color verde oscuro brillante (SIPCOSEFNA s/f).

Las flores del yagual son incompletas, sin corola ni nectario, se agrupan en racimos con 5 a 120 flores cada uno. Las dimensiones de estas oscilan entre los 4 y 5 milímetros. (SIPCOSEFNA s/f).

El fruto es de unos 5 milímetros de largo, y es una drupa, con cuatro aristas terminadas en cortos agujones, las semillas producidas en la mayoría de estos son infértiles debido a la dicogamia y polinización anemófila del genero *polylepis* (SIPCOSEFNA s/f).

El yagual se propaga mayormente en forma vegetativa (esquejes, acodos) alcanzando en vivero un 75 por ciento de rendimiento (en platabandas a raíz desnuda en bolsas). También se propaga por semillas, pero con bajo éxito reproductivo (SIPCOSEFNA s/f).

Este árbol es muy variable, y posee una serie de poblaciones distintivas, las cuales pueden ser consideradas como diferentes subespecies. Esta es probablemente la especie de *Polylepis* de crecimiento más rápido y tiene la adaptabilidad ecológica más amplia, siendo, en muchas áreas la especie más prometedora para proyectos de reforestación (SIPCOSEFNA s/f).

Se utiliza para leña y carbón, así como las hojas sirven de alimentos para los animales. Constituye la materia prima para elaborar implementos de arado, cabos de herramientas, postes, muebles, cucharas. La madera es muy cotizada ya que sirve para elaborar artesanías, de acuerdo a su ubicación espacial se la utiliza como barrera contra vientos y heladas, sombra para animales, además es medicinal (Kenny-Jordan *et al*, 1999).

2. Quishuar

a. Taxonomía

Familia: Buddlejaceae

Género: Buddleja

Especie: incana

Nombre científico: *Buddleja incana*

Nombre vulgar: Quishuar



Figura 4. Sistema silvopastoril con la especie forestal nativa Quishuar (*Buddleja incana*) en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Las hojas son simples, opuestas pecioladas, de forma y color variable de acuerdo a cada especie, borde liso o dentado, en el envés es pubescente y de color blanco, mide de 13 a 15 centímetros de largo, de 2,3 a 5 centímetros de ancho (Pretel, citado en SIPCOSEFNA S/F).

El fuste es retorcido, muy ramificado, la corteza de color blanquecino, en ciertas ocasiones puede alcanzar hasta 10 metros de altura. El diámetro a la altura del pecho en los mejores árboles puede llegar a 40 centímetros, aunque excepcionalmente puede alcanzar hasta un metro al DAP. (Pretel, citado en SIPCOSEFNA S/F).

Las flores son hermafroditas (completas), actinomorfas. Agrupadas en racimos simosos, miden alrededor de 7 milímetros de largo, corola al inicio amarilla, a la madurez se torna de color naranja, a veces cambia y tiene colores que van desde blanco a rojo, e incluso violáceas (Pretel, citado en SIPCOSEFNA S/F).

El fruto es una cápsula, drupa o baya, según la especie, tiene un promedio de 90 semillas, que son de color rojizo o pardo y muy pequeñas; existe aproximadamente unos diez millones de semillas por cada kilogramo de semilla limpia (Pretel, citado en SIPCOSEFNA S/F).

Es de fácil propagación por semilla. La producción de semillas varía según las condiciones particulares de cada lugar. Un kilogramo contiene alrededor de 10'925,000 de semillas. La germinación se produce a partir de los 14 días. En el Ecuador se lo encuentra en alturas comprendidas entre los 2800 y 4000 metros de altitud es típica de la ceja andina (SIPCOSEFNA s/f).

El "Quishuar" es una de las especies forestales autóctonas del callejón interandino. Generalmente crece en los parajes elevados. Es un árbol de lento crecimiento, que posee gran capacidad de rebrote de cepa al ser ramoneado por los animales y cortado para leña. Su área de dispersión está comprendida entre 2.200 hasta 3.500 metros de altitud, existiendo en forma natural tanto en la cordillera occidental como oriental. El "quishuar", también conocido entre los indígenas como el "árbol de Dios", es una de las

especies autóctonas que actualmente se hallan en peligro de extinción. Su aspecto frondoso y coposo (bajo condiciones normales), contribuye al embellecimiento del paisaje, sobre todo en el tiempo de su floración. Esto, junto al valor económico que representa la madera, debería originar un interés especial en su propagación (SIPCOSEFNA s/f).

La madera es utilizada para la construcción de casas y la fabricación de instrumentos de labranza tales como yugos, moldes para arados y cabos de herramientas. El árbol también es utilizado como leña, barrera rompevientos y ornamental (Borja et al., 1992 citado por Padilla, 1995). Así mismo, su madera es utilizada como estacas, leña y para la construcción de corrales. Entre otros usos, las hojas se utilizan para forraje de ovejas. La especie es muy útil en sistemas agroforestales para conservar el suelo, mantener la humedad y la fertilización de suelo. Se recomienda plantarla en forma alterna con otras especies nativas (Hofstede *et al*, 2003).

Las hojas en infusión se utilizan en baños en los casos de enfriamientos y para el fortalecimiento de las mujeres en el puerperio inmediato. Igualmente en los cuadros de reumatismo, fracturas, salpullidos y en la cura del Mal Aire (CESA 1993 citado por Padilla 1995).

3. Colle

a. Taxonomía

Familia: Buddlejaceae

Género: Buddleja

Especie: coriacea

Nombre científico: *Buddleja coriacea*

Nombre vulgar: Colle



Figura 5. Sistema silvopastoril con la especie forestal nativa Colle (*Buddleja coriacea*) en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

El follaje del colle se mantiene casi todo el año y, aún cuando la caída de las hojas ocurre durante todo ese período, éste cubre aproximadamente el 75 por ciento de la copa de los árboles. Por otro lado, en los meses de junio a octubre se observa una mayor caída de hojas, lo cual coincide con temperaturas bajas (15 grados centígrados) y baja precipitación (20 milímetros). El follaje se torna más abundante en el período comprendido entre los meses de noviembre a abril, en la época de verano, en la cual la precipitación es superior a 100 milímetros mensuales y la

temperatura aproximadamente 18 grados centígrados. La brotación de las hojas se inicia en agosto y se prolonga hasta el mes de enero (Prado *et al*, 2000).

Arbusto de hasta 5 metros de altura y de 10 a 15 centímetros de diámetro, con copa densa y raíz principal. Las hojas son simples y presenta flores pequeñas de color anaranjado. El fruto es una cápsula abriéndose del ápice con 4 valvas que contienen numerosas semillas minúsculas. Se encuentra entre los 2900 y 4300 metros de altitud en sitios con precipitación promedio superior a 600 milímetros por año. (Rivera y Mabel, 1998 citado por Prado *et al*, 2000).

La floración es permanente, observándose dos épocas bien definidas; la primera y más productiva se inicia en diciembre y se extiende hasta abril durante toda la época de calor. En esta época la floración es rápida y abundante cubriendo el 90 por ciento de la copa del árbol. La segunda, esta caracterizada por una escasa floración con cimas aisladas y aparece en el período comprendido entre mayo y agosto (Prado *et al*, 2000).

De acuerdo a la clasificación de Holdridge, ocupa parte de las siguientes formaciones ecológicas: Estepa montano (E-M), bosque húmedo montano (bh-M) y bosque muy húmedo montano (bmh-M). Adaptados a los periodos de sequía mas o menos prolongados. El árbol es plantado para la estabilización de taludes con pendientes muy fuertes; también se emplea en sistemas agroforestales como cercas vivas, estabilización de terrazas

agrícolas, cortinas rompevientos y sombra para ganado en zonas de altura. Esta especie se utiliza como ornamental y en el área rural la madera es usada para construcciones rústicas y como leña. Las hojas sirven de forraje y en la medicina natural se la utiliza para el malestar de la próstata (Prado *et al*, 2000).

Es una madera de excelente calidad y muy durable, utilizada en construcciones, en la elaboración de herramientas agrícolas, leña, en artesanía, como también en utilería. Sus rebrotes se utilizan bastante como varas para la construcción de techos para las viviendas (Prado *et al*, 2000).

H. DESCRIPCION DE CUATRO ESPECIES DE PASTOS

1. Pasto Azul

a. Taxonomía

Género: Dactylis

Especie: glomerata

Nombre científico: *Dactylis glomerata* L.

Nombre vulgar: Pasto azul, pasto ovillo

Originario de Europa el pasto azul es de ciclo vegetativo perenne. Origina matas aisladas de 60 a 120 centímetros de altura de color verde azulado. Sistema radicular profundo, no posee estolones ni rizomas. Hojas plegadas; limbos planos, con sección en forma de "V", anchos, largos

y puntiagudo. La inflorescencia es una panoja laxa. Las semillas presentan una quilla acentuada que termina en una arista fuerte u curva con pequeños dientes. Juego cromosómico 28 (León 2003).

Se adapta a clima templado y frío, húmedo, bastante brumoso, este pasto es tolerante a la sombra, vegeta bien en zonas forestales claras. Soporta poco los calores intensos, resiste bien las sequías no prolongadas. Se encuentra desde los 2500 a 3600 metros de altitud. Cabrera, A. 1982, citado por Paladines (2002). indica que “El pasto azul es el que mejor resiste a las condiciones de sequía de verano prolongada que prevalece en esta zona y en general es reconocida su capacidad de producir en épocas secas, haciéndose notoria en las mezclas cuando terminan las lluvias y el crecimiento predominante del Ray grass”. El suelo debe ser Franco, profundo, no muy exigente en fertilidad. Resiste la acidez, no se adapta a suelos alcalinos o erosionados. No resiste los excesos de humedad en suelo (León 2003).

El establecimiento es por semilla botánica, al voleo 22 a 25 kilogramos por hectárea o en hileras con 11 a 12 kilogramos por hectárea. Sin embargo, no se acostumbra sembrar solo, sino como componente menor en mezcla con Ray grasses, en alturas superiores a 3000 metros (León 2003).

Se usa para pastoreo en mezcla con Ray grass perenne, ray grass anual y trébol blanco. También con festuca alta en la misma proporción en los páramos. En lugares con deficiencia de humedad da

buenos resultados asociar pasto azul con bromo y alfalfa. El pasto debe pastorearse tan pronto empiece a macollar, ya que de inmediato empieza a florecer, se vuelve fibroso y por esta causa deja de ser apetecido por el ganado. También se puede henificar y ensilar. Este pasto es atacado por la “roya”, la “antracnosis” y el “tizón” (León 2003).

El pasto azul cultivado solo produce 7 toneladas de forraje verde por hectárea y con alfalfa o trébol blanco de 10 a 15 toneladas de forraje verde por hectárea; o sea alrededor de 1,5 a 2,0 toneladas de forraje seco por hectárea por corte. Al principio el rendimiento de materia verde es bajo para luego incrementarse con los cortes sucesivos. Rinde de 300 a 500 kilogramos por hectárea de semilla. La semilla madura se desgrana fácilmente. El valor nutritivo a las 6 semanas es 17 a 18,7 por ciento de proteína, 31 por ciento ENN, 62,1 por ciento de digestibilidad (León 2003).

2. Ray Grass Anual

a. Taxonomía

Género: Lolium

Especie: multiflorum

Nombre científico: *Lolium multiflorum* LAM

Nombre vulgar: Ray grass anual, italiano.

Originario del Mediterráneo, sur de Europa, norte de África y Asia Menor, cultivada por primera vez en el norte de Italia. Actualmente esta especie se encuentra naturalizada en el Ecuador. Es de ciclo vegetativo anual, en condiciones favorables se comporta como bianual (León 2003).

De mediano desarrollo, 60 a 90 centímetros de altura, forma matas abiertas en la base. Las hojas enrolladas en la yema, de color verde oscuro y lampiña y se caracterizan por tener la cara superior opaca y la inferior muy brillante. Los tallos son cilíndricos. La inflorescencia es una espiga de 20 a 40 centímetros de largo, espiguilla con 10 a 20 florecillas. Semilla barbada (León 2003).

Se adapta a clima templado húmedo, no soporta la sequía, se encuentra entre 2500 y 3600 metros de altitud, requiere de suelos de textura intermedia o ligeramente pesada, ricos en nitrógeno, pH óptimo entre 6 y 7. Responde bien a la fertilización. Los ray grasses son muy exigentes en humedad, especialmente los tetraploides para un normal desarrollo requieren de 12 a 25 milímetros de precipitación o riego por semana. A pesar de los altos requerimientos de humedad, los ray grasses son susceptibles a terrenos con capa freática superficial, encharcados o con exceso de humedad. En suelos pesados donde los ray grasses tienden a desaparecer, conviene sembrar esta especie para obtener buena producción aun cuando sea por corto tiempo (León 2003).

Establecimiento por semilla botánica, al boleado de 30 a 40 kilogramos por hectárea en forma monofítica; también en surcos separados de 25 a 30 centímetros con 25 kilogramos por hectárea, asociado con 8 a 10 kilogramos por hectárea de leguminosas (León 2003).

Se utiliza especialmente para corte, henificar o ensilar, también para pastoreo. Se acostumbra a incluirlo en pastoreos de corta duración (2 años) para alcanzar volumen rápidamente. Se le usa también en potreros de larga duración, con especies de lento crecimiento o desarrollo, para su aprovechamiento inmediato, hasta que las otras especies de la mezcla se hallen en estado de ser aprovechadas (León 2003).

El rendimiento con cortes cada 28 a 30 días, rinde 120 toneladas por hectárea por año de forraje verde, correspondiente a 10 a 12 toneladas por corte. Buena productora de semilla, 600 a 700 kilogramos por hectárea. Valor nutritivo: variedades diploides contienen de 14 a 15 por ciento de proteína, y variedades tetraploides de 19 a 20 por ciento; ENN 38,04 por ciento. Variedad Magnum: Muy productivo 250 a 300 toneladas de forraje verde por año. Capacidad de carga 5 a 8 unidades bovinas por hectárea. Tolerante a la roya (León 2003).

3. Ray Grass Perenne

a. Taxonomía

Género: Lolium

Especie: perenne

Nombre científico: *Lolium perenne* L.

Nombre vulgar: Ray grass perenne, inglés.

Originario de la zona templada de Asia y del norte de África. Fue el primer pasto cultivado para forraje. En Inglaterra se lo menciona a principios del siglo XVII. El ciclo vegetativo es perenne. La planta es verdaderamente perenne en sus lugares de origen, registrándose pastizales de edad conocida y ciertamente mayores a 40 años. En el Ecuador tiene duración corta por razones múltiples: competencia con especies invasoras como kikuyo, gramas, etc., muerte de los macollos florecidos y deficiente manejo de la fertilización y riego que no permite el fuerte desarrollo característico del ray grass y aumenta las oportunidades para las especies invasoras (León 2003).

El pasto forma manojos con abundante follaje y alcanza alturas de 30 a 60 centímetros. Hojas cortas, lampiñas y rígidas, plegadas en la yema. Espigas delgadas y relativamente rígidas. La semilla carece de barbas. Las raíces presentan rizomas largos, superficiales que dan origen a nuevas plantas (León 2003).

La adaptación es semejante al ray grass anual. Requiere de suelos ricos en nitrógeno; suelos francos o arcillosos que tengan la suficiente humedad y fertilidad, son los más aconsejados (León 2003).

Establecimiento por semilla botánica con 20 a 30 kilogramos por hectárea, en cultivo monolítico (León 2003).

Se usa principalmente para pastoreo, forma una alfombra ideal para este objetivo. Es imprescindible en todos los potreros de la región interandina. Dura en buena producción de 5 a 6 años. Apta para dar densidad a otras gramíneas de desarrollo lento, como festuca alta; sirve como amortiguador en el desarrollo de las malezas. También se utiliza como planta de ornato o jardín y, para formar céspedes de canchas de fútbol en combinación con otras especies (León 2003).

El rendimiento con pastoreos cada 30 a 40 días, según la estación climática, en condiciones naturales, es de 80 toneladas de forraje verde por hectárea por año, correspondiendo a 10 a 12 toneladas por corte. Con fertilización, riego adicional y buenas prácticas de manejo, es posible doblar la producción y la capacidad de sostenimiento. Con altos niveles de fertilización y sin restricciones de humedad, se puede realizar hasta 14 pastoreos (descanso de 28 días), más comúnmente de 10 a 12 pastoreos (cada 31 a 35 días). Molejón, citado por León 2003, indica que en combinación con el trébol blanco se han obtenido experimentalmente 25 toneladas de materia seca por hectárea por año (León 2003).

El Valor nutritivo en variedades diploides es de 15 a 17,5 por ciento de proteína y tetraploides 25 por ciento de proteína; 36 por ciento

ENN; 80 por ciento de digestibilidad. Las hojas pueden tener de 3 a 3,4 Mcalorías de EM. (Paladines 2002).

La variedad Amazon es tolerante a la roya. Duración de pradera 7 años. Rendimiento 170 a 180 toneladas de forraje verde por hectárea por año. Con capacidad de carga de 4 a 6 unidades bovinas por hectárea (León 2003).

4. Trébol Blanco

a. Taxonomía

Género: *Trifolium*

Especie: *repens*

Nombre científico: *Trifolium repens L.*

Nombre vulgar: Trébol blanco.

Originario de Europa el trébol blanco es de ciclo vegetativo perenne. Planta rastrera, estolonífera. Las hojas formadas por tres folíolos sentados tienen forma y tamaño variable: pueden ser elípticos, anchos y ovales o casi acorazonados. Presenta una mancha blanca en forma de “V” en el haz del limbo; se anota que si la mancha es castaña se debe a deficiencias del suelo; en algunos casos la mancha puede faltar. La inflorescencia en cabezuela tiene un pedúnculo relativamente largo, con flores de color blanco o levemente rosadas. Las vainas provenientes de cada

flor contienen de 1 a 7 semillas. Simientes muy pequeños de forma de corazón y de color amarillo brillante, que se vuelven café oscuras con la edad. El trébol blanco de acuerdo al tamaño de las hojas se le puede agrupar en tres tipos: de hojas pequeñas, se incluyen en este grupo a los tipos salvajes, que son postrados, de estolones largos, hojas y flores pequeñas, ciclo corto y bajo rendimiento, muy persistente; de hojas de tamaño mediano, poseen caracteres intermedios entre los dos grupos extremos y se utilizan para pastizales de mediana o corta vida; y de hojas grandes, en este tipo esta el "Ladino" (León 2003).

Se adapta a climas templados fríos y húmedos y a diversas clases de suelos, pero son mejores los arcillosos calizos con cantidades adecuadas de fósforo (León 2003).

El establecimiento es por semilla con 3 a 6 kilogramos por hectárea, en cultivo puro; en asocio con otras especies forrajeras el trébol blanco representa el 10 por ciento del total de la semilla empleada, se utiliza de 1 a 3 kilogramos por hectárea (León 2003).

Se usa básicamente para pastoreo en mezcla con gramíneas. Su porcentaje ideal en potreros es 25 por ciento. La aplicación de grandes cantidades de nitrógeno, reduce la población de trébol (León 2003).

El valor nutritivo es de 25 por ciento de proteína cruda, 21 por ciento de proteína digestible, digestibilidad superior al 77,8 por ciento (León 2003).

I. DEFINICIÓN DE ALGUNOS DESCRIPTORES E INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

1. Densidad aparente

La Densidad Aparente es el peso por unidad de volumen de suelo secado en horno, por lo común expresado en gramos por centímetro cúbico. Cualquier cambio en la estructura del suelo puede afectar la cantidad de espacio poroso y, por consiguiente, el peso por unidad de volumen. Las muestras colectadas en el campo se llevan al laboratorio para secarlas al horno y pesarlas (Cartagena 2006).

La Densidad Aparente se refiere al peso de una muestra desecada a la estufa con su ordenación estructural natural. La Densidad Aparente de los suelos no cultivados varía generalmente entre 1.0 y 1.6. La variación es debida en su mayor parte a las diferencias en el volumen total de poros. Como regla general tendremos que a una textura más fina le corresponde un volumen de poros más grande. Por la misma generalización, a estructura más fina, menor densidad aparente. Así como los suelos arcillosos tienen densidades que varía entre 1.0 y 1.3. Las arcillas van de 1.1 a 1.4; los francos, francos-arenosos y arenosos tienen de 1.2 a 1.6. Un

franco-limoso característico tendrá un valor de 1.32. Suelos orgánicos o suelos volcánicos tienen densidades menores a 1.0 g/cm³. Un mismo suelo puede tener distintas densidades aparentes según los cambios que en el mismo se produzcan en volumen de poros. El empaquetamiento disminuye el volumen de poros, incrementando, por tanto, el peso por unidad de volumen. La pérdida de materia orgánica puede incrementar el peso del suelo de dos maneras. Una es que la materia orgánica es mucho más ligera que la mineral y la segunda es que, en general, se halla asociada su disminución con una reducción en el volumen total de poros. (Cartagena 2006).

2. Compactación

La compactación del suelo es el incremento de densidad aparente que resulta de la aplicación de una carga o presión. Esta presión puede venir de fuerzas mecánicas aplicadas, de la contracción de algunos suelos al secarse y de la destrucción de la materia orgánica o de la estructura del suelo; sin embargo, los principales problemas de compactación de suelo se deben al uso excesivo de maquinaria agrícola y a la práctica inoportuna de labranza, lo cual genera la formación de una capa dura inmediatamente debajo del suelo arado. A esta capa de suelo compactada se le llama piso de arado y limita la profundidad efectiva del suelo para la exploración de las raíces, disminuye la velocidad de infiltración del agua, disminuye la porosidad del suelo y la aireación de las raíces, y en

casos severos puede impedir la producción económica de los cultivos (Cartagena 2006).

Existen varios tipos de penetrómetros y penetrógrafos, los cuales deben ser cuidadosamente calibrados. El tipo utilizado afecta la cantidad de penetración por unidad de fuerza aplicada, debido a la resistencia del suelo a la compresión, a la fricción del instrumento con las partículas del suelo y a la resistencia de éste al esfuerzo cortante (Cartagena 2006).

Esta propiedad del suelo es muy importante para las plantas y su valor nos proporciona información del impedimento mecánico que tendrán las partes vegetales subterráneas para crecer (las raíces, para explorar un mayor volumen de suelo; las plántulas, para emerger; los tubérculos, bulbos y raíces carnosas, para desarrollarse) (Cartagena 2006).

3. Humedad del suelo

Según Cartagena (2006) el contenido de agua del suelo se puede expresar en tres formas generales:

Contenido volumétrico (θ), que es el volumen de agua contenido en una unidad de volumen de suelo.

Contenido gravimétrico (ω), que es la masa de agua contenido en un suelo por cada gramo de masa de sólidos.

Lámina de agua (ω), que es la cantidad de agua presente en un suelo expresado como centímetros (o unidades equivalentes) de agua en un estrato dado de suelo.

El contenido gravimétrico de humedad también puede expresarse en porcentaje y éste indica los gramos de agua contenidos por cada 100 gramos de masa de sólidos del suelo (Cartagena 2006).

La masa del suelo secada al horno es la masa de suelo puesta en el horno hasta que pierda toda su agua y se mantenga una masa constante. Generalmente esto se logra a 105 °C por 24 horas. En este estado se denomina "suelo seco". Esta masa secada al horno se usa como base para calcular el contenido de humedad por su naturaleza constante y reproducible bajo varias condiciones ambientales (Cartagena 2006).

La capacidad de retención de humedad de los suelos está íntimamente relacionada con la porosidad y con el diámetro de los poros; éstos a su vez, dependen de la textura, del contenido de materia orgánica y de otras características del suelo. La humedad del suelo es dinámica. Se mueve constantemente de un lugar a otro en respuesta a las fuerzas de movimiento de agua creadas por la percolación, evaporación, irrigación, lluvia, temperatura y el uso de las plantas. El agua que se aplica en la

superficie de un terreno puede entrar a ella con cierta velocidad y con otra muy distinta, en otra superficie contigua (Cartagena 2006).

Muchas condiciones del suelo y de las raíces pueden generar un bajo aprovechamiento del agua y, por lo tanto, una baja eficiencia evaluada en términos de productividad; entre otras condiciones están la compactación, la formación de piso de arado, el exceso de sales solubles, un sistema radical pobremente desarrollado y poco profundo, restricciones fuertes de la aireación y baja temperatura del suelo (Cartagena 2006).

J. CARBONO

1. Ciclo de carbono

El carbono (C) es la unidad principal de la vida en este planeta y su ciclo es fundamental para el desarrollo de todos los organismos. El carbono se acumula en compartimientos llamados depósitos y circula activamente entre ellos, de estos depósitos, los océanos son los que almacenan la mayor cantidad (38.000 Gt*), seguido por el suelo (15.000 Gt), la atmósfera (750 Gt) y las plantas (560 Gt) (FAO 2002 citado por Ramos 2003).

Los océanos, las plantas y el suelo intercambian CO₂ con la atmósfera. Cualquier desequilibrio entre los flujos de entrada y salida se refleja un cambio en la concentración del CO₂ en la atmósfera. La absorción

* giga toneladas

de CO₂ atmosférico por las plantas (120 Gt año⁻¹) a través de la fotosíntesis esta en equilibrio con la respiración de las plantas y el suelo (aproximadamente 60 Gt por año cada uno) (Bolin y Sukumar 2000 citado por Ramos 2003).

Las plantas fijan carbono a través del proceso de fotosíntesis realizado por las hojas y otras partes verdes, que capturan el CO₂ de la atmósfera, producen carbohidratos, liberan oxígeno y dejan carbono que se utiliza para formar la biomasa de la planta. En este sentido, los bosques y plantaciones, los sistemas agroforestales y en general aquellas actividades que lleven a la ampliación de una cobertura vegetal permanente, pueden cumplir la función de sumideros de carbono (Cuellar *et al*, 1999).

La vegetación dentro de los ecosistemas es de suma importancia para el ciclo global del carbono porque almacena grandes cantidades de éste en su estructura y en el suelo, y lo intercambia con la atmósfera mediante los procesos de fotosíntesis, respiración y descomposición. Sin embargo, la misma vegetación constituye fuente de carbono para la atmósfera cuando sufre alteraciones provocadas por el hombre o por causas naturales; por ejemplo, actividades de conversión de bosque a otros usos no forestales (Ramírez *et al*, 1999 citado por Ramos 2003). La tala y quema de las masas forestales, permite la liberación del carbono almacenado en la biomasa y con la degradación de los suelos se libera parte del carbono almacenado en el mismo.

La deforestación contribuye al aumento del CO₂ en la atmósfera de dos formas: disminuyendo la cobertura vegetal, capaz de fijar carbono atmosférico, y por la liberación de CO₂ a la atmósfera a través de la quema y descomposición de biomasa, incluida parte de la materia orgánica en el suelo (Hall y Rao 1994 citado por Ramos 2003).

2. Estimación del Peso de Carbono en la Biomasa

Los bosques en crecimiento se convierten en sumideros de carbono al registrar una absorción neta de CO₂ de la atmósfera, en la biomasa y en el suelo. El hombre puede, mediante la ordenación forestal, modificar la magnitud de las reservas de carbono e inducir cambios en la circulación (flujo) de este elemento, alterando así la función de tales reservas en el ciclo del carbono y posiblemente afectando el clima en forma positiva (Brown 1997).

La cuantificación de carbono almacenado en un bosque o una especie forestal específica, se realiza a través de la estimación de biomasa, conociendo como tal a la cantidad total de materia orgánica viva de la parte aérea de las plantas, expresadas como toneladas en peso seco al horno por unidad de área (Brown 1997). Dicha estimación se puede realizar por el método destructivo que consiste en cortar los árboles y realizar las mediciones respectivas, o por el método no destructivo, el cual estima biomasa por medio de análisis de regresión.

Se estima el peso de carbono multiplicando el peso de la biomasa (peso seco) por un factor que varía entre 0,45 y 0.55. La cifra indica la proporción de carbono en la material vegetativa. En ausencia de información específica, generalmente se usa un valor de 0.50. Otra vez, si información por especie es disponible, se puede calcular un promedio ponderado (Husch 2001 citado por Ramos 2003).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. FECHA DE INSTALACIÓN Y DURACIÓN DEL ENSAYO

Los sistemas silvopastoriles compuestos por una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle, fueron evaluados a partir de Enero hasta Noviembre del 2006.

B. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL

1. Localización

El presente estudio se realizó en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, parroquia San Juan, en la granja de "UCASAJ" (Unión de Organizaciones Campesinas de San Juan).



Figura 6. Localización del ensayo en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba.

2. Ubicación Geográfica

El ensayo se ubica en la zona 17 UTM en las siguientes coordenadas: 9825450 N, 746718 E y a 3300 m de altitud.

3. Características Biofísicas

En sitio experimental se encuentra en la Zona Ecológica Bosque Húmedo Montano (bhM); la temperatura oscila entre: 6 y 12 °C, la precipitación anual fluctúa entre: 500 y 1000 mm y la humedad relativa es del 70 %.

4. Características del Suelo

Cuadro 3. Características físicas y químicas del suelo evaluadas en el sitio experimental en la Granja UCASAJ, al inicio de la

investigación, por el Departamento de Suelos de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP. (Enero 2006).

Variable	Unidades	Profundidad (cm)	Valor
a. Variables físicas			
Densidad aparente	gr cm ⁻³	0 a 10	0.84
	gr cm ⁻³	0 a 20	0.9
Humedad gravimétrica	%	0 a 10	38
	%	0 a 20	35.12
Compactación	kgf cm ⁻²	0 a 10	26.6
	kgf cm ⁻²	0 a 20	38.3
Pendiente:	%		2 a 3
Textura			Franco - arenoso
b. Variables químicas			
Nitrógeno	ppm		79 A
Fósforo	ppm		57 A
Potasio	meq 100ml ⁻¹		0,15 B
pH			6 LAc
Materia orgánica:	%		9.4

Fuente: Departamento de suelos EESC – INIAP. 2006.
Interpretación elementos: A = Alto, B = Bajo, LAc = Ligeramente ácido

C. METODOLOGÍA

1. Factores en Estudio

Sistemas silvopastoriles (SSP):

- a₀: Sistema silvopastoril con Yagual
- a₁: Sistema silvopastoril con Quishuar
- a₂: Sistema silvopastoril con Colle.

2. Tratamientos

- T1: Sistema silvopastoril con Yagual
- T2: Sistema silvopastoril con Quishuar

T3: Sistema silvopastoril con Colle

3. Características de las Unidades Experimentales

El ensayo estuvo constituido de 9 unidades experimentales, cada una constituida por diez árboles ubicados, cuyas características son:

Distancia entre plantas:	5 m
Largo de la unidad experimental:	55 m
Ancho de la unidad experimental:	5 m
Área de la unidad experimental:	275 m ²
Área total del ensayo:	2475 m ²

4. Diseño Experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. Las evaluaciones fueron consideradas como submuestras.

5. Esquema del Análisis de Variancia:

Cuadro 4. Esquema de análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad

Total	$r * t * s$
Repeticiones	$r - 1$
Tratamientos	$t - 1$
Error Experimental	$(r - 1)(t - 1)$
Error de muestreo	$r * t (s-1)$

6. Análisis Funcional

Se determinó el Coeficiente de Variación (%) y se realizó la prueba de Tukey al 5% para las fuentes de variación de tratamientos.

D. DATOS REGISTRADOS Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

Para evaluar las alternativas silvopastoriles se utilizó un conjunto de indicadores y descriptores de sostenibilidad propuestos por el Committee on agricultural Sustainability (1987) y mencionados por varios autores (Arévalo 1999 y Torquebiau 1992).

1. Indicadores de la Base de Recursos

a. **Descriptor suelo:**

Si el suelo es sostenible, la fertilidad es positivamente afectada. Por lo tanto, los indicadores que midieron el efecto de cada SSP sobre el descriptor suelo, son:

a.1. Densidad aparente

Al inicio y al final del ensayo y siguiendo la trayectoria del componente leñoso, en cada SSP, se tomó 9 muestras de suelo de 0 a 10 cm de profundidad y 9 muestras de suelo de 11 a 20 cm de profundidad con el barreno de anillo de volumen conocido (68.9 cm^3). En el laboratorio, las muestras de suelo se sometieron a una temperatura de $105 \text{ }^\circ\text{C}$ por 24 horas. La densidad aparente se calculó utilizando el método gravimétrico. Se expresó en g cm^{-3} , según la siguiente fórmula:

$$Da = \frac{Ms}{Vt}$$

Donde:

Da = Densidad aparente (g cm^{-3})

Ms = Masa de suelo seco (g)

Vt = Volumen total (cm^3)

a.2. Compactación

Al inicio y al final del ensayo, en cada SSP se evaluó a dos profundidades de suelo de 0 a 10 cm y de 11 a 20 cm con un penetrómetro de lectura directa en campo. Se expresó en kgf cm^{-2} .

a.3. Humedad del suelo

Al inicio y al final del ensayo en cada SSP se tomó 18 muestras de suelo a dos profundidades de 0 a 10 y de 11 a 20 cm, que sirvieron para determinar la humedad y se expresó en porcentaje. Mediante el método de la estufa se obtuvo el peso fresco y el peso seco de la muestra y se calculó el porcentaje de humedad de la muestra aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ HG} = \frac{\text{PFM} - \text{PSM}}{\text{PSM}} * 100$$

Donde:

% HG = Porcentaje de humedad gravimétrica

PFM = Peso fresco de la muestra de suelo (kg)

PSM = Peso seco de la muestra de suelo (kg)

a.4. Contenido de materia orgánica

Al inicio y al final del ensayo se tomó tres muestras de suelo, una por cada tratamiento. En las muestras de suelo

tomadas, se analizó el contenido de materia orgánica, utilizando el método de Walkley y Black, descrito por el laboratorio de suelos del INIAP y se expresó en porcentaje.

a.5. Nitrógeno, fósforo, potasio

Al inicio y final del ensayo se tomó tres muestras de suelo, una por cada tratamiento. En las muestras de suelo tomadas se analizó en laboratorio el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio. Para Nitrógeno se utilizó el método de Micro-Kjeldahl y se expresó en porcentaje; para Fósforo se utilizó el método colorimétrico y se expresó en ppm; Potasio se determinó por el método de espectrofotometría de absorción atómica y se expresó en meq 100ml⁻¹.

a.6. Relación carbono / nitrógeno

Al final del ensayo se tomó tres muestras de suelo, una por cada tratamiento. En las muestras de suelo tomadas se determinó la relación C/N.

a.7. Conteo de lombrices

Las mediciones fueron mensuales en cada SSP. Se utilizó un cuadrante de 0.1089 m² (0.33*0.33m), a una profundidad de 20

cm en donde se observó y cuantificó la presencia de lombrices y se expresó en número de lombrices ha⁻¹.

2. Indicadores de la Función del Sistema

Este grupo de indicadores mostraron cómo y por qué el manejo y eficiencia de los SSP en estudio, es compatible con los requerimientos de sostenibilidad.

a. Indicadores de eficiencia técnica

a.1. Descriptor productos biofísicos:

a.1.1. Biomasa herbácea y cultivos forrajeros

La biomasa herbácea se cuantificó mediante muestreo en un metro cuadrado, en dos jaulas de exclusión de 1.5 * 1.5 m, instaladas en cada SSP. El forraje cosechado se pesó en fresco y una submuestra de 250 gr se envió al laboratorio de nutrición para la determinación de materia seca.

$$B_{hrb} = \frac{(P_{hrb} * MS)}{100}$$

Donde:

Bhrb = Biomasa herbácea ($t\ ha^{-1}$)

Phrb = Producción herbácea ($t\ ha^{-1}$)

MS = Materia Seca (%)

a.1.2. Valor nutritivo de los pastos

El valor nutritivo de la biomasa forrajera se determino en el laboratorio, por medio de análisis proximal o de “Weende”, en donde se determinó: humedad, proteína bruta, fibra cruda, extracto no nitrogenado, extracto etéreo, cenizas totales. Se realizó una evaluación al final del ensayo y se expresó como %.

a.1.3. Biomasa en hojarasca de árboles

La hojarasca comprende todos los residuos orgánicos (hojas, ramas, frutos y semillas) encontrados en la superficie del suelo. La cuantificación de este componente consiste en pesar todo el material vegetal encontrado en marco de muestreo (50 * 50 cm). En este caso, no se requiere estimar la caída de hojarasca ya que los inventarios de carbono miden el contenido de carbón en cada componente en un momento dado (MacDiken 1997).

a.1.4. Biomasa en el componente leñoso

Se tomó de manera aleatoria 5 árboles de cada especie que sirvió para determinar biomasa y carbono, utilizando el método destructivo. Cada árbol de la “muestra destructiva” fue dividido en tres componentes: fuste o ramas gruesas, ramas delgadas y hojas, a fin de determinar su biomasa, a partir de la construcción de modelos de biomasa.

- **Fuste o ramas gruesas.-** En fuste o ramas gruesas (diámetro mayor a 3 cm) se registró el peso en fresco y se transformó a valores de biomasa tomando una muestra secándola a 70 °C hasta peso constante. La ecuación a continuación, indica la biomasa en ramas gruesas:

$$Brg = \frac{(Prp * MS)}{100}$$

Donde:

Brp = Biomasa de ramas gruesas (kg ha⁻¹)

Prp = Peso fresco de ramas gruesas (kg ha⁻¹)

MS = Materia seca (%).

- **Ramas delgadas.-** Las ramas delgadas (diámetro menor o igual a 3 cm) se pesaron en fresco y se transformó a valores de biomasa, tomando una muestra y secándola a 70 °C hasta peso constante. La ecuación siguiente, describe la biomasa de ramas delgadas.

$$\text{Brd} = \frac{(\text{Prd} * \text{MS})}{100}$$

Donde:

Brp = Biomasa de ramas delgadas (kg ha⁻¹)

Prp = Peso fresco de ramas delgadas (kg ha⁻¹)

MS = Materia seca (%).

- **En Hojas.-** La biomasa de hojas (Bh) se obtuvo directamente con el peso (Ph) en campo de todas las hojas y con él % de materia seca.

$$\text{Bh} = \frac{(\text{Ph} * \text{MS})}{100}$$

- **Biomasa total leñosa.-** Constituye la sumatoria de la biomasa del fuste, biomasa de ramas y biomasa de hojas.

$$\text{Btotal} = \text{Brg} + \text{Brp} + \text{Bh}$$

a.1.5. Crecimiento de los árboles

Se realizó mediciones trimestrales directas en el campo del diámetro y altura del componente leñoso, utilizando un calibrador o pie de rey para medir el diámetro y cinta métrica para la altura. Se expresó en m.

a.1.6. Producción de leche para la venta y autoconsumo

La producción de leche se estimó en base del sistema de ecuaciones relacionadas con los requerimientos de los animales donde se calculó:

- **Eficiencia del pastoreo.-** Con los datos registrados de producción de materia seca en cada tratamiento, se procedió a ajustar la materia seca ofrecida a un 70% de eficiencia de pastoreo con la siguiente formula:

$$MS\ a = MS\ d * 0.07$$

Donde:

MS a = Materia seca ajustada ($kg\ ha^{-1}\ año^{-1}$)

MS d = Materia seca disponible ($kg\ ha^{-1}\ año^{-1}$)

- **Consumo animal.-** Se calculó el consumo de materia seca por animal, utilizando la siguiente ecuación:

$$CMS = 0.03 * W + 0.1 * PI$$

Donde:

CMS = Consumo de Materia Seca (kg)

W = Peso vivo del animal (450 kg)

PI = Producción de leche (10 lt)

La producción de leche se estimó utilizando la siguiente fórmula:

$$PL = \frac{MS a * 10}{CMS}$$

Donde:

PL = Producción de leche (lt)

b. Indicadores de eficiencia socioeconómica

b.1. Descriptor productos socio económicos

b.1.1. Valor de la producción

Es el valor monetario de la producción para venta y para autoconsumo, para este indicador se utilizó la información histórica de lo que generó los cultivos durante el establecimiento de las alternativas silvopastoriles y producción leche durante el experimento, expresada en USD ha⁻¹ año⁻¹.

b.1.2. Ingresos netos

Se registró los costos y beneficios de la producción agrícola y animal, expresada en USD ha⁻¹ año⁻¹.

c. Indicadores de manejo técnico

c.1. Descriptor relación entre insumos endógenos - exógenos

c.1.1. Cantidad de insumos internos y externos

En mediciones mensuales en todos los SSP, se registró el tipo y cantidad de insumos utilizados. Se expresó en Kg.

d. Indicadores de manejo socio económico

d.1. Descriptor mano de obra:

Es la cantidad de jornales que todos los SSP requieren para su mantenimiento. Se expresó en número de jornales durante el ensayo.

d.1.1. Mano de obra por género

Se registró el uso de mano de obra diferenciada por género en todos los SSP.

d.2. Uso de conocimiento tradicional

Se registró el conocimiento tradicional o “Saber Local” en relación con algunas prácticas que conocen y utilizan los productores sobre cada SSP, particularmente en relación con usos y beneficios de los árboles nativos. Este indicador se obtuvo realizando encuestas en reuniones participativas con las comunidades rurales involucradas, en el sitio donde se evalúan los SSP.

3. Indicadores de Impacto sobre otros Sistemas

Normalmente, las alternativas en estudio influyen sobre otros sistemas con los cuales están relacionados. Esto ocurre porque la sostenibilidad es tomada en un contexto jerárquico. Es decir un sistema sostenible no puede existir sin otros factores externos que también conforman esos requerimientos de sostenibilidad

a. Descriptor secuestro de carbono en biomasa

a.1. Carbono en el componente leñoso

Para determinar la fracción de carbono en el componente leñoso; se tomó muestras de cada especie, separando fuste o ramas gruesas, ramas delgadas y hojas las cuales fueron enviadas al laboratorio de suelos para la determinación de carbono.

a.2. Carbono en hojarasca

En cada parcela silvopastoril, se realizó tres evaluaciones de la cantidad de hojarasca caída, utilizando un cuadrante de 0.25 * 0.25 metros. La hojarasca fue pesada y una muestra por tratamiento se envió al laboratorio de suelos para determinación de materia orgánica, N-P y carbono.

a.3. Carbono en suelo

El cambio en el carbono orgánico del suelo fue medido a lo largo del sitio del experimento, a una profundidad de 0-20 cm. Se empleó el método de Walkley y Black mediante la siguiente ecuación:

$$\text{COS} = \% \text{CO} * d_a * P_s$$

Donde:

COS = Carbono Orgánico en Suelo (t ha^{-1})

% CO = Concentración de Carbono Orgánico en suelo (%).

da = densidad aparente

Ps = Profundidad del suelo

a.4. Carbono total en cada alternativa en estudio

La cantidad de carbono almacenado en cada sistema silvopastoril, fue igual a la sumatoria del carbono de: biomasa aérea, hojarasca, suelo. Se expresó en $t\ ha^{-1}$.

b. Descriptor recolección de leña

b.1. Cantidad de leña recolectada

Se registró la cantidad de leña recolectada producida de la poda en cada alternativa, se expresó en kg de materia verde.

c. Descriptor fauna silvestre benéfica y no benéfica

c.1. Biodiversidad de aves

Observaciones sistemáticas mensuales de aves pájaros (número, especie, hora del día). Se realizó en la parcela silvopastoril total. Se utilizó el método de observación directa en base de "Puntos de Conteo" que consiste en la observación de aves en puntos de observación

predeterminarles y estáticos, con tiempos definidos (Taylor 2003). Se registró las aves visibles dentro de un área circular de un radio definido de 9 m, donde se efectuó la búsqueda y el registro de las aves durante 15 minutos, con una frecuencia de dos veces diarias y una vez por mes. Para el efecto, se utilizó guías de identificación y el número de individuos de cada especie.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la presente investigación se basan en datos e información recopilada durante el quinto año (2006) de establecidos los sistema o alternativas silvopastoriles utilizando especies forestales nativas: Yagual, Quishuar y Colle. Para el efecto, se utilizó un conjunto de indicadores de sostenibilidad que son descritos ampliamente en el capítulo de metodología. Adicionalmente, se incorporan las informaciones más relevantes obtenidas en los primeros cuatro años (2001 – 2005), previos a la presente investigación para secuenciar y comprender mejor el comportamiento de cada sistema silvopastoril.

1. Indicadores de la Base de Recursos

a. Descriptor suelo:

a.1. Densidad aparente

En el Cuadro 5, se presentan los cuadrados medios para densidad aparente del suelo de tres alternativas silvopastoriles, a dos profundidades (0 a 10 y 11 a 20 cm), en evaluaciones realizadas la primera al inicio de la investigación y otra al final (once meses después). Los resultados no reflejan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos, en ninguna de las dos profundidades de suelo. Los coeficientes de variación son bajos, lo cual sugiere un buen manejo del experimento en campo.

Cuadro 5. Cuadros Medios para Densidad Aparente del suelo, en tres sistemas silvopastoriles compuestos por una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadros medios			
		Inicio		Final	
		0 a 10 cm	11 a 20 cm	0 a 10 cm	11 a 20 cm
Repeticiones	2	0,001 NS	0,001 NS	0,009 NS	0,001 NS
Tratamientos	2	0,000 NS	0,003 NS	0,001 NS	0,001 NS
Error experimental	4	0,001	0,008	0,004	0,006
Total	8				
Promedios (g cm^{-3})		0,77	0,86	0,90	0,88
CV (%)		4,64	10,26	6,93	8,67

NS = No significativo.

Elaborado por: El Autor

Los resultados significan que la densidad aparente del suelo fue igualmente afectada por cada uno de los sistemas silvopastoriles en estudio (Cuadro 6), durante la investigación.

Cuadro 6. Promedios de Densidad Aparente del suelo (g cm^{-3}), en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Sistema de uso	Densidad aparente (g cm ⁻³)			
	Inicial		Final	
	0 a 10 cm	11 a 20 cm	0 a 10 cm	11 a 20 cm
SSP con Yagual	0,76 a	0,84 a	0,91 a	0,90 a
SSP con Quishuar	0,78 a	0,90 a	0,92 a	0,88 a
SSP con Colle	0,76 a	0,86 a	0,88 a	0,86 a

Elaborado por: El Autor

Al comparar los datos de densidad aparente entre evaluaciones (Figura 7) y (Cuadro 7), se observa diferencias altamente significativas en la densidad aparente del suelo a una profundidad de 0 a 10 cm, lo cual se atribuye al efecto del pastoreo y al cambio de uso del suelo. A la profundidad de 11 a 20 cm por el contrario, no se registran variaciones significativas en la densidad aparente deduciendo que a mayor profundidad del suelo, desaparece el efecto del pisoteo de los animales.

Cuadro 7. Prueba de T para la variable Densidad Aparente del suelo en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Profundidad (cm)	Densidad aparente (g cm ⁻³)		Valor de T	Probabilidad
	Inicial	Final		
0 a 10	0,77	0,90	-4,82	0,0013**
11 a 20	0,86	0,88	-0,45	0,6639 NS

Elaborado por: El Autor

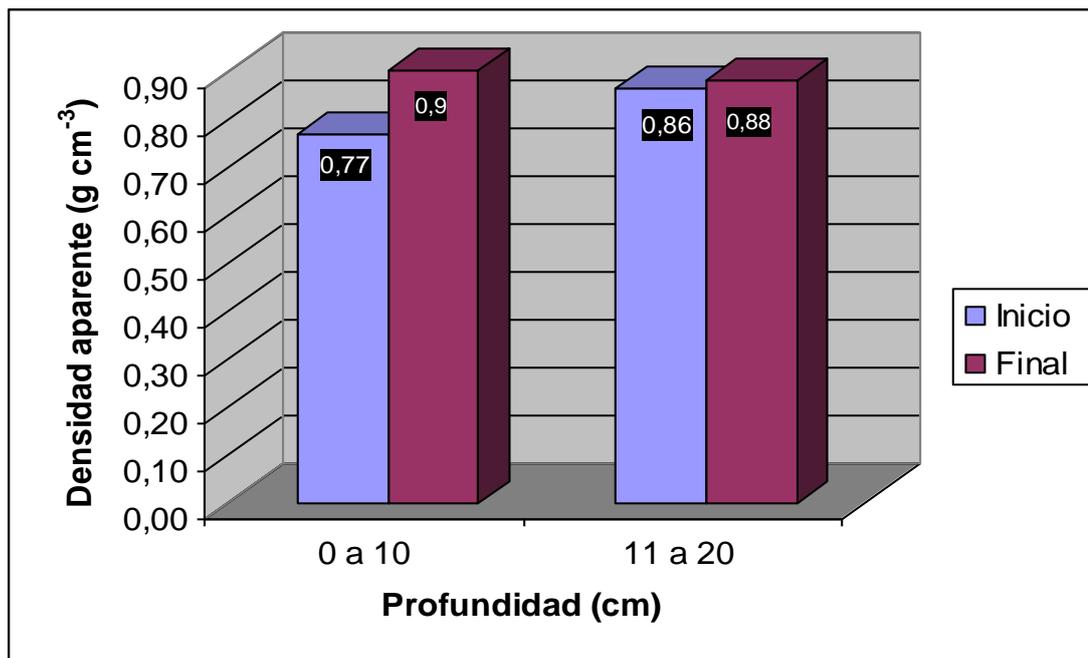


Figura 7. Densidad Aparente del suelo en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle, en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Estos resultados concuerdan con Pavón (2003) que afirma que la densidad aparente del suelo, medido en un perfil de 10 cm de profundidad donde sucede la mayor actividad radicular de los pastizales, muestra valores menores a 0,83 g cm⁻³ independientes del sistema de uso, lo cual evidentemente se atribuye a los usos anteriores, casi todos en bosque primario (en el caso del ensayo rotación de cultivos).

Resultados similares reporta Jara (2003) quien encontró incrementos en la densidad aparente del suelo en sistemas silvopastoriles con pasto avena en pastoreo durante un año bajo una plantación de pino (de 0,81 a 0,83 g cm⁻³) en la densidad aparente del suelo a una profundidad de 0

a 20 cm, atribuyendo al efecto de pastoreo de bovinos que ejercen una fuerza reduciendo los espacios porosos del suelo.

Los resultados de la presente investigación no coinciden con los datos obtenidos por Córdova *et al*, (1998) quien al comparar los datos de las lecturas inicial y final (durante un año), de densidad aparente del suelo en sistemas agroforestales, afirmaron que claramente los valores finales son parecidos a los iniciales, por lo tanto se puede concluir que el sistema agroforestal no afectó el comportamiento de esta variable en un plazo corto de un año.

No obstante, Grijalva *et al*, (2004) al comparar la condición inicial de sistemas pastoriles sin pastoreo versus después del pastoreo en alternativas silvopastoriles en bosque andino y plantación de pino en zonas de montaña de la provincia de Chimborazo, encontraron incrementos importantes en la densidad aparente del suelo en un perfil de 10 cm. de profundidad (0,29 vs. 0,67 g cm⁻³), lo cual se explicó por el efecto del pisoteo de animales, el mismo que se va perdiendo a medida que aumenta la profundidad del suelo.

a.2. Compactación del suelo

Los resultados (Cuadro 8), no reflejan diferencias del efecto del componente leñoso en sistemas silvopastoriles sobre la compactación.

Cuadro 8. Promedios por tratamientos de Compactación del suelo (Kgf cm⁻²), en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle, en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Sistema de uso	Compactación (Kgf cm ⁻²)			
	Inicio		Final	
	0 a 10 cm	11 a 20 cm	0 a 10 cm	11 a 20cm
SSP con Yagual	24,44 a	31,11 a	75,56 a	100,56 a
SSP con Quishuar	30,56 a	45,56 a	70,00 a	110,00 a
SSP con Colle	25,00 a	38,33 a	68,33 a	94,44 a

Elaborado por: El Autor

En el Cuadro 9, se presentan los cuadrados medios para compactación del suelo medidos a dos profundidades (0 a 10 y 10 a 20 cm.). Los resultados no reflejan diferencias significativas ($p < 0,05$) para tratamientos, en las dos profundidades en estudio. Los valores de los coeficientes de variación son relativamente bajos.

Cuadro 9. Cuadrados Medios para Compactación del suelo, en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle, en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Inicio		Final	
		0 a 10 cm	10 a 20 cm	0 a 10 cm	10 a 20 cm
Repeticiones	2	31,00 NS	54,11 NS	8,11 NS	297,33 NS
Tratamientos	2	36,33 NS	154,11 NS	40,11 NS	186,33 NS
Error experimental	4	34,33	47,61	122,77	728,67
Total	8				
Promedios (Kgf cm ⁻²)		27	38	71	102
C V (%)		21,97	18,11	15,56	26,55

Elaborado por: El Autor

El indicador compactación del suelo sigue la misma tendencia de la densidad aparente esto demuestra un efecto del pisoteo de los animales en pastoreo. Sin embargo, al comparar los datos de compactación en las dos evaluaciones (Figura 8) a través del tiempo mediante la prueba de T (Cuadro 10), se observa incrementos altamente significativos en la compactación del suelo a profundidades de 0 a 10 y 11 a 20 cm., lo cual se atribuye al efecto del pastoreo, independientemente del sistema silvopastoril.

Cuadro 10. Prueba de T para la variable Compactación del suelo, en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle, en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Profundidad (cm)	Compactación (Kgf m ⁻²)		Valor de T	Probabilidad
	Inicial	Final		
0 a 10	26,7	71,2	-15,43	0,0000 **
10 a 20	38,1	101,7	-8,47	0,0000**

Elaborado por: El Autor

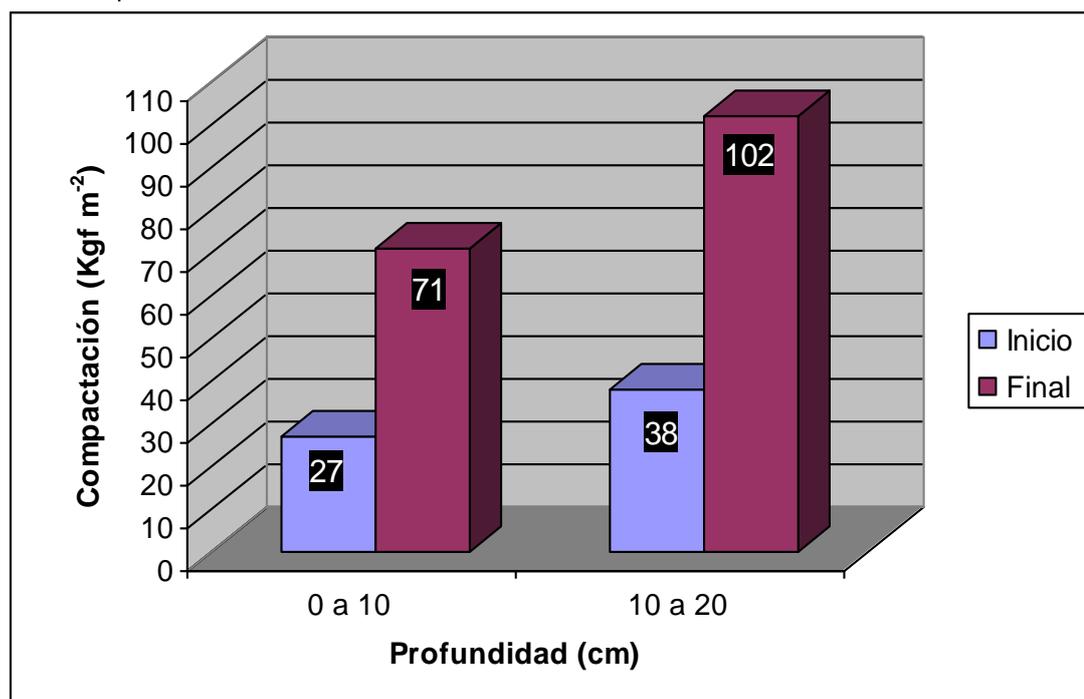


Figura 8. Compactación del suelo en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle, en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Varios autores afirman que la presión que ejerce el pisoteo de las vacas en sistemas de pastura mixta antes del pastoreo (15 Kgf m^{-2}) versus con pastoreo (66 Kgf m^{-2}), a mediano y largo plazo reduce el volumen de los macroporos del suelo, lo cual afecta la tasa de infiltración de agua, incrementa la resistencia a la penetración de raíces y disminuye la disponibilidad de oxígeno para el sistema radicular (Pezo e Ibrahim 1998).

Según Grijalva *et al*, (2004) al comparar la compactación de un suelo en un sistema silvopastoril con pasto avena en bosque andino secundario, antes del pastoreo versus después del pastoreo (14 vs. 32 Kgf m^{-2}), revelaron incrementos importantes en un perfil de 10 cm. de profundidad, que se explica por efecto del pisoteo de animales, el mismo que se va perdiendo a medida que aumenta la profundidad del suelo.

a.3. Humedad del suelo

En el Cuadro 11, se presenta los cuadrados medios para la variable Humedad del suelo, en los tres sistemas silvopastoriles, a dos profundidades (0 a 10 y 11 a 20 cm.), Los resultados no reflejan diferencias significativas ($p < 0,05$) para tratamientos, en las dos

profundidades en estudio. Los valores de los coeficientes de variación son bajos.

Cuadro 11. Cuadrados medios para Humedad del suelo, en tres sistemas silvopastoriles compuestos por una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio			
		Inicio		Final	
		0 a 10 cm	11 a 20 cm	0 a 10 cm	11 a 20 cm
Bloque	2	79,62 NS	155,06 NS	37,55 NS	28,52 NS
Tratamiento	2	29,96 NS	6,39 NS	127,59 NS	19,99 NS
Error experimental	4	37,46	36,99	33,60	18,86
Total	8				
Promedio (%)		32,7	32,3	35,1	29,21
C V (%)		18,74	18,83	16,53	14,87

Elaborado por: El Autor

Cuadro 12. Promedios por tratamientos de Humedad del suelo (%), en tres sistemas silvopastoriles compuestos por una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Sistemas de uso	Humedad (%)			
	Inicio		Final	
	0 a 10 cm	11 a 20 cm	0 a 10 cm	11 a 20 cm
SSP con Yagual	36,07 a	33,49 a	27,93 a	27,78 a
SSP con Quishuar	29,84 a	30,67 a	40,72 a	27,66 a
SSP con Colle	32,07 a	32,73 a	36,54 a	32,19 a

Elaborado por: El Autor

Al comparar el porcentaje de humedad del suelo al inicio del ensayo y mediante la prueba de T (Cuadro 13 y Figura 9), se observa que no existen variaciones significativas en esta variable, lo que se atribuye

a la distribución uniforme de precipitación en los meses de evaluación y probablemente por que el componente leñoso protege de la influencia directa del viento en la zona y al efecto de sombra de los árboles en cada sistema que contribuyen a mantener la humedad en todos las alternativas.

Cuadro 13. Prueba de T para la variable Humedad del suelo, en tres sistemas silvopastoriles compuestos por una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Profundidad (cm)	Humedad (%)		Valor de T	Probabilidad
	Inicio	Final		
0 a 10	32,7	35,1	-0,5496	0,5976 NS
11 a 20	32,3	29,2	0,8832	0,4029 NS

Elaborado por: El Autor

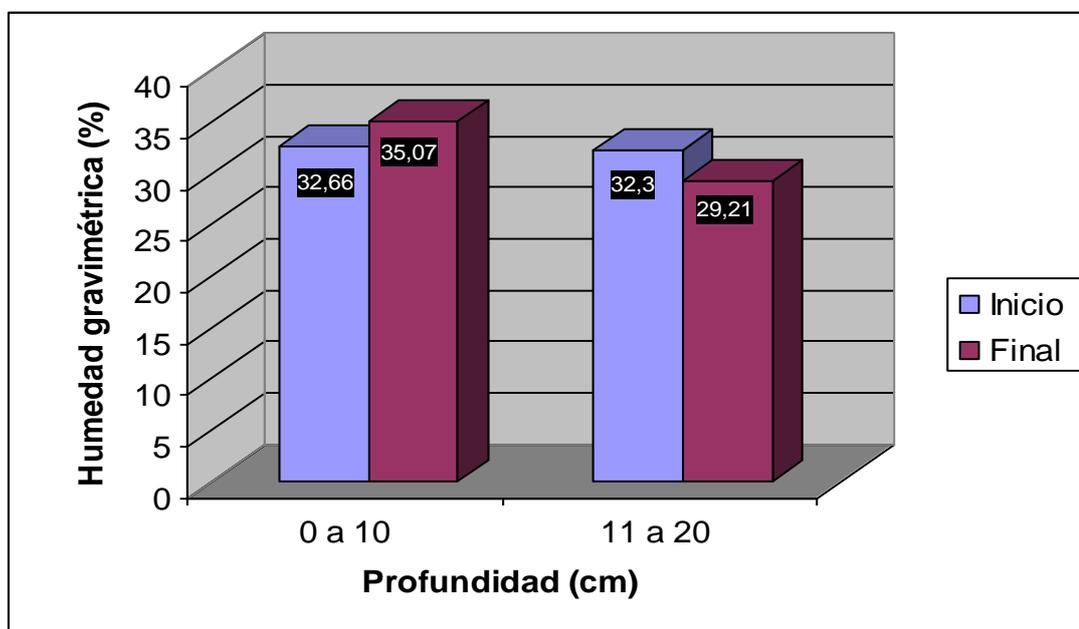


Figura 9. Humedad Gravimétrica del suelo en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en

pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

En relación a la humedad, en evaluaciones de alternativas silvopastoriles en bosque andino y plantación de pino en zonas de montaña de Chimborazo, se observa gran variabilidad en el perfil del suelo, lo cual es más probable que sea resultado de las condiciones ambientales, especialmente precipitación pluvial. Por su parte, las leñosas del bosque mejoran el ambiente húmedo a favor del crecimiento de los pastos y la propia dinámica microbiana del suelo (Grijalva *et al*, 2004).

a.4. Contenido de materia orgánica

En el Cuadro 14 y Figura 10, se observa que el contenido de materia orgánica es alto en los tres sistemas silvopastoriles y que no reflejan diferencias comparativas entre sistemas. Esto quiere decir también que no existió influencia de los sistemas silvopastoriles sobre esta variable media durante el experimento.

Cuadro 14. Contenido de Materia Orgánica del suelo (%), en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Sistema de uso	Materia Orgánica (%)	
	Inicio	Final
SSP con Yagual	8,4	9,7
SSP con Quishuar	10,1	8,1
SSP con Colle	9,7	8,9
Promedio	9,4	8,9

Elaborado por: El Autor

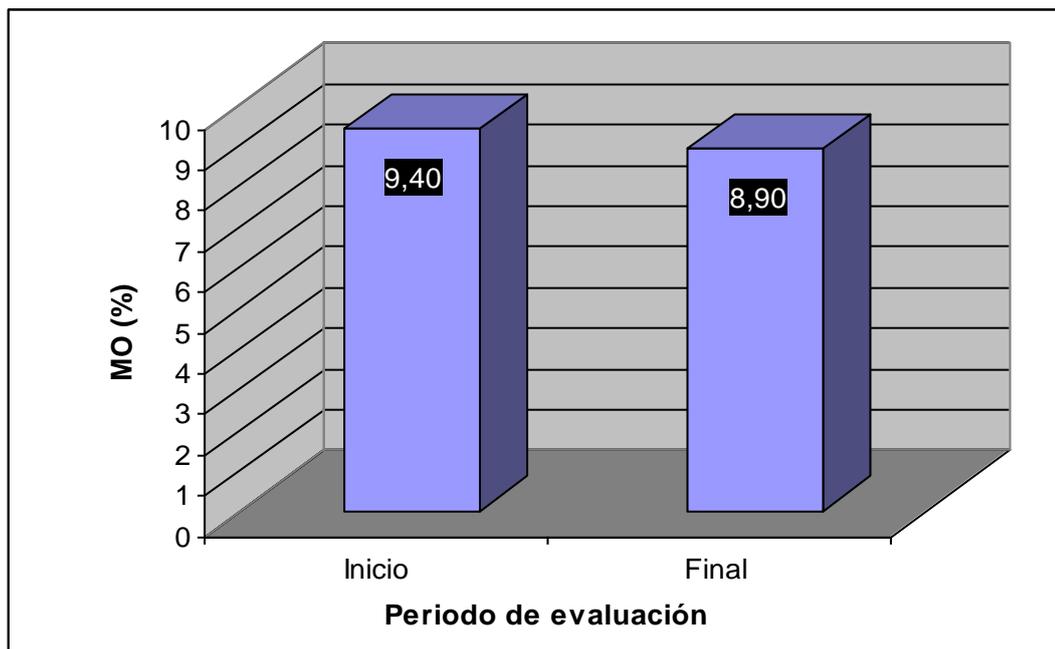


Figura 10. Contenido de materia orgánica del suelo en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

En el otro extremo, el uso con pradera degradada por varios años consecutivos, muestra su efecto sobre un descenso significativo de la materia orgánica a niveles preocupantes, que ya sugieren problemas de fertilidad asociados al pastoreo indiscriminado ya sea por ovejas y vacunos y también por la falta de prácticas relacionadas con fertilización y conservación del suelo. Se afirma, además, que los suelos andinos con más de 5 % de materia orgánica, ya pueden considerarse como suelos ricos en este elemento (Pavón 2003).

a.5. Nitrógeno, fósforo, potasio

En la Figura 11 y Cuadro 15 se observa contenidos altos de Nitrógeno y Fósforo, mientras que el Potasio es bajo (Figura 12) sin variar las evaluaciones. Sin embargo, durante el experimento se nota una disminución en los contenidos de Nitrógeno y Fósforo, debido a la extracción por parte de la pastura mixta, lo que demuestra, según León (2003), que es necesario realizar una fertilización de mantenimiento, cuyo objetivo es restituir los nutrientes extraídos por los pastos.

Cuadro 15. Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en suelo en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Sistema de uso	Nitrógeno (ppm)		Fósforo (ppm)		Potasio (meq 100ml ⁻¹)	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
SSP con Yagual	76	51	28	29	0,14	0,17
SSP con Quishuar	84	54	39	30	0,14	0,11
SSP con Colle	76	56	105	25	0,16	0,15

Elaborado por: El Autor

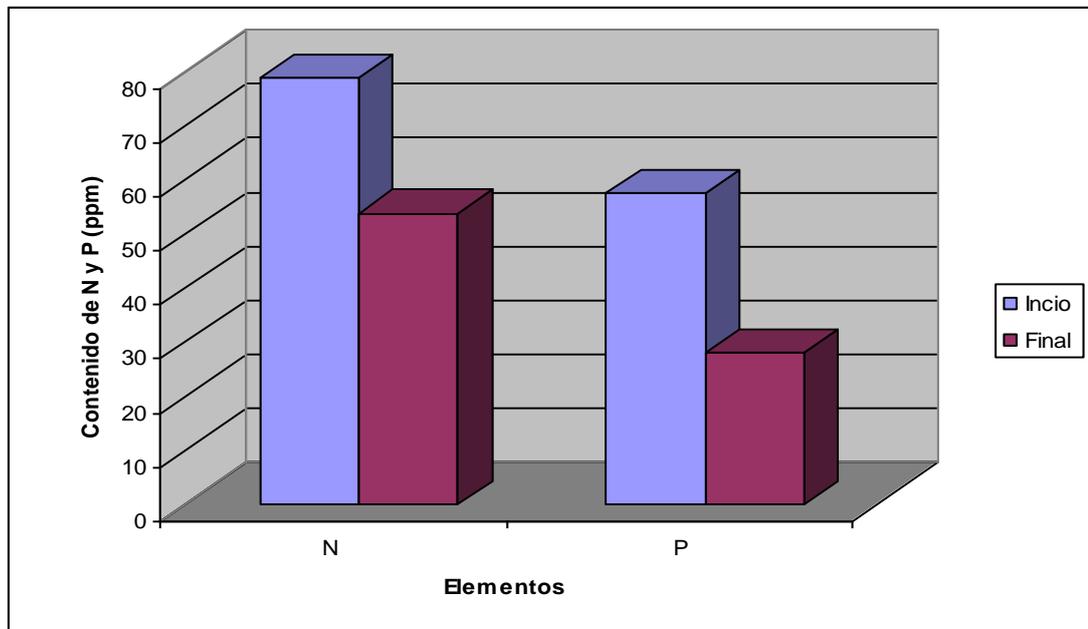


Figura 11. Contenido de nitrógeno, fósforo en suelo en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ.
San Juan, Chimborazo. 2006.

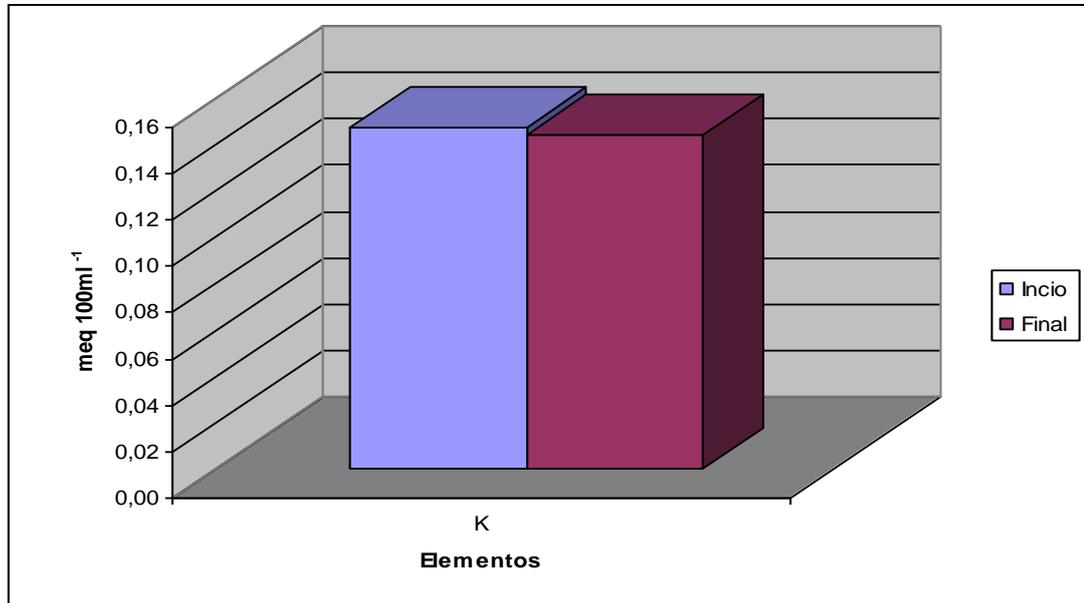


Figura 12. Contenido potasio en suelo en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Al respecto Grijalva *et al*, (2004), afirman que el nitrógeno, en todas las opciones de uso de la tierra con efecto animal, marcan una disminución variable después de un período de pastoreo, lo cual se explica por una constante extracción de nitrógeno ya sea lixiviado por efecto de la humedad o consumido por los animales, que no es devuelta proporcionalmente a través de fuentes nitrogenadas exógenas o el aporte de heces y orina durante el pastoreo.

a.6. Relación carbono / nitrógeno

En el Cuadro 16, se observa la relación C/N, que se encuentra en un promedio de 10.1, es decir, que en el suelo se están produciendo procesos de mineralización.

Cuadro 16. Relación Carbono/Nitrógeno en suelo al final del ensayo, en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Sistema de uso	C/N
SSP con Yagual	11,5
SSP con Quishuar	9,6
SSP con Colle	9,2
Promedio	10,1

Elaborado por: El Autor

a.7. Conteo de lombrices

En el Cuadro 17 se observa el número de lombrices por hectárea encontradas en el suelo de tres sistemas silvopastoriles con Yagual, Quishuar y Colle, teniendo un promedio de 181481 lombrices por hectárea, el valor es bajo en relación con 472500 lombrices por hectárea evaluado por Jara (2003) en parcelas de pasto avena, en pastoreo bajo plantaciones de pino de nueve años. La cantidad baja de lombrices, a pesar de que el contenido de materia orgánica es alto, se debe probablemente a las actividades de rotación de cultivos y al removimiento del suelo para la

plantación de estos cultivos, durante los cuatro años que se mantuvo en formación el sistema silvopastoril.

Cuadro 17. Promedio por evaluación de lombrices en suelo por hectárea, en sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Evaluaciones	Mes (2006)	Precipitación mensual (mm)*	Nº Lombrices ha⁻¹
1	Febrero	72	288889
2	Marzo	101	211111
3	Abril	110	233333
4	Mayo	87	188889
5	Junio	72	105556
6	Julio	86	94444
7	Agosto	58	122222
8	Septiembre	63	194444
9	Noviembre	69	194444
Promedio			181481

*Fuente: INAMHI, Estación Urbina, Chimborazo, 2006.
Elaborado por: El Autor

2. Indicadores de la Función del Sistema

a. Indicadores de eficiencia técnica

a.1. Descriptor productos biofísicos:

a.1.1. Biomasa herbácea y cultivos forrajeros

En el Cuadro 18, se presenta los cuadrados medios para la variable Biomasa herbácea de la pastura mixta,

en seis evaluaciones con intervalos de 54 días de pastoreo. Los resultados no evidencian diferencias significativas entre tratamientos. Esto significa que durante el primer año de establecidos los pastos en sistemas silvopastoriles no se evidencian efectos del componente leñoso.

Cuadro 18. Cuadrados medios para la variable Biomasa herbácea en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios Biomasa herbácea
Repeticiones	2	1,10 NS
Tratamientos	2	0,02 NS
Error experimental	4	0,28
Error de muestreo	45	1,78
Total	53	
CV (%)		46,27

Resultados de seis evaluaciones
Elaborado por: El Autor

El valor del coeficiente de variación para las dos variables es alto, lo cual refleja variaciones en la materia seca durante el periodo de evaluación (Cuadro 19), probablemente, debido a que el sitio experimental fue afectado intensamente por la caída de ceniza de las erupciones del Volcán Tungurahua, fenómeno natural no previsto.

Cuadro 19. Promedios de producción de Biomasa herbácea (t ha⁻¹) del pasto en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle, de seis evaluaciones, en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Sistema de uso	SSP con Yagual			SSP con Quishuar			SSP con Quishuar		
	Phrb	MS	Bhrb	Phrb	MS	Bhrb	Phrb	MS	Bhrb
Unidades	t ha ⁻¹	%	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹	%	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹	%	t ha ⁻¹
E1	20,67	17,99	3,72	22,02	17,00	3,74	20,99	19,56	4,11
E2	22,83	17,62	4,02	27,67	16,91	4,68	18,67	20,33	3,79
E3	21,67	17,83	3,86	19,33	16,98	3,28	19,83	19,96	3,96
E4	16,17	16,44	2,66	14,67	17,82	2,61	12,00	19,52	2,34
E5	8,13	16,43	1,34	7,50	17,61	1,32	6,80	19,51	1,33
E6	9,25	20,78	1,92	8,50	19,52	1,66	6,33	24,95	1,58

E = Evaluación, Bhrb = Biomasa herbácea, Phrb = Producción herbácea, MS = Materia Seca
Elaborado por: El Autor

a.1.2. Valor nutritivo de los pastos

En el Cuadro 20, se presenta los resultados en base seca, del análisis bromatológico de los pastos, realizado en el laboratorio de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.

Cuadro 20. Análisis proximal del pasto en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Sistemas de uso	Humedad	Cenizas	E.Etéreo	Proteína	Fibra	ELN
	%					
SSP con Yagual	79,22	14,89	1,89	13,74	23,57	45,91
SSP con Quishuar	80,48	15,30	2,96	12,24	22,71	46,79
SSP con Colle	75,05	17,83	2,13	9,84	23,92	46,28

Fuente: Departamento de Nutrición y calidad – INIAP – Santa. Catalina

a.1.3. Biomasa en hojarasca de árboles

En el Cuadro 21, se presenta el análisis de varianza para la Hojarasca de los árboles, los resultados de tres evaluaciones demuestran que hay diferencias altamente significativas entre

los tratamientos debido a que la caída de hojarasca es diferente en cada especie en estudio, ya sea por causas fenológicas de cada especie o la presencia de factores externos a la planta. El valor del coeficiente de variación es alto debido a que el intervalo entre evaluaciones de tres meses.

Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable hojarasca de los árboles (Kg m⁻²), caída sobre la superficie del suelo; en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio
Repeticiones	2	2,77 NS
Tratamientos	2	48,28 **
Error experimental	4	2,02
Error de muestreo	18	6,54
Total	26	
CV (%)	45,56	

Resultados de tres evaluaciones, ** = Altamente significativo, Elaborado por: El Autor

La prueba Tukey (Cuadro 22), con la caída de hojarasca de los árboles en estudio, demuestra que existen dos rangos de significación (Figura 13). En el primer rango se ubica el SSP con quishuar que tiene mayor caída de hojarasca, lo que se atribuye a que las plantas de quishuar fueron atacadas por insectos provocando mayor defoliación. En el segundo rango se encuentra los SSP con yagual y colle.

Cuadro 22. Prueba de Tukey al 5% para la variable hojarasca de los árboles de tres evaluaciones en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Sistemas de uso	Promedio (Kg m ⁻²)	Rango de significación
SSP con Quishuar	8,3	a

SSP con Yagual	4,4	b
SSP con Colle	4,2	b

Elaborado por: El Autor

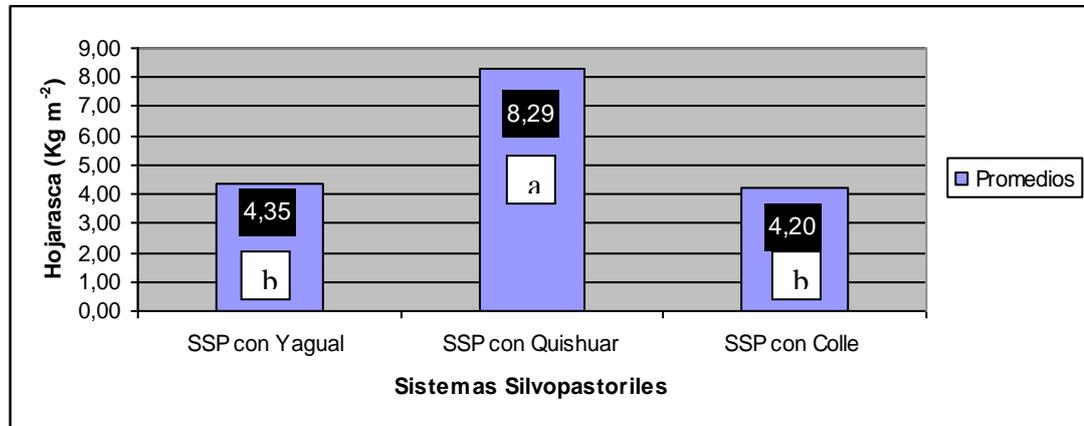


Figura 13. Promedios de rendimiento de hojarasca de los árboles (Kg m⁻²), durante tres evaluaciones en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

a.1.4. Biomasa en el componente leñoso

En el Cuadro 23 y Figura 14 se observa la biomasa del componente leñoso (kg ha⁻¹), determinada utilizando el método destructivo se encontró que el Yagual posee mayor cantidad de biomasa, seguido por el Colle y finalmente el Quishuar.

Cuadro 23. Promedio de biomasa de los árboles (kg ha⁻¹) por componente, obtenidos del muestreo destructivo en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Sistema de uso	Biomasa (kg ha ⁻¹)
----------------	--------------------------------

	Ramas gruesas	Ramas delgadas	Hojas	Total
SSP con Yagual	5321,43	2873,41	2002,58	10197,42
SSP con Quishuar	2982,59	1736,79	1057,51	5776,89
SSP Colle	4299,19	2550,50	2732,72	9582,41

Elaborado por: El Autor

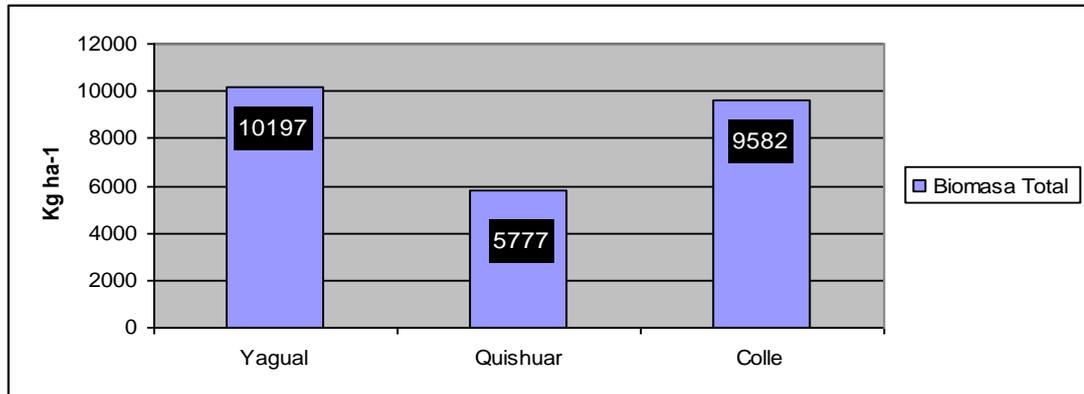


Figura 14. Biomasa total por especie de los árboles, obtenida del muestreo destructivo en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

c.1.5. Crecimiento de los árboles

En el Cuadro 24 se presenta los cuadrados medios para las variables diámetro y altura de tres especies forestales nativas usadas bajo sistemas silvopastoriles en donde se encuentra que existen diferencias altamente significativas ($p < 0,05$) entre especies (tratamientos). Los valores de los coeficientes de variación son relativamente bajos considerando que las evaluaciones se realizaron cada tres meses.

Cuadro 24. Cuadrados medios para las variables Diámetro y Altura de los árboles al quinto año de establecidos en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada

con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	
		Diámetro	Altura
Repeticiones	2	54,19 NS	343,58 NS
Tratamientos	2	188,03 *	10727,08 **
Error experimental	4	25,44	89,42
Error de muestreo	27	94,15	375,26
Total	35		
CV (%)		10,57	6,49

Resultados de cuatro evaluaciones

* = Significativo

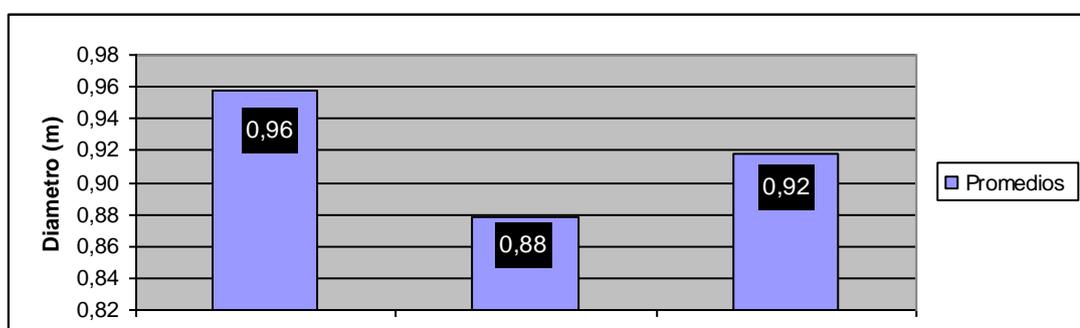
Elaborado por: El Autor

Al realizar una prueba Tukey (Cuadro 25), con los datos de diámetros de los árboles en estudio, se encontró que existen tres rangos de significación (Figura 15). En el primer rango se ubica el SSP con yagual, lo que se significa que las plantas de yagual tienen mayor crecimiento, en el rango intermedio se encuentra el SSP con colle y finalmente el SSP con quishuar debido probablemente a una menor adaptabilidad de la especie a las condiciones del sitio experimental.

Cuadro 25. Prueba de Tukey al 5% para la variable Diámetro de los árboles al quinto año de establecidos los sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Sistema de uso	Promedio de Diámetros (m)	Rango de significación
SSP con Yagual	0,096	a
SSP con Colle	0,097	ab
SSP con Quishuar	0,088	b

Elaborado por: El Autor



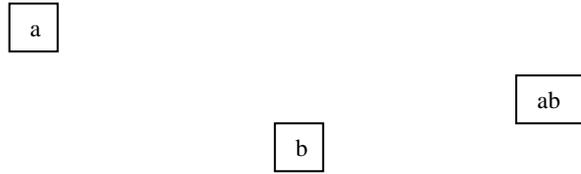


Figura 15. Promedios de diámetro de los árboles al quinto año de establecidos en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

La prueba Tukey (Cuadro 26), con los datos de altura de los árboles en estudio, refleja tres rangos de significación (Figura 16). En el primer rango se ubica el SSP con yagual, en el segundo rango se encuentra el SSP con colle y finalmente el SSP con quishuar la altura de los árboles ubica a los SSP en los mismos rangos del diámetro.

Cuadro 26. Prueba de Tukey al 5% para la variable Altura de los árboles al quinto año de establecidos los sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Sistemas de uso	Promedio de Altura (m)	Rango de significación
SSP con Yagual	3,30	a
SSP con Colle	2,96	b
SSP con Quishuar	2,70	c

Elaborado por: El Autor

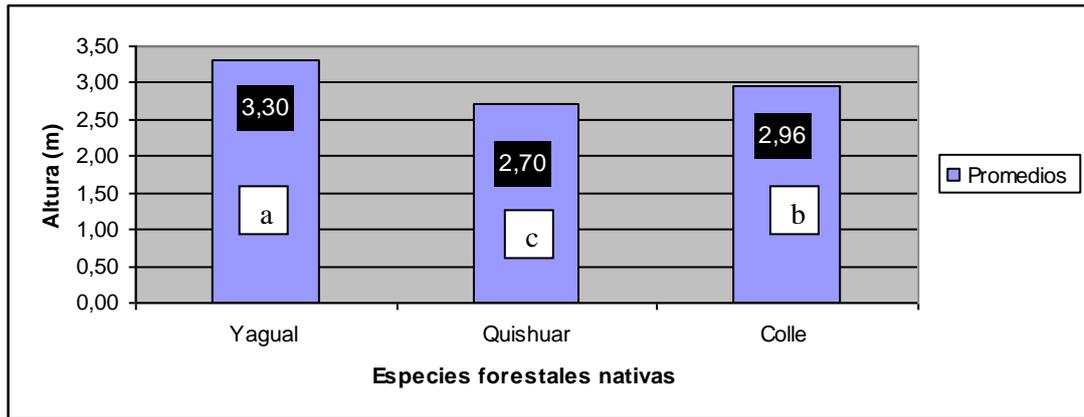


Figura 16. Promedios de altura de los árboles al quinto de establecidos en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

La biomasa obtenida se relaciona directamente con los valores dasométricos (diámetro y altura), y ciertamente con el contenido de carbono. El Yagual presenta mayor crecimiento con relación a las demás especies en estudio, alcanzando una altura de 3,61 m y diámetro de 0,106 m como se puede ver en el Cuadro 34. Con estos resultados es posible deducir que el sistema con Yagual es más promisorio que los restantes sistemas.

a.1.6. Producción de leche para la venta y autoconsumo

En el Cuadro 27 se presenta la producción de leche estimada en base a la materia seca ajustada a un 70 % de eficiencia de pastoreo en sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle, además, a fin de

comparar el desempeño de los SSP, se tomo datos de evaluaciones de otros sistemas de uso de la tierra generados por el INIAP (2004) dentro de la granja UCASAJ como son: uso con pradera natural y uso con pasturas mixtas a campo abierto, estas sistemas de uso de hecho generan beneficios en términos de producción de leche, sin embargo, las alternativas silvopastoriles generaran mayores beneficios por producción de forraje y leche para la venta.

Cuadro 27. Producción de leche en tres sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle (experimento) y en alternativas pastoriles (INIAP, 2004) en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo.

Sistema de uso	MS d (kg ha⁻¹ año⁻¹)	MS a (kg ha⁻¹ año⁻¹)	PL (l ha⁻¹ año⁻¹)
SSP con Yagual	19924,07	13946,85	9618,52
SSP con quishuar	19669,61	13768,73	9495,67
SSP con colle	19453,12	13617,19	9391,16
Pradera natural 1/	...	6178	3226
Pastura mixta 2/	...	11785	6832

1/: Compuesto de: holco *holcus lanatus* y grama *paspalum sp.* Fuente: INIAP 2004

2/: Compuesto de: rye grass perenne, rye grass anual, Pasto azul y trébol blanco. Fuente: INIAP 2004

MS d = Materia seca disponible, MS a = Materia seca ajustada, PL = Producción de leche

Elaborado por: El Autor

b. Indicadores de eficiencia socioeconómica

b.1. Descriptor productos socio económicos

b.1.1. Valor de la producción e ingresos netos

Los datos económicos que se registran en el Cuadro 28, son equivalentes a los primeros años de establecimiento del

sistema silvopastoril, basado en la producción de cultivos de rotación y de los evaluados en el quinto año con una pastura mixta. De acuerdo a los resultados, la alternativa silvopastoril acusa los mayores beneficios netos, respecto a las alternativas en base de pradera o pastura a campo abierto.

Cuadro 28. Costos y beneficios promedios registrados durante cinco años de formación de sistemas silvopastoriles compuestos de pastura mixta asociada con yagual, quishuar y colle, versus dos sistemas a campo abierto en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo.

Sistema de uso	Costos producción	Beneficios brutos	Beneficios netos
	USD ha ⁻¹		
Uso con SSP 1/:			
Cultivo avena-vicia	299	511	212
Cultivo de papa	1 517	3 590	2 073
Cultivo Haba	354	180	-174
Pastura mixta	597	1900	1303
Subtotal cinco años	2767	6181	3414
Con pradera natural 2/	650	2580	1930
Con Pastura 3/	2685	5465	2780

1/: SSP en formación, utilizando avena vicia y papa (1er año). En descanso (2do año). Papa y haba (3er y 4º año). Fuente INIAP 2004. Pastura mixta (5º año) Fuente: el Autor.

2/: Compuesto de: holco *holcus lanatus* y grama *paspalum sp.*

3/ Compuesto de: rye grass perenne, rye grass anual, Pasto azul y trébol blanco.

Elaborado por: El Autor

Económicamente, en el primer año de iniciado el sistema silvopastoril, el cultivo avena - vicia es la única fuente de beneficios económicos a los productores. Los costos de producción representan alrededor de USD 300 ha⁻¹, los beneficios brutos alcanzan cifras de USD 511 y beneficios netos de USD 212 ha⁻¹ año⁻¹. El cultivo de papa produce mayores beneficios netos, sin embargo, es importante considerar que los precios son fluctuantes. El cultivo de haba arroja costos equivalentes a

USD180 ha⁻¹ nótese entonces un déficit de USD174 ha⁻¹ debido, según la información histórica a condiciones adversas imprevistas (heladas).

c. Indicadores de manejo técnico

c.1. Descriptor relación entre insumos endógenos - exógenos:

c.1.1. Cantidad de insumos internos y externos

En el Cuadro 29 se presenta la cantidad de insumos internos y externos.

Cuadro 29. Uso de insumos internos o externos en sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Indicadores de manejo técnico	Sistema silvopastoril
	Mezcla forrajera asociada con Yagual, Quishuar y Colle
Insumos externos	
Maquinaria (arado y rastra (horas ha ⁻¹))	16
Nitrógeno (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	80
Fósforo (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	60
Potasio (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	48

Semillas de Pastos (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	45
Postes para cercos, N°. ha ⁻¹	60
Insecticida cc	0,1
Insumos internos	
Leña (t ha ⁻¹ año ⁻¹)	3,4
Carbono total (t ha ⁻¹)	7,6

Elaborado por: el Autor

d. Indicadores de manejo socio económico

d.1. Descriptor mano de obra:

La participación de hombres y mujeres en forma integrada en labores que implica la actividad silvopastoril, permite una mejor ejecución y armonía. Vogel (1999) afirma que las mujeres permanecen en trabajos de producción, debido a la migración temporal de los hombres, por lo que es necesario prestar especial atención en la participación de las mujeres. Además la mujer que vive en el área rural tiene desventajas con relación al hombre ya que las responsabilidades en la reproducción, crianza y cuidado de los hijos, trabajo domestico, actividades agropecuarias y trabajo comunitario. En Cuadro 30 se presenta la participación por género en actividades de mantenimiento de una hectárea de sistema silvopastoril durante un año del experimento. De manera general se observa que el elemento masculino asume una tarea efectiva en los SSP.

Cuadro 30. Uso de Mano de Obra por género (Jornales ha⁻¹ año⁻¹) en sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Mano de obra Jornales ($\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$)		Genero	
Actividad	Jornales ($\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$)	Hombres	Mujeres
Siembra de pastos	2	1	1
Arreglo de cercas	9	9	0
Control fitosanitario	3	3	0
Poda componente leñoso	8	6	2
Cuidadores	2	1	1
	Total	20	4
	Participación (%)	83	17

Elaborado por: El Autor

d.2. Uso de conocimiento tradicional

Se registró (Cuadro 31) el conocimiento tradicional o “Saber Local” en relación con algunas prácticas que conocen y utilizan los productores de entre 20 y 60 años de edad, particularmente en relación con usos y beneficios de los árboles nativos. Es importante considerar que este indicador se obtuvo realizando encuestas en reuniones participativas con las comunidades rurales involucradas, en el sitio donde se evalúan los SSP, es decir dentro de la “UCASAJ”.

Cuadro 31. Saber local en relación a las especies forestales nativas usadas en sistemas silvopastoriles compuestos de una pastura mixta en pastoreo asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Usos y Beneficios	Especies Forestales Nativas de Uso Múltiple		
	Yagual	Quishuar	Colle
Uso			
Linderos	x	x	
Dentro de cultivos	x	x	
Dentro de potreros	x	x	
Cerca de la casa	x		x
Junto a las fuentes de	x		

agua			
Bosques			
En quebradas	x	x	x
Otros	Cortinas rompe vientos		
Beneficios			
Protección contra vientos	x	x	x
Previene la erosión	x	x	x
Producción de madera		x	
Producción leña	x	x	x
Producción carbón			
Medicina	x	x	
Usos medicinales	Cólicos	Resfrió, caída del cabello, fortaleza para mujeres embarazadas	
Beneficios económicos	Venta de plántulas, esquejes, estacas, semillas.		

Elaborado por: El Autor

3. Indicadores de Impacto sobre Otros Sistemas

a. **Descriptor secuestro de carbono**

El carbono total almacenado en SSP con Yagual, Quishuar y Colle, al quinto año de establecidos, resulta de la suma del carbono en el componente leñoso, hojarasca en la superficie del suelo y en el suelo. Los datos (Cuadro 32) reflejan que el mayor porcentaje (56%) de carbono se encuentra en el componente leñoso. El SSP con Yagual concentra la mayor cantidad de carbono en relación a los demás SSP en estudio.

Cuadro 32. Cantidad de Carbono secuestrado ($t\ ha^{-1}$) en tres sistemas silvopastoriles de cinco años de establecidos, compuestos

de una pastura mixta asociada con Yagual, Quishuar y Colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Sistemas de uso	Carbono (t ha ⁻¹)			
	Componente leñoso	Hojarasca	Suelo	Total
SSP con Yagual	5,10	2,98	1,01	9,09
SSP con Quishuar	2,89	2,44	0,83	6,16
SSP con Colle	4,79	1,84	0,88	7,52

Elaborado por: El Autor

b. Descriptor recolección de leña

b.1. Cantidad de leña recolectada

En el Cuadro 33 se observa la cantidad de leña de cada sistema de uso, producto de la poda realizada durante el quinto año de establecidos los SSP, los datos reflejan mayor cantidad de leña en el Yagual, en segundo lugar el Colle y por último el Quishuar.

Cuadro 33. Cantidad de Leña recolectada (kg ha⁻¹ año⁻¹) durante el quinto año de establecidos los sistemas silvopastoriles compuestos de pastura mixta asociada con yagual, quishuar y colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Sistemas de uso	Leña (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)
SSP con Yagual	5812,5
SSP con Quishuar	1948,35
SSP con Colle	2292,45

Elaborado por: El Autor

c. Descriptor fauna silvestre

c.1. Biodiversidad de aves

En Observaciones sistemáticas de aves realizadas en la parcela silvopastoril total (Cuadro 34), ingresan con mayor frecuencia, a la parcela, gorriones y los mirlos para buscar alimento y anidar sobre los árboles. Independientemente de la hora del día, las aves se posan sobre las leñosas, aún cuando las vacas estén pastando en el sitio.

Cuadro 34. Promedio de aves observadas dentro de parcelas silvopastoriles compuestos de pastura mixta asociada con yagual, quishuar y colle en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2006.

Aves	Nombre científico	Promedio de aves observadas en la:	
		Mañana	Tarde
Mirlo	<i>Turdus fuscater</i>	6	6
Gorrion	<i>Zonotrichia capensis</i>	18	18
Huiracchuro	<i>Pheucticus chrysopeplus</i>	1	1
Tórtola		1	2
Pato	<i>Anas flavirostris</i>	1	0
Picaflor		1	0

Elaborado por: El Autor

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. Se notó un efecto del pisoteo de los animales en pastoreo reduciendo los espacios porosos del suelo; la extracción de nitrógeno y fósforo del suelo por parte de la pastura mixta, evidencian la necesidad de devolver nutrientes a partir de labores de fertilización o abonamiento del suelo. El número de lombrices por m⁻² es relativamente bajo, probablemente,

debido a la rotación de cultivos realizada durante los cuatro años de formación de los sistemas silvopastoriles previos a este estudio.

- B. En el descriptor Productos Biofísicos, no se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos para las variables. Sin embargo, se evidencia una disminución en la producción de biomasa herbácea, debido a que fue afectado intensamente por la caída de ceniza de las erupciones del Volcán Tungurahua, fenómeno natural no previsto.

- C. La especie forestal nativa Yagual evidencia mayor crecimiento en los cinco años de establecidos los sistemas silvopastoriles, datos que permiten afirmar que esta especie resulta la más promisoría en SSP, para esta zona de vida.

- D. La mayor producción de hojarasca se encuentra en SSP con quishuar la que se debe a la caída de hojas, a causa de una alta incidencia de insectos, mas no por el efecto de las alternativas, lo que demuestra que probablemente la especie tiene poca adaptabilidad a la zona, lo cual evidencia seguir evaluando esta especie con la finalidad de recomendar la importancia de los SSP en diferentes rangos de altitud.

- E. Se evidencia una mayor cantidad de biomasa total en los SSP con Yagual. La biomasa obtenida se relaciona directamente con los valores dasométricos (diámetro y altura), y con el contenido de carbono. Con

estos resultados es posible deducir que el sistema con Yagual es más promisorio de los sistemas estudiados, en esta zona de vida.

F. Los resultados económicos obtenidos durante los cinco años de estudio de los SSP, relacionados a la producción de cultivos de rotación y de los evaluados en el durante el quinto año con una pastura mixta, permiten concluir que la alternativa silvopastoril produce los mayores beneficios netos, respecto a las alternativas a campo abierto, independientemente de la especie leñosa.

G. La presente investigación demuestra que es necesario evaluar el comportamiento y crecimiento, del yagual, especie más promisoría para SSP, empleando diferentes espaciamientos, en parcelas o rodales silvopastoriles independientes, a fin de determinar con mayor precisión las ventajas y desventajas, de la especie en los SSP.

H. Se recomienda preliminarmente el SSP con Yagual para manejo de microcuencas hidrográficas en las condiciones en que se desarrollo el presente estudio.

“EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS SILVOPASTORILES UTILIZANDO: YAGUAL (*Polylepis racemosa*), QUISHUAR (*Buddleja incana*) y COLLE (*Buddleja coriacea*); EN LA MICROCUENCA DEL RIO CHIMBORAZO”.

VI. RESUMEN

En la granja de la organización campesina “UCASAJ” (Unión de Organizaciones Campesinas de San Juan) ubicada en la parroquia San Juan, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo; en el 2001 se estableció sistemas silvopastoriles utilizando las especies forestales nativas: Yagual (*Polylepis racemosa*), Quishuar (*Buddleja incana*) y Colle (*Buddleja coriacea*) con apoyo del proyecto INIAP-PROMSA IQ-CV-074. Durante los cuatro primeros años de crecimiento de los árboles se utilizó un conjunto de descriptores e indicadores para evaluar la sostenibilidad de los sistemas y se realizó una rotación de cultivos con: avena – vicia, papa y haba.

En el quinto año, motivo de la presente investigación, se estableció una pastura mixta para pastoreo bajo los árboles, con el objetivo principal la generación de tecnología para la protección y gestión sostenible de la microcuenca del Río Chimborazo, a través del desarrollo de alternativas silvopastoriles utilizando especies forestales nativas de uso múltiple. Específicamente, evaluar el comportamiento productivo y socioeconómico de sistemas silvopastoriles como también evaluar el potencial de los sistemas silvopastoriles en estudio para proporcionar servicios ambientales asociados a la captura de carbono.

Los factores en estudio, corresponden a los tratamientos, fueron: (i) T1: Sistema silvopastoril con Yagual, (ii) T2: Sistema silvopastoril con Quishuar y (iii) T3: Sistema silvopastoril con Colle. El experimento se conformó de 9 unidades experimentales y cada una

constituida a su vez por diez árboles ubicados a 5 m de distancia entre sí. Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. La sostenibilidad de las alternativas silvopastoriles se evaluó en base de un grupo de descriptores de sostenibilidad identificados, como medida del efecto positivo o negativo de las alternativas. Los descriptores se relacionan con: la Base de Recursos, Función del Sistema (manejo y eficiencia técnica y económica) e Impacto sobre otros sistemas.

Los resultados en el descriptor suelo, medido entre 0 a 10 cm. de profundidad, reflejaron incrementos en la densidad aparente ($p > 0,01$), variando de 0,767 a 0,904 g cm⁻³. El indicador compactación del suelo sigue la misma tendencia que la densidad aparente, variando de 26.7 a 71.2 Kgf m⁻², lo cual sugiere un efecto del pisoteo de los animales en pastoreo, al reducir los espacios porosos del suelo.

Por otra parte, el porcentaje de humedad del suelo no evidencia variaciones significativas ($p > 0.05$) cuyos valores fluctuaron de 32,66 a 35,67 %, resultados que no se reflejaron efectos de los sistemas silvopastoriles sobre esta variable. Por otra parte, el contenido de materia orgánica del suelo aparece en valores altos tanto al inicio como al final del experimento, sin registrar una diferencia notable entre alternativas, cuyos valores oscilaron entre 9,4 y 8,9 % de MO.

Los contenidos de nitrógeno (de 78,67 a 53,67 ppm) y fósforo del suelo (57,33 a 28 ppm) son altos, pero acusan una

disminución en el período experimental, en tanto que el contenido de Potasio (0,15 a 0,14 meq 100ml⁻¹) es bajo y se presenta sin variaciones importantes. Estos resultados se atribuyen a la extracción de nitrógeno y fósforo del suelo por parte de la pastura mixta, evidenciando la necesidad de devolver nutrientes a partir de labores de fertilización o abonamiento del suelo.

El indicador Número de lombrices encontradas en el suelo fue de 18 lombrices m⁻², valor relativamente bajo, si se compara con 43 lombrices encontradas por Jara (2003). Muy probablemente, la rotación de cultivos durante los cuatro años de formación de los SSP en estudio, afectó la población de lombrices debido a la remoción y laboreo constante del suelo.

En el descriptor Productos Biofísicos, no se evidenciaron diferencias significativas entre los SSP. Sin embargo, se evidencia una disminución en el contenido de proteína cruda del pasto en el sistema silvopastoril con colle, debido probablemente a que fue afectado por la caída de ceniza de las erupciones del Volcán Tungurahua, fenómeno natural no previsto.

Analizando el componente leñoso, se evidencia una mayor caída de hojarasca de árboles en el SSP con Quishuar (8,29 Kg m⁻²) debido a la incidencia de insectos, con diferencias altamente significativas, en relación a los SSP con yagual y SSP con colle (4,35 Kg m⁻² y 4,20Kg m⁻²).

La biomasa en el componente leñoso se determinó utilizando del método destructivo; encontrándose una mayor cantidad de biomasa total en la especie forestal nativa Yagual ($10,2 \text{ t ha}^{-1}$), seguido por el Colle ($9,582 \text{ t ha}^{-1}$) y finalmente el Quishuar (0.6 t ha^{-1}).

Los datos económicos de cinco años de establecimiento el sistema silvopastoril, indican que la alternativa silvopastoril (3414 USD ha^{-1}) acusa los mayores beneficios netos, respecto a las alternativas en base de pradera (1930 USD ha^{-1}) o pastura (2780 USD ha^{-1}) campo abierto.

“EVALUATION OF UNCULTIVATED PASTORAL ALTERNATIVES USING: YAGUAL (*Polylepis racemosa*), QUISHUAR (*Buddleja incana*) Y COLLE (*Buddleja coriacea*); IN THE MICROVALLEY OF THE CHIMBORAZO RIVER”.

VII. SUMMARY

On the farm of the rural organization “UCASAJ” (Union of Rural Organization of San Juan) located in the San Juan parish, canton Riobamba, Chimborazo province. In 2001, uncultivated pastoral systems were established using the native forest species: Yagual (*Polylepis racemosa*), Quishuar (*Buddleja incana*) y Colle (*Buddleja coriacea*) with support of the INIAP project – PROMSA IQ-CV-074. During the first four years of tree growth, a group of describers and indicators was used to

evaluate the maintenance of the systems and rotation of growth with: Flour, potatoes, beans.

In the fifth year, due to the current investigation, a mixed pasture was established to pasture under the trees. The principal objective is the generation of technology was kept in mind for the protection and management of the microvalley of the Chimborazo River, by means of the development of uncultivated pastures using native forest species of multiple use. Specifically, evaluating the productive and social-economic behavior of the uncultivated pasture system and evaluated the potential of the uncultivated pastoral system in study to give environmental services associated with carbon intake.

The study factors, corresponding to the treatment, were: (i) T1 = Uncultivated pasture system with Yagual, (ii) T2 = Uncultivated pasture system with Quishuar, (iii) T3 = Uncultivated pasture system with Colle. The experiment conformed to 9 experimental units and each one was made up of 10 trees located 5 meters from each other. A Design Random Blocks, repeated three times was used. The management of the uncultivated pastoral alternatives was evaluated on the basis of a group of manageable identified descriptors as a measurement of the positive effect of the alternatives. The descriptors are related to: The resource base, system functions, (handling and efficiency and economic technique) and the impact on other systems.

The results of the solid describer, measured from 0 to 10 cm deep, reflected increases in the apparent density ($p > 0,01$), varying from 0,767 to 0,904 g cc⁻¹. The compact soil indicator follows the some tendency of the apparent density, varying from 26.7 to 71.2 Kgf m⁻², which suggests a treading effect by the animals in the pasture on the reducing the porous soil spaces.

On the other hand, the wetness percentage of the soil does not show significant variations ($p > 0.05$) which values fluctuated from 32,66 to 35,67 %. These results that did not reflect effects on the uncultivated pastoral systems abode this variable. On the other hand, the organic material content on the soil appears in high values not only at the beginning but also at the end of the experiment, without registering a notable difference among alternatives which values oscillated between 9,4 and 8,9 %.

The nitrogen contents (from 78,67 to 53,67 ppm) and soil phosphorus (from 57,33 to 28 ppm) are high, but indicate a lowering level in the experimental period, but the Potassium content (from 0,15 to 0,14 meq 100ml⁻¹) is low and without important variations from the beginning to the end of the experiment. These results are attributed to the extraction of the nitrogen and phosphorus from the soil by the mixed pasture, showing the need to return nutrients to the soil when fertilizing procedures begin.

The indicator number of worms found in the soil was 18 worms m^{-2} , a relative low value if it is compared to 43 worms found per Jara (2003). Very probably, the growth rotation during the four formation years of the uncultivated pastoral system in the study, affected the worm population by the constant application of removal and working the soil.

In the Biophysics Products describer, no meaningful differences were shown between SSP. However, a lessening of crude protein content is seen in the uncultivated pastoral system with colle, probably due to the fallout of ash from the eruptions of the Tungurahua volcano, an unseen natural phenomenon.

On analyzing the wood component, a greater withering of the leaves from the trees was shown in the SSP with Quishuar (8,29 Kg m^{-2}), because of the incidence of the insects, with highly significant differences in relation to the SSP with Yagual and SSP with Colle (4,35 Kg m^{-2} y 4,20Kg m^{-2}).

The biomass of the wood component is determined using the destructive method; finding a greater amount of total biomass in the native forest species Yagual (10,2 t ha^{-1}), followed by Colle (9,582 t ha^{-1}) and finally the Quishuar (0.6 t ha^{-1}).

The economic information from five years of the establishment of the uncultivated pastoral system, indicates that the uncultivated pastoral alternative (3414 USD ha^{-1}) results in greater net

benefits, respecting the alternatives on the basis of the pasture – ground (1930 USD ha⁻¹) or pasture (2780 US\$ ha⁻¹) open field.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. AGUILAR, M.; CHONTASI, R.; MEDINA, G. y MENA P.; 2000. El Ecosistema Páramo y su Conservación, Eje Temático: Manejo de Páramos y Zona de Altura. CAMAREN coordinación IEDECA. Quito, Ecuador. pp. 97-113.
2. AÑAZCO, M. 2000. Agroforestería, Introducción al manejo de los recursos naturales y la agroforestería. CAMAREN coordinación RAFE. Impresora: PPL Impresores. pp. 81-97.
3. AREVALO, V. 1999. Potencial de los huertos caseros para la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible. Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. pp 109.
4. ASTUDILLO, A.; CHICAIZA, L.; CHONTASI, R. y MASTROCOLA, N.; 2000. Sistemas de Producción: Manejo de Pastos de Altura, Eje

Temático: Manejo de Páramos y Zonas de Altura. CAMAREN
coordinación IEDECA. Quito, Ecuador. pp. 103 – 129.

5. BARRERA, V.; León–Velarde, C.; Grijalva, J. y Chamorro, F., 2004. Manejo del sistema de producción “Papa Leche” en la Sierra ecuatoriana. INIAP-CIP-PROMSA. Editorial ABYA-YALA. Quito, Ecuador. pp. 17.
6. BUSTOS, E. y BUSTOS, A.; 2005. La protección de la Microcuenca del Río Chimborazo; a través de la implementación del plan de manejo ambiental, participativo y sustentable de los recursos agua y suelo. CEAS. Riobamba, Ecuador. pp. 2-20.
7. BROWN, S., 1997. Los bosques y el cambio climático: el papel de los terrenos forestales como sumideros de carbono. In Congreso Forestal Mundial (11, Natalia, Turquía). Actas, Turquía, Ministry of Forestry. pp. 107-128.
8. CAMAREN. 1999. La Degradación de suelo y los Cambios Históricos. Edit Rispergraf. Quito, Ecuador.
9. CARTAGENA. Y., 2006. Física de suelos. Estación Experimental “Santa Catalina”. Departamento De Manejo De Suelos y Aguas. Quito – Ecuador. pp. 3,11,18.

10. CALISPA, F.; CHÉRREZ, N.; ENCALADA, O.; ROMOLEROUX, K.; VALAREZO, C. y VALVERDE, F.; 2000. Caracterización de los suelos, Ecosistemas y las Cuenca Hidrográficas, Eje Temático: Manejo y conservación de suelos. CAMAREN, Coordinación CARE. Editorial. RISPER GRAF. Quito, Ecuador. pp. 136-141.
11. CORDOVA, J. y RAMOS, R.; 1998. Evaluación de las RTA's bajo sistemas de manejo y conservación de suelos y prácticas agroforestales en la sierra ecuatoriana. Informe de actividades agosto 1997 – julio 1998. Quito, Ecuador. pp. 29.
12. Committee on Agricultural Sustainability for Developing Countries. 1987. The transition to sustainable agriculture: an agenda for AID, Washington, DC. pp. 29.
13. CUASAPAZ, B. 2005. Manejo y Evaluación de Barreras Rompevientos con Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.) y Mora (*Rubís glaucus* Benth.), en praderas y pasturas, la Libertad – Carchi. Tesis de grado. pp. 4-10.
14. CUELLAR, N.; ROSA, H.; GONZALES, M.; 1999. Los servicios ambientales del agro: El caso de café en El Salvador. PRISMA. pp. 1-16.

15. GRIJALVA, J. 2002. Investigación y promoción de alternativas pastoriles y silvopastoriles para el uso sostenible de la tierra en el piso alto de la ecoregión andina. Proyecto Silvopastoril Informe final. pp 1-4.
16. GRIJALVA, J., L. MORA, C. Silva y E. Castro. 2002 (b). Sistemas de producción agrícola y uso de los recursos naturales en las parroquias la Libertad y Tufiño de la Provincia del Carchi. Proyecto Silvopastoril INIAP/PROMSA/ESPOCH/GPC. pp 50.
17. GRIJALVA, J., P. LLANGARÍ, F. JARA Y M. CUASAPAZ. 2004. Experimentación campesina y alternativas silvopastoriles en zonas de montaña. Construyendo caminos hacia el desarrollo sostenible en los Andes ecuatorianos. Boletín Técnico N°. 116. INIAP. Quito. Ecuador. pp. 51.
18. HIDALGO, F. 1998. Los antiguos paisajes forestales del Ecuador. Una construcción de de sus primeros ecosistemas. Serie Hombre y Ambiente N° 46. Editorial Abya-Yala. Quito, Ecuador.
19. HOFSTEDE, R.; P. SEGARRA y P. MENA V.; 2003. Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia. Quito, Ecuador. pp. 91 – 152.
20. INIAP-PROMSA. 2004. Informe final del Proyecto. Editorial NUEVA JERUSALEN. Quito-Ecuador. Boletín técnico N°. 122. xpp. pp.14.

21. JARA, F. 2003. Evaluación de tres especies forrajeras nativas bajo una plantación de pino (*Pinus radiata* D. Don) en el Toldo provincia de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. Tesis de grado. pp 22-23.
22. KENNY-JORDAN, C.; HERZ, C.; AÑASCO, M. y ANDRADE M.; 1999. Construyendo Cambios, Desarrollo Forestal Comunitario en los Andes. PIXELDOT Cia. Ltda. Quito, Ecuador. pp. 180-191.
23. LOPEZ, K., ROBAYO, E. Y ZAMBRANO, O.; 1998. Experiencias el manejo sostenible de los recursos naturales en los andes. MAG, CARE, PROMUSTA. Edit. Adriaan Vogel FEPP/SNV. Ecuador. pp. 189-196.
24. LEON, M., 2003. Pastos y forrajes, producción y manejo. EDICIONES CIENTIFICAS AGUSTIN ALVAREZ A. Cia. Ltda. Sangolquí, Ecuador. pp. 157-188.
25. MITTERMEIER, R.; P. ROBLES y C. GÔTTSCHE - MITTERMEIER; 1997. Megadiversidad. Los Países Biológicamente más Ricos del Mundo. CEMEX S.A. y Agrupación Sierra Madre. México.
26. McDiken, K. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Arlington, VA, US, Winrock Internacional. pp 87.

27. NIETO, C. 1997. Los sistemas de producción agrícola campesina en los Andes del Ecuador. En: E. Mujica Y J. R. Rueda (Editores). La sostenibilidad de los sistemas de producción campesina en los Andes. CONDESAN, Lima Perú, pp 79-130.
28. NIETO, C. C.; RAMOS, V. R.; GALARZA, R. J.; 2005. Sistemas Agroforestales aplicables en la Sierra Ecuatoriana, Resultados de una década de experiencias de campo. INIAP-PROMSA. Editorial NUEVA GERUSALEN. Quito-Ecuador. Boletín técnico N°: 122. pp 9-37.
29. PADILLA, S. 1995. Manejo Agroforestal Andino. Proyecto FAO-Holanda "Desarrollo Forestal Participativo en los Andes". Editorial ISBN. Quito, Ecuador. pp. varias.
30. PALADINES, O., 2002. Especies forrajeras de mayor uso en el Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Central del Ecuador. Quito.
31. PAVON, D., 2003. Agroecología: Una alternativa eficiente para mejorar la calidad de vida. Quito, Ecuador. pp 50.
32. PEZO, D. e IBRAHIM, M. 1998. Sistemas Silvopastoriles. Módulo de Enseñanza Agroforestal N°. 2. Turrialva – Costa Rica. pp. 4-15.

33. PRADO, L. y VALDEBENITO, H.; 2000. Contribución a la fenología de especies forestales nativas de Bolivia y Ecuador. Intercooperación. Quito, Ecuador. pp. 41-45, 137-141.
34. RAMOS, R., 2003. Fraccionamiento del carbono orgánico del suelo en tres tipos de uso de la tierra en fincas ganaderas de San Miguel de Barranca Puntarenas – Costa Rica. Tesis MAGISTER SCIENTIAE. CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp. 1-20.
35. RUIZ, A. 2002. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y competitividad económica en Mantiguás, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. pp 106.
36. SOUTHGATE, D., M. WITAKER y F. ORTIZ. 1994. Desarrollo del medio ambiente: Crisis políticas en Ecuador. Editorial IDEA. Quito, Ecuador. pp 188.
37. SIFCOSEFNA, s/f. Calendario fenológico, recolección de semillas y frutos. Edit. CEPROMA FRN. Revista. Riobamba, Ecuador. pp. 9-28.
38. SILVA, M., 2003. Implementación y manejo de cortinas rompevientos utilizando aliso y mora en praderas de La Libertad provincia del Carchi. Tesis de grado de ingeniería forestal. Ibarra, Ecuador. pp 4-50.

39. TAYLOR, R., 2003. ¿Cómo medir la diversidad de aves presentes en los sistemas agroforestales? en *Agroforestería de los Andes*. Vol. 10 N°: 39-40. pp. 117-121.
40. TORQUEBIAU, E. 1992. Are tropical agroforestry home gardens sustainable? *Agri. Ecosystem environ.* 41: 189 – 2007.
41. VOGAL, A., 1999. Conservar y producir cuidar el suelo para una agricultura sostenible. Impresión ImpreFEPP. Riobamba, Ecuador. pp. 72-81.
42. WITAKER, M. D., 1996, Evaluación de las reformas a las políticas agrícolas en el Ecuador: La base científica agrícola. Editorial: IDEA. Quito, Ecuador. pp 183. 233. (Estudios detallados, Volumen II).