

**EVALUACIÓN DE TRES SISTEMAS SILVOPASTORILES PARA LA GESTIÓN  
SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA MICROCUENCA DEL  
RÍO CHIMBORAZO.**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO**

**JOSE JAVIER GONZALEZ PONCE**

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONOMICA**

**RIOBAMBA- ECUADOR**

**2009**

## **HOJA DE CERTIFICACIÓN**

El tribunal de Tesis **CERTIFICA QUE:** El trabajo de investigación titulado: **“EVALUACIÓN DE TRES SISTEMAS SILVOPASTORILES PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIMBORAZO”** de responsabilidad del Sr. Egresado **José Javier González Ponce**, ha sido prolijamente revisado quedando autorizada su presentación.

### **TRIBUNAL DE TESIS**

**Ing. Eduardo Cevallos**

---

**DIRECTOR**

**Ing. Sonia Rosero**

---

**MIEMBRO**

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**

**ESCUELA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

**Riobamba - Ecuador**



## **AGRADECIMIENTO**

Al Programa Nacional de Forestería (PNF) del INIAP, acertadamente dirigido por el Dr. Jorge Grijalva, por la oportunidad y confianza brindadas, al Ing. Pedro Llangarí, responsable de la Unidad Técnica INIAP - Chimborazo, por su incondicional apoyo y sincera amistad, al Ing. Raúl Ramos, por su colaboración en busca de la excelencia académica, al Ing. José Riofrío y al personal técnico del PNF, por ser un excelente equipo de trabajo.

A todo el personal de la familia llamada Unidad Técnica INIAP - Chimborazo, con quienes es grato compartir el trabajo y donde se evidencia la sensibilidad y el compromiso en busca de mejores condiciones de vida para la gente más pobre de la provincia.

Al apoyo financiero de la SENACYT.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, en particular al Ing. Eduardo Cevallos e Ing. Sonia Rosero, por su valioso aporte a esta investigación.

En forma especial a los compañeros Antonio Ati y Andrés Telenchano, por su inmejorable contribución en la fase de campo de este trabajo.

## **DEDICATORIA**

Al Sr. Segundo Ponce Herrera<sup>†</sup>, a mi madre y a mi hermano, que son los responsables de mis logros y a quienes sencillamente debo todo.

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	i
LISTA DE CUADROS	ii
LISTA DE GRÁFICOS	vi
LISTA DE FOTOS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE ANEXOS	x

<b>CAP.</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>Pp.</b>
I.	TITULO .....	1
II.	INTRODUCCIÓN .....	1
III.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	46
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	64
VI.	CONCLUSIONES .....	111
VII.	RECOMENDACIONES.....	112
VIII.	RESUMEN .....	113
IX.	SUMMARY .....	114
X.	BIBLIOGRAFIA .....	115
XI.	ANEXOS .....	125

**LISTA DE TABLAS**

<b>No.</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>Pp.</b>
2Tabla 1	Clasificación de suelos en la microcuenca del río Chimborazo.	11
Tabla 2	Características de los suelos de las comunidades de UCASAJ-San Juan, pertenecientes a la microcuenca del río Chimborazo.	11
Tabla 3	Principales riesgos naturales y provocados en la zona de la UOCIC.	12
Tabla 4	Uso del suelo (ha) en las comunidades de la parroquia San Juan 1999.	16
Tabla 5	Uso del suelo en la microcuenca del río Chimborazo.	17
Tabla 6	Resumen del conjunto de indicadores y descriptores de sostenibilidad.	44
Tabla 7	Aporte de materia orgánica (MO) a los suelos agrícolas con respecto a su relación C/N.	76

## LISTA DE CUADROS

<b>No.</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>Pp.</b>
Cuadro 1	Cuadrados medios para densidad aparente del suelo ( $\text{g cm}^{-3}$ ), a dos profundidades, e época lluviosa y seca, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	64
Cuadro 2	Variación en la densidad aparente del suelo a dos profundidades, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	64
Cuadro 3	Cuadrados medios para compactación del suelo ( $\text{kgf cm}^{-2}$ ), a dos profundidades, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	66
Cuadro 4	Cambios en la compactación del suelo ( $\text{kgf cm}^{-2}$ ) a dos profundidades en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	66
Cuadro 5	Cuadrados medios para porcentaje de humedad gravimétrica del suelo, a dos profundidades, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	68
Cuadro 6	Porcentaje de humedad gravimétrica del suelo a dos profundidades, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	68
Cuadro 7	Cuadrados medios para contenido de macroelementos en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	70
Cuadro 8	Contenido de macroelementos en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	70
Cuadro 9	Cuadrados medios para contenido de materia orgánica (%) en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	74
Cuadro 10	Cuadrados medios para relación C/N en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	75
Cuadro 11	Cuadrados medios para población de lombrices por metro cuadrado de suelo, explorado a 0,2 m de profundidad, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	77
Cuadro 12	Cuadrados medios para biomasa de lombrices ( $\text{g m}^{-1}$ de suelo) a 0,2 m de profundidad, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	79



Cuadro 13	Cuadrados medios para N° de esporas g <sup>-1</sup> de suelo en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	81
Cuadro 14	Contenido de micorrizas en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	82
Cuadro 15	Ecuaciones de crecimiento en altura para quishuar, colle y yagual en sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo.	85
Cuadro 16	Ecuaciones de crecimiento en diámetro para quishuar, colle y yagual en sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo.	86
Cuadro 17	Cuadrados medios para rendimiento de materia seca de pastos (kg ha <sup>-1</sup> corte <sup>-1</sup> ), en dos épocas del año, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	90
Cuadro 18	Rendimiento de materia seca de pastos (kg ha <sup>-1</sup> corte <sup>-1</sup> ), en dos épocas del año, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	91
Cuadro 19	Cuadrados medios para materia seca, proteína cruda y fibra cruda de pastos, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	92
Cuadro 20	Datos promedio de materia seca, proteína cruda y fibra cruda de pastos, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	93
Cuadro 21	Cuadrados medios para producción diaria de leche (l día <sup>-1</sup> ), en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan Chimborazo.	94
Cuadro 22	Producción promedio diaria de leche, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan Chimborazo.	94
Cuadro 23	Carbono secuestrado (t ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> ) en la hojarasca de sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo.	97
Cuadro 24	Cuadrados medios para carbono secuestrado (t ha <sup>-1</sup> ) en el suelo de sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	98
Cuadro 25	Carbono secuestrado (t ha <sup>-1</sup> ) en el suelo de sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	98

Cuadro 26	Cuadrados medios para temperatura ambiental (°C), en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan Chimborazo.	100
Cuadro 27	Variación de la temperatura ambiental (°C) en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	101
Cuadro 28	Biodiversidad de aves existentes en sistemas silvopastoriles con quishuar, colle y yagual. San Juan, Chimborazo.	103
Cuadro 29	Mano de obra (jornales ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> ), empleada en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	105
Cuadro 30	Uso del conocimiento tradicional acerca de las especies leñosas nativas establecidas en sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo.	107
Cuadro 31	Cantidad de insumos internos y externos utilizados en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	108
Cuadro 32	Valor de la producción en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	109
Cuadro 33	Ingresos netos anuales en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	110
Cuadro 34	Contenido de macro y micro nutrientes en el suelo de sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan Chimborazo 2008.	129
Cuadro 35	pH por repetición, en el suelo de sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo 2008.	131
Cuadro 36	Resultados del análisis micorrízico por repetición en suelo y raíces de sistemas silvopastoriles y pradera natural.	132
Cuadro 37	Cambios en altura (m) de las especies leñosas quishuar, colle y yagual, establecidas en sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo 2002-2008.	133
Cuadro 38	Cambios en diámetro (cm) de las especies leñosas quishuar, colle y yagual, establecidas en sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo 2002-2008.	133
Cuadro 39	Composición botánica de pradera natural a campo abierto. San Juan, Chimborazo 2008.	134

Cuadro 40	Composición botánica de pastura mixta en sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo 2008.	134
Cuadro 41	Análisis proximal, de calcio, fósforo, energía bruta y metabolizable de pastos en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	135
Cuadro 42	Contenido de carbono en componentes de yagual, quishuar y colle. San Juan, Chimborazo 2008.	135
Cuadro 43	Contenido de carbono en el componente herbáceo de sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo.	136
Cuadro 44	Estimación de mano de obra necesaria para el pastoreo de animales en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	137
Cuadro 45	Biomasa de pastos (kg MS ha <sup>-1</sup> ) por repetición. San Juan, Chimborazo.	138
Cuadro 46	Estimación del rendimiento de pastos (MS ha <sup>-1</sup> ) por año.	138
Cuadro 47	Producción promedio diaria de leche (l) y estimación de producción por año.	138
Cuadro 48	Características de la vaca utilizada para la evaluación (antes del primer pastoreo). San Juan, Chimborazo 2008.	139
Cuadro 49	Consumo estimado de forraje (kg M.S. ha <sup>-1</sup> ).	139
Cuadro 50	Carga animal en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	140
Cuadro 51	Producción de leche (ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> ) e ingresos brutos del rubro leche.	140
Cuadro 52	Costos de producción por hectárea por año en SSPs y PN.	141
Cuadro 53	Ingresos netos en sistema silvopastoril con quishuar, colle y yagual. San Juan, Chimborazo. 2002 – 2008.	142

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>No.</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>Pp.</b>
Gráfico 1	Precipitación promedio mensual en la microcuenca del río Chimborazo (1963 - 2006).	12
Gráfico 2	Estado situacional del páramo en la UOCIC 2006.	18
Gráfico 3	Porcentaje de humedad gravimétrica del suelo de 0 a 20 cm de profundidad en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	69
Gráfico 4	Contenido de nitrógeno total (%), en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	71
Gráfico 5	Contenido de fósforo asimilable (ppm), en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	72
Gráfico 6	Contenido de potasio (meq 100 ml <sup>-1</sup> ), en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	73
Gráfico 7	Contenido de materia orgánica (%), en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	74
Gráfico 8	Relación carbono - nitrógeno, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	76
Gráfico 9	Número de lombrices por metro cuadrado de suelo, explorado a 0,2 m de profundidad, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	78
Gráfico 10	Biomasa de lombrices (g m <sup>-1</sup> de suelo) a 0,2 m de profundidad, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	80
Gráfico 11	Curva de crecimiento ajustada del componente leñoso de los sistemas silvopastoriles instalados en San Juan, Chimborazo.	84
Gráfico 12	Curva de crecimiento en diámetro ajustada del componente leñoso de los sistemas silvopastoriles instalados en San Juan, Chimborazo.	85
Gráfico 13	Biomasa aérea (kg ha <sup>-1</sup> ) del componente leñoso de sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo.	87
Gráfico 14	Biomasa de hojarasca caída por año, en sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo.	88

Gráfico 15	Cantidad de leña recolectada en un aprovechamiento por año, en sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo.	89
Gráfico 16	Carbono secuestrado ( $t\ ha^{-1}$ ) en el componente leñoso de sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo.	96
Gráfico 17	Carbono secuestrado ( $t\ ha^{-1}$ ) por todos los componentes de sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	99
Gráfico 18	pH en el suelo de sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	131
Gráfico 19	Variación de la temperatura ambiental ( $^{\circ}C$ ), considerando la zona de termoneutralidad en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.	136

## LISTA DE FOTOS

<b>No.</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>Pp.</b>
Foto 1	Quishuar <i>Buddleja incana</i> H.B.K.	30
Foto 2	Colle <i>Buddleja coriaceae</i> Remy.	31
Foto 3	Yagual <i>Polylepis racemosa</i> Hier.	32
Foto 4	Colonización micorrizica (categoría 3) en SSP con yagual. Lente 40X.	83
Foto 5	<i>Entrophospora sp.</i> Encontrada en SSPs Lente 100X.	83
Foto 6	<i>Acaulospora sp.</i> Encontrada en SSPs Lente 100X.	83
Foto 7	<i>Glomus sp.</i> Encontrada en SSPs Lente 100X.	83
Foto 8	Evaluación de biomasa aérea del componente leñoso de sistemas silvopastoriles. San Juan Chimborazo.	87
Foto 9	Hojarasca en sistema silvopastoril con quishuar. San Juan Chimborazo.	89
Foto 10	Vacas pastoreando en sistema silvopastoril con yagual. San Juan Chimborazo.	95
Foto 11	Medición de temperatura ambiental en sistemas silvopastoriles. San Juan Chimborazo.	102
Foto12	Buho orejicorto ( <i>Asio flammeus</i> ).	104
Foto 13	Colibrí rayito brillante ( <i>Aglaeactis cupripennis</i> ).	104
Foto 14	Gorrión ( <i>Zonotrichia capensis</i> ).	104
Foto 15	Jilguero encapuchado ( <i>Carduelis magellanica</i> ).	104
Foto 16	Mirlo ( <i>Turdus fuscater</i> ).	104
Foto 17	Hornero andino ( <i>Cinclodes exelsior</i> ).	104

**LISTA DE FIGURAS**

<b>No.</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>Pp.</b>
Figura 1	Ubicación de la granja de UCASAJ en la microcuenca del río Chimborazo.	46
Figura 2	Método indirecto (clinómetro) para estimar altura de leñosas.	54
Figura 3	Esquema de componentes almacenadores de carbono en sistemas silvopastoriles.	61

2

2

## LISTA DE ANEXOS

<b>No.</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>Pp.</b>
ANEXO 1	Mapa de uso del suelo en la microcuenca del río Chimborazo.	125
ANEXO 2	Croquis del ensayo.	126
ANEXO 3	Diagrama de muestreo de suelos y pastos.	127
ANEXO 4	Diagrama de muestreo de lombrices.	128
ANEXO 5	Contenido de macro y micro nutrientes de suelos.	129
A2NEXO 6	Procedimiento en laboratorio para identificación de endomicorrizas.	130
ANEXO 7	pH en el suelo.	131
ANEXO 8	Porcentaje de colonización endomicorrízica, de acuerdo a categorías y densidad visual de micorrizas arbusculares.	132
ANEXO 9	Crecimiento anual de especies leñosas quishuar, colle y yagual.	133
ANEXO 10	Composición botánica de sistemas silvopastoriles y pradera natural.	134
ANEXO 11	Análisis bromatológico de pastos.	135
ANEXO 12	Contenido de carbono en el componente leñoso de yagual, quishuar y colle.	135
ANEXO 13	Carbono en el componente herbáceo.	136
ANEXO 14	Temperatura ambiental en sistemas silvopastoriles y pradera natural.	136
ANEXO 15	Estimación de mano de obra necesaria para el manejo de animales.	137
ANEXO 16	Cuestionario para determinación del conocimiento tradicional.	137
ANEXO 17	Cálculo de beneficios brutos provenientes del rubro leche.	138
ANEXO 18	Costos de producción.	141
ANEXO 19	Beneficios netos del sistema silvopastoril desde su establecimiento.	142



# **I. EVALUACIÓN DE TRES SISTEMAS SILVOPASTORILES PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIMBORAZO.**

## **II. INTRODUCCIÓN**

En el país, las cifras del INEC (2004) revelan un problema de pobreza generalizado, la indigencia alcanza al 54% de la población rural y al 32% de la población total nacional. Tal panorama muestra la apremiante necesidad de priorizar múltiples acciones en diferente escala, incluyendo reformas en la estructura del país y búsqueda de mejores índices productivos. La investigación agrícola está llamada a jugar un rol crítico para solucionar problemas complejos asociados a esos nuevos desafíos.

Muchos problemas de las zonas alto andinas se relacionan con políticas que tienden a concentrar inversiones, ayuda externa y servicios públicos en áreas urbanas o en sistemas de agricultura intensiva bajo riego. Sin embargo, esas políticas han provocado altos índices de migración en busca de nuevas oportunidades y una mejor calidad de vida de la población.

Varios estudios realizados en la ecorregión alto andina, muestran que la población campesina que allí habita, cultiva escasamente cereales y papas para autoconsumo y en menor escala cebolla, zanahoria y ajo para venta, estos cultivos promueven la expansión agrícola. En adición, se evidencia la conversión de agricultura a ganadería cuyas prácticas tradicionales no sostenibles destruyen la vegetación natural y degradan los recursos naturales, en consecuencia, se obtienen bajos índices productivos e incremento de la pobreza rural.

La Agroforestería ha sido reconocida como una alternativa productiva promisoriosa para resolver problemas relacionadas con el uso de la tierra en zonas frágiles, y en particular los sistemas silvopastoriles, que pueden generar bienes mediante la producción de leche/carne derivada del componente forrajero, leña de los árboles y arbustos, protección del suelo contra la erosión y mejoramiento de la fertilidad, un microclima para los animales, que les

representa un ahorro energético, e incluso son capaces de generar excedentes por la venta de plántulas de árboles, captura de carbono entre otros beneficios.

En este contexto, el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), a través del Programa Nacional de Forestería (PNF), ha desarrollado varios proyectos con enfoque en el manejo sostenible de los recursos naturales, uno de ellos; el proyecto colaborativo INIAP/PROMSA IQ-CV-074 “*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*”, con la contribución del Gobierno Provincial del Carchi (GPC) y la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), encontrándose importantes resultados en la búsqueda de opciones orientadas al uso sostenible de la tierra, que contribuyen al alivio de la pobreza y la conservación de los recursos naturales de la ecorregión andina, particularmente el suelo, el agua y la biodiversidad.

En el presente trabajo, desarrollado con la supervisión del Programa Nacional de Forestería (PNF) y con el financiamiento de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), se evaluaron tres sistemas silvopastoriles (SSPs) establecidos hace siete años en la granja de la Unión de Organizaciones Campesinas de San Juan (UCASAJ), compuestos por la asociación de las leñosas nativas quishuar (*Buddleja incana* H.B.K.), colle (*Buddleja coriaceae* Remy.) y yagual (*Polylepis racemosa* Hier.), con una pastura mixta del tipo rye grass italiano (*Lolium multiflorum*), rye grass inglés (*Lolium perenne* L), pasto azul (*Dactylis glomerata* L) y trébol blanco (*Trifolium repens* L), comparados con una pradera natural (PN) a base de holco (*Holcus lanatus*), grama (*Paspalum* sp), diente de león (*Taraxacum officinale*), lengua de vaca (*Rumex crispus* L.), para el efecto, se utilizaron un conjunto de indicadores y descriptores de sostenibilidad señalados por varios autores. El propósito de esta investigación es contribuir con la construcción de verdaderas alternativas sostenibles orientadas a la solución de necesidades productivas de los hogares campesinos y promover la conservación de los recursos naturales de la microcuenca del río Chimborazo y de la ecorregión alto andina.

## **A. JUSTIFICACIÓN**

La carencia de metodologías apropiadas para la evaluación de sistemas agroforestales tradicionales y otros que pueden considerarse como sistemas mejorados, han impedido apreciar los reales méritos de la agroforestería. Los atributos básicos de todo sistema agroforestal son: la productividad, sostenibilidad y adaptabilidad; por tanto, la presente investigación se realizó en base de esos atributos y se adoptó una metodología de evaluación.

Con esta investigación, se consolidó la información generada durante siete años consecutivos por el Programa Nacional de Forestería (PNF) del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), con el fin de obtener referencias útiles para la difusión de esta tecnología que apoye al manejo sostenible de los recursos naturales de la microcuenca del río Chimborazo y contribuya en el mejoramiento de las condiciones de vida de la población.

## **B. OBJETIVOS**

### **1. Objetivo general**

Evaluar tres sistemas silvopastoriles establecidos con las especies leñosas nativas de uso múltiple; quishuar (*Buddleja incana* H.B.K.), colle (*Buddleja coriaceae* Remy.) y yagual (*Polylepis racemosa* Hier.), como alternativa para la gestión sostenible de los recursos naturales de la microcuenca del río Chimborazo.

### **2. Objetivos específicos**

- a. Evaluar el efecto de tres sistemas silvopastoriles establecidos en la granja de la Unión de Organizaciones Campesinas de San Juan (UCASAJ), sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

- b. Evaluar el desempeño de los componentes: leñoso, herbáceo y animal de los sistemas silvopastoriles en estudio.
- c. Determinar el potencial de los sistemas silvopastoriles para proporcionar beneficios como captura de carbono, energía de biomasa, regulación del microclima (temperatura) y hábitat de vida silvestre.
- d. Realizar un análisis socioeconómico de las alternativas silvopastoriles en estudio.

### **III. REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **A. CUENCA HIDROGRÁFICA**

##### **1. La cuenca hidrográfica**

Segovia (2005) manifiesta que, una cuenca hidrográfica es el área drenada por un río troncal y sus afluentes o área de desagüe que alimenta a una red fluvial y cuyos escombros del intemperismo son transportados en los segmentos de dicha red hasta llegar a algún sitio de depósito. El mismo autor señala que una subcuenca o microcuenca, es un área dentro de una cuenca drenada por un segmento o grupo de segmentos de la red fluvial, limitada de subcuencas por divisorias que corren sobre inter-fluvios que los separan de los mismos. Los denominados interfluvios son áreas de terreno libre entre dos segmentos vecinos.

El CODERECH (Consejo de Desarrollo Regional de Chimborazo) (2005), define a una cuenca hidrográfica como una unidad territorial de drenaje en la cual escurren las aguas a un colector que llega al mar; sus límites son las líneas de cumbre de las montañas. Contiene los recursos naturales renovables en continua interacción: agua, suelo, vegetación y fauna. En esta unidad territorial de drenaje, el recurso más importante es la población, que vive sobre la base del uso productivo de los recursos naturales; y, estos requieren de su conservación y buen manejo para la sostenibilidad de sus actividades.

Jiménez (2007) señala que desde el punto de vista geofísico, la cuenca hidrográfica se define como una unidad natural, cuyos límites físicos son definidos por la divisoria superficial de las aguas, también conocida como "parteaguas", que ante la ocurrencia de precipitaciones y la existencia de flujos o caudales base, permite configurar una red de drenaje superficial que canaliza las aguas hacia otro río, al mar, o a otros cuerpos de agua, como los lagos y embalses artificiales y naturales, desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión en la zona de menor altitud. Sin embargo, el concepto integral (biofísico y socioeconómico) de cuenca hidrográfica es mucho más complejo y se refiere a la unidad de gestión territorial definida fundamentalmente por la red de drenaje superficial, en la cual interacciona biofísica y socioeconómicamente el ser humano los recursos

naturales, los ecosistemas y el ambiente, con el agua como recurso que une e integra sistémicamente la cuenca.

Según Segovia (2005), el conocimiento de las características climatológicas de una cuenca es previo a cualquier estudio hidrológico, los factores más importantes a considerar son:

- a. Tipo de precipitación (parte caída en forma de nieve)
- b. Intensidad de la precipitación
- c. Duración de la precipitación
- d. Precipitación media sobre la cuenca
- e. Estudios de área-precipitación-duración
- f. Precipitaciones máximas.
- g. Evaporación y evapotranspiración.

En la enciclopedia Wikipedia (2007), se considera que existen tres tipos de cuencas hidrográficas:

- **Exorreicas:** avanan sus aguas al mar o al océano. Un ejemplo es la cuenca del Plata, en Sudamérica.
- **Endorreicas:** desembocan en lagos o lagunas, siempre dentro del continente. Por ejemplo, la cuenca del río Desaguadero, en Bolivia.
- **Arreicas:** las aguas se evaporan o se filtran en el terreno. Los arroyos, aguadas y cañadones de la meseta central patagónica pertenecen a este tipo, ya que no desaguan en ningún río u otro cuerpo hidrográfico de importancia.

Segovia (2005) expresa que deben quedar marcados el sitio de origen de los afluentes o quebradas, que sirven de afluentes tributarios al río en estudio y limitar el área de la cuenca hasta el sitio donde tenga interés el estudio propuesto.

Se debe contar con el plano cartográfico de todos los afluentes que influyan en la variación del caudal principal. Si se dispone de estaciones pluviométricas deben quedar indicadas claramente su localización, para efectos de poder realizar evaluaciones de las áreas drenadas, como también las estaciones medidoras de caudal (Segovia 2005).

## 2. Importancia de las cuencas hidrográficas

Según Segovia (2005), las cuencas hidrográficas son algo más que sólo áreas de desagüe en o alrededor de nuestras ciudades o comunidades. Son necesarias para dar apoyo al hábitat para plantas y animales, y proporcionan agua de consumo y de riego, para las personas y la vida silvestre. También nos proporcionan la oportunidad para divertirnos y disfrutar de la naturaleza.

La cuenca hidrográfica debe ser la unidad básica para la planificación y administración del agua. Así, la gestión del agua por cuencas hidrográficas es una exigencia de la estructura del ciclo hidrológico que determina el carácter renovable del recurso y su condición de bien físicamente dinámico (Segovia 2005).

## 3. Características de la cuenca hidrográfica

En la enciclopedia Wikipedia (2007), se menciona que las principales características de una cuenca hidrográfica son:

- **La curva cota–superficie:** esta característica da una indicación del potencial hidroeléctrico de la cuenca.
- **El coeficiente de forma:** da indicaciones preliminares de la onda de avenida que es capaz de generar.
- **El coeficiente de ramificación:** también da indicaciones preliminares respecto al tipo de onda de avenida.

## 4. Elementos de la cuenca

En una cuenca se identifican los siguientes elementos:

**a. El río principal**

El río principal actúa como el único colector de las aguas. A menudo la elección del río principal es arbitraria, pues se pueden seguir distintos criterios para su elección (el curso fluvial más largo, el de mayor caudal medio, el de mayor caudal máximo, el de mayor superficie de cuenca, etc). El río principal tiene un curso, que es la distancia entre su nacimiento y su desembocadura (Enciclopedia Wikipedia 2007).

**b. Los afluentes**

Son los ríos secundarios que desaguan en el río principal. Cada afluente tiene su respectiva cuenca, denominada sub-cuenca (Enciclopedia Wikipedia 2007).

**c. El *divortium acuarum***

El *divortium acuarum* o línea de las altas cumbres, que separa a las cuencas vecinas. Es la divisoria de aguas, utilizada como límite entre dos espacios geográficos (Enciclopedia Wikipedia 2007).

**d. El relieve de la cuenca**

El relieve de la cuenca es variado. Está formado por las montañas y sus flancos; por las quebradas, valles y mesetas (Enciclopedia Wikipedia 2007).

**e. Las obras humanas**

Las obras construidas por el hombre, también denominadas intervenciones andrógenas, que se observan en la cuenca suelen ser viviendas, ciudades, campos de cultivo, obras para riego y energía y vías de comunicación. El factor humano es siempre el causante de muchos desastres dentro de la cuenca, ya que se sobreexplota la cuenca quitándole recursos o “desnudándola” de vegetación y trayendo inundaciones en las partes bajas (Enciclopedia Wikipedia 2007).



## **5. Partes de una cuenca hidrográfica**

### **a. Cuenca alta**

Es la parte de la cuenca hidrográfica en la cual predomina el fenómeno de la socavación. Es decir que hay transportación de material terreo hacia las partes bajas de la cuenca, visiblemente se ven trazas de erosión (Enciclopedia Wikipedia 2007).

### **b. Cuenca media**

Es la parte de la cuenca hidrográfica en la cual mediamente hay un equilibrio entre el material sólido que llega traído por la corriente y el material que sale. Visiblemente no hay erosión (Enciclopedia Wikipedia 2007).

### **c. Cuenca baja**

Es la parte de la cuenca hidrográfica en la cual el material extraído de la parte alta se deposita (Enciclopedia Wikipedia 2007).

## **6. Manejo de cuencas hidrográficas**

Jiménez (2007), señala que es el conjunto de acciones que se realizan para utilizar, manejar, rehabilitar, proteger y conservar los recursos naturales en las cuencas hidrográficas de acuerdo a los enfoques sistémico, socioambiental, integral y del agua como recurso integrador de la cuenca. Promueve y busca la sostenibilidad ecológica, social y económica de los recursos naturales y el ambiente en el contexto de la intervención humana, sus necesidades y responsabilidades y del riesgo y la ocurrencia de desastres, principalmente de origen hidrometeorológico.

Este proceso provee la oportunidad de tener un balance entre los diferentes usos que se le pueden dar a los recursos naturales y los impactos que éstos tienen en su sostenibilidad.

Implica la interacción de los recursos naturales y la población de la cuenca, de ahí que se requiera la aplicación de las ciencias sociales y naturales. Conlleva la visión integral, ínter y multidisciplinaria, la participación de la población, y por lo tanto, implica el desarrollo de capacidades locales que faciliten la participación real y plena de todos los actores (Jiménez 2007).

Jiménez (2007), indica que actualmente se considera de gran relevancia en la gestión y manejo de cuencas, la acción-investigación, basada en alianzas de aprendizaje, caracterizada porque la acción se acompaña de un proceso de sistematización y análisis que permita generar conocimientos aplicados (investigación). Con ello se producen aprendizajes para mejorar la efectividad de las acciones subsiguientes.

El mismo autor acota que la acción-investigación es particularmente relevante, cuando la realidad es compleja y con muchas incógnitas como ocurre en las cuencas. En tal situación vale actuar en forma experimental para generar mayor conocimiento sobre la realidad en que se interviene y así actuar con mayor efectividad para alcanzar los objetivos de la intervención. La acción-investigación es muy relevante, hasta imprescindible, cuando un proyecto actúa como proyecto piloto (por ejemplo cuencas modelo o laboratorio) para lograr conocimientos para la replicación en otros ámbitos y escenarios.

## **B. CARACTERÍSTICAS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIMBORAZO**

### **1. Características biofísicas**

A partir del mapa de taxonomía de suelos realizado por el PRONAREG (1984), en general los suelos dentro de la microcuenca de río Chimborazo se dividen en 6 órdenes y cinco tipos principales.

Tabla 1. Clasificación de suelos en la microcuenca del río Chimborazo.

Orden	Extensión (ha)	Porcentaje (%)
Entisol	625	5,0
Inceptisol	8410	67,3
Mollisol	8	0,1
Nieve y hielo	925	7,4
Eriales o afloramientos rocosos	2522	20,2
<b>TOTAL</b>	<b>12491</b>	<b>100,0</b>

Fuente: PRONAREG (1984).

Elaboración: Diagnóstico INIAP – PNF (2009)

Tabla 2. Características de los suelos de las comunidades de UCASAJ-San Juan, pertenecientes a la microcuenca del río Chimborazo.

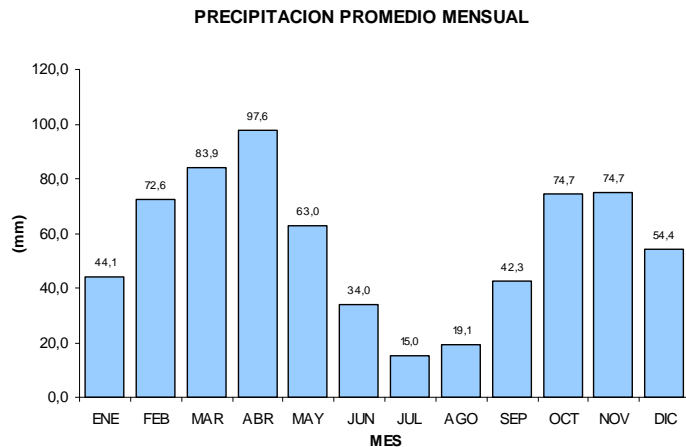
Comunidades	Textura	pH	Materia Orgánica
Gallo Rumi, Pungul Pasguaso	Franco-Limoso o arenoso, fino, negro	Ligeramente Ácido	Medio
Pisicaz, Rumipamba, Calera, Shobolpamba	Arenoso con limo y arcilla	Neutro	Bajo
Arcaloma, Guabug, Rumipamba	Arenoso fino, limoso Color negro pardo oscuro	Neutro	Bajo
Chimborazo, La Delicia Guabug, Santa Isabel Llinllin, <b>Granja de UCASAJ</b>	Negro limoso	Práct. Neutro	Alto

Fuente: PRONAREG (1984).

Elaboración: Diagnóstico INIAP – PNF (2009)

Estudios del Programa de las Naciones para el Medio Ambiente citados en el Diagnóstico INIAP – PNF (2009), estiman que para suelos de topografía y pendientes similares a las que tiene el sector de San Juan, se pierden más de 80 TM ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de suelo, debido al agua (erosión hídrica) y por efecto del viento (erosión eólica).

La precipitación promedio anual es de 660,9 mm (INAMHI, Estación pluviométrica, San Juan – Chimborazo, 1963-2006), temperatura promedio de 10 °C, humedad relativa 70 %. Los meses lluviosos van de octubre a mayo y los meses secos se prolongan de Junio a Septiembre. El riesgo de helada es más acentuado durante la época de menor lluvia que coincide con julio y agosto, aunque se ha reportado la presencia de heladas entre noviembre y enero (Diagnóstico Participativo Comunitario del PDA – UOCIC 2006).



*Fuente: Estación pluviométrica, San Juan – Chimborazo, 1963-2006.  
Elaboración: Diagnóstico INIAP – PNF (2009)*

Gráfico 1. Precipitación promedio mensual en la microcuenca del río Chimborazo (1963-2006).

Según el Diagnóstico Participativo Comunitario del Programa de Desarrollo de Área – Unión de Organizaciones Campesinas Indígenas Interculturales Chimborazo Rey de los Andes (PDA-UOCIC) (2006), las bajas temperaturas son el principal riesgo natural, que sufren las diferentes comunidades de la parroquia San Juan.

Tabla 3. Principales riesgos naturales y provocados en la zona de la UOCIC.

COMUNIDADES	CLIMÁTICAS				PROVOCADOS		
	Heladas	Plagas	Lancha	Alta humedad	Quema paja	Tala de bosques	Derrumbes
Ballagán	x		x		x	x	x
Shobol Llinllín					x	x	x
Pisicaz		x		x			
Calera Grande	x		x	x	x	x	
Chancahuan		x				x	x
Rumicruz						x	
Chimborazo		x			x		
Sanja Pamba		x			x	x	
Pulinguí	x	x		x		x	
Calerita Santa Rosa	x	x		x			x

*Fuente: Diagnóstico en las comunidades de la UOCIC (2006)  
Elaboración: Diagnóstico en las comunidades de la UOCIC (2006).*

De acuerdo al Plan de Desarrollo Local UCASAJ (1999). Dentro de la microcuenca del río Chimborazo existen 21 fuentes importantes que permiten construir 27 canales de riego, los mismos que riegan 1750 ha, que corresponde al 8,75 % del área total de la parroquia San Juan.

El río Chimborazo cruza de norte a sur la parroquia San Juan, hasta el límite de la llanura de Liribamba. El río nace de los deshielos del Chimborazo y, en su recorrido, recibe las aguas de los ríos Mambuc – Calera, Ballagan y Pasguazo principalmente.

De acuerdo a Holdrige, la microcuenca comprende 2 zonas de vida; Bosque muy húmedo sub alpino montano – bmhSA (Zona alta, 8188 ha), y Bosque húmedo montano – bhM (Zona media y baja, 4303 ha).

## **2. Condiciones socioeconómicas**

La población de la microcuenca del río Chimborazo (MRCH), ubicada en la parroquia San Juan, se autodefine como indígena perteneciente al Pueblo Puruhá, de la Nacionalidad Kichwa del Ecuador. Se definen como tal producto de su historia, sus costumbres y el idioma que hablan, el kichwa. Aunque algunas familias que viven en las comunidades más cercanas a la parroquia de San Juan se autodefinen como mestizas y efectivamente guardan poca relación con las tradiciones y costumbres del resto de la población, las comunidades ubicadas en la MRCH constituyen una unidad sociocultural (González y Bazurco 2006).

La población de la parroquia San Juan es de aproximadamente 7000 personas, con un promedio de 5,2 miembros por cada familia, con porcentajes de población joven de 0-5 años equivalente al 13,3%, 5 – 14 años al 22,3%, 14-23 años al 24,7% y de más de 23 años al 39,7% (Diagnóstico Participativo Comunitario del PDA - UOCIC 2006).

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 conductores; las mujeres se dedican a los quehaceres domésticos, crianza de animales menores y comercio (Grijalva *et al.*, 2002 citado por Gómez 2007).

Las comunidades ubicadas dentro de la MRCH están organizadas principalmente en Comunas o Comunidades, aunque existen otras formas organizativas como los denominados Barrios, y las Cooperativas o Asociaciones, las cuales, si bien no presentan la figura formal de la Comuna están organizadas según la misma lógica y responden por igual a las necesidades y decisiones del colectivo (Grijalva *et al.*, 2009).

Dentro del área de la microcuenca encontramos dos organizaciones de segundo grado constituidas: 1) la Unión de Organizaciones Campesinas de San Juan (UCASAJ), conformada por 28 comunidades que pertenecen a la Parroquia San Juan, se originó en 1974 principalmente por la necesidad de lucha por la tierra durante la Reforma Agraria, posteriormente fue legalizada y reconocida en 1984 y 2) la Federación de Organizaciones Indígenas de la Faldas del Chimborazo (FOCIFCH) conformada por comunidades que pertenecen a las parroquias San Juan y San Andrés, pertenecientes a los cantones Riobamba y Guano respectivamente, federando: 5 comunidades y 5 asociaciones agrícolas de trabajadores, su reconocimiento oficial es desde el año 1998, a partir del establecimiento de la Zona de Reserva de Producción Faunística Chimborazo, que obligó a que las comunidades afectadas negociaran el manejo de los recursos naturales con el Ministerio de Medio Ambiente (Grijalva *et al.*, 2009).

De las 20 comunidades existentes en la MRCH, 16 pertenecen a la organización de segundo grado UCASAJ y 4 a la FOCIFCH. Las comunidades pertenecientes a UCASAJ están distribuidas en la zona media y baja, mientras las restantes 4 comunidades que forman parte de la FOCIFCH, se encuentran en la zona media y alta (Grijalva *et al.*, 2009).

La gran parte de productores tiene título de propiedad de sus tierras propias. Muy pocos agricultores usan tierras prestadas y/o al partir. Los productores poseen su vivienda propia, pero no cuentan con servicio de alcantarillado, poseen casa comunal, capilla católica, templo evangélico, canchas deportivas, luz eléctrica, centro de salud, agua entubada para

consumo humano, letrización y centros de acopio, para los productos agrícolas (Grijalva *et al.*, 2009).

En las comunidades existen dos mecanismos fundamentales para el acceso y uso de la tierra, en tanto el principal medio de producción son las formas familiares y las formas comunitarias. La tenencia de la tierra, se ha visto influenciada por la situación socioeconómica, la evolución demográfica y movimientos migratorios; a tal punto que se ha incrementado la parcelación de la tierra en las comunidades, aumentando así el porcentaje de las familias que poseen propiedades de menos de 2 hectáreas; esta situación se ve influenciada también por la ubicación agroecológica de las UPA's, dando como resultado que en la zona baja prevalecen las UPA's de 0 a 0,1 hectáreas, en la zona media UPA's de 1,0 a 2,0 hectáreas, y en la zona alta UPA's de más de 2 hectáreas. La propiedad comunal es una forma de manejo colectivo de terrenos, que involucra fundamentalmente a las zonas más altas del páramo, destinados al pastoreo de vacunos criollos, ovejas y camélidos andinos, el aprovechamiento de estos recursos está normado por el colectivo de tal manera que se busca garantizar su sostenibilidad (González y Bazurco 2006; Diagnóstico Participativo Comunitario del PDA – UOCIC 2006).

Las principales fuentes de ingresos son: la ganadería que corresponde en promedio al 55% del total de ingresos, seguido por la agricultura con un 12%, y el 33% corresponde a la actividad no agropecuaria como resultado de la migración temporal o permanente. La producción de papa, habas y cebada se destinada a la seguridad alimentaria principalmente, y los excedentes son comercializados en los mercados locales San Alfonso, La Condamine, Santa Rosa, Plaza Dávalos en Riobamba, enfrentándose a la problemática de cadenas de comercialización de productos agropecuarios y mecanismos de determinación de precios en los mercados internos (Diagnóstico Participativo Comunitario del PDA – UPCIC 2006; Grijalva *et al.*, 2009).

### **3. El uso de la tierra**

En la zona de San Juan, sobre terrenos de moderada inclinación se encuentra un verdadero mosaico de pequeños campos cultivados, con cultivos transitorios como la papa,

zanahoria, cebada, haba, melloco y en ellos se ven pueblos comunidades y viviendas aisladas de la población indígena. Sobre los terrenos más inclinados, la ganadería es la principal actividad, en menor escala se encuentra cultivos. La hierba y los pastizales invaden rápidamente los campos en descanso, lo cual es aprovechado por el ganado. Existen aún extensiones considerables que pertenecen a grandes haciendas particulares. (PDL UCASAJ 1999).

Actualmente existen pocas tierras en sistema de propiedad comunal, donde se cultiva solo una parte de su superficie y el resto se encuentra en descanso o barbecho. Existen áreas considerables de páramos y casi nada de montes o bosques naturales. Se tiene poca área forestal en todas las comunidades. (Tabla 4, Anexo 1). (PDL UCASAJ 1999).

Tabla 4. Uso del suelo (ha) en las comunidades de la parroquia San Juan 1999.

<b>Comunidad</b>	<b>Cultivos</b>	<b>Pastos</b>	<b>Forestal</b>	<b>Descanso</b>	<b>Páramos</b>	<b>Total</b>
Chimborazo	260	100	16	10	648	1034
Guadalupe	210	8	3,5	20	58,5	301,5
Sta Isabel	150	10	5	35	50	238
Pasguazo	130	15	30	15	1227	1417
Chaupi Pomalo	120	26	5	10	30	191
Pisicaz	160	6	1	7	-	174
Shobol Llinllín	130	40	6	8	56,3	240,3
Ballagán	65	10	3	5	75.5	158,5
Larca Loma	14,5	6	2	4.5	10	37
Guabug	240	50	10	19	940	1264
Gallo Rumi	235	28	180	10	978,5	1431,5
Calerita Baja	16	2,5	2.5	1,5	-	22,5
Alerita Sta rosa	28	5	5	4	35	77
Pungul	125	40	150	15	1012,5	1342
Calera Shobolpamba	20	15	2	8	-	45
La Delicia	160	20	14	40	40	274
Rumi Pamba	22	10	10	5	-	47
<b>TOTAL</b>	<b>2085,5</b>	<b>391,5</b>	<b>451,5</b>	<b>217</b>	<b>5151,3</b>	<b>8296,8</b>

Fuente: PDL, UCASAJ (1999).

Elaboración: PDL, UCASAJ (1999).



Tabla 5. Uso del suelo en la microcuenca del río Chimborazo.

Uso	Porcentaje
Casquete Glaciar	1,49
Centro Poblado	0,10
Cultivos ciclo corto piso frío	6,88
Cultivos ciclo corto piso frío / pastizales plantados	4,01
Cultivos ciclo corto piso frío / vegetación herbácea abierta	6,49
Eriales	0,65
Pastizales naturales	0,13
Pastizales naturales / cultivos ciclo corto piso frío	2,74
Pastizales naturales y plantados /matorral de altura	0,21
Pastizales plantados	3,37
Pastizales plantados / Cultivos ciclo corto piso frío	4,18
Pastizales plantados y naturales	0,57
Silvicultura	1,46
Sin vegetación	23,31
Vegetación arbustiva cerrada seca	0,14
Vegetación herbácea de altura (páramo)	42,19
Vegetación herbácea de altura (páramo) muy intervenida	1,04
Vegetación herbácea de altura intervenida	1,05

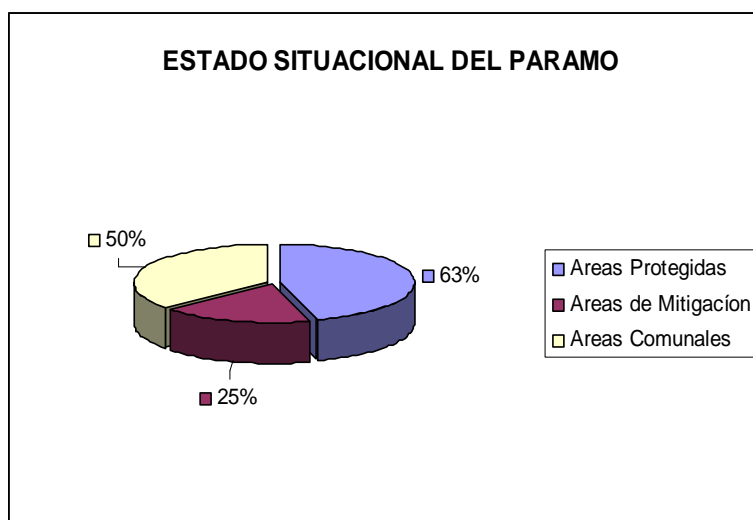
Fuente: VVOB – PLANTEL (2005) citado en el Diagnóstico INIAP – PNF (2009) (Anexo 1).

Elaboración: Diagnóstico INIAP – PNF (2009).

De acuerdo al Diagnóstico Participativo Comunitario del PDA-UOCIC (2006), es evidente que en los últimos 10 años principalmente en la Parroquia de San Juan, se han venido dando algunos cambios en el tema de Manejo y Conservación de los Recursos Naturales, especialmente en el recurso suelo, del 33% de suelos usados en la agricultura, solamente un 15% están protegidos o manejados adecuadamente, y de las 92 fuentes de agua identificadas en la zona, solo el 40% están con protección. Los páramos se han reducido un 50% sea por el avance de la frontera agrícola o por las quemadas excesivas existentes en la zona, solo un 7% de plantaciones existentes en la zona son aprovechadas adecuadamente.

Según el Diagnóstico Participativo Comunitario del PDA-UOCIC (2006), en las comunidades del área de influencia de la UOCIC (21 de las 28 comunidades de la parroquia) se encuentran aproximadamente 1890 ha de páramos de los cuales el 53,6% constituye el páramo de origen vegetal *Stipas*, un 30% páramo de almohadillas y 16,4% son páramos de origen pantanoso, estos páramos se encuentran desde 3400 hasta los 4000 m. Sobre estos páramos, hasta unos 8 años atrás, hubo gran presión por los agricultores de la zona, por razones de explotación pecuaria, (sobre carga animal) esto generó un sobre pastoreo y quemadas constantes.

Finalmente, en los últimos 10 años, un 60% de las comunidades ubicadas en la parte alta han emprendido procesos de manejo y conservación de los páramos, estas actividades responden a procesos de capacitación, socialización y concienciación comunitaria auspiciadas por instituciones dedicadas al manejo de recursos naturales que han trabajado en coordinación con las organizaciones del sector (Diagnóstico Participativo Comunitario del PDA-UOCIC 2006).



*Fuente: Diagnóstico en las comunidades de la UOCIC-PDA (2006)*

*Elaboración: Diagnóstico en las comunidades de la UOCIC-PDA (2006)*

Gráfico 2. Estado situacional del páramo en la UOCIC 2006

En el Diagnóstico Participativo Comunitario del PDA-UOCIC (2006), se menciona que, hasta antes de los años 50, los recursos naturales en el Ecuador se mantenían en cierto equilibrio con el hombre, el cual vivía en interacción con la naturaleza considerándola como su principal fuente de recursos económicos y hábitat. Posteriormente, con la introducción de la revolución verde, la agricultura convencional buscó elevados rendimientos agrícolas y pecuarios con la implementación de fertilizantes y pesticidas que deterioraron casi irreversiblemente el equilibrio ecológico del suelo, también la ejecución de algunos proyectos ha causado impactos negativos en los ecosistemas, mediante la degradación del hábitat por prácticas de pastoreo excesivo, drenaje de las zonas húmedas para el desarrollo agrícola, pérdida del hábitat por prácticas de deforestación, entre otros.

Estos impactos también han incidido en la microcuenca del río Chimborazo, la destrucción de los árboles nativos y plantados han provocando la eliminación de la cobertura vegetal (Diagnóstico Participativo Comunitario del PDA-UOCIC 2006).

De otra parte, la parcelación de las haciendas y el crecimiento demográfico en la población ha generado el aumento de minifundios en las comunidades de la zona; con lo cual la frontera agrícola avanza paulatinamente hacia los páramos, dejando graves consecuencias como la destrucción de la fauna y flora, reducción de ciertas especies vegetales (Chuquiragua, piquil, yagual, mortiño y paja) y animales (lobo, venado, conejos de páramo, perdices). (Diagnóstico Participativo Comunitario del PDA-UOCIC 2006).

Según las encuestas realizadas en el área de influencia del PDA UOCIC, existe una superficie aproximada de 1024 ha de bosques y bosquetes. Las especies nativas de la zona en un 95% han sido cortadas, apenas el 5% de estas especies se encuentra en las riveras de los ríos, taludes de las carreteras y pequeños bosquetes.

En estos últimos años se ha podido observar las primeras prácticas de deforestación en plantaciones comunitarias especialmente con aquellas que fueron plantadas entre las comunidades y algunas instituciones de apoyo. Pese al alto porcentaje de deforestación, casi en todas las comunidades todavía existe especies arbustivas como: chaparros, quishuar y yagual. (Diagnóstico Participativo Comunitario del PDA-UOCIC 2006).

### **C. AGROFORESTERIA**

Rosero (2005) define a la agroforestería como el conjunto de técnicas de uso de la tierra donde se combinan árboles con cultivos anuales o perennes, con animales domésticos o los tres al mismo tiempo. La agroforestería tiene como meta optimizar la producción por unidad de superficie, respetando el principio del rendimiento sostenido y las condiciones ecológicas, económicas y sociales de la región donde se practican.

La misma autora señala que la agroforestería como ciencia se basa en la silvicultura, la agricultura, la ganadería, la acuicultura y la piscicultura, el manejo del recurso tierra y otras disciplinas que en conjunto, constituyen el enfoque sistémico del uso de la tierra.

Para Segovia (2005) una práctica de mucha importancia es la agroforestería, a la cual se la define como la utilización de una serie de técnicas del uso de la tierra, en las que los árboles y arbustos, cultivos, pastos, animales y el hombre están interrelacionados en términos de tiempo y/o espacio de manera de garantizar la optimización de la producción. En los sistemas agroforestales, los árboles proporcionan tanto productos como servicios ambientales. Por el lado de la producción el árbol ofrece madera, leña y postes, así como forraje, frutos y semillas. Por el lado de los servicios ambientales, los árboles tienen influencia sobre la fertilidad y estructura del suelo, contribuyen a la estabilización de pendientes, regulación de la infiltración y flujo de agua.

Ospina (2003), manifiesta que la agroforestería es la interdisciplina y modalidad de uso productivo de la tierra donde se presenta interacción espacial y/o temporal de especies vegetales leñosas y no leñosas, o leñosas, no leñosas y animales. Cuando todas son especies leñosas, al menos una se maneja para producción agrícola y/o pecuaria permanente.

Los sistemas agroforestales son formas de uso y manejo de los recursos naturales en los cuales las especies leñosas (árboles y arbustos) son utilizadas en asociación deliberada con cultivos agrícolas o con animales en el mismo terreno, de manera simultánea o en una secuencia temporal. No se trata de un concepto nuevo, sino más bien de un término nuevo empleado para designar un conjunto de prácticas y sistemas de uso de la tierra ya tradicionales. (Montagnini *et al.*, 1992).

Ocaña (1994), indica que los sistemas agroforestales son el conjunto de técnicas de uso de la tierra donde se combinan árboles con cultivos anuales o perennes, con animales domésticos o con ambos. La combinación puede ser simultánea o secuencial, en tiempo o en el espacio. Tiene como objetivo 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.

Según el Aula Digital Universitaria Actionbioscience (2007), la agroforestería es un método de uso de la tierra que permite que crezcan los árboles en áreas agropecuarias y de cultivos. Varios estudios han demostrado que:

- Es una forma de conservar la biodiversidad;
- Atrae a especies beneficiosas a la agricultura, tales como los polinizadores;
- Mejora a las granjas, por ejemplo, por medio de la reducción de la erosión;
- Económicamente es beneficiosa a los agricultores.

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura del Perú (2007), la agroforestería constituye un conjunto de técnicas de uso de la tierra, donde se combinan árboles con cultivos anuales, perennes y crianzas. 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. La agroforestería es parte fundamental del proceso integral de la conservación y mejoramiento del suelo. Es una estrategia, que tiene como objetivo reforzar y establecer la sostenibilidad en las parcelas de los agricultores, mediante la promoción de la diversificación productiva y capacitación en el manejo de sistemas multiestratos.

En el Ministerio de Agricultura del Perú (2007), también se indica que, combinar árboles con cultivos permanentes en una unidad de área dentro de una parcela o en los linderos, es una forma beneficiosa de hacer agroforestería por las siguientes razones:

- Protegen de la radiación solar y de los fuertes vientos.
- Aportan materia orgánica al suelo.
- Protegen de posibles daños causados por animales y por el hombre.
- Protegen de daños causados por la erosión hídrica.
- Aprovechan mejor los nutrientes y el agua de los horizontes inferiores.

Sin embargo, para determinar las especies forestales que pueden asociarse a los cultivos, es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Deben preferirse las leguminosas con sistema radicular pivotante.
- No deberá ser hospedero de plagas y enfermedades.
- Tronco recto y copa poco frondosa, resistente a los vientos.
- Deberán ser útiles para obtener colorantes, forraje, semillas y madera, entre otros.

### **1. Formas potenciales de ubicar los árboles para lograr beneficios agroforestales.**

Ekkehard (1992), propone las siguientes formas potenciales de ubicar los árboles para lograr beneficios:

#### **a) Según sus funciones:**

##### **1) Producción**

Árboles madereros asociados a cultivos y pastos.

Árboles frutales asociados a cultivos y pastos.

Árboles forrajeros asociados a cultivos y pastos.

Plantaciones forestales en pastos (que por el desarrollo del bosque, poco a poco desaparecen).

Silvicultura en rotación superpuesta con agricultura (método “taungya” de repoblación forestal).

##### **2) Protección y Servicios**

Árboles de conservación ecológica en terrenos agrícolas y potreros.

Árboles de “mulching” del suelo y de fertilización de cultivos y pastos.

Árboles de sombra en cultivos y pastos.

Árboles de rompevientos en cultivos y pastos.

Árboles de cercos vivos alrededor de parcelas agrícolas y potreros.

**b) Según la distribución en el tiempo:****1) Combinación permanentemente espesa**

Árboles madereros asociados a los cultivos y pastos.

Árboles frutales asociados a los cultivos y pastos.

Árboles forrajeros asociados a los cultivos y pastos.

Árboles de conservación ecológica en terrenos agrícolas y potreros.

Árboles de “mulching” del suelo y de fertilización de cultivos y pastos.

Árboles de sombra de cultivos y pastos.

**2) Combinación permanentemente suelta**

Árboles de conservación ecológica en terrenos agrícolas y potreros.

Árboles de rompevientos en cultivos y pastos.

Árboles de cercos vivos alrededor de parcelas agrícolas y potreros.

**3) Combinación temporal**

Plantaciones forestales en pastos.

Silvicultura en rotación superpuesta con agricultura (taungya).

**c) Según la distribución en el espacio:****1) Repartición regular**

Árboles madereros asociados a los cultivos y pastos.

Árboles frutales asociados a cultivos y pastos.

Árboles forrajeros asociados a cultivos y pastos.

Plantaciones forestales en pastos.

Silvicultura en rotación superpuesta con agricultura (taungya).

Árboles de conservación ecológica en terrenos agrícolas y potreros.

Árboles de “mulching” de suelo y fertilización.

Árboles de sombra en cultivos y pastos.

## 2) **Repartición irregular en líneas o franjas de mayor distancia**

Árboles de rompevientos en cultivos y potreros.

Árboles de cercos vivos alrededor de parcelas agrícolas y potreros.

## 3) **Repartición irregular en manchas o bosquetes**

Árboles maderables asociados a los cultivos y pastos.

Árboles de conservación ecológica en terrenos agrícolas y potreros.

## 2. **Clasificación de los sistemas agroforestales**

Los sistemas agroforestales se clasifican en:

**a. Sistemas agroforestales secuenciales:** en ellos existe una relación cronológica entre las cosechas anuales y los productos arbóreos; es decir, que los cultivos anuales y las plantaciones de árboles se suceden en el tiempo. Esta categoría incluye formas de agricultura migratoria con intervención o manejo de barbechos y los sistemas taungya, métodos de establecimiento de plantaciones forestales en los cuales los cultivos anuales se llevan a cabo simultáneamente con las plantaciones de árboles, pero solo temporalmente, hasta que el follaje de los árboles se encuentre desarrollado (Montagnini *et al.*, 1992).

**b. Sistemas agroforestales simultáneos:** consisten en la integración simultánea y continua de cultivos anuales o perennes, árboles maderables, frutales o de uso múltiple, y/o ganadería. Estos sistemas incluyen asociaciones de árboles con cultivos anuales o perennes, huertos caseros mixtos y sistemas agrosilvopastoriles (Montagnini *et al.*, 1992).



**c. Sistemas agroforestales de cercas vivas y cortinas rompevientos:** consisten en hileras de árboles que pueden delimitar una propiedad o servir de protección para otros componentes u otros sistemas; se los puede considerar como sistemas complementarios de los nombrados anteriormente (Montagnini *et al.*, 1992).

De acuerdo a Jordan *et al.*, (1999), las prácticas y sistemas agroforestales de mayor aceptación y potencialidad en los Andes son:

**d. Silvopastoriles:** manejo de plantaciones de pino, para mejorar las condiciones de pastoreo; potreros con árboles nativos que quedaron después de la tala del bosque; plantaciones de árboles/arbustos en pastizales; plantaciones de árboles/arbustos en terrenos de cultivo que se convertirán en pastizales; establecimiento de barreras vivas par la división interna de potreros; y manejo de especies forrajeras.

**e. Agroforestales:** linderos, cercas vivas, cortinas rompevientos, cortinas de vegetación contra heladas, cultivos agrícolas dentro de frutales, complemento de obras de conservación de suelos, fajas en contorno, y estabilización de cárcavas.

**f. Agrosilvopastoriles:** huertos caseros mixtos y barreras naturales con cultivos, pastos y/o árboles.

**g. Otros sistemas:** bosquetes; acuaforestería (manejo y explotación de truchas con manejo y protección de páramos y bosques nativos); plantaciones paralelas a los cursos de agua, para regular la temperatura del agua; y árboles en contorno de viviendas, para protección, ornamentación y beneficios frutales, terapéuticos, medicinales, etc.

### **3. Los Sistemas silvopastoriles**

Para Rosero (2005), los sistemas silvopastoriles son asociaciones de árboles maderables o frutales con pastos y cultivos. Se practican a diferentes niveles, desde las grandes plantaciones arbóreas comerciales incluyendo la ganadería, de acuerdo a los pisos altitudinales.

Pezo e Ibrahim (1999), indican que un sistema silvopastoril es una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de las leñosas perennes (árboles o arbustos), e interactúa con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales), todos ellos bajo un sistema de manejo integral.

La principal función de los árboles en pasturas es aumentar la productividad del sistema, reducir el estrés climático de plantas y animales al regular el microclima y proveer productos (forraje, frutas, madera, leña), además de pasto y animales. Las especies leñosas presentan también otros servicios como fijación de nitrógeno atmosférico y fósforo, mejoramiento de las condiciones de vida del suelo, diversificación del paisaje y refugio y alimento a la avifauna. Los animales proveen carne, leche, lana, pieles, plumas, estiércol y orina para abono (Ospina 2003).

#### **a. Asociaciones de árboles con pastos y ganado**

En la región andina la gran mayoría de los terrenos considerados de aptitud forestal son utilizados para el pastoreo. El gran reto para lograr un buen manejo de éstos, constituye el establecimiento de una cobertura forestal mientras se mantiene al máximo la producción ganadera. Los sistemas agroforestales en los que se encuentra el árbol en asociación con pastos y ganado, se llaman sistemas silvopastoriles (Rosero 2005).

Pezo e Ibrahim (1999), señalan algunas contribuciones de la incorporación de las leñosas perennes (árboles y arbustos) en los sistemas ganaderos:

- Contribuye a contrarrestar impactos ambientales negativos propios de los sistemas tradicionales.
- Favorece la restauración ecológica de pasturas degradadas.
- Mecanismo para diversificar las empresas pecuarias, generando productos e ingresos adicionales.
- Ayuda a reducir la dependencia a insumos externos.

- Permite intensificar el uso del recurso suelo, sin reducir el potencial productivo a largo plazo.

Además, propician un microclima ideal para el ganado y las plantas forrajeras, permiten el reciclaje de nutrientes, conservan la biodiversidad y posibilidad de regeneración de especies, permiten mantener un hábitat para la fauna (Ministerio de Agricultura del Perú 2007).

## **b. Interacciones en los sistemas silvopastoriles**

### **1) Interacciones leñosa perenne – animal.**

#### **a) Regulación del estrés climático.**

La presencia de leñosas perennes en sistemas ganaderos puede contribuir de manera directa a la productividad del sistema, regulando o contrarrestando la intensidad de factores climáticos adversos para el animal, e indirectamente creando un microclima que favorece el crecimiento y la calidad de las pasturas que los animales consumen (Torres 1987 citado por Pezo e Ibrahim 1999).

#### **b) Protección contra el viento.**

El efecto directo de las leñosas como protectoras del animal contra el viento quizás sea más relevante en áreas frías donde la temperatura ambiental se encuentra por debajo del límite inferior de la zona de termoneutralidad (temperatura óptima para la producción y salud), por lo que el animal tiene que sacrificar parte de la energía que podría ser utilizada para propósitos productivos, y la usa para contrarrestar el frío y mantener su temperatura corporal (Cañas y Aguilar 1992 citados por Pezo e Ibrahim 1999).

### **2) Interacciones leñosa perenne – pastura.**

**a) Producción de fitomasa.**

El principal factor limitante para el crecimiento de pasturas en sistemas silvopastoriles es el nivel de sombra ejercido por los árboles y arbustos, aunque no todas las forrajeras responden de igual manera a la disminución de la incidencia de energía lumínica (Shelton *et al*, 1987 citados por Pezo e Ibrahim 1999).

**b) Calidad nutritiva.**

El sombreado también afecta a la calidad nutritiva de los forrajes, pero en algunos casos esos efectos pueden estar mediados por cambios anatómicos o morfológicos que sufren las plantas (por ej. Engrosamiento de la epidermis, elongación de tallos). En varios ensayos con gramíneas se han detectado incrementos en el contenido de proteína cruda y disminución en el de carbohidratos no estructurales (azúcares, almidones), a medida que aumenta la interferencia al paso de la luz solar (Wilson 1982; Pezo 1987; Zelada 1996 citados por Pezo e Ibrahim 1999).

**3) Interacciones leñosa perenne – suelo.****a) Materia orgánica y reciclaje de nutrimentos.**

El reciclaje de nutrimentos en sistemas silvopastoriles ocurre a través de la senescencia de biomasa aérea y la muerte de raíces, tanto de las leñosas como del estrato herbáceo. Esto se da a través del material podado que es dejado en el campo, y por medio de las excretas que los animales depositan durante el pastoreo (Pezo e Ibrahim 1999).

**b) Control de la erosión.**

En un sistema silvopastoril, al igual que las pasturas, las especies leñosas también pueden contribuir a contrarrestar la erosión. En sistemas donde los árboles están dispersos en las áreas de pastoreo, pueden hacer una contribución más efectiva de aminorar los problemas

de la erosión hídrica (Pezo e Ibrahim 1999).

Es probable que en la mayoría de situaciones, la mayor contribución de las leñosas en el control de la erosión hídrica sea mas bien a través del incremento en el contenido de materia orgánica en el suelo. Esto se da por medio del mantillo de hojas y ramas que caen sobre la superficie del suelo y previenen el impacto directo de la lluvia sobre el suelo (Pezo e Ibrahim 1999).

#### **4. Desventajas de la agroforestería**

El Ministerio de Agricultura del Perú (2007), indica que también la agroforestería presenta desventajas:

- El árbol ocupa una parte de la chacra: muchas veces el árbol o las barreras de árboles establecidas en la parcela del campesino quitan espacio.
- Dificulta las labores agrícolas: las raíces invaden las chacras, dificultando la labranza ya sea a mano, yunta o maquinaria.
- Compite con los cultivos: algunas especies forestales son mucho más agresivas que los cultivos agrícolas en el aprovechamiento de agua y los nutrientes del suelo.
- Albergan plagas: hay especies que son huéspedes de plagas que pueden contagiar a determinado cultivo.
- Refugio de aves: los árboles son refugio de aves, que en épocas de cosecha comen los granos que se cultivan en la sierra.

## D. DESCRIPCION DE LAS TRES ESPECIES LEÑOSAS NATIVAS UTILIZADAS EN LA INVESTIGACIÓN.

### 1. Quishuar (*Buddleja incana* H.B.K.)

Reino: Vegetal  
 Clase: Magnoliópsida  
 Subclase: Asteridae  
 Familia: Buddlejaceae  
 Género: *Buddleja*  
 Especie: *incana*



Foto 1. Quishuar *Buddleja incana* H.B.K

Spider y Biederbick (1980), señalan que, el quishuar es una de las especies forestales autóctonas del callejón interandino. Su tamaño es mediano y su aspecto erguido. Generalmente crece en los parajes elevados, resaltando por su talla arbórea. Es un árbol de lento crecimiento, que posee gran capacidad de rebrote de cepa. Alcanza alturas de 8 a 12 m. Al ser ramoneado por los animales y cortado para leña, en diversos sectores se presenta en forma arbustiva (páramo de Urbina). Su área de dispersión está comprendida entre 2200 hasta 3500 m, existiendo en forma natural, árboles aislados en la ceja andina húmeda, tanto en la cordillera occidental como oriental.

Los mismos autores manifiestan las siguientes características; hojas: color verde oscuro en el lado superior, y en el envés blanco afelpado, limbo lanceolado, cortamente peciolado, borde ligeramente aserrado, nervadura pinatinervia, inserción en las ramas esparcida. Flores: corola acampanada, de color amarillo, inflorescencia en panícula compuesta.

Adicionalmente indican que se propaga principalmente mediante semillas, pero también por retoños y estacas. La siembra se realiza en viveros, preferiblemente en mayo a junio (2 a 3 g de semilla m<sup>-2</sup>), con el fin de obtener las plantas al comenzar el siguiente invierno.

La propagación asexual (por retoños y estacas), se efectúa colocando ramas de 20 a 30 cm de longitud, en posturas individualmente acondicionadas. Las platas de 30 a 50 cm de altura, son plantadas en el lugar definitivo, a una distancia de 3 x 3 m.

En general, el quishuar acepta toda clase de suelos, desarrollándose bien en suelos pedregosos, pizarrosos, calizos y arcillosos; necesitando bastante riego en su primera edad.

La madera es apropiada para ebanistería fina y artesanía manual; además sirve para construcciones en general y es un buen combustible. Es una madera de color blanco, con fibra densa y de alta dureza; con un alto coeficiente de resistencia a la tensión y reflexión, y contracción uniforme en el secado. La planta se presenta para ornamentación.

El quishuar, también conocido entre los indígenas como 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 (Spider y Biederbick 1980).

## 2. Colle (*Buddleja coriacea* Remy.)

Reino: Vegetal  
 Clase: Magnoliópsida  
 Subclase: Asteridae  
 Familia: Buddlejaceae  
 Género: *Buddleja*  
 Especie: *coriacea*



Foto 2. Colle *Buddleja coriacea* Remy

Según la Asociación Zabalketa (2007) es un árbol robusto que varía desde los 2 a los 12 metros de altura, siendo el crecimiento promedio de 5 m. Es una especie que se encuentra

distribuida en los Andes del Ecuador, Perú y Bolivia. Su rango altitudinal varia desde los 3000 a 4250 m, con una temperatura media anual de 3 a 10 °C. 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), adaptado a periodos de sequía mas o menos prolongados.

La Asociación Zabalketa (2007) indica que es de fuste recto a veces nudoso y tortuoso, de corteza agrietada de color grisáceo – ocre. La copa es amplia y globosa con mucha ramificación desde el suelo. El follaje es denso, de ramificación simpodial, dicotómica, nudosa y que comienza desde la base.

Para esos autores esta especie es muy plástica en cuanto a suelos (profundidad y acidez). Su plantación se recomienda en suelos de escasa pedregosidad y con textura franco a franco arenoso.

El colle produce una madera de excelente calidad y muy durable, utilizada en construcciones, en la elaboración de herramientas agrícolas, leña, en la artesanía como también en la utilería. Sus rebrotes sirven como varas para la construcción de techos de sus viviendas (Asociación Zabalketa 2007).

### 3. Yagual (*Polylepis racemosa* Hier.)

Reino: Vegetal  
 Clase: Magnoliopsida  
 Subclase: Rosidae  
 Familia: Rosaceae  
 Género: *Polylepis*  
 Especie: *racemosa*



Foto 3. Yagual *Polylepis racemosa* Hier



Para Reynel y León (1990) el yagual es una especie usualmente encontrada en la ceja andina, con rango altitudinal de 2600 a 4000 m, aunque el rango usual está entre los 2800 a 3000 m, con temperatura media anual de 6 a 14 °C, además tolera las heladas, alcanza alturas de 2 a 20 metros (Idrobo 1992).

Reynel y León (1990) señalan estas características; hojas: compuestas mayormente trifoliadas, alternas, de aproximadamente 7 cm de largo. Raquis de unos 3 cm acanalado, pubescente, folíolos de 2,5 a 3 cm de largo y 1 cm de ancho en promedio, nervación pinnada.

Flores: aproximadamente de 5 a 7 cm de largo, incluyendo el pedúnculo, cáliz muy pubescente, cuculiforme, cuatro tépalos libres de color verdusco, estambres numerosos, pistilo con ovario súpero.

Frutos irregularmente aristados, pequeños aproximadamente de 5 mm de longitud y de color verdusco.

De acuerdo a Spider y Biederbick (1980) con sus semillas se puede hacer un vivero. Además, puede ser propagada por la vía asexual, es decir, por estacas y esquejes. Reynel y León (1990) señalan que el yagual tolera bien diversos tipos de suelo, aunque crece con más rapidez en aquellos con texturas francas o franco – arcillosas; crece bien en suelos poco profundos con altos porcentajes de pedregosidad. Requiere medios a altos constantes niveles de humedad.

El yagual es idóneo para el cultivo mixto con especies agrícolas; también para el establecimiento en combinación con pastos (silvopasturas), también se lo puede utilizar en cercos vivos. Su madera es apreciada por su dureza y resistencia a la podredumbre: en especial para la construcción y fabricación de herramientas agrícolas, proporciona leña y carbón de excelente calidad. Algunas propiedades medicinales le son atribuidas: la corteza, ramas y hojas desprenden taninos al ser remojados en agua por ello se le usa también para curtiembre de cueros. Un tinte de color marrón claro es obtenible por cocimiento de su

corteza. También sirve como especie ornamental por su coposo y bonito follaje (Reynel y León 1990).

## **E. DESCRIPCION DE LAS CUATRO ESPECIES DE PASTO UTILIZADAS EN LA INVESTIGACION.**

### **1. Pasto azul (*Dactylis glomerata* L)**

Según Salamanca (1986), es originario de Eurasia y norte de África. Puede desarrollarse en alturas comprendidas entre 1500 a 3100 m, pero a alturas inferiores a 2000 m su producción se hace escasa, produce bien en todos los suelos, pero su mayor producción se encuentra en aquellos fértiles, profundos y bien drenados.

Reino: Vegetal

Clase: Angiosperma

Subclase: Monocotiledónea

Familia: Gramínea

Género: *Dactylis*

Especie: *glomerata*

Es una planta perenne de crecimiento robusto, se desarrolla en matas individuales en matorros; sus tallos florales alcanzan hasta 1,30 m de altura, su inflorescencia es conspicua, semejante a una panícula con numerosos racimos de espiguillas reducidas. (Salamanca 1986).

Llangarí (1998) indica que es una especie mejorada, con muchas hojas, tiene un valor casi igual al de los raigrases, cuando se lo utiliza en estado tierno. Es bastante resistente al frío y a la sequía, pero no prospera bien en suelos muy ácidos. Las plantas desarrollan individualmente y no forman una buena alfombra, razón por la que se utiliza especialmente en mezclas.

Para Salamanca (1986) la siembra debe hacerse en suelos bien preparados, al comienzo de las lluvias. Si se dispone de riego, la siembra se puede hacer en cualquier época del año. La siembra se puede hacer al voleo en cantidades que oscilan entre 15 y 20 kg ha<sup>-1</sup>. Cuando se siembra mezclado con tréboles, se pueden usar de 10 a 15 kg de pasto azul por 5 a 7 de trébol rojo, o de 3 a 5 de trébol blanco. La semilla no debe quedar enterrada a más de 2 cm porque se corre el riesgo de no germinar. Ramas arrastradas con bestias o con ayuda del tractor para tapar las semillas es una práctica aconsejable. Se puede sembrar en surcos, si se dispone del equipo necesario; en esta caso se puede hacer a 20 o 30 cm uno de otro. También se puede sembrar con alfalfa, en surcos alternos separados 30 a 40 cm.

Este pasto requiere de un buen manejo. No pastorearlo continuamente o sobrepastorearlo hace parte de las buenas prácticas de manejo. El uso más recomendable es el de pastoreo racional o en rotación con períodos cortos de ocupación del pastoreo y con períodos de descanso de 30 a 40 días en la época de lluvias o cuando se cuenta con riego (Salamanca 1986).

El mismo Salamanca (1986) indica que el ganado se debe meter al potrero cuando el pasto tenga entre 30 y 50 cm de altura y se debe sacar cuando tenga unos 15 cm para no agotarlo. Si se mete el ganado cuando el pasto está más pequeño de lo aconsejable, se corre el riesgo de ser arrancado por los animales y ser consumido incluso con parte de tierra que sale adherida a las raíces. Esto puede producir problemas en la salud de los semovientes.

Durante los primeros meses de establecido, la producción es poca; sin embargo, una vez establecido, la producción es igual o superior a la del rye grass. En condiciones naturales se puede obtener entre 1500 y 2000 kg ha<sup>-1</sup> de forraje seco por corte que corresponde a un promedio de 10 toneladas de forraje verde cada 6 a 8 semanas. Con fertilización y mezclado con leguminosas puede doblarse la producción (Salamanca 1986).

## 2. Rye grass inglés (*Lolium perenne* L)

Salamanca (1986) señala que es oriundo de la parte baja de la zona mediterránea de Europa, especialmente de la península italiana donde tuvo gran auge su cultivo. Hacia el

siglo XVII se extendió hasta Inglaterra donde alcanzó un grado de desarrollo tal, que dio a la luz una nueva variedad del pasto que hoy en día conocemos con el nombre de raigrás inglés.

Reino: Vegetal  
Clase: Angiosperma  
Subclase: Monocotiledónea  
Familia: Gramínea  
Género: *Lolium*  
Especie: *perenne*

Llangarí (1998) menciona que en el Ecuador se lo conoce con el nombre de rye grass. Por su valor nutritivo se lo considera mundialmente como uno de los mejores pastos. Sirve especialmente para pastoreo, puesto que macolla muy bien y forma una alfombra. El clima templado, como el de la zona interandina, es el adecuado para el cultivo de esta planta. Por su lento desarrollo después de la siembra da lugar al crecimiento de malezas, las mismas que desaparecen con el pastoreo y el corte.

Esta especie se adapta muy bien a alturas comprendidas entre los 2200 y los 3000 m, se adapta a una gran variedad de suelos pero prefiere los suelos pesados, fértiles y húmedos. Sus hojas son brillantes de color verde oscuro, de 25 a 30 cm de longitud y de 6 a 8 mm de anchas. Las plantas crecen en matorros, en grupos aislados y con numerosas macollas (Salamanca 1986).

Salamanca (1986) dice que las espigas son delgadas, con pocas florecillas, tienen varias semillas que nacen en grupos en lados opuestos al tallo floral. Su desarrollo es rápido y vigoroso, aunque de forma menos marcada que otros raigrases. Una vez que los potreros de raigrás inglés han tupido muy bien, no son invadidos por otros pastos o malezas sino que forman un césped muy denso. Generalmente se emplean en pastoreo y mezclada con otras gramíneas y leguminosas; si las condiciones son favorables, se pueden emplear para heno y ensilaje.

Se emplean de 15 a 20 kg ha<sup>-1</sup> de semilla regada al voleo o sembrada en surcos distantes 25 o 30 cm uno del otro. Cuando se siembra mezclado con tréboles se pueden utilizar las siguientes densidades: 10 a 15 kg de raigrás por 3 a 5 kg de trébol blanco o 5 a 7 kg de trébol rojo ha<sup>-1</sup>. Se aconseja la siembra con leguminosas y con otras gramíneas (Salamanca 1986).

Para Salamanca (1986) no es apto para el pastoreo continuo puesto que se pierde mucho pasto por el pisoteo; es recomendable aprovecharlo con pastoreo rotacional, con utilización de cuerda eléctrica para evitar que el ganado lo pisotee demasiado y lo corte por debajo de 5cm que es la altura mínima recomendable. Es apto para comenzar a aprovecharse cuando tiene una altura aproximada de 25 cm que es cuando presenta su mejor calidad. La práctica demuestra que cuando se pastorea continuamente y sin ninguna práctica de manejo puede desaparecer en 2 o 3 años.

De acuerdo con el mismo autor esta especie produce menos forraje en los primeros cortes que el raigrás italiano, pero en los posteriores cortes lo iguala. Tiene la ventaja de ser perenne. Puede llegar a producir 60 u 80 toneladas de forraje verde por año si se maneja bien; es decir con fertilización, riego en épocas secas y con pastoreo rotacional.

### 3. Rye grass italiano (*Lolium multiflorum*)

Salamanca (1986) manifiesta que esta especie tuvo su origen en la parte baja del Mediterráneo; se sembró en la región suboccidental de Asia, en el norte de África y en Italia. Posteriormente su cultivo avanzó hacia el norte de Inglaterra extendiéndose a los países escandinavos y más tarde al hemisferio occidental.

Reino: Vegetal

Clase: Angiosperma

Subclase: Monocotiledónea

Familia: Gramínea

Género: *Lolium*

Especie: *multiflorum*

Llangarí (1998) dice que esta gramínea tiene un valor nutritivo casi igual al del raigrás inglés cuando se utiliza tierna, pero si no es aprovechada a tiempo, se hace más gruesa y menos palatable para el ganado. Al principio crece rápidamente y su producción durante el primer año es mayor que la del raigrás inglés. Produce mejor en suelos fértiles y húmedos. Se lo utiliza para pastoreo y corte.

El pasto italiano se conoce también con el nombre de rye grass anual, debido a que su mayor producción se logra en el primer año y durante los 3 primeros cortes; en los siguientes cortes su rendimiento se reduce, por lo cual sería aconsejable renovarlo cada año, o dejarlo florecer siquiera una vez al año para que la semilla madura incorporada al suelo dé origen a nuevas plantas (Salamanca 1986).

Esta especie se adapta o se desarrolla bien en zonas frías, especialmente entre los 2000 a 3200 m, pero prospera mejor entre los 2800 m. Crece bien en distintos tipos de suelos pero la producción es mayor en suelos pesados, franco arcillosos y fértiles (Salamanca 1986).

Según Salamanca (1986) las plantas crecen en grupos aislados, con numerosas macollas, sus hojas son verdes brillantes con longitudes que varían entre 30 y 40 cm. Presenta la inflorescencia en espiga de 20 a 40 cm de largo con espiguillas con 10 a 20 florecillas. Esta especie se diferencia del raigrás inglés en los siguientes aspectos:

- Los tallos del rye grass italiano son cilíndricos, los del inglés son ligeramente planos.
- Las espigas del italiano son más largas y con más espiguillas y florecillas que las del inglés.
- Las semillas del raigrás inglés no tienen barbas, las del anula generalmente las tienen.

La disposición de un buen drenaje es quizás uno de los factores más importantes. La siembra se puede hacer al voleo utilizando de 20 a 25 kg $ha^{-1}$  de semilla. Cuando se siembra mezclado con tréboles, se pueden utilizar las siguientes cantidades de semillas: 15 a 20 kg de italiano por 3 a 5 de trébol blanco o 5 a 7 de trébol rojo por hectárea (Salamanca 1986).

De acuerdo con Salamanca (1986) se debe hacer el primer pastoreo cuando aparezcan las primeras espigas, aproximadamente cuando el pasto alcanza una altura de 30 a 50 cm. Debe vitarse el sobrepastoreo; es decir que la altura del corte del pasto no debe ser inferior a 10 cm debido a que presenta problemas de recuperación. Tiene poca resistencia al pisoteo, razón por la cual se recomienda cortarlo y suministrárselo a los animales o ensilarlo para ser utilizado en épocas escasas de pastos. Es aconsejable renovar el potero cada 12 o 18 meses debido al carácter de ser anual o de corta longevidad.

En condiciones naturales puede lograrse producciones de más de 60  $\text{tha}^{-1}$  de forraje verde por año, correspondiendo a 10 o 12 ton de forraje verde por ha y por corte. Con fertilización, riego adicional y buenas prácticas de manejo, es posible doblar la producción y la capacidad de sostenimiento (Salamanca 1986).

#### 4. **Trébol blanco** (*Trifolium repens* L)

Salamanca (1986) indica que esta especie es originaria de Europa. Se ha originado probablemente en los países del este del Mediterráneo o del oeste de Asia menor. Se registró su producción en Inglaterra en 1707. Fue introducida a América por los primeros conquistadores.

Reino: Vegetal

Clase: Angiosperma

Subclase: Dicotiledónea

Familia: Leguminosa

Género: *Trifolium*

Especie: *repens*

Es una planta que se adapta desde los 1800 a 3200 m. En muchas regiones crece espontáneamente, especialmente en suelos bien drenados y fertilizados con fósforo. Requiere suelos fértiles, pero crece bien en gran diversidad de tipos de suelo, cuando la humedad es adecuada (Salamanca 1986).

Llangarí (1998) manifiesta que su valor nutritivo proteínico es bastante alto y tiene buena palatabilidad. Prefiere suelo neutro o poco ácido. Cuando está en un porcentaje mayor al 35% dentro de la mezcla del potrero y sobre todo cuando está húmedo, resulta peligroso para los animales porque produce “torzón”. En un potrero de buena calidad, generalmente se encuentra cierta cantidad de trébol.

Para Salamanca (1986) las plantas son persistentes y perennes, rastreras, glabras; tienen estolones, emiten raíces en los nudos. Sus hojas son trifoliadas con folíolos ovales, generalmente con manchas blanquecinas en forma de “V”. Las flores en cabezuelas axilares sobre pedúnculos largos o más largos que las hojas; sus flores son blancas o rosadas.

Se recomienda hacer en mezcla con gramíneas en cantidad de 4 a 7  $\text{kg ha}^{-1}$  sembrada al voleo. Mezclar una parte de semilla por 10 de arena facilita la siembra (Salamanca 1986).

Las plantas de trébol blanco se establecen lentamente; la producción de forraje varía con la variedad; se puede cosechar hasta una tonelada de heno por hectárea que corresponde a aproximadamente 5 ton de forraje verde en 3 o 4 meses después de la siembra. Por año se pueden cosechar entre 10 y 12 toneladas de forraje seco, correspondiendo a 50 o 60 ton de forraje verde (Salamanca 1986).

## **F. DESCRIPCION DE LA PRADERA NATURAL.**

La publicación “Desde el Surco” (1997), menciona que los pastizales de ecotipos locales naturales, son decisivamente preferidos por los animales, en relación a los de siembras seleccionadas, a pesar del mayor rendimiento que sería dable esperar en estos últimos. Las plantas pratenses naturales son las que mejor responden a las condiciones requeridas por el pastoreo:

- Adaptación ecológica,
- resistencia al pisoteo animal,
- adaptación a los métodos racionales de pastoreo, y



- natural predisposición al mejor rendimiento y a la mejor salud del animal.

### 1. **Holco** (*Holcus lanatus* L.)

De acuerdo a la publicación “Desde el Surco” (1997) presenta las siguientes características:

Es una especie perenne originaria de Europa, de crecimiento erecto, hasta 90 cm. Su adaptación se da entre los siguientes rangos altitudinales: 1500 - 3800 m. Se desarrolla bien con pH de 5,5 a 7,5, a temperaturas de 6 a 20 °C; correspondientes a climas subcálidos, templados o fríos de la región interandina. Requiere precipitaciones entre 500 - 2500 mm al año, por tanto no es tolerante a sequías, se adapta bien a suelos poco fértiles.

Su reproducción es sexual (por semilla), la siembra se realiza al voleo (30 -50 kg de semilla por ha), para su manejo se pastorea en rotación, antes de la floración. Su producción por ha: 30 - 60 ton año<sup>-1</sup>, con 7 a 9 cortes anuales, tiene buena resistencia al pastoreo, soporta una carga animal de 2,5 a 3,5 UBA ha<sup>-1</sup>. No se debe permitir su maduración y de preferencia cultivarla en mezcla con leguminosas. Posee alrededor de 15,6% de proteína y 3,645 kcal kg<sup>-1</sup> de energía.

### 2. **Gramma** (*Paspalum* sp)

Planta muy agresiva, de rápido cubrimiento, con tallos y hojas de color verde brillante, cortas y medianamente anchas; posee un buen sistema radical. Esta gramínea no resulta muy exigente al riego y la fertilización y es de fácil adaptación al corte de la segadora. Por su compactación, hojicidad y color presenta características idóneas para el césped, además de propagarse bien por tallos y motas (Machado y Roche 1996).

### 3. **Lengua de vaca** (*Rumex crispus* L)

Según el Herbario virtual (2007) esta es una especie de la familia *polygonaceae*, de distribución cosmopolita y subcosmopolita, su época de floración va de mayo a julio. Se la

encuentra en zonas perturbadas y márgenes de caminos. Herbazales húmedos. Presenta propiedades medicinales y tóxicas.

Hierba de hojas grandes, hasta 30 cm, alargadas y con el margen lobulado. Cuando forma la inflorescencia la planta puede alcanzar un metro de altura, con muchas y pequeñas flores. Como todas las especies del género *Rumex*, la morfología del fruto es muy característica, en este caso tienen forma de corazón con un gránulo en la parte inferior. Vive en zonas húmedas, a veces cerca de los torrentes. Florece al final de primavera y principios de verano (Herbario virtual 2007).

#### **4. Diente de león (*Taraxacum officinale* Weber)**

De acuerdo al portal Lavidaencasa (2007) se le atribuye un origen europeo, es una hierba de la familia de las Compuestas, con hojas radicales, lampiñas, de lóbulos lanceolados y triangulares, y jugo lechoso, flores amarillas de largo pedúnculo hueco, y semilla menuda con vilano abundante y blanquecino.

En el portal La vida en casa (2007) también se mencionan las siguientes características:

- Crece un poco por doquier y en la actualidad se la considera una mala hierba.
- Durante mucho tiempo se buscaba el diente de león por sus virtudes medicinales y culinarias.
- Las variedades cultivadas son menos amargas y más tiernas que las silvestres.

Para Martínez (2007) el diente de león presenta las siguientes características: planta perenne muy variable de hasta 40 cm de altura. Tallos que soportan las flores sin hojas. Hojas basales en roseta, que varían bastante, desde enteras hasta divididas en lóbulos triangulares y con el peciolo generalmente alado. Capítulos amarillos de hasta 6 cm con largas lígulas y brácteas bien marcadas, con las exteriores curvadas hacia atrás. En campos cultivados, borde de los caminos y herbazales. La planta comienza a cultivarse en algunos lugares como verdura. Las rosetas de las variedades cultivadas son mucho más grandes pudiendo alcanzar hasta los 50 cm de diámetro.

## **G. INDICADORES Y DESCRIPTORES DE SOSTENIBILIDAD**

La agricultura sostenible es el manejo efectivo de los recursos para satisfacer las necesidades cambiantes mientras se mantiene o mejora la base de recursos y se evita la degradación ambiental, asegurando a largo plazo un desarrollo productivo y equitativo (BIFAD Y USAID 1988 citados por Camino De y Muller 1993)

Conway (1985), señala que la sostenibilidad de un agroecosistema es la habilidad de mantener la productividad cuando es sometido a una fuerza perturbadora mayor. Puede entenderse también como la capacidad de un sistema para mantener su productividad a pesar de una alteración mayor.

### **1. Variables y funciones involucradas en las definiciones de sostenibilidad**

Camino De y Muller (1993) expresan que las definiciones del concepto, y en especial la definición de trabajo adoptada de manera provisional, determinan variables independientes y dependientes que permiten medir hasta que punto un sistema económico, social, natural o integrado es sostenible a largo plazo.

Los elementos comunes (variables, grupos de variables, funciones) que se desprenden de las definiciones de sostenibilidad son: población, necesidades y consumo, recursos, tecnología, producción, productividad, capacidad de carga, distribución y acceso a los recursos y tecnología, rentabilidad, variables sociales, tiempo (Camino De y Muller 1993).

### **2. Descriptores e indicadores de sostenibilidad**

#### **a. Descriptores**

Para cada elemento significativo de cada categoría importante es necesario escoger descriptores e indicadores. Los descriptores son características significativas de un elemento de acuerdo con los principales atributos de sostenibilidad de un sistema determinado. Los descriptores pueden ser diferentes aún entre sistemas similares de acuerdo con los atributos particulares del mismo (Torquebieau 1989).

## b. Indicadores

Para cada descriptor seleccionado como relevante, se debe definir uno o varios indicadores. Los indicadores son una medida del efecto de la operación del sistema sobre el descriptor (Torquebieau 1989); si el sistema es sostenible, tiene un efecto positivo sobre el descriptor y un efecto negativo, si no lo es.

En la Tabla 6, se presenta el conjunto de indicadores y descriptores de sostenibilidad señalados por el Committee on Agricultural Sustainability (1987) y mencionados por varios otros autores (Arévalo 1999 y Torquebieau 1992), utilizados en la presente investigación.

Tabla 6. Resumen del conjunto de indicadores y descriptores de sostenibilidad.

INDICADORES	DESCRIPTORES	VARIABLES
1) Indicadores de la base de recursos	Suelo	Densidad aparente
		Compactación
		Humedad gravimétrica del suelo
		Contenido de materia orgánica
		Fertilidad
		Número y biomasa de lombrices
		Micorrizas
2) Indicadores en función del sistema		
a. Indicadores de eficiencia técnica	Productos biofísicos	Biomasa herbácea
		Valor nutritivo de pastos
		Biomasa de hojarasca de leñosas
		Biomasa en el componente leñoso
		Crecimiento de los árboles
		Temperatura ambiental
		Producción del componente animal
b. Indicadores de eficiencia socioeconómica	Productos socioeconómicos	Valor de la producción
		Ingresos netos
c. Indicadores de manejo técnico	Relación entre insumos endógenos y exógenos	Cantidad de insumos internos y externos
d. Indicadores de manejo socioeconómico	Mano de obra	Mano de obra
	Uso del conocimiento tradicional	Mano de obra por género
3) Indicadores de impacto sobre otros sistemas	Secuestro de carbono	Uso del conocimiento tradicional
		Carbono en el componente leñoso
		Carbono en hojarasca
		Carbono en suelo
	Carbono total	
	Recolección de leña	Cantidad de leña recolectada
	Fauna silvestre benéfica y no benéfica	Biodiversidad de aves

## H. HIPÓTESIS

### 1. Hipótesis Nula

Las alternativas silvopastoriles conformadas con quishuar (*Buddleja incana* H.B.K.), colle (*Buddleja coriaceae* Remy.) y yagual (*Polylepis racemosa* Hier.), asociados a una pastura mixta, no son sistemas sostenibles de uso de la tierra para manejo y gestión adecuada de los recursos naturales de la microcuenca del río Chimborazo.

### 2. Hipótesis Alternante

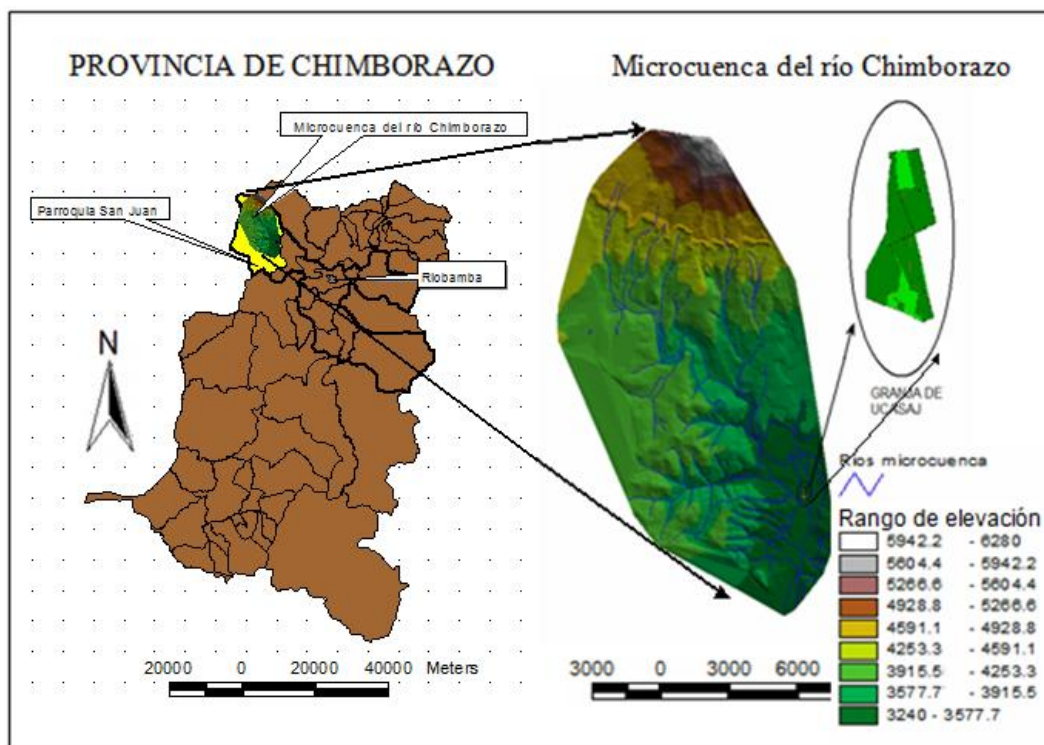
Las alternativas silvopastoriles conformadas con quishuar (*Buddleja incana* H.B.K.), colle (*Buddleja coriaceae* Remy.) y yagual (*Polylepis racemosa* Hier.), asociados a una pastura mixta, son sistemas sostenibles de uso de la tierra para manejo y gestión adecuada de los recursos naturales de la microcuenca del río Chimborazo.

#### IV. MATERIALES Y MÉTODOS

##### A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

###### 1. Localización

El presente trabajo se realizó en la microcuenca del río Chimborazo, en la granja de la Unión de Organizaciones Campesinas de San Juan (UCASAJ), ubicada en la parroquia San Juan, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. (Figura 1).



Fuente: Información base del Instituto Geográfico Militar (IGM),  
Elaboración: El Autor

Figura 1. Ubicación de la granja de UCASAJ en la microcuenca del río Chimborazo.

###### 2. Ubicación geográfica<sup>1</sup>

Latitud: 9825460 N

Longitud: 746667 E

<sup>1</sup> Proyección UTM DATUM PSAD 1956, zona 17 sur.

Altitud: 3300 m

### 3. Características edafoclimáticas

#### a. Condiciones edáficas

El tipo de suelo en el área del estudio corresponde al orden de los Entisoles, con pendiente de alrededor del 3 %.

Se consideran Entisoles por ser suelos minerales que no tienen un perfil diferenciado, con insuficiente lapso de tiempo para su desarrollo, a veces presentan exceso de agua y sedimentación. La progresiva acumulación de materia orgánica al material mineral, que tiene lugar en la parte superior por las raíces y restos vegetales da lugar al oscurecimiento del horizonte A (Porta *et al.*, 1999).

#### b. Condiciones climáticas<sup>2</sup>

Temperatura media: 10 °C.

Precipitación media anual: 660,9 mm

Humedad relativa: 70 %.

### 4. Clasificación ecológica

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida, el lugar de estudio corresponde a Bosque húmedo Montano **bhM** (Holdridge 1982).

## B. MATERIALES

### 1. Materiales

---

<sup>2</sup> Datos obtenidos de la Estación pluviométrica San Juan, perteneciente al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI (1963 - 2006).

Vehículo, estacas, piola, cerca eléctrica, barreno de tubo, barreno de anillos, pala de desfonde, fundas plásticas y de papel, etiquetas, cinta adhesiva, cuadrantes, trampas para hojarasca, hoces, baldes, cinta diamétrica, cinta métrica, sierra de arco, tijeras de podar, resmas de papel bond, esferos, libro de campo, marcadores.

Nutrientes:

- Nitrógeno (N): 93 kg ha<sup>-1</sup>
- Pentaóxido de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>): 78 kg ha<sup>-1</sup>
- Óxido de potasio (K<sub>2</sub>O): 37 kg ha<sup>-1</sup>
- Óxido de magnesio (MgO) 11 kg ha<sup>-1</sup>
- Azufre (S): 31 kg ha<sup>-1</sup>

Vacas en producción (Anexo 11 Cuadro 40).

## 2. Equipos

Se utilizaron los siguientes equipos: GPS (Sistema de Posicionamiento Global), equipo informático, termómetros ambientales, penetrómetro de lectura directa, clinómetro, motosierra, motoguadaña, cámara fotográfica, balanza.

## C. METODOLOGÍA

### 1. Factores en estudio

- Sistema silvopastoril con quishuar (*Buddleja incana* H.B.K) = SSP Q
- Sistema silvopastoril con colle (*Buddleja coriaceae* Remy.) = SSP C
- Sistema silvopastoril con yagual (*Polylepis racemosa* Hier.) = SSP Y
- Sistema pastoril tradicional = PN



## 2. Tratamientos

Tratamiento (sistema)	Descripción
SSP Q	Sistema silvopastoril con quishuar 1/
SSP C	Sistema silvopastoril con colle 1/
SSP Y	Sistema silvopastoril con yagual 1/
PN	Pradera natural 2/

1/ = asociación con pasto azul (*Dactylis glomerata* L), rye grass inglés (*Lolium perenne* L), rye grass italiano (*Lolium multiflorum*) y trébol blanco (*Trifolium repens* L).

2/ = compuesta de holco (*Holcus lanatus*), grama (*Paspalum* sp), diente de león (*Taraxacum officinale*) y lengua de vaca (*Rumex crispus* L).

## 3. Especificaciones del campo experimental

- a. Número de tratamientos (sistemas): 4
- b. Número de repeticiones (bloques): 3
- c. Número total de unidades experimentales (UE): 12
- d. Tamaño de la unidad experimental: 205 m<sup>2</sup> (41 m x 5 m)
- e. Número de leñosas por unidad experimental: 8
- f. Distancia entre leñosas: 5 m
- g. Tamaño del ensayo: 2460 m<sup>2</sup> (Anexo 2).

## 4. Diseño experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones.

## 5. Esquema del Análisis de Varianza

Fuente de Variación	Grados de libertad
Sistemas	3
Bloques	2
Error	6
Total	11

## **6. Análisis funcional**

Se utilizó Coeficiente de Variación (%) y prueba de significación Tukey al 5% para los sistemas.

Se hicieron correlaciones y regresiones para las variables diámetro y altura de las leñosas.

## **7. Características de los sistemas silvopastoriles**

La investigación se realizó en un sistema silvopastoril establecido siete años atrás en la granja de UCASAJ, en la parroquia San Juan, donde el Programa Nacional de Forestería del INIAP, investiga para ofrecer una alternativa de conservación de recursos naturales a los ganaderos de la microcuenca del río Chimborazo.

El sistema silvopastoril está constituido por las especies leñosas nativas de uso múltiple quishuar (*Buddleja incana* H.B.K), colle (*Buddleja coriaceae* Remy.) y yagual (*Polylepis racemosa* Hier.), en arreglo “tres bolillos”, a cinco metros de distancia entre leñosas, asociadas a una pastura mixta compuesta por pasto azul (*Dactylis glomerata* L), rye grass inglés (*Lolium perenne* L), rye grass italiano (*Lolium multiflorum*) y trébol blanco (*Trifolium repens* L). Se utilizó como testigo un sistema de pradera natural a campo abierto, compuesto de holco (*Holcus lanatus*), grama (*Paspalum* sp), diente de león (*Taraxacum officinale*) y lengua de vaca (*Rumex crispus* L).

## **8. Preparación del área de ensayo**

En febrero del 2008, se realizó una labor de poda de las ramas laterales de las especies leñosas y se evaluó la cantidad de leña producida. En pastos, se efectuó un corte de igualación en el mes de marzo del 2008, en las 12 unidades experimentales, y se aplicó fertilizante con la formulación recomendada por el Departamento de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, de acuerdo al análisis químico del suelo; 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O y 30 kg ha<sup>-1</sup> de S.

El tiempo de utilización de la pastura de cada unidad experimental se realizó de acuerdo a la disponibilidad de biomasa y calidad del forraje, con dos unidades bovinas en producción de leche y se cuantificó su producción secundaria.

#### **D. DATOS REGISTRADOS Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN**

**1. Para la evaluación del efecto de tres sistemas silvopastoriles establecidos en la granja de la Unión de Organizaciones Campesinas de San Juan (UCASAJ), sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo, se utilizaron las siguientes variables:**

##### **a. Densidad aparente del suelo**

En cada unidad experimental, se tomaron muestras al inicio y al final del estudio, utilizando el método del barreno de cilindro de volumen conocido (Forsythe citado por Ramos 2003). Se tomaron muestras de suelo a dos profundidades: de 0 a 10 cm y de 11 a 20 cm, ubicando el cilindro muestreador en el tercio medio de cada profundidad, luego se pasó el suelo a una bolsa plástica etiquetada para llevar al laboratorio de suelos y aguas de la Estación Experimental Santa Catalina (LSA-EESC) del INIAP; donde se secaron las muestras en la estufa de aire forzado a 105 °C de temperatura por 24 horas, luego de lo cual se colocó la muestra en desecadores para enfriarla y pesarla. La densidad aparente expresada en  $\text{gcm}^{-3}$  se calculó utilizando la siguiente fórmula:

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

*Donde:*

Da = densidad aparente en  $\text{gcm}^{-3}$

Ms = masa del suelo seco en g

Vt = volumen total del cilindro en  $\text{cm}^3$

### **b. Compactación del suelo**

Al inicio y al final del estudio, utilizando un penetrómetro de lectura directa, se registraron lecturas en campo a dos profundidades: de 0 a 10 cm y de 11 a 20 cm, esta variable se expresó en kilogramos fuerza por centímetro cuadrado ( $\text{kgfcm}^{-2}$ ).

### **c. Humedad gravimétrica del suelo**

Se tomó la humedad gravimétrica del suelo a dos profundidades (0 a 10 y 11 a 20 cm), realizando muestreos mensuales, durante los cinco primeros días del mes, en cada uno de los sistemas, las muestras fueron enviadas al LSA-EESC del INIAP; donde, mediante el método de la estufa de aire forzado, se obtuvo el peso fresco y peso seco de la muestra, para luego calcular el porcentaje de humedad mediante 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 en g

PSM = peso seco de la muestra en g

### **d. Fertilidad del suelo**

Esta variable se tomó al inicio y al final del estudio, para lo cual se recolectó una muestra representativa por unidad experimental a una profundidad de 0 a 20 cm (Anexo 3) y se llevó al LSA-EESC del INIAP para determinar contenidos de: pH, N total, P asimilable, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Carbono, materia orgánica y relación C/N.

### e. Número y biomasa de lombrices

Se realizaron evaluaciones durante la época lluviosa y seca, en cada unidad experimental, para el muestreo se utilizó un cuadrante de 0,5 x 0,5 m y se exploró hasta una profundidad de 0,2 m. Con el fin de obtener muestras representativas se ubicó el cuadrante a 1 m de las leñosas y en un punto equidistante a ellas (2,5 m). Se registró el número y el peso de lombrices encontradas en los puntos de muestreo, los resultados se expresaron en número y peso (g) por metro cuadrado de suelo (Anexo 4).

### f. Micorrizas

En cada parcela, con la ayuda de una pala de desfonde se tomaron cinco submuestras de suelo a una profundidad de 0 a 20 cm, éstas estuvieron distribuidas en zig-zag (Anexo 3) y conformaron una muestra compuesta. Las muestras compuestas se colocaron en fundas plásticas debidamente identificadas y se llevaron al laboratorio de Microbiología de Suelos del Departamento de Protección Vegetal de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP para la determinación de morfotipos y colonización micorrízica (Anexo 5), los resultados se expresaron en número de esporas g<sup>-1</sup> de suelo y porcentaje.

## **2. Para la evaluación del desempeño de los componentes: leñoso, herbáceo y animal de los sistemas silvopastoriles en estudio, se utilizaron las siguientes variables:**

### a. Crecimiento de los árboles

1) **Altura:** se realizaron mediciones de los árboles al inicio y al final del estudio, utilizando un clinómetro, para medir el ángulo de elevación e inclinación hacia el ápice y base de la leñosa (Tobar *et al.*, sf). Con la distancia horizontal se determinó indirectamente la altura utilizando la siguiente fórmula (Figura 2):

$$h = d (\tan \alpha_2 + \tan \alpha_1)$$

*Donde:*

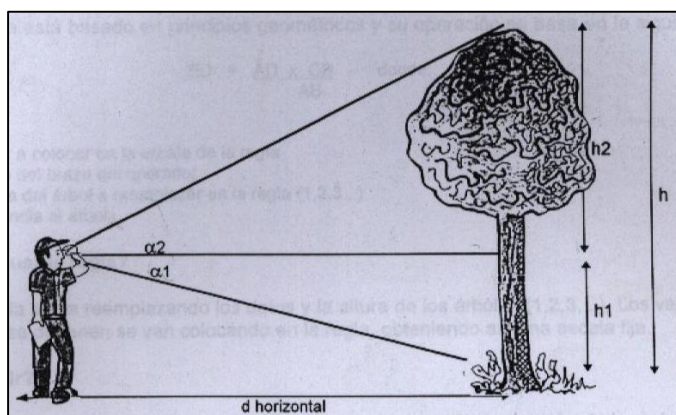
$h$  = altura de la leñosa (m)

$d$  = distancia horizontal (m) entre el lector y la leñosa

$\tan \alpha_2$  = tangente del ángulo de elevación

$\tan \alpha_1$  = tangente del ángulo de inclinación

Los resultados fueron expresados en metros. Se utilizaron datos anteriormente registrados para construir la curva de crecimiento de los árboles.



Fuente: Tobar *et al.*, sf.

Figura 2. Método indirecto (clinómetro) para estimar altura de leñosas.

2) **Diámetro:** se realizaron mediciones de los árboles al inicio y al final del estudio, la circunferencia de las leñosas fue tomada utilizando una cinta métrica, a una altura de 0,3 m del suelo; por tratarse de especies ramificadas desde la base, en las cuales se dificulta tomar el diámetro a la altura del pecho (DAP). Para la transformación de circunferencia a diámetro se utilizó la siguiente fórmula (Nieto *et al.*, 2005):

$$\emptyset = C / \Pi$$

Donde:

$\emptyset$  = diámetro (cm)

$C$  = circunferencia (cm)

$\Pi$  = 3,1416

Los resultados fueron expresados en centímetros. Se utilizaron datos anteriormente registrados para construir la curva de crecimiento de los árboles.

#### **b. Biomasa aérea en el componente leñoso**

Para estimar este componente, estaba previsto realizar el método del árbol promedio (MacDiken citado por Nieto *et al.*, 2005), pero al momento de pedir autorización en la organización UCASAJ para cortar los árboles, no fue posible, la dirigencia se opuso, por lo que se decidió adaptar el método a rama promedio; que consiste en hacer un inventario de las ramas que conforman cada árbol para determinar a través de la altura y el diámetro de su base, el ejemplar promedio que represente al grupo de ramas que conforman el árbol, para cuantificar la biomasa por el método destructivo. Luego la biomasa de la rama promedio se multiplica por el número de ramas que conforman cada árbol del sistema. Las ramas seleccionadas fueron divididas en tres componentes: ramas gruesas, ramas delgadas y hojas, con el fin de determinar su biomasa. Esto sirvió también para determinar la fracción de carbono.

**1) Ramas (gruesas y delgadas):** se consideraron ramas gruesas, aquellas de diámetro mayor a 3 cm y delgadas las de diámetro menor a 3 cm. Se registró el peso fresco del material recolectado y se tomó una submuestra de 500 g, de los dos tipos de ramas, que fue enviada al LSA-EESC del INIAP, en donde para obtener el porcentaje de materia seca, se introdujo en una estufa a 70 °C hasta tener un peso constante. Se utilizó la siguiente ecuación (Riofrío 2007):

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

*Donde:*

Br = biomasa de ramas en  $\text{kg ha}^{-1}$

Pr = peso fresco de ramas en  $\text{kg ha}^{-1}$

MS = materia seca en %

1) **Hojas:** se obtuvo directamente en campo el peso fresco de las hojas y se determinó el porcentaje de materia seca, de una muestra enviada al LSA-EESC del INIAP. Se utilizó la siguiente fórmula (Riofrío 2007):

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

*Donde:*

Bh = biomasa de hojas en  $kg\ ha^{-1}$

Ph = peso fresco de hojas en  $kg\ ha^{-1}$

MS = materia seca en %

2) **Biomasa total de la rama promedio:** se obtuvo de la suma de las biomásas de: ramas gruesas + ramas delgadas + hojas.

$$B_{Tr} = Brg + Brd + Bh.$$

5) **Biomasa total de la leñosa:** se obtuvo del producto entre la biomasa total de la rama promedio, y el número medio de ramas de cada especie del sistema silvopastoril.

### c. Hojarasca del componente leñoso

Para evaluar esta variable se colocaron trampas de  $1\ m^2$  (1 x 1 m) a 1 m de las especies leñosas y en un punto equidistante entre estas, el peso se registró cada 15 días (durante tres meses y medio), de esta hojarasca se tomaron muestras representativas y se enviaron al LSA-EESC del INIAP para determinar su porcentaje de materia seca.

### d. Cantidad de leña recolectada

Se cuantificó la cantidad de leña recolectada luego de la poda de las especies leñosas. Se expresó en kg de materia verde por hectárea.



### e. Biomasa de pastos

Esta variable se cuantificó previo a cada pastoreo en cada unidad experimental (UE), mediante el método de doble muestreo (evaluación directa y destructiva de la muestra), inicialmente se delimitó el área de evaluación, luego se observó la distribución de la producción de forraje en el potrero, tomando en cuenta atributos como: altura, vigor y densidad de la pastura. Se seleccionaron escalas de producción de 1 a 5 considerando 1 a los sitios con niveles de menor producción y 5 a los sitios con niveles de mayor producción. Con la ayuda de un cuadrante de 0,5 \* 0,5 m, y con la técnica de muestreo sistemático, se realizó cuarenta observaciones visuales en cada unidad experimental (UE) del sistema (Anexo 3). Para la evaluación destructiva se tomaron tres muestras por cada punto de la escala (15 muestras por UE) y se determinó individualmente la biomasa real (Ramos 2003), cortando y pesando en fresco el forraje que se encontraba dentro del cuadrante y luego se tomó una muestra representativa de 250 g para enviar al LSA-EESC del INIAP para la determinación de materia seca. Con esta información se aplicó una regresión para conocer la biomasa de pastos producida en cada sistema silvopastoril. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$MS = \left[ \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso fresco}} \right] * 100$$

*Luego;*

$$Bhrb = \frac{\text{Phrb} * MS}{100}$$

*Donde:*

Bhrb = biomasa herbácea en  $\text{tha}^{-1}$

Phrb = producción herbácea (peso fresco) en  $\text{tha}^{-1}$

MS = materia seca en %

#### **f. Valor nutritivo de los pastos**

Para esta variable se recolectó una muestra compuesta de biomasa herbácea fresca (forraje) en cada UE, previo a cada pastoreo, se etiquetó y se envió al laboratorio de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP para el análisis bromatológico, donde se determinó: humedad, proteína bruta, fibra cruda, extracto no nitrogenado, extracto etéreo, cenizas totales, energía bruta, energía metabolizable, calcio y fósforo.

#### **g. Producción animal**

Se utilizó el método de pastoreo dirigido (sogeo), por la falta de costumbre de los animales a la cerca eléctrica y por el tamaño pequeño de las unidades experimentales, tratando que el animal utilice la pastura de la unidad experimental en evaluación. Posteriormente, se tomaron datos de producción de leche después de 24 horas del ingreso de las vacas a cada unidad experimental, la producción se tomó durante los días que los animales permanecieron en cada unidad experimental, los resultados se expresaron en litros de leche por hectárea. Se registró el estado de lactancia, la edad y el número de partos de cada una de las vacas, a fin de separar este efecto con el de los tratamientos.

### **3. Para determinar el potencial de los sistemas silvopastoriles para proporcionar beneficios como captura de carbono, energía de biomasa, regulación del microclima (temperatura) y hábitat de vida silvestre, se utilizaron las siguientes variables:**

#### **a. Carbono en leñosas**

##### **1) Fracción de carbono en las leñosas**

Se tomaron muestras de los componentes ramas gruesas y delgadas y hojas, que fueron enviadas al LSA-EESC del INIAP, donde se determinó la fracción de carbono por el método de combustión, mediante incineración a 550 °C de todo el material orgánico, el

material inorgánico que no se destruye a esta temperatura se llama ceniza (University of Florida 1970).

## 2) Carbono en el componente leñoso

Con la biomasa aérea estimada en las leñosas y la fracción de carbono de cada especie, se estimó el carbono almacenado en este componente del sistema. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$C = B_T \times f C_{\text{especie}}$$

*Donde:*

C = carbono (t ha<sup>-1</sup>)

B<sub>T</sub> = biomasa total (t ha<sup>-1</sup>)

f C<sub>especie</sub> = fracción de carbono por especie (%)

### b. Carbono en hojarasca

Utilizando la biomasa en hojarasca de leñosas y la correspondiente fracción de carbono, se estimó el carbono almacenado en este componente del sistema. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$C = B_H \times f C_{H \text{ especie}}$$

*Donde:*

C = carbono (t ha<sup>-1</sup>)

B<sub>H</sub> = biomasa en hojarasca (t ha<sup>-1</sup>)

f C<sub>H especie</sub> = fracción de carbono en hojarasca de cada especie (%)

### c. Carbono en suelo

En cada unidad experimental se tomó una muestra de suelo a una profundidad de 0 a 20 cm y se envió al LSA-EESC del INIAP, para determinar el contenido de materia orgánica mediante el método de combustión y con base en esto determinar la fracción de carbono en el suelo (Official Methods of Analyses of the Association of Official Agricultural Chemists 1960, citado por University of Florida. Center for Tropical Agriculture, 1970). La estimación de carbono se realizó mediante la fórmula:

$$\% \text{ COS} = \% \text{ MO} * 0,58 \text{ (Walkley y Black 1938)}$$

*Donde:*

% COS = fracción de carbono orgánico en el suelo

% MO = porcentaje de materia orgánica

0,58 = constante

Utilizando los resultados obtenidos en laboratorio del porcentaje de carbono orgánico del suelo y su densidad aparente, se calculó el contenido de carbono en el suelo a la profundidad de 0-20 cm, a través de la siguiente fórmula:

$$\text{COS} = \% \text{ COS} \times \text{Da} \times \text{P} \times 100$$

*Donde:*

COS carbono orgánico en el suelo ( $\text{t ha}^{-1}$ )

%COS = fracción de carbono en el suelo (%)

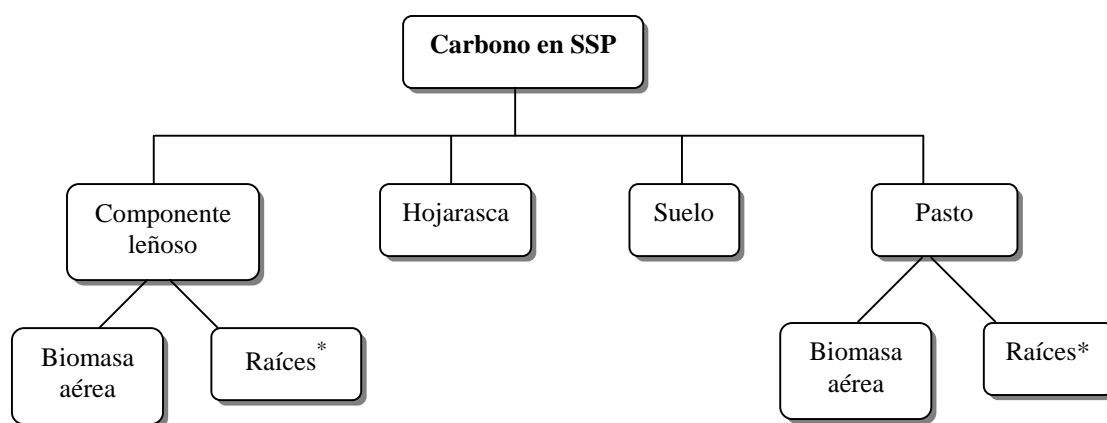
Da = Densidad aparente ( $\text{t m}^{-3}$ )

P = Profundidad de muestreo (m)

100 = constante para transformación a  $\text{t ha}^{-1}$

#### d. Carbono secuestrado por todos los componentes

Este valor se obtuvo de la sumatoria de carbono de: componente leñoso + hojarasca + suelo (COS) + pasto (Figura 3). Se expresó en  $\text{tha}^{-1}$ .



\* No fueron analizados en el presente estudio

Figura 3. Esquema de componentes almacenadores de carbono en sistemas silvopastoriles.

#### e. Temperatura ambiental

Durante dos épocas del año lluviosa (abril) y seca (julio y agosto), se registró diariamente la temperatura ambiental en cada parcela experimental a las 7h00, 12h00 y 17h00; para lo cual se utilizaron termómetros de bulbo y digitales, ubicados en un punto equidistante entre las especies leñosas. Los promedios se expresaron en  $^{\circ}\text{C}$ .

#### f. Biodiversidad de aves en el sistema silvopastoril

Esta variable se evaluó considerando a los tres sistemas silvopastoriles como uno solo, siendo difícil discriminar la ubicación de las aves en determinado sistema, las observaciones se realizaron mediante el método de puntos de conteo (Reynolds *et al.*, 1980 citado por Sáenz *et al.*, 2007), una vez por mes, durante seis meses; entre las 6h00 y 8h00, comenzando cinco minutos después de llegar al punto de observación, para disminuir el efecto de perturbación. Se establecieron tres puntos de observación en lugares

representativos del ensayo y se utilizaron tiempos definidos de 15 minutos (Taylor 2003 citado por Gómez 2007), para registrar número y especie de aves observadas.

**4. Para realizar un análisis socioeconómico de las alternativas silvopastoriles en estudio, se utilizaron las siguientes variables:**

**a. Uso de mano de obra**

Se estimó la cantidad de mano de obra utilizada en el manejo de los diferentes sistemas. Esta variable se evaluó durante el período de la investigación y se expresó en número de jornales por hectárea.

**b. Uso del conocimiento tradicional**

Se determinó en forma participativa mediante talleres con familias, promotores locales, dirigentes y miembros de la Organización, las ventajas y desventajas que genera la utilización de las especies forestales nativas en sistemas pastoriles, así como los usos que tienen las tres especies leñosas.

**c. Insumos internos y externos**

Durante el período de estudio, se discriminaron los insumos internos y externos utilizados en los sistemas y se registró la cantidad de cada uno de ellos.

**d. Valor de la producción**

Para esta variable se utilizaron los datos de producción de leche acumulados durante el período de evaluación y el costo se fijó de acuerdo al precio promedio de venta del litro de leche en la zona. También se incluyó el precio de la leña obtenida en los diferentes sistemas. Se expresó en USDha<sup>-1</sup>.

**e. Ingresos netos**

Se registraron los ingresos y egresos generados durante el período de evaluación de los diferentes sistemas.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. SUELO:

#### 1. Densidad aparente

La densidad aparente se define como la masa por unidad de volumen (Porta *et al.*, 1999). En el Cuadro 1, se presentan los cuadrados medios de la densidad aparente del suelo, evaluada al séptimo año de desarrollo de los sistemas silvopastoriles, en dos épocas del año: lluviosa (marzo) y seca (agosto), a dos profundidades (0 a 10 y 11 a 20 cm).

Cuadro 1. Cuadrados medios para densidad aparente del suelo ( $\text{g cm}^{-3}$ ), a dos profundidades, en época lluviosa y seca, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		0 a 10 cm		11 a 20 cm	
		Ell (Inicio)	Es (Final)	Ell (Inicio)	Es (Final)
Sistemas	3	0,004 ns	0,001 ns	0,009 ns	0,002 ns
Bloques	2	0,001 ns	0,002 ns	0,004 ns	0,005 ns
Error	6	0,001	0,001	0,003	0,002
<b>Total</b>	<b>11</b>				
Coefficiente de variación (%)		3,68	5,03	5,36	4,22
Promedio		0,97	0,95	0,94	0,98

ns = no significativo ( $p > 0,05$ )

Elaboración: El Autor

Ell = época lluviosa

Es = época seca

Cuadro 2. Variación en la densidad aparente del suelo a dos profundidades, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Densidad aparente ( $\text{g cm}^{-3}$ )						
Sistema	Antes del pastoreo 1/:		Después del pastoreo 2/:			
	0 a 10 cm	11 a 20 cm	Época lluviosa (marzo)		Época seca (agosto)	
			0 a 10 cm	11 a 20 cm	0 a 10 cm	11 a 20 cm
SSP quishuar	0,78	0,90	1,00	0,95	0,95	0,97
SSP colle	0,76	0,86	0,93	0,88	0,94	0,99
SSP yagual	0,76	0,84	0,96	0,91	0,97	1,00
Pradera natural	-	-	0,96	1,01	0,95	0,95

SSP = sistema silvopastoril

Pradera natural de 15 años

Elaboración: El Autor

1/: 4<sup>to</sup> año de desarrollo de los SSPs

2/: 7<sup>mo</sup> año de desarrollo de los SSPs



Analizando comparativamente los datos del Cuadro 2, entre la densidad aparente del suelo antes del pastoreo en los sistemas silvopastoriles y después de tres años consecutivos de pastoreo (evaluación final en época seca), no se encontraron incrementos a las dos profundidades. Eso significa que no se evidenció un efecto ocasionado por el pisoteo de los animales. De otra parte, parece que existe una relación entre esta variable y el descenso en el contenido de materia orgánica, tal como se observa en el Gráfico 7. Ramos (2003) citando a Henríquez (1999), refiere que la disminución de materia orgánica tiende a incrementar la densidad aparente del suelo, debido a que sus componentes son menos densos que los componentes minerales.

Grijalva *et al.*, (2004), en un estudio de sistemas silvopastoriles con pasto avena en plantación de pino, encontró que la densidad aparente del suelo presentó una ligera variación: de 0,81 a 0,83 g cm<sup>-3</sup>; antes del pastoreo versus después del pastoreo.

Estudios realizados por Gómez (2007), muestran incrementos altamente significativos ( $p < 0,01$ ) de 0,77 a 0,90 g cm<sup>-3</sup> a una profundidad de 0 a 10 cm en el primer año de pastoreo de los sistemas silvopastoriles de la presente investigación (cuarto año de desarrollo), explicado por un mayor efecto del pisoteo de los animales en los primeros centímetros del suelo. El mismo autor encontró diferencias no significativas (0,87 vs. 0,88 g cm<sup>-3</sup>) de 11 a 20 cm de profundidad, lo cual concuerda con los resultados encontrados después de tres años de pastoreo en los sistemas silvopastoriles (al séptimo año de desarrollo).

Durante el séptimo año de desarrollo de los sistemas silvopastoriles se encontró que de 0 a 10 cm de profundidad, la densidad aparente del suelo fue de 0,96 y 0,95 g cm<sup>-3</sup>, en las épocas lluviosa y seca respectivamente, al igual que en la pradera natural, contrariamente de 11 a 20 cm los valores promedio de densidad aparente del suelo de los sistemas silvopastoriles fueron de 0,91 y 0,98 g cm<sup>-3</sup>, mientras en la pradera natural fue de 1,01 y 0,95 g cm<sup>-3</sup>, en dichas épocas, en todos los casos, los valores de densidad aparente del suelo, son inferiores al valor sugerido de 1,3 g cm<sup>-3</sup> para suelos con problemas de compactación (Grijalva *et al.*, 2004).

## 2. Compactación

Los resultados en esta variable, presentan diferencias estadísticas ( $p < 0,01$  y  $p < 0,05$ ) entre sistemas silvopastoriles (al séptimo año de desarrollo) versus pradera natural en la época lluviosa (marzo) a las dos profundidades analizadas (0 a 10 y 11 a 20 cm). En la época seca (agosto), no existieron diferencias estadísticas entre los sistemas silvopastoriles y la pradera natural. Esta diferencia entre épocas de muestreo, posiblemente se deba a que los distintos tipos de uso del suelo presentan mayor variación en su compactación en presencia de humedad.

Cuadro 3. Cuadrados medios para compactación del suelo ( $\text{kgf cm}^{-2}$ ), a dos profundidades, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Ell (marzo)		Es (agosto)	
		0 a 10 cm	11 a 20 cm	0 a 10 cm	11 a 20 cm
Sistemas	3	140,243 **	368,916 *	163,814 ns	471,927 ns
Bloques	2	15,981 ns	79,646 ns	373,666 *	64,676 ns
Error	6	12,798	47,128	65,827	103,789
<b>Total</b>	<b>11</b>				
Coefficiente de variación (%)		6,58	10,84	7,80	11,23
Promedio		54,38	63,36	104,02	90,73

Ell = época lluviosa

Es = época seca

Elaboración: El Autor

\*\* = altamente significativo ( $p < 0,01$ )

\* = significativo ( $p < 0,05$ )

ns = no significativo ( $p > 0,05$ )

Cuadro 4. Cambios en la compactación del suelo ( $\text{kgf cm}^{-2}$ ) a dos profundidades en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Compactación ( $\text{kgf cm}^{-2}$ )						
Sistema	Antes del pastoreo 1/:		Después del pastoreo 2/:			
	0 a 10 cm	11 a 20 cm	Época lluviosa (marzo)		Época seca (agosto)	
			0 a 10 cm	11 a 20 cm	0 a 10 cm	11 a 20 cm
SSP quishuar	30,6	45,6	52,9 b	59,4 b	99,3	84,7
SSP colle	25,0	38,3	48,9 b	57,4 b	97,5	82,3
SSP yagual	24,4	31,1	51,5 b	56,7 b	105,3	86,6
Pradera natural	-	-	64,3 a	79,9 a	113,9	109,4

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias

SSP = sistema silvopastoril

Elaboración: El Autor

Pradera natural de 15 años

1/: 4<sup>o</sup> año de desarrollo de los SSPs

2/: 7<sup>mo</sup> año de desarrollo de los SSPs

En el Cuadro 4, se observa que existió un incremento promedio en la compactación del suelo de los sistemas silvopastoriles a las dos profundidades evaluadas. Estos incrementos, son explicables por el laboreo del suelo (previo a la siembra del pasto) realizado a mediados del tercer año de desarrollo de los sistemas, y al posterior efecto del pisoteo de los animales durante tres años consecutivos de pastoreo. Los resultados no siguieron la misma tendencia de la densidad aparente.

En la pradera natural, la compactación del suelo varió de 64,3 a 113,9  $\text{kgf cm}^{-2}$  de 0 a 10 cm de profundidad y de 79,9 a 109,4  $\text{kgf cm}^{-2}$  de 11 a 20 cm, entre épocas lluviosa y seca, igualmente atribuible al efecto del pisoteo de los animales.

Los incrementos en la compactación del suelo (Cuadro 4) de los sistemas silvopastoriles (al séptimo año de desarrollo) y la pradera natural, desde la época lluviosa (marzo) hasta la seca (agosto), se deben posiblemente a las diferencias en el contenido de humedad del suelo (Gráfico 3) entre dichas épocas y al efecto del pisoteo de los animales, estos incrementos concuerdan con los encontrados por otros autores como Gómez (2007) en los sistemas silvopastoriles al cuarto año de desarrollo (32,4 vs 86,5  $\text{kgf cm}^{-2}$ ) y Jara (2003) en pasto avena bajo plantaciones de pino (20 vs 68  $\text{kgf cm}^{-2}$ ), a una profundidad de 0 a 20 cm, en un año de pastoreo de bovinos.

En general, los valores de compactación del suelo de los sistemas silvopastoriles son inferiores a los de la pradera natural, debido probablemente a que la pradera natural no ha sido laborada desde hace 15 años, mientras los sistemas silvopastoriles fueron laborados tres años y medio atrás.

### **3. Humedad gravimétrica del suelo**

Los datos de porcentaje de humedad gravimétrica del suelo, presentaron diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos, en la época lluviosa a la profundidad de 0 a 10 cm y en la época seca de 11 a 20 cm, la época seca de 0 a 10 cm y la lluviosa de 11 a 20 cm, no fueron estadísticamente diferentes, probablemente porque en la época lluviosa

existe mayor tendencia al encharcamiento del agua en los primeros centímetros del suelo (especialmente en la pradera natural), en cambio que en la época seca, las diferencias en el contenido de humedad del suelo, se acentúan a mayor profundidad (11 a 20 cm), posiblemente por las diferencias en el consumo de agua por las plantas.

Cuadro 5. Cuadrados medios para porcentaje de humedad gravimétrica del suelo, a dos profundidades, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		0 a 10 cm		11 a 20 cm	
		Ell	Es	Ell	Es
<b>Sistemas</b>	<b>3</b>	17,53 *	13,77 ns	6,26 ns	13,45 *
<b>Bloques</b>	<b>2</b>	2,58 ns	6,46 ns	1,89 ns	4,52 ns
<b>Error</b>	<b>6</b>	1,83	7,57	2,5	2,99
<b>Total</b>	<b>11</b>				
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		3,93	8,93	4,86	5,75
<b>Promedio</b>		34,4	30,8	32,6	30,1

Ell = época lluviosa (marzo, abril, mayo y junio)

Es = época seca (julio y agosto)

Elaboración: El Autor

ns = no significativo ( $p > 0,05$ )

\*\* = altamente significativo ( $p < 0,01$ )

\* = significativo ( $p < 0,05$ )

Cuadro 6. Porcentaje de humedad gravimétrica del suelo a dos profundidades, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Humedad gravimétrica (%)				
Sistema	0 a 10 cm		11 a 20 cm	
	Época lluviosa	Época seca	Época lluviosa	Época seca
<b>SSP con quishuar</b>	32,5 b	30,5	31,7	30,1 ab
<b>SSP con colle</b>	34,1 ab	31,8	32,5	29,8 ab
<b>SSP con yagual</b>	33,1 b	28,0	31,4	27,6 b
<b>Pradera natural</b>	37,9 a	33,0	34,6	32,8 a

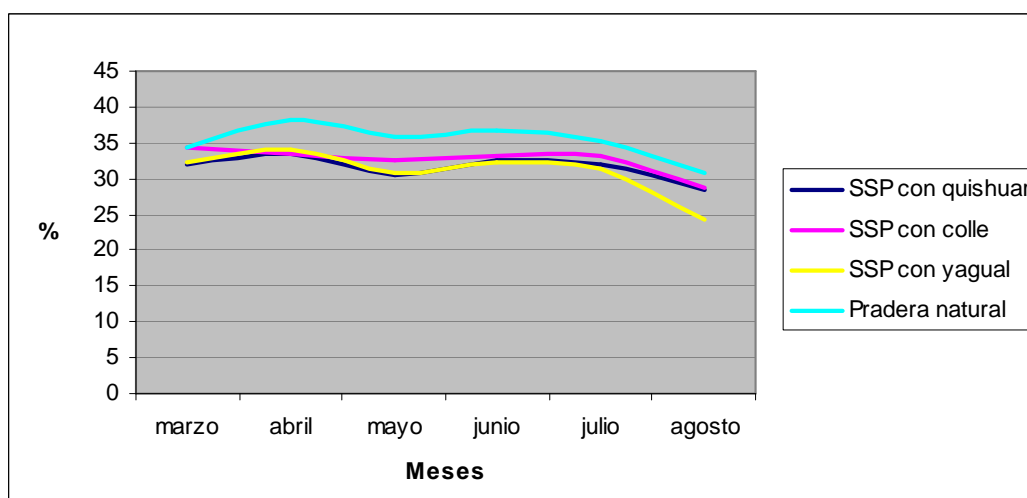
Letras distintas en sentido vertical indican diferencias

SSP = sistema silvopastoril

Elaboración: El Autor

En las dos épocas y a las dos profundidades evaluadas, la pradera natural acusó mayor contenido de humedad que los sistemas silvopastoriles. El menor contenido de humedad gravimétrica en el suelo (%) se registró en el sistema con yagual, en especial en época seca.

Estas diferencias podrían deberse a que en los sistemas silvopastoriles existe una mayor distribución de la humedad en el perfil del suelo, debido a su porosidad (causada por una mayor zona radicular) y su menor grado de compactación, en comparación con la pradera natural. Esto concuerda con lo encontrado por Ramos (2003) quien reporta alrededor de  $600 \text{ kg ha}^{-1}$  más biomasa de raíces finas en pasturas mejoradas asociadas con árboles que en praderas degradadas (a una profundidad de 0 a 20 cm). Las galerías que dejan las raíces al descomponerse, también influyen de modo importante en la infiltración del agua, en su almacenamiento en el suelo, y en la conservación de suelos y del agua (Hughes *et al.*, 1984). De otra parte, la mayor biomasa del yagual aparentemente tiene mayor requerimiento hídrico en comparación con las otras leñosas, diferencias que se acentúan en las épocas con menor precipitación (Gráfico 3), corroborando lo manifestado por Reynel y León (1990), en el sentido de que el yagual requiere medios a altos constantes niveles de humedad, paralelamente, la pastura mixta requiere mayor humedad que pradera natural.



Elaboración: El Autor

Gráfico 3. Porcentaje de humedad gravimétrica del suelo de 0 a 20 cm de profundidad en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

#### 4. Fertilidad

Un suelo debe constituir un medio idóneo para el desarrollo de las raíces y almacenamiento y provisión de agua, también debe ser adecuado suministrador de nutrientes para el crecimiento de las plantas y la producción de los cultivos, con contenidos óptimos de macronutrientes (en especial N, P y K) y micronutrientes (Porta *et al.*, 1999).

La fertilidad del suelo presentó diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) en el contenido de fósforo asimilable, y arrojó diferencias no significativas ( $p > 0,05$ ) en contenidos de nitrógeno total y potasio.

Cuadro 7. Cuadrados medios para contenido de macroelementos en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios		
		N total (%)	P (ppm)	K (meq 100 ml <sup>-1</sup> )
Sistemas	3	0,003 ns	146,97**	0,001 ns
Bloques	2	0,003 ns	57 ns	0,001 ns
Error	6	0,003		0,001
<b>Total</b>	<b>11</b>			
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		12,27	14,52	17,88
<b>Promedio</b>		0,47	23,75	0,14

\*\* = altamente significativo ( $p < 0,01$ )

ns = no significativo ( $p > 0,05$ )

Elaboración: El Autor

Cuadro 8. Contenido de macroelementos en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

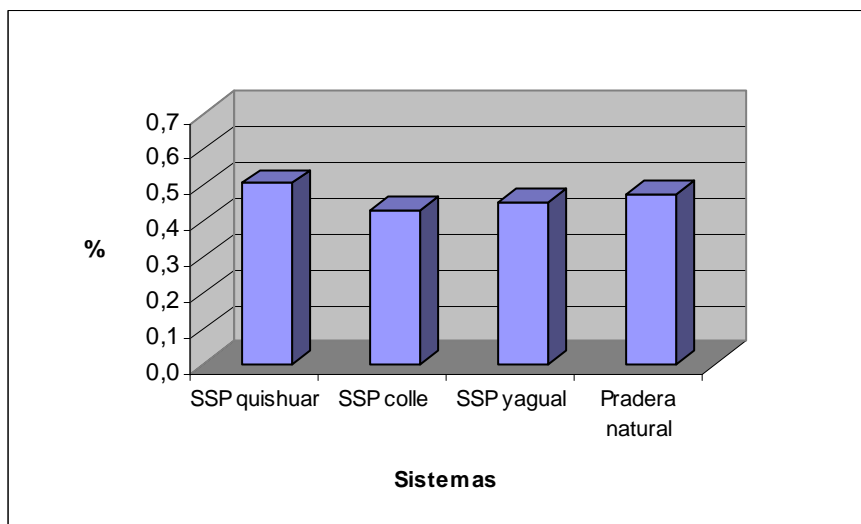
Sistema	Nitrógeno total (%)	Fósforo asimilable (ppm)	Potasio (meq 100 ml <sup>-1</sup> )
SSP con quishuar	0,51	28 a	0,14
SSP con colle	0,43	26 a	0,13
SSP con yagual	0,45	27,67 a	0,14
Pradera natural	0,48	13,33 b	0,16

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias

SSP = sistema silvopastoril

Elaboración: El Autor

### a. Nitrógeno total



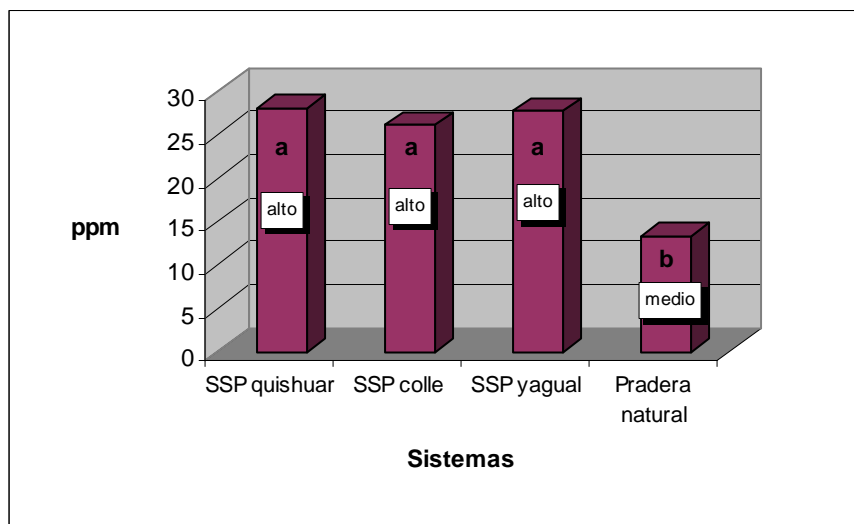
Elaboración: El Autor

Gráfico 4. Contenido de nitrógeno total (%), en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

El nitrógeno total no presentó diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) en los tres sistemas silvopastoriles versus pradera natural. Los sistemas silvopastoriles con quishuar, colle y yagual presentaron promedios de 0,51, 0,43 y 0,45% y pradera natural 0,48%. Estos contenidos se explican por la extracción del elemento por la pastura o pérdida del nutrimento por lixiviación, y que no fue devuelto proporcionalmente a través de fuentes nitrogenadas exógenas o por el aporte de las deyecciones animales durante el pastoreo (Grijalva *et al.*, 2004). El suelo de la pradera natural presentó similares contenidos de nitrógeno que el de los sistemas silvopastoriles, por tratarse de un suelo en descanso que no ha sido laborado desde el año 1993, por tanto es comprensible que haya una acumulación de materia orgánica y consecuentemente de nitrógeno.

El nitrógeno ha sido generalmente limitante en ecosistemas montanos altos comparado con montanos bajos, requiriéndose suplementos de este nutrimento, a excepción de la primera o segunda cosecha que se obtienen de un suelo recién abierto al cultivo (Chacón, 2003 y Bertsch, 1995 citados por Grijalva *et al.*, 2009).

## b. Fósforo asimilable



Elaboración: El Autor

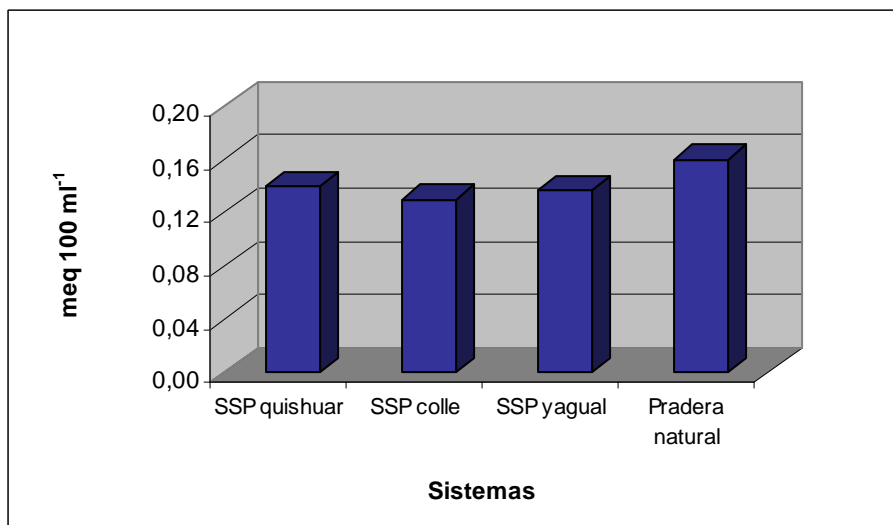
Gráfico 5. Contenido de fósforo asimilable (ppm), en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

El contenido de fósforo asimilable, presentó diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) entre los tres sistemas silvopastoriles versus pradera natural. La prueba de Tukey 5% separó en un primer grupo a los sistemas silvopastoriles con quishuar, colle y yagual por sus contenidos promedio del elemento de 28, 26 y 27,67 ppm, respectivamente, que corresponden a un nivel alto de este elemento, mientras que pradera natural se ubicó en un segundo grupo con 13,33 ppm de fósforo, que representa un nivel medio. Estas diferencias se explican probablemente por la fertilización realizada en el manejo de la pastura ( $78 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) de los sistemas silvopastoriles, en tanto que en pradera natural no se realizó fertilización con fósforo.

La continua fertilización, junto con las bajas pérdidas por percolación y la extracción relativamente pequeña de fósforo por la planta, favorecen gradualmente el enriquecimiento fosfórico del suelo. Por otra parte, se evidenciaría un efecto residual de fertilizaciones fosfóricas realizadas hasta 50 años atrás (Jacob y Von Uexküll 1973).



### c. Potasio



*Elaboración: El Autor*

Gráfico 6. Contenido de potasio (meq 100 ml<sup>-1</sup>), en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

El contenido de potasio no presentó diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre sistemas silvopastoriles y pradera natural, sin embargo existieron diferencias numéricas entre los tres sistemas ( $0,14 \pm 0,005$  meq 100 ml<sup>-1</sup>) y la pradera natural ( $0,16$  meq 100 ml<sup>-1</sup>), ocasionadas probablemente porque la última está en descanso desde hace 15 años, siendo comprensible un enriquecimiento del elemento. Su contenido acusó un nivel bajo, característica típica de los suelos de la zona; esto concuerda con los bajos niveles del elemento reportados por Gómez (2007), quien encontró  $0,14$  meq 100 ml<sup>-1</sup>.

### d. Materia orgánica

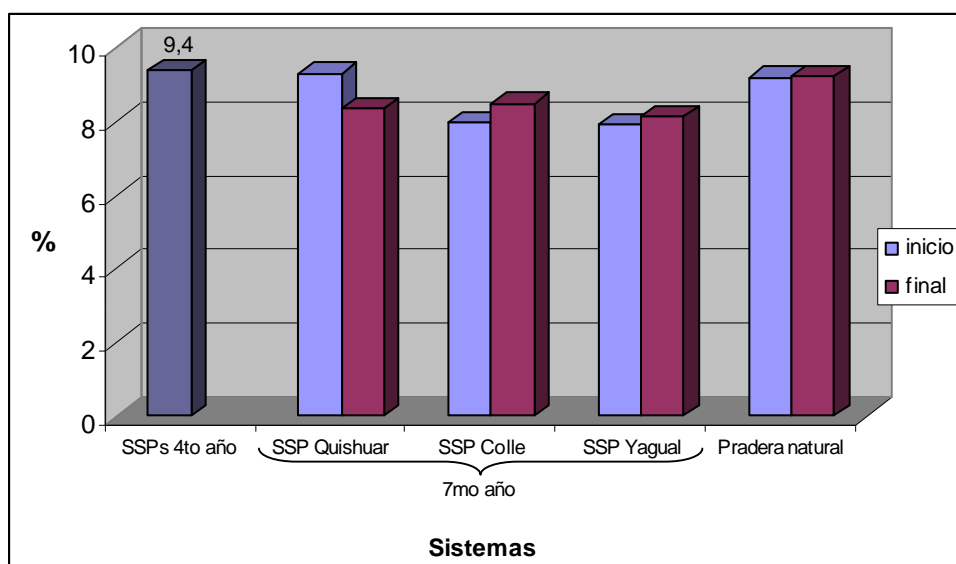
Análisis realizados para el contenido de materia orgánica del suelo en las evaluaciones efectuadas en época lluviosa (marzo) y seca (agosto), no arrojaron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) entre sistemas silvopastoriles y pradera natural (Cuadro 9).

Cuadro 9. Cuadrados medios para contenido de materia orgánica (%) en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	
		Inicio	Final
<b>Sistemas</b>	<b>3</b>	1,7 ns	0,68 ns
<b>Bloques</b>	<b>2</b>	3,2 ns	0,49 ns
<b>Error</b>	<b>6</b>	1,51	1,29
<b>Total</b>	<b>11</b>		
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		13,3	13,27
<b>Promedio</b>		8,60	8,56

ns = no significativo ( $p > 0,05$ )

Elaboración: El Autor



Pradera natural de 15 años

Elaboración: El Autor

Gráfico 7. Contenido de materia orgánica (%), en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

La importancia que se reconoce a la materia orgánica deriva de su papel en el crecimiento de las plantas y organismos del suelo como son: formación y estabilización de agregados, adsorción e intercambio iónico, suministro de energía y nutrientes, capacidad de retención de humedad, diversos procesos edafogénicos y protección contra la degradación del

suelo por erosión. Los aportes de materia orgánica al suelo resultan críticos para el mantenimiento de este componente y de la fertilidad del suelo a largo plazo (Porta *et al.*, 1999).

En general el contenido de materia orgánica (MO) del suelo de todos los sistemas (SSPs y PN) es alto (> 6%). Estos suelos pertenecen al orden de los entisoles, formados por sedimentación y una progresiva incorporación de materia orgánica por parte de las raíces y restos vegetales en los primeros centímetros del suelo (Porta *et al.*, 1999). El efecto de la hojarasca de los sistemas silvopastoriles sobre la materia orgánica del suelo sería más notorio en suelos pobres y, posiblemente, sería superior que sistemas a campo abierto.

#### e. Relación carbono – nitrógeno (C/N)

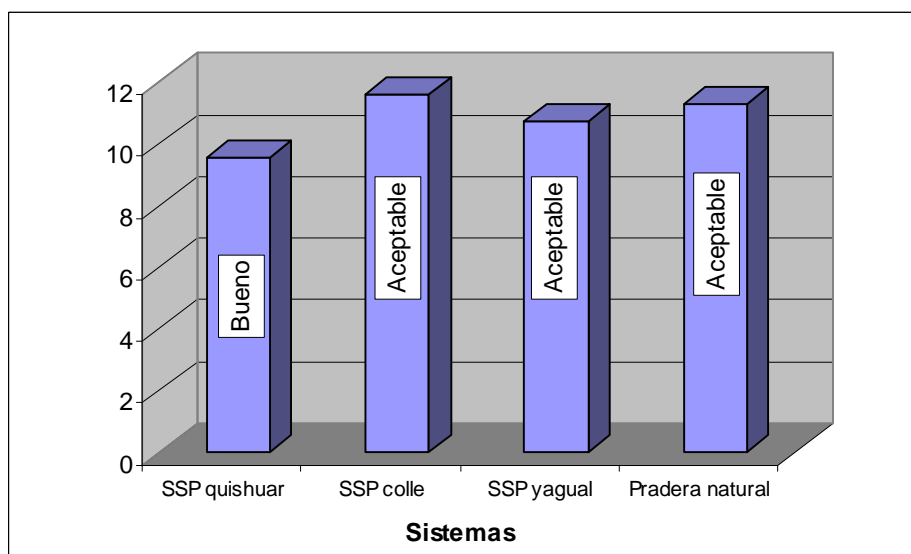
El análisis de varianza para relación C/N del suelo, no registró diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ) entre los sistemas silvopastoriles y pradera natural (Cuadro 10).

Cuadro 10. Cuadrados medios para relación C/N en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
Sistemas	3	2,47 ns
Bloques	2	2,09 ns
Error	6	4,59
Total	11	
Coefficiente de variación (%)		19,82
Promedio		10,8

ns = no significativo ( $p > 0,05$ )

Elaboración: El Autor



Elaboración: El Autor

Gráfico 8. Relación carbono - nitrógeno, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

La relación carbono-nitrógeno determina el grado de mineralización de la materia orgánica que existe en el suelo, así como el tipo de humus que se encuentra en él. Cuanto menor sea el valor de la relación mayor es el grado de mineralización de la materia orgánica y, por tanto, la calidad edáfica será superior<sup>3</sup>. La siguiente escala es un indicador de la validez del aporte de materia orgánica a los suelos agrícolas:

Tabla 7. Aporte de materia orgánica (MO) a los suelos agrícolas con respecto a su relación C/N.

C/N	Aporte de materia orgánica
<10	Buena
10 – 14	Aceptable
> 14	No aceptable

Fuente: Nieto et al., (2005)

Los sistemas silvopastoriles con colle y yagual y la pradera natural, corresponden a suelos con aceptable aporte de materia orgánica, por sus valores de relación C/N, de 11,6, 10,7 y 11,3 respectivamente. El sistema silvopastoril con quishuar presentó el valor más bajo 9,6,

<sup>3</sup> [www.vitoria-gasteiz.org/w24/docs/ceac/siam/tabmetod/geoedafo/caledaf.pdf](http://www.vitoria-gasteiz.org/w24/docs/ceac/siam/tabmetod/geoedafo/caledaf.pdf)

debido a que fue el sistema con mayor contenido de nitrógeno total (%) en el suelo (sin ser estadísticamente diferente a los otros sistemas ver Gráfico 4), correspondiendo a un suelo de buen aporte de materia orgánica. En todos los sistemas existe un aporte real de materia orgánica, puesto que si la relación C/N es muy alta, el aporte de materia orgánica no es aprovechable por las plantas, ya que las bacterias y microorganismos que actúan en el proceso de descomposición de la materia orgánica, consumen el poco nitrógeno que dispone el suelo y la productividad del cultivo se ve afectada por escasez de nitrógeno (Nieto *et al.*, 2005).

## 5. Número y biomasa de lombrices

### a. Número de lombrices

La variable número de lombrices por metro cuadrado de suelo, a una profundidad de 0,2 m, mostró diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre sistemas silvopastoriles y pradera natural en la época lluviosa (abril) y no significativas ( $p > 0,05$ ) durante la época seca (agosto).

Cuadro 11. Cuadrados medios para población de lombrices por metro cuadrado de suelo, explorado a 0,2 m de profundidad, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	
		Ell (abril)	Es (agosto)
<b>Sistemas</b>	<b>3</b>	83,22 *	118,53 ns
<b>Bloques</b>	<b>2</b>	54,75 ns	16,34 ns
<b>Error</b>	<b>6</b>	14,31	39,44
<b>Total</b>	<b>11</b>		
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		21,61	30,51
<b>Promedio</b>		348	475

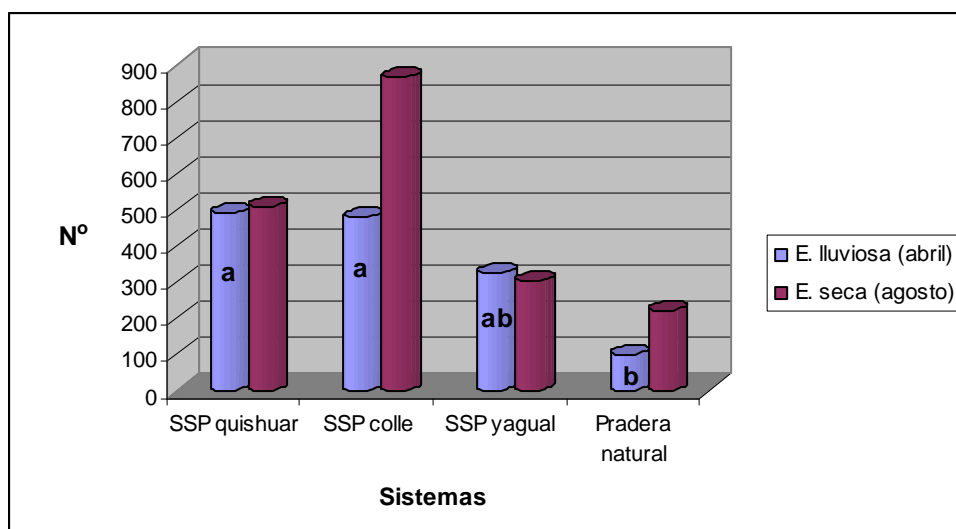
Ell = época lluviosa

Es = época seca

Elaboración: El Autor

\* = significativo ( $p < 0,05$ )

ns = no significativo ( $p > 0,05$ )



Letras distintas en cada época (mes) indican diferencias  
 Elaboración: El Autor

Gráfico 9. Número de lombrices por metro cuadrado de suelo, explorado a 0,2 m de profundidad, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

En la evaluación realizada en época lluviosa (abril), las medias de población de lombrices de los sistemas silvopastoriles con quishuar (490) y colle (480) fueron similares. En un segundo grupo se ubicó el sistema silvopastoril con yagual (324), finalmente la pradera natural (100); posiblemente, por presentar menor disponibilidad de materia orgánica en descomposición y exceso de humedad en los primeros 20 cm del suelo (Cuadro 6 y Gráfico 3).

En la época seca (agosto), se registró mayor número de lombrices en los sistemas silvopastoriles con quishuar y colle; 510 y 866 lombrices en su orden. En el sistema silvopastoril con yagual se registró un número de 302 lombrices, y en la pradera natural 222. El bajo número de lombrices encontrado en el sistema silvopastoril con yagual, se debe posiblemente a que esta leñosa tiene un mayor requerimiento hídrico que las otras dos especies (quishuar y colle), condición que se vuelve más notoria en época de sequía (agosto), donde se registró el menor porcentaje de humedad gravimétrica del suelo en este sistema (Cuadro 6 y Gráfico 3). En pradera natural, la baja población se debe probablemente a su menor contenido de materia orgánica “por descomponer”, puesto que carece de hojarasca a diferencia de los sistemas silvopastoriles.

En general, se observa mayor población de lombrices encontradas en los tres sistemas silvopastoriles comparados con pradera natural, atribuible: 1) a la mayor disponibilidad de materia orgánica “por descomponer”, proveniente de la hojarasca de las leñosas y el pasto (tallos y raíces), 2) a la variación del contenido de humedad gravimétrica existente entre sistemas silvopastoriles y pradera natural y 3) a la mayor compactación que presentó la pradera natural (Cuadro 4).

Los resultados concuerdan con lo manifestado por Ospina (2003), en el sentido de que los árboles en pasturas mejoran las condiciones de vida del suelo. Además, son valores superiores a los reportes de otros autores como Jara (2003) en pasto avena bajo plantaciones de pino y Gómez (2007) en sistemas silvopastoriles (al cuarto año de desarrollo); quienes encontraron 48 y 20 lombrices respectivamente en la misma superficie de suelo (a 20 cm de profundidad).

#### **b. Biomasa de lombrices**

El análisis realizado para esta variable arrojó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre sistemas silvopastoriles y pradera natural en la época lluviosa (abril) y altamente significativas ( $p < 0,01$ ) en la época seca (agosto). Estas diferencias obedecen a la variación en cuanto al peso de las lombrices encontradas en los diferentes sistemas, causados por el hábitat en que se desarrollan, esencialmente por el contenido de humedad del suelo y la disponibilidad del alimento.

Cuadro 12. Cuadrados medios para biomasa de lombrices ( $\text{g m}^{-1}$  de suelo) a 0,2 m de profundidad, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	
		Ell (abril)	Es (agosto)
<b>Sistemas</b>	<b>3</b>	7,8 *	11,44 **
<b>Bloques</b>	<b>2</b>	4,67 ns	2,34 ns
<b>Error</b>	<b>6</b>	1,44	1,21
<b>Total</b>	<b>11</b>		
<b>Coficiente de variación (%)</b>		22,36	20,71
<b>Promedio</b>		31,74	29,47

Ell = época lluviosa

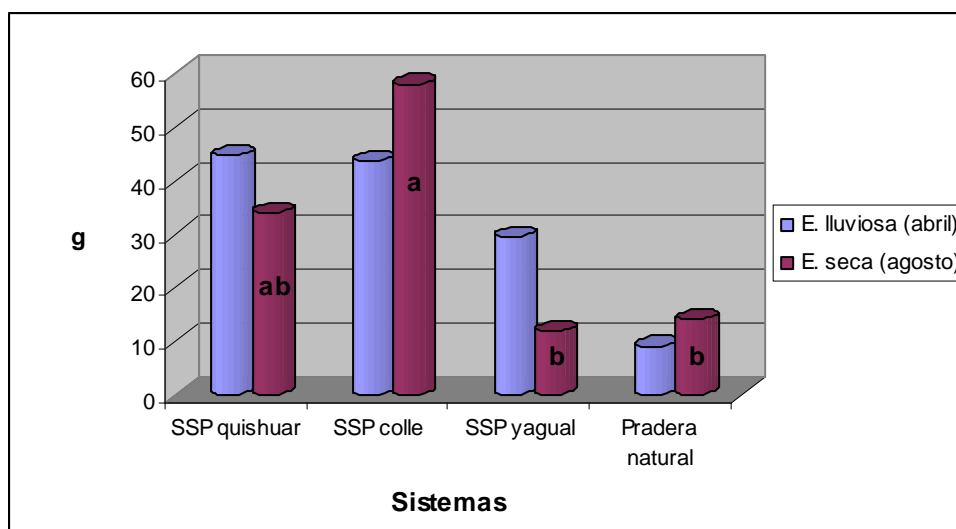
Es = época seca

Elaboración: El Autor

\*\* = altamente significativo ( $p < 0,01$ )

\* = significativo ( $p < 0,05$ )

ns = no significativo ( $p > 0,05$ )



Letras distintas en cada época (mes) indican diferencias  
 Elaboración: El Autor

Gráfico 10. Biomasa de lombrices ( $\text{g m}^{-1}$  de suelo) a 0,2 m de profundidad, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

En la época lluviosa, existieron diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ), obteniéndose los mayores promedios de biomasa de lombrices en los sistemas silvopastoriles con quishuar, colle y yagual y finalmente la pradera natural. Los resultados siguieron la misma tendencia que la variable número de lombrices.

En la época seca, la prueba de Tukey (5%) dividió a la biomasa de lombrices en tres grupos, el sistema silvopastoril con colle presentó el mayor promedio de biomasa (57,96 g), el sistema silvopastoril con yagual y la pradera natural presentaron el menor promedio 11,91 y 14,04 g respectivamente, y el sistema silvopastoril con quishuar presentó un valor intermedio (33,96 g).

En las dos evaluaciones, se destaca al sistema silvopastoril con colle, sobre los otros sistemas, por presentar mayor regularidad en cuanto a número y biomasa de lombrices.

Los resultados obtenidos en esta variable son similares a lo manifestado por Suquilanda (1996), en el sentido que las lombrices son alimentadas con un sustrato producto de la



mezcla de residuos orgánicos vegetales (desechos de cosechas, residuos de pastos, hojarasca, etc.) y de residuos animales (estiércol), en una relación 1 a 3.

Las lombrices de tierra benefician la productividad de los pastos porque airean y sueltan el suelo, facilitan la fijación de nitrógeno a las leguminosas, mejoran la penetración del agua en el suelo, incrementan la materia orgánica del suelo, descomponen rápidamente el estiércol con lo que se reciclan nutrientes, se reducen los sitios de reproducción de las moscas y de las larvas de parásitos internos, consumen nemátodos que pueden producir daños en las raíces de las plantas (Portal Laganadería.org 2007).

## 6. Micorrizas

Micorriza es la simbiosis entre un hongo y las raíces de una planta. Como en toda relación simbiótica, los participantes obtienen beneficio. En este caso, la planta recibe del hongo principalmente nutrimentos y agua, y el hongo obtiene de la planta hidratos de carbono y vitaminas que por sí mismo es incapaz de sintetizar, mientras que la planta lo puede hacer gracias a la fotosíntesis y otras reacciones internas (Enciclopedia Wikipedia 2008). Este estudio encontró diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) en número de esporas por gramo de suelo, entre los sistemas silvopastoriles y pradera natural (Cuadro 13).

Cuadro 13. Cuadrados medios para  $N^0$  de esporas  $g^{-1}$  de suelo en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
<b>Sistemas</b>	<b>3</b>	26328,22 **
<b>Bloques</b>	<b>2</b>	283,08 ns
<b>Error</b>	<b>6</b>	737,31
<b>Total</b>	<b>11</b>	
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		20,94
<b>Promedio</b>		129,66

\*\* = altamente significativo ( $p < 0,01$ )

ns = no significativo ( $p > 0,05$ )

Elaboración: El Autor

Cuadro 14. Contenido de micorrizas en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Sistema	Nº de esporas g <sup>-1</sup> de suelo	Porcentaje de colonización micorrizica
<b>SSP con quishuar</b>	78 b	2,5
<b>SSP con colle</b>	183,67 a	2,5
<b>SSP con yagual</b>	230,33 a	15,5
<b>Pradera natural</b>	26,67 b	1

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias

SSP = sistema silvopastoril

Elaboración: El Autor

El análisis micorrízico se realizó para cada uno de los tratamientos, sin distinguir las asociaciones existentes en determinada raíz. La relación entre el número de esporas por gramo de suelo y el porcentaje de colonización micorrízica, no siempre es directa, condición que se observa en los resultados de los sistemas silvopastoriles con quishuar y colle, así como en pradera natural.

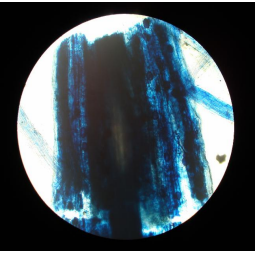
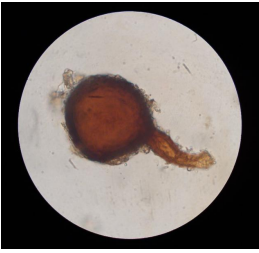

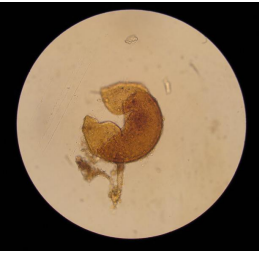
La prueba de Tukey 5%, para número de esporas por gramo de suelo, agrupó a los sistemas silvopastoriles con yagual (230,33) y colle (183,61 esporas g<sup>-1</sup> de suelo) en un primer grupo con mayor cantidad de esporas por gramo de suelo. En un segundo grupo se ubicaron el sistema silvopastoril con quishuar (78,02) y pradera natural (26,68), por tanto, se podría advertir una selección de las micorrizas a determinadas raíces y condiciones del suelo, probablemente ocasionada por varios factores: *a*) el factor determinante de la población de micorrizas vesiculares arbusculares en el suelo, es el crecimiento de una planta colonizada por éstas, *b*) conociendo que la mayor parte de micorrizas arbusculares se encuentran en los 20 primeros centímetros del perfil del suelo, la compactación del mismo (Cuadro 4) disminuye la presencia de raíces y en consecuencia de micorrizas (Hayman y Johnson 1975), lo cual explica que el valor más bajo de los cuatro tratamientos se encontró en pradera natural.

El porcentaje de colonización micorrízica también fue superior en el sistema silvopastoril con yagual 15,5%, seguido por los sistemas silvopastoriles con colle y quishuar que presentaron 2,5% y pradera natural con 1% (Anexo 8). Las diferencias de colonización micorrízica entre sistemas silvopastoriles y pradera natural aparentemente se explican: *1*) porque la asociación simbiótica de micorrizas arbusculares se forma en muchas especies

leñosas (Hernández 2001), observándose una particular preferencia por la leñosa yagual y 2) el crecimiento pobre de la biomasa vegetal de la pradera natural después de largos períodos de descanso, producen ausencia de huéspedes y reducen las poblaciones de micorrizas arbusculares que hacen simbiosis (Hayman y Johnson 1975).

Kurle y Pflieger (1994), afirman que altos niveles de fósforo ( $> 14$  ppm) afectan negativamente el funcionamiento y proliferación de las micorrizas, mientras que bajas fertilizaciones con potasio son benéficas. En el presente estudio, se encontró  $27,2 \pm 1,1$  ppm de fósforo en sistemas silvopastoriles y 13,3 ppm en pradera natural (Gráfico 5), y se realizó una fertilización en los sistemas silvopastoriles con  $37 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , niveles que no parecieron afectar negativamente el funcionamiento de las micorrizas, en contraposición a lo manifestado por esos autores.

Los géneros reportados en el análisis micorrízico fueron: *Glomus*, *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora* y *Scutellospora*. Todos se agrupan como endomicorrizas arbusculares (Bentivenga y Morton 1994), que absorben sus nutrientes del mismo reservorio (solución del suelo) que la raíz (Sieverding 1991). En las fotos presentadas a continuación, se pueden apreciar algunos de éstos, así como un alto porcentaje de colonización micorrízica (15,5%), categoría 3 (Anexo 8), encontrado en el sistema silvopastoril con yagual.

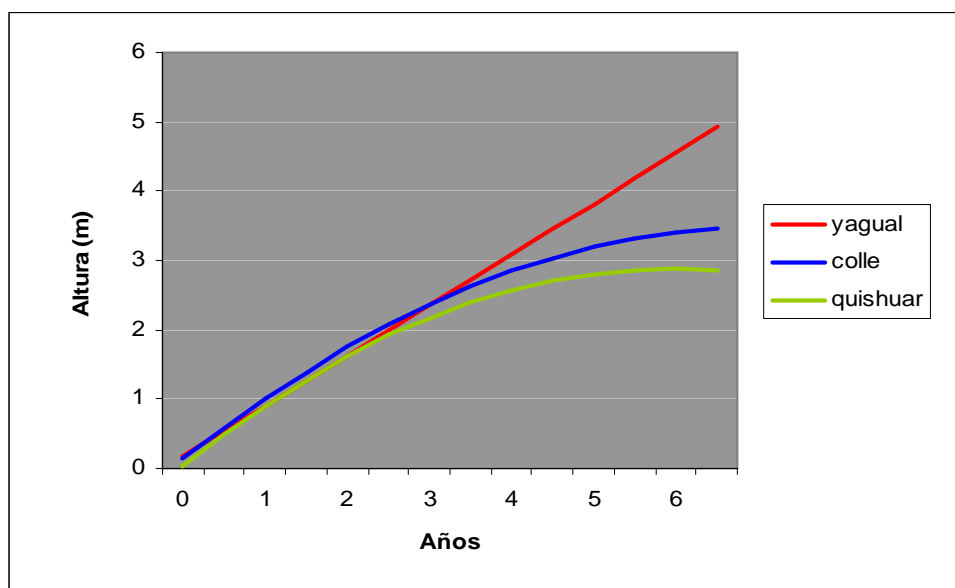
			
Foto 4. Colonización micorrizica (categoría 3) en SSP con yagual. Lente 40X	Foto 5. <i>Entrophospora sp.</i> Encontrada en SSPs Lente 100X	Foto 6. <i>Acaulospora sp.</i> Encontrada en SSPs Lente 100X	Foto 7. <i>Glomus sp.</i> Encontrada en SSPs Lente 100X

Fuente: Laboratorio de Microbiología de Suelos del Departamento de Protección Vegetal (DPV) EESC – INIAP.

## B. PRODUCCIÓN:

### 1. Crecimiento de los árboles

A continuación se presenta la curva de crecimiento ajustada años vs. altura (m), de las tres especies leñosas, desde el inicio de la formación de los sistemas silvopastoriles (en noviembre 2001).



Fuente: Programa Nacional de Forestería – INIAP

Elaboración: El Autor

Gráfico 11. Curva de crecimiento ajustada del componente leñoso de los sistemas silvopastoriles instalados en San Juan, Chimborazo.

Las tres especies leñosas describen una tendencia cuadrática ( $y = a \pm bx^2 \pm cx$ ) en el crecimiento promedio en altura, presentando las siguientes ecuaciones de crecimiento con sus correspondientes coeficientes de regresión.

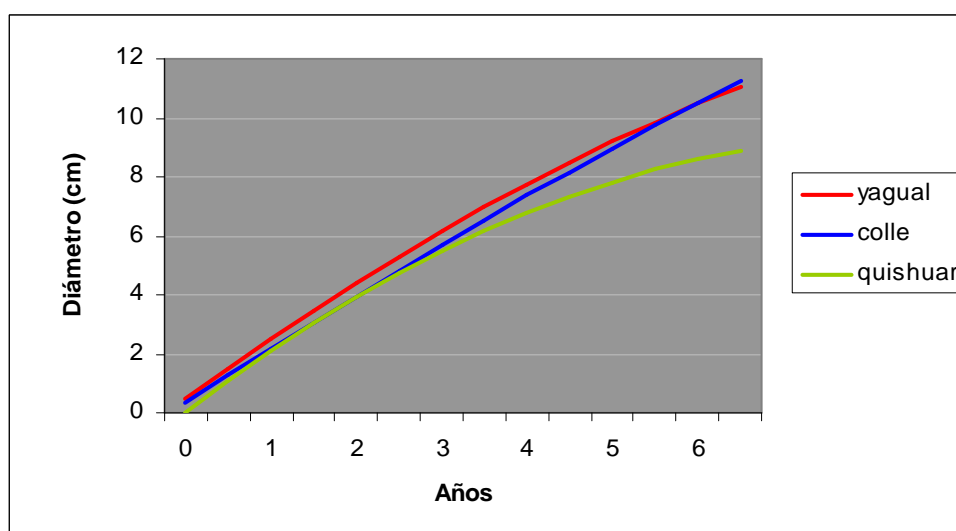
Cuadro 15. Ecuaciones de crecimiento en altura para quishuar, colle y yagual en sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo.

Especie	Ecuación	R <sup>2</sup>
Quishuar	$y = -0,0314 - 0,0796 x^2 + 0,9539 x$	0,988
Colle	$y = 0,1369 - 0,0653 x^2 + 0,9374 x$	0,987
Yagual	$y = 0,1857 + 0,0021 x^2 + 0,7155 x$	0,996

Fuente: Programa Nacional de Forestería – INIAP

Elaboración: El Autor

Luego de seis años y medio, las leñosas presentaron las siguientes alturas promedio: quishuar 2,61 m, colle 3,67 m y yagual 5,05 m, con incrementos medios anuales (IMA) de 0,39, 0,54 y 0,75 m año<sup>-1</sup>, que explican las diferencias de altura encontradas.



Fuente: Programa Nacional de Forestería – INIAP

Elaboración: El Autor

Gráfico 12. Curva de crecimiento en diámetro ajustada del componente leñoso de los sistemas silvopastoriles instalados en San Juan, Chimborazo.

Al igual que en altura, las tres especies leñosas describen una tendencia cuadrática del crecimiento promedio en diámetro, presentando las siguientes ecuaciones de crecimiento con sus respectivos coeficientes de regresión:

Cuadro 16. Ecuaciones de crecimiento en diámetro para quishuar, colle y yagual en sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo.

<b>Especie</b>	<b>Ecuación</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Quishuar	$y = 0,0263 - 0,1287 x^2 + 2,2019 x$	0,973
Colle	$y = 0,3455 - 0,0282 x^2 + 1,8655 x$	0,982
Yagual	$y = 0,4489 - 0,07777 x^2 + 2,1392 x$	0,988

*Fuente: Programa Nacional de Forestería – INIAP*

*Elaboración: El Autor*

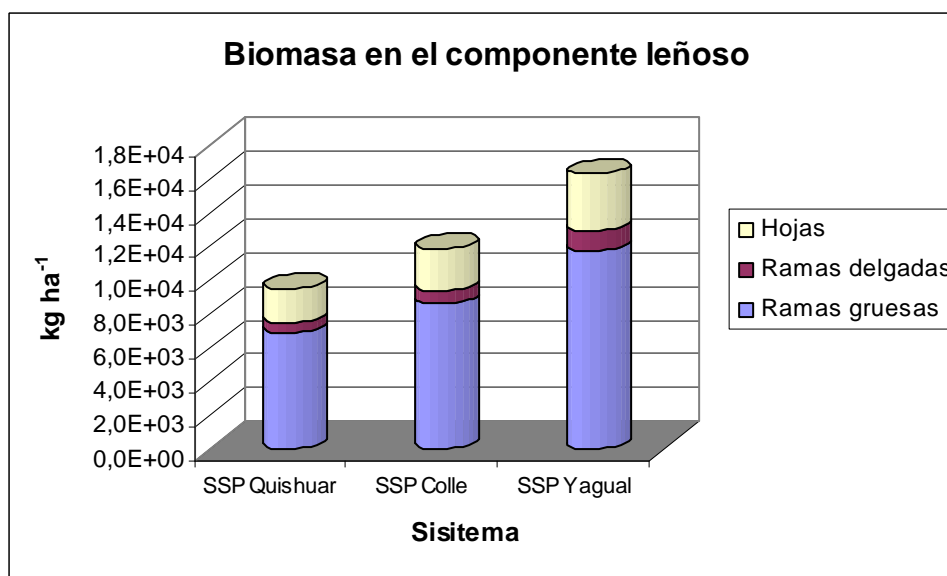
La leñosa quishuar presentó un diámetro promedio (medido a 30 cm desde el suelo) de 9 cm, yagual y colle tuvieron 11 cm a los seis años y medio de plantados, con IMAs de 1,33 cm año<sup>-1</sup> para quishuar y 1,63 cm año<sup>-1</sup> para colle y yagual.

Las curvas de crecimiento ajustadas tanto para altura como para diámetro, permiten estimar la edad ideal de las leñosas para un potencial aprovechamiento y utilización en ebanistería, mueblería y construcción.

## **2. Biomasa aérea en el componente leñoso**

La biomasa es la suma total de la materia viva que se encuentra en un ecosistema en un momento determinado y se expresa en términos de peso seco masa o volumen (Pardé 1980).

El sistema silvopastoril con yagual presentó la mayor cantidad de biomasa aérea (Foto 8) del componente leñoso (16269,37 kg ha<sup>-1</sup>), seguido por el sistema silvopastoril con colle (11876,64 kg ha<sup>-1</sup>) y por último el sistema silvopastoril con quishuar (9436,23 kg ha<sup>-1</sup>), estos resultados están correlacionados directamente con la densidad de árboles plantados y su crecimiento (Gráficos 11 y 12), y son respuesta o manifestación del comportamiento específico de la especie en el sitio.



Elaboración: El Autor

Gráfico 13. Biomasa aérea (kg ha<sup>-1</sup>) del componente leñoso de sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo.

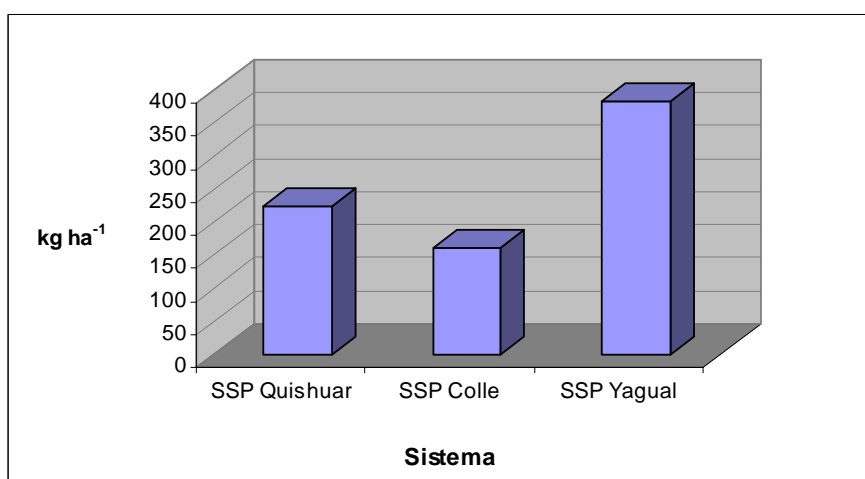
Una característica fenotípica de la especie yagual es su mayor número de ramas, dando un promedio de 4,7 ramas por árbol (evaluadas a 30 cm desde el suelo), mientras el colle acusó 2,3 ramas y el quishuar 2,9 ramas, esta última especie, arrojó menor diámetro y longitud de ramas que las dos especies anteriores. Esas características explican una mayor biomasa del yagual en relación con las otras dos especies.



Foto 8. Evaluación de biomasa aérea del componente leñoso de sistemas silvopastoriles. San Juan Chimborazo.

### 3. Hojarasca del componente leñoso

La leñosa yagual aportó la mayor cantidad de hojarasca (Foto 9) a su sistema (383,02 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), debido a que es la especie más desarrollada, seguida por el quishuar (224,75 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) ocasionado por su constante defoliación y hojas de mayor tamaño que las otras dos especies, y por último, el colle (161,05 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) que por sus hojas pequeñas y su menor desarrollo que el yagual, fue la especie que menos hojarasca aportó al subsistema suelo.



Elaboración: El Autor

Gráfico 14. Biomasa de hojarasca caída por año, en sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo.

Pezo e Ibrahim (1999) manifiestan que la presencia de árboles puede contribuir a mejorar la productividad del suelo, algunos de los mecanismos más importantes se relacionan con el reciclaje de nutrimentos, mejoras en la eficiencia de uso de nutrimentos, mantenimiento de la materia orgánica y el control de la erosión. El reciclaje de nutrimentos en sistemas silvopastoriles ocurre a través de la senescencia de biomasa aérea y la muerte de raíces, tanto de las leñosas como del estrato herbáceo. Esto se da a través del material podado que es dejado en el campo, y por medio de las excretas que los animales depositan durante el pastoreo, en consecuencia, la cantidad de hojarasca caída en los tres sistemas silvopastoriles, se podría considerar como un posible efecto sobre el rendimiento de la pastura (Cuadro 18).

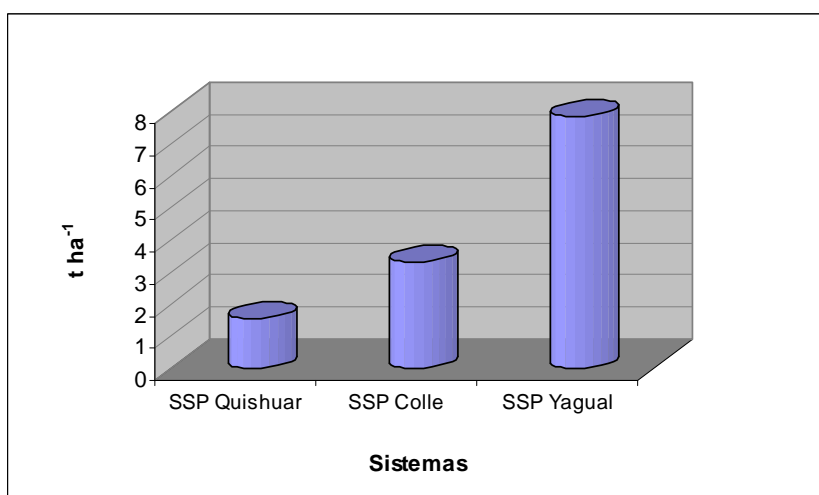




Foto 9. Hojarasca en sistema silvopastoril con quishuar. San Juan Chimborazo.

#### 4. Cantidad de leña recolectada

La leña tiene importancia en el sector rural de la parroquia San Juan, en la provincia y en general la serranía ecuatoriana, generalmente se utiliza para la producción de energía. En este sentido, Cotrina y Padilla (1991), citados por Idrobo (1992) reportan un poder calorífico del carbón obtenido de *Polylepis racemosa* Hier de  $7,5 \text{ kcal kg}^{-1}$ , y de  $7,3 \text{ kcal kg}^{-1}$  para *Buddleja incana* H.B.K. En el Gráfico 15, se puede observar la cantidad de leña recolectada en un aprovechamiento en los tres sistemas silvopastoriles.



Elaboración: El Autor

Gráfico 15. Cantidad de leña recolectada en un aprovechamiento por año, en sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo.

La producción anual de leña en los sistemas silvopastoriles evaluados fue de 1,5 t ha<sup>-1</sup> en el sistema silvopastoril con quishuar (equivalente a 5924 kcal), 3,3 t ha<sup>-1</sup> en el sistema silvopastoril con colle y 7,8 t ha<sup>-1</sup> en el sistema silvopastoril con yagual (equivalente a 32000 kcal). Los resultados concuerdan con lo encontrado por Gómez (2007), en un aprovechamiento de leña; con 1,9 t ha<sup>-1</sup> para quishuar, 2,3 t ha<sup>-1</sup> para colle y 5,8 t ha<sup>-1</sup> para yagual en los sistemas silvopastoriles de 5 años de edad.

La leña recolectada en los sistemas silvopastoriles está directamente relacionada con el crecimiento (Gráficos 11 y 12) y biomasa (Gráfico 13) del componente leñoso.

Las tres especies leñosas presentaron un uso potencial, considerando que después de un aprovechamiento de leña, las trozas fueron utilizadas en ebanistería, construcción de muebles y elaboración de artesanías, en este sentido la especie leñosa yagual se destacó como la más promisoría.

## 5. Biomasa de pastos

El análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) en las dos épocas (lluviosa y seca), entre biomasa de pastos de los sistemas silvopastoriles versus pradera natural, debido esencialmente a la composición forrajera de los sistemas silvopastoriles comparada con la pradera natural.

Cuadro 17. Cuadrados medios para rendimiento de materia seca de pastos (kg ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>), en dos épocas del año, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	
		Época lluviosa	Época seca
<b>Sistemas</b>	<b>3</b>	1607336,23 **	1022984,85 **
<b>Bloques</b>	<b>2</b>	599289,28 *	6099,78 ns
<b>Error</b>	<b>6</b>	82610,63	103335,9
<b>Total</b>	<b>11</b>		
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		14,09	17,71
<b>Promedio</b>		2039,17	1814,62

\*\* = altamente significativo ( $p < 0,01$ )

Elaboración: El Autor

\* = significativo ( $p < 0,05$ )

ns = no significativo ( $p > 0,05$ )

Cuadro 18. Rendimiento de materia seca de pastos ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$ ), en dos épocas del año, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Sistema	Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ )			
	Época lluviosa	Época seca	Año (2008)	Año (2006)
<b>SSP con quishuar</b>	2215,77 a	2002,1 a	<b>17022,83</b>	<b>22680</b>
<b>SSP con colle</b>	2513,12 a	2205,4 a	<b>19690,40</b>	<b>20430</b>
<b>SSP con yagual</b>	2468,85 a	2103,3 a	<b>17894,95</b>	<b>20100</b>
<b>Pradera natural</b>	958,94 b	947,6 b	<b>6573,26</b>	-

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias

SSP = sistema silvopastoril

Elaboración: El Autor

En la época lluviosa, el sistema silvopastoril con colle presentó el mayor rendimiento de pastos en materia seca (2513,12 kg), seguido por los sistemas silvopastoriles con yagual (2468,85 kg de M.S.) y quishuar (2215,77 kg de M.S.), la pradera natural presentó el menor rendimiento (958,94 kg de M.S.).

En el corte correspondiente a la época seca existió la misma tendencia, pero con menores rendimientos que en la época lluviosa, el sistema silvopastoril con colle presentó el mayor rendimiento (2205,4 kg de M.S.), seguido por los sistemas con yagual (2103,3 kg de M.S.) y quishuar (2002,1 kg de M.S.), la pradera natural acusó menor biomasa (947,6 kg de M.S.).

Las diferencias entre sistemas silvopastoriles se deben posiblemente a una mejor respuesta de las pasturas a la sombra que brindan las especies colle y yagual, condición que se ratifica en los rendimientos por año, donde se encontró que el sistema silvopastoril con colle produce 19690,4 kg de M.S, con yagual 17894,95 kg de M.S, con quishuar 17022,83 kg de M.S y en la pradera natural 6573,26 kg de M.S.

Las diferencias altamente significativas entre la pastura de los tres sistemas silvopastoriles (pastos mejorados) y la pradera natural, se deben a sus composiciones botánicas (Anexo 10), ratificando lo manifestado en la publicación “Desde el Surco” (1997), en el sentido de que es dable esperar mayores rendimientos de siembras seleccionadas de pastos (pasturas mejoradas) en comparación con praderas naturales. Además el suelo de los sistemas silvopastoriles presenta mejores condiciones de fertilidad (especialmente fósforo), mayor

población de lombrices, menor compactación (Cuadro 4); lo cual permite un buen desarrollo radicular, también existen condiciones ambientales más adecuadas (Cuadro 27).

El análisis comparativo entre el rendimiento de la pastura de los tres sistemas silvopastoriles (Cuadro 18), muestra una disminución desde el año 2006 (cuando las vacas ingresaron por primera vez a los SSPs) hasta el año 2008, sin embargo, existió una disminución más acentuada de biomasa de pastos en el sistema silvopastoril con quishuar (- 5657,17 kg ha<sup>-1</sup>), seguido por el sistema silvopastoril con yagual (- 2205,05 kg ha<sup>-1</sup>) y finalmente el sistema silvopastoril con colle (- 739,6 kg ha<sup>-1</sup>), ratificando lo anteriormente manifestado, en el sentido de que probablemente existe una mejor respuesta de las pasturas al asocio con las especies leñosas colle y yagual.

## 6. Valor nutritivo de los pastos

En los resultados del análisis bromatológico de pastos (Anexo 11), se encontró diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0,01$ ) en el contenido de materia seca y proteína cruda del forraje de los sistemas silvopastoriles en comparación con la pradera natural, el contenido de fibra cruda no fue estadísticamente diferente (Cuadro 19).

Cuadro 19. Cuadrados medios para materia seca, proteína cruda y fibra cruda de pastos, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios		
		Materia seca	Proteína C	Fibra C
<b>Sistemas</b>	<b>3</b>	77,20 **	24,06 **	1,84 ns
<b>Bloques</b>	<b>2</b>	0,58 ns	0,11 ns	0,72 ns
<b>Error</b>	<b>6</b>	1,64	0,44	0,47
<b>Total</b>	<b>11</b>			
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		5,5	4,33	2,77
<b>Promedio</b>		23,08	15,30	25,34

C = cruda

\*\* = altamente significativo ( $p < 0,01$ )

ns = no significativo ( $p > 0,05$ )

Elaboración: El Autor

Cuadro 20. Datos promedio de materia seca, proteína cruda y fibra cruda de pastos, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Sistema	Materia Seca (%)		Proteína cruda <sup>1</sup> (%)		Fibra cruda <sup>1</sup> (%)		Composición botánica		
							G* (%)	L* (%)	O* (%)
<b>SSP con quishuar</b>	20,38	b	15,85	a	25,28	90	9	1	
<b>SSP con colle</b>	20,71	b	17,17	a	26,36	88	11	1	
<b>SSP con yagual</b>	20,55	b	17,05	a	25,25	89	10	1	
<b>Pradera natural</b>	30,69	a	11,15	b	24,46	31,9	17,2	50,9	

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias

SSP = sistema silvopastoril

<sup>1</sup> = valores expresados en base seca

\* G = gramíneas: en SSPs rye grass anual, perenne, pasto azul y en pradera natural holco, grama

\* L = leguminosas: en SSPs trébol blanco y en pradera natural trébol natural

\* O = otras especies: totorilla, diente de león, orejuela, lengua de vaca, llantén

Elaboración: El Autor

El agua como nutrimento agrega peso a un forraje y no contribuye a su valor energético, por esa razón es común en toda valoración de alimentos excluir el agua (Alba De J 1971). El contenido de materia seca del forraje de la pradera natural (establecida en 1993) fue alrededor de un 10% superior al de los sistemas silvopastoriles (establecidos en 2005), puesto que el valor del porcentaje de materia seca va aumentando paulatinamente a medida que la planta va envejeciendo (Centro de Capacitación y Experiencias Agrarias de Mahón, Menorca CCEA 2007).

La prueba de Tukey (5%), agrupó al contenido de proteína cruda de los tres sistemas silvopastoriles (16,69%  $\pm$  0,73) en un grupo diferente al de pradera natural (11,15%). Esta diferencia se debe probablemente a: 1) La composición botánica del forraje (ver Anexo 10) existente en los sistemas silvopastoriles, con pastos mejorados del tipo rye grass anual (*Lolium multiflorum*), rye grass perenne (*Lolium perenne* L), pasto azul (*Dactylis glomerata* L), trébol blanco (*Trifolium repens* L), comparado con la pastura naturalizada degradada a base de holco (*Holcus lanatus*), grama (*Paspalum* sp), totorilla (*Scirpus* sp), diente de león (*Taraxacum officinale*), orejuela (*Lachemilla orbiculata*), lengua de vaca (*Rumex crispus* L), llantén (*Plantago major* L), leguminosas (trébol natural) presentes en la pradera natural y 2) las fertilizaciones realizadas con nitrógeno (93 kg ha<sup>-1</sup>) que estimula la síntesis proteica de la planta y mejora la calidad de los forrajes, azufre (31 kg ha<sup>-1</sup>) importante por sus funciones como constituyente de ciertas proteínas y magnesio (11 kg ha<sup>-1</sup> de MgO) que interviene en la síntesis de proteínas (Jacob y Von Uexkull 1973). Por otra parte Wilson (1982), Pezo (1987) y Zelada (1996) citados por Pezo e Ibrahim (1999),

señalan que en gramíneas se ha detectado incrementos en el contenido de proteína a medida que aumenta la interferencia al paso de la luz solar, ocasionado por la sombra que generan las leñosas.

## 7. Producción animal

En el análisis de varianza realizado para la producción de leche, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0,01$ ) en el primero, tercero y cuarto pastoreo y significativas en el segundo ( $p < 0,05$ ), entre los sistema silvopastoriles y pradera natural.

Cuadro 21. Cuadrados medios para producción diaria de leche ( $l \text{ día}^{-1}$ ), en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan Chimborazo.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		1 <sup>er</sup> pastoreo	2 <sup>do</sup> pastoreo	3 <sup>er</sup> pastoreo	4 <sup>to</sup> pastoreo
<b>Sistemas</b>	3	87,19 **	4,78 *	19,67 **	2,11 **
<b>Bloques</b>	2	0,09 ns	0,25 ns	1,34 ns	0,09 ns
<b>Error</b>	6	0,20	0,70	1,33	0,20
<b>Total</b>	11				
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		2,53	5,38	7,78	5,4
<b>Promedio</b>		17,4	15,5	14,8	8,2

\*\* = altamente significativo ( $p < 0,01$ )

\* = significativo ( $p < 0,05$ )

Elaboración: El Autor

ns = no significativo ( $p > 0,05$ )

Cuadro 22. Producción promedio diaria de leche, en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan Chimborazo.

Sistema	1 <sup>er</sup> P	D.est	2 <sup>do</sup> P	D.est	3 <sup>er</sup> P	D.est	4 <sup>to</sup> P	D.est	Prom. diario	Prom. año
<b>SSP con quishuar</b>	20 a		16,3 a	± 1,2	16 a		8,3 a	± 0,6	15,2	5536
<b>SSP con colle</b>	20,3 a	± 0,6	16,3 a	± 0,6	16 a		8,3 a	± 0,6	15,3	5566
<b>SSP con yagual</b>	20 a		15,7 ab	± 0,6	16,3 a	± 2,3	9 a		15,3	5566
<b>Pradera natural</b>	9,3 b	± 0,6	13,7 b	± 0,6	11 b		7 b		10,3	3741

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias

P = pastoreo

SSP = Sistema silvopastoril

D.est = Desviación estándar

Elaboración: El Autor

Las diferencias en producción de leche en los sistemas silvopastoriles comparados con la pradera natural, se debe a la mayor disponibilidad y calidad de forraje (Cuadros 18 y 20) encontradas en los sistemas silvopastoriles versus la pradera natural.

Por otra parte, el cobijo y sombra que las especies leñosas brindan a los animales (Foto 10), representa un ahorro energético (Grijalva *et al.*, 2004) en el caso de los sistemas silvopastoriles, que a su vez se traduce en una mayor producción de leche. Particularmente en época seca y con presencia de heladas, como se explica más adelante, la temperatura ambiental fue menor al rango de termoneutralidad (Anexo 14, Gráfico 19), provocando un mayor desgaste de energía y menor producción de leche, en el sistema pradera natural.



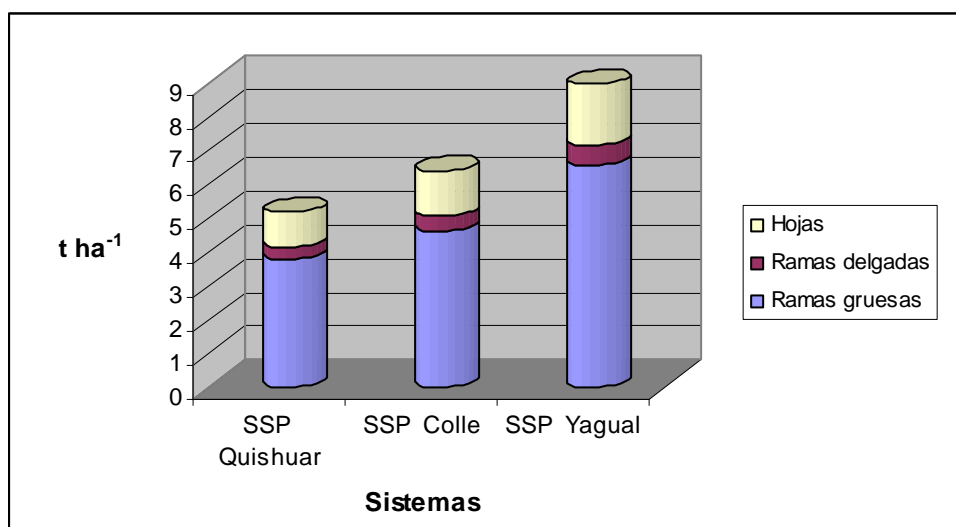
Foto 10. Vacas pastoreando en sistema silvopastoril con yagual. San Juan Chimborazo.

## C. BENEFICIOS AMBIENTALES:

### 1. Carbono en el componente leñoso

El sistema silvopastoril con yagual, es el que más carbono secuestró en el componente leñoso, variable directamente relacionada con la biomasa de la leñosa (Gráfico 13). A su vez, el yagual presentó mayor porcentaje de carbono (54,7%) que el colle (54,5%) y el

quishuar (54,1%) (Anexo 12). Los contenidos de carbono encontrados en la presente investigación son mayores a los resultados de otros autores como Riofrío (2007) que reportó de 47,7 a 48% de carbono en el componente leñoso de dos sistemas agroforestales con asociaciones de aliso-retama y acacia-quishuar, mientras Locatelli (1999) citado por Riofrío (2007) manifiesta que la materia seca de los vegetales contiene entre 45 y 50% de carbono. Por su parte Brown y Lugo (1984) citados por Andrade e Ibrahim (2002), indican que las estimaciones de cantidad de carbono almacenado para diversos tipos de bosques naturales, bosques secundarios y plantaciones forestales en su gran mayoría asumen el valor de la fracción de carbono en materia seca en un 50% para todas las especies en general, al igual que normas del IPCC (1996) que recomiendan utilizar 0,5 como fracción carbono.



Elaboración: El Autor

Gráfico 16. Carbono secuestrado ( $t\ ha^{-1}$ ) en el componente leñoso de sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo.

El almacenamiento y la fijación de carbono es uno de los servicios ambientales de los ecosistemas forestales y agroforestales. La fijación de carbono se genera en el proceso de fotosíntesis realizado por las hojas y otras partes verdes de las plantas, que capturan el  $CO_2$  de la atmósfera y producen carbohidratos, liberan oxígeno y dejan carbono que se utiliza para formar la biomasa de la planta, incluyendo la madera en los árboles. En ese sentido, los bosques tropicales, las plantaciones forestales y 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" (Cuéllar 1999 citado por Riofrío 2007), eventualmente, los sistemas silvopastoriles podrían generar otra fuente de ingresos económicos a partir de iniciativas de pagos por servicios ambientales (PSA).

## 2. Carbono en hojarasca

La fracción de carbono en hojarasca del quishuar, colle y yagual, fue de 51, 54 y 52 % respectivamente, siendo el sistema silvopastoril con yagual, el que más carbono almacenó en este componente, seguido por los sistemas silvopastoriles con quishuar y colle. En el Cuadro 23, se presenta el carbono en la hojarasca de las especies leñosas, obtenido del producto de las fracciones de carbono antes mencionadas por su respectiva biomasa (Gráfico 14).

Cuadro 23. Carbono secuestrado ( $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$ ) en la hojarasca de sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo.

Sistema	$t\ ha^{-1}\ año^{-1}$ de C secuestrado
SSP con quishuar	0,45
SSP con colle	0,33
SSP con yagual	0,67

SSP = sistema silvopastoril

Elaboración: El Autor

El carbono almacenado en hojarasca o necromasa, tiene relación directa con la biomasa presente en la copa de las especies leñosas y su senescencia. En un año de evaluación, se registró 224,75; 161,05 y 383,02  $kg\ ha^{-1}$  de hojarasca para los sistemas silvopastoriles con quishuar, colle y yagual respectivamente (Gráfico 14).

Estos resultados se explican por el comportamiento de cada especie leñosa: 1) mayor desarrollo del yagual, y por tanto cantidad de hojas, 2) la condición fenotípica de la especie quishuar, que presenta períodos con mayor senescencia (con hojas mas grandes que las otras dos especies) y 3) el colle con un crecimiento intermedio entre las otras dos especies presenta menor senescencia (con hojas de menor tamaño).

### 3. Carbono en suelo

Los resultados obtenidos en esta variable, no presentan diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ) entre los contenidos de carbono en el suelo de los sistemas silvopastoriles y pradera natural (Cuadro 24). El suelo fue el componente que almacenó más carbono, ratificando lo manifestado por Kanninen (2001) citado por Ramos (2003), quien indica que la vegetación y la atmósfera almacenan considerablemente menos cantidades de carbono que los suelos, el carbono orgánico del suelo representa la mayor reserva en interacción con la atmósfera (Robert 2002).

Cuadro 24. Cuadrados medios para carbono secuestrado ( $t\ ha^{-1}$ ) en el suelo de sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
<b>Sistemas</b>	<b>3</b>	52,21 ns
<b>Bloques</b>	<b>2</b>	10,07 ns
<b>Error</b>	<b>6</b>	115,87
<b>Total</b>	<b>11</b>	
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		11,27
<b>Promedio</b>		95,5

ns = no significativo ( $p > 0,05$ )

Elaboración: El Autor

Cuadro 25. Carbono secuestrado ( $t\ ha^{-1}$ ) en el suelo de sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Sistema	$t\ ha^{-1}$ de C secuestrado
<b>SSP Quishuar</b>	92,6
<b>SSP Colle</b>	94,9
<b>SSP Yagual</b>	93,0
<b>Peadera natural</b>	101,6

SSP = sistema silvopastoril

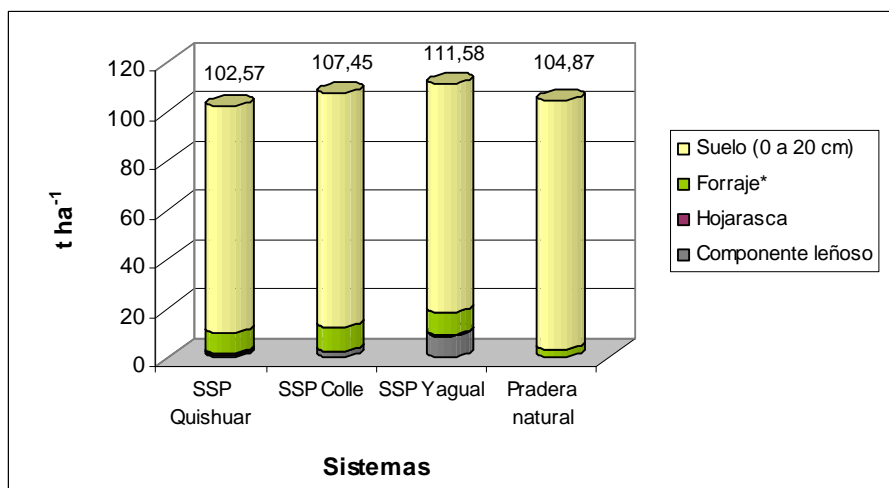
Elaboración: El Autor

Los resultados mostraron altos contenidos de carbono en el suelo (COS) de pradera natural ( $101,6\ t\ ha^{-1}$ ). El almacenamiento de carbón orgánico en suelos depende de dos variables importantes: 1) proporción de carbón orgánico en suelo, con base gravimétrica y 2) densidad aparente (Andrade e Ibrahim 2002). El carbono en el suelo de la presente investigación, es inferior a los resultados reportados por Riofrío (2007) en mollisoles de la

región andina, quien encontró en los sistemas agroforestales (SAF) aliso – retama  $136,52 \text{ t ha}^{-1}$  y acacia – quishuar  $131,48 \text{ t ha}^{-1}$ , mientras que en el sistema a campo abierto  $122,22 \text{ t ha}^{-1}$  de carbón orgánico (CO) total (a  $0,2 \text{ m}$  de profundidad). Contrariamente, Ramos (2003) en alfisoles de la región subtropical (Costa Rica), encontró que pasturas mejoradas mas árboles ( $64,44 \text{ t ha}^{-1}$ ) y pasturas degradadas ( $63,11 \text{ t ha}^{-1}$ ) fueron significativamente mayores que bosque secundario ( $41,41 \text{ t ha}^{-1}$ ) en la profundidad superficial de suelo ( $0 - 20 \text{ cm}$ ).

#### 4. Carbono secuestrado por todos los componentes

La suma de los datos de carbono del sistema son el reflejo de la variable anterior, en la cual se presenta un alto contenido de COS del sistema pradera natural; condición que le hace superar ligeramente en carbono total al sistema silvopastoril con quishuar, a pesar de que este último tiene otros componentes de almacenamiento de carbono (leñoso y hojarasca), esto se debe a la elevada densidad aparente y alto contenido de materia orgánica en el suelo de la pradera natural. En los sistemas silvopastoriles con colle y yagual, se advierten valores más altos de carbono secuestrado en suelo y biomasas leñosa y herbácea.



\* = Anexo 13, Cuadro 43

Elaboración: El Autor

Gráfico 17. Carbono secuestrado ( $\text{t ha}^{-1}$ ) por todos los componentes de sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Se puede señalar como una importante fuente de carbono al componente herbáceo que en un año almacenó  $9,1 \pm 0,68 \text{ t ha}^{-1}$ , en sistemas silvopastoriles, mientras en pradera natural el valor se redujo a  $3,29 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  de carbono, ocasionado por las diferencias en biomasa de pastos (Cuadro 18). En el componente leñoso, siete años después de su establecimiento, el sistema silvopastoril con yagual fue el que más carbono secuestró ( $8,96 \text{ t ha}^{-1}$ ), seguido por el sistema con colle ( $2,36 \text{ t ha}^{-1}$ ) y finalmente con quishuar ( $1,03 \text{ t ha}^{-1}$ ), debido a la correspondiente biomasa en las leñosas de cada sistema silvopastoril (Gráfico 13).

## 5. Temperatura ambiental

Los resultados muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$  y  $p < 0,01$ ) en temperatura ambiental (Foto 11) de los sistemas silvopastoriles versus pradera natural, durante las épocas de evaluación. Los coeficientes de variación obtenidos fueron bajos.

Cuadro 26. Cuadrados medios para temperatura ambiental ( $^{\circ}\text{C}$ ), en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan Chimborazo.

Fuentes de variación	g l	Cuadrados medios								
		EII (abril)			Es (julio)			Es <sub>h</sub> (agosto)		
		7h	12h	17h	7h	12h	17h	7h	12h	17h
<b>Sistemas</b>	<b>3</b>	0,02**	0,02ns	0,04*	0,27**	0,03ns	0,2**	0,23**	0,12**	0,16**
<b>Bloques</b>	<b>2</b>	0,01ns	0,00ns	0,02ns	0,01ns	0,2 *	0,02ns	0,04*	0,09**	0,02*
<b>Error</b>	<b>6</b>	0,002	0,01	0,01	0,003	0,03	0,02	0,01	0,01	0,003
<b>Total</b>	<b>11</b>									
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		0,63	0,74	0,88	0,95	1,44	1,38	1,33	0,61	0,48
<b>Promedio</b>		7,4	12,8	10,2	5,8	11,3	9,0	6,6	12,3	10,5

EII = época lluviosa

Es = época seca

Es<sub>h</sub> = época seca con presencia de heladas

g l = grados de libertad

\*\* = altamente significativo ( $p < 0,01$ )

\* = significativo ( $p < 0,05$ )

ns = no significativo ( $p > 0,05$ )

Elaboración: El Autor

Cuadro 27. Variación de la temperatura ambiental (°C) en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Sistema	Ell (abril)			Es (julio)			Es <sub>h</sub> (agosto)		
	Horas del día								
	7h	12h	17h	7h	12h	17h	7h	12h	17h
SSP con quishuar	7,5 a	12,8	10,2 ab	5,9 a	11,4	9,2 a	6,8 a	12,5 a	10,7 a
SSP con colle	7,5 a	12,8	10,2 ab	5,9 a	11,3	9,1 a	6,8 a	12,4 ab	10,6 a
SSP con yagual	7,5 a	12,8	10,3 a	6,0 a	11,2	9,2 a	6,7 a	12,2 bc	10,6 a
Pradera natural	7,3 b	12,9	10,0 b	5,4 b	11,3	8,7 b	6,2 b	12,1 c	10,2 b

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias

SSP = sistema silvopastoril

Elaboración: El Autor

Ell = época lluviosa

Es = época seca

Es<sub>h</sub> = época seca con presencia de heladas

En el Cuadro 27, se observan las diferencias de temperatura ambiental entre sistemas silvopastoriles en relación con pradera natural (Anexo 14). Existe una marcada tendencia en los tres meses evaluados, con diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) entre los tres sistemas silvopastoriles y pradera natural en las primeras y últimas horas del día, las mismas que se acentúan en época de heladas, correspondientes a los meses de julio y agosto. Los resultados concuerdan con Torres (1987) citado por Pezo e Ibrahim (1999), en el sentido de que las leñosas perennes regulan o contrarrestan la intensidad de factores climáticos adversos para el animal y crean un microclima que mejora la producción y calidad de pastos, así como la producción animal.

La “zona de termoneutralidad” (Anexo 14, Gráfico 19), se define como el rango de temperatura ambiente efectiva donde la producción normal de calor del organismo, compensa completamente las pérdidas al ambiente, sin necesidad de incrementar la tasa de calor corporal producido. En esta zona, se pueden distinguir tres subzonas: La “zona óptima” corresponde a aquella donde la productividad, la eficiencia y el rendimiento son máximos; por debajo de la zona óptima existe una “zona fría” donde el animal utiliza mecanismos fisiológicos y posturales para conservar el calor pero la tasa metabólica permanece constante; por encima de la zona óptima existe una “zona cálida” donde el animal aumenta la pérdida de calor sin gasto energético añadido (Martínez 2006).

Esta diferencia de alrededor de 0,5 °C entre sistemas silvopastoriles con relación a pradera natural, podría representar un importante ahorro energético (Grijalva *et al.*, 2004) en el

requerimiento de energía metabolizable por parte de las vacas, que estaría disponible para la producción de leche (ver Cuadro 22), condición que no existe en pradera natural a campo abierto. Aun cuando no fue medido, se presume que durante las noches y en las madrugadas, el panorama se complicaría más en ausencia de árboles, por la disminución de la temperatura ambiental.



Foto 11. Medición de temperatura ambiental en sistemas silvopastoriles. San Juan Chimborazo.

## 6. Biodiversidad de aves

La cobertura arbórea en un predio, puede jugar un papel importante en la conservación de la biodiversidad de aves, al proveer hábitats y recursos, al incrementar la heterogeneidad del paisaje y proporcionar cierta conectividad entre especies (Harvey y Sáenz 2008). En el presente estudio, se registró un total de diez especies de aves diurnas (Cuadro 28 y Fotos 12 a 17) en los sistemas silvopastoriles durante seis meses de evaluación.

Cuadro 28. Biodiversidad de aves existentes en sistemas silvopastoriles con quishuar, colle y yagual. San Juan, Chimborazo.

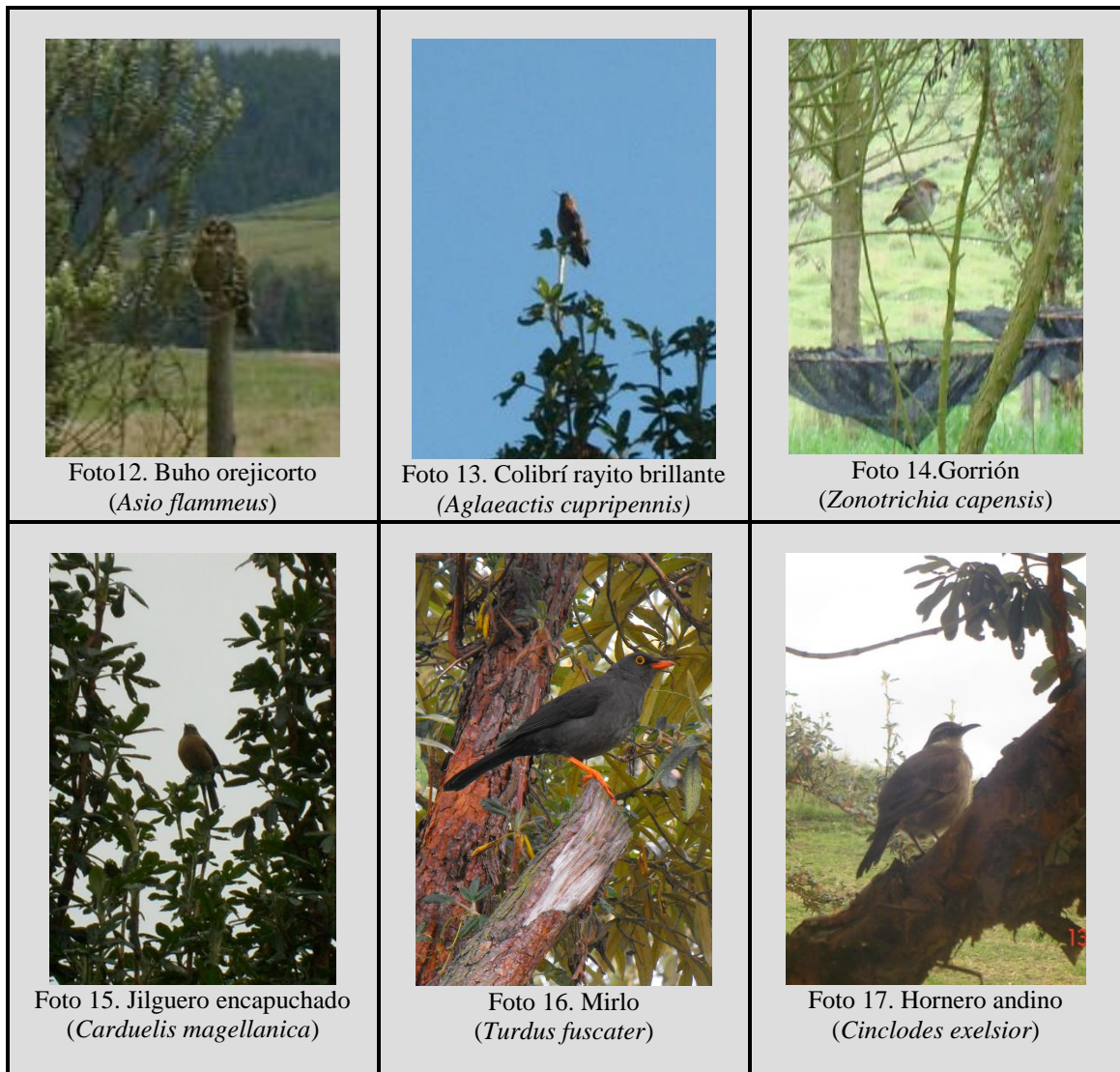
Nombre común	Nombre científico	Promedio de aves observadas*					
		marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto
Gorrión	<i>Zonotrichia capensis</i>	17	12	7	8	14	8
Mirlo	<i>Turdus fuscater</i>	4	3	3	6	5	6
Colibrí colacintillo	<i>Lesbia victoriae</i>	1	2	-	-	-	-
Colibrí rayito brillante	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	-	-	-	-	1	-
Jilguero encapuchado	<i>Carduelis magellanica</i>	2	1	5	1	-	2
Hornero andino	<i>Cinclodes exelsior</i>	2	1	-	-	-	-
Buho orejicorto	<i>Asio flammeus</i>	1	1	-	-	-	2
Vencejo	<i>Strepto proncezonaris</i>	-	-	2	-	-	-
Semillero colifajeado	<i>Catamenia anales</i>	-	-	-	-	1	-
Pinchaflor flanquiblanco	<i>Diglossa albilatera</i>	-	-	-	-	-	1
<b>Total</b>		<b>27</b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>21</b>	<b>19</b>

\* = observaciones realizadas entre las 6h00 y 8h00

Elaboración: El Autor

Existe un número considerable de especies de aves encontradas en los sistemas silvopastoriles, lo cual es un claro indicador ambiental del cambio que una pequeña extensión de leñosas nativas plantadas en asocio con pasturas, causa sobre la avifauna del lugar. La variabilidad en número de aves registradas en los diferentes meses, se debe posiblemente a la perturbación que causan actividades de manejo de los sistemas como: poda de leñosas, control de plagas, cortes de igualación de la pastura. El valor potencial de un sistema para la conservación de la biodiversidad son la frecuencia, la intensidad y el tipo de manejo que recibe (Harvey y Sáenz 2008).

Se observó preferencia de las aves por la especie leñosa yagual, especialmente para anidar, por ser la especie más frondosa.



Por otra parte, la combinación árboles y pasturas parece tener un papel relevante en la conservación de la biodiversidad, ya que sirven como productores de semillas (Harvey *et al.*, 1998), diversifican el paisaje y brindan refugio y alimento a la avifauna (Ospina 2003). Conservar la diversidad en los paisajes rurales puede ayudar a mantener servicios (polinización) y procesos ecológicos (Harvey y Sáenz 2008). Además, la integración del componente leñoso en sistemas de producción agrícola o pecuario, puede reportar nuevos ingresos económicos, con una eventual vinculación al ecoturismo.



## D. EFICIENCIA SOCIOECONÓMICA:

### 1. Uso de mano de obra

En el Cuadro 29 se presenta la cantidad de mano de obra requerida para el manejo de los sistemas silvopastoriles y la pradera natural, en el pastoreo de animales se partió del análisis de que para manejar una vaca (en las condiciones evaluadas) una persona necesita un tiempo aproximado de 1h15min diarios (ver Anexo 15).

Cuadro 29. Mano de obra (jornales ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), empleada en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Labor o actividad	SSPs (Q, C, Y)	Costo (USD)	Pradera natural	Costo (USD)
<b>Poda</b>	6,5	39	-	
<b>Control de plagas</b>	1,7	10,2	-	
<b>Fertilización</b>	1,7	10,2	-	
<b>Pastoreo*</b>	91,3 <sup>m</sup>	547,8	58,4 <sup>n</sup>	350,4
<b>Corte de igualación</b>	12,5	75	-	
<b>Dispersión de heces</b>	7	42	-	
<b>Total</b>	<b>120,7</b>	<b>724,2</b>	<b>58,4</b>	<b>350,4</b>

SSPs = sistemas silvopastoriles  
Q, C, Y = quishuar, colle, yagual  
Elaboración: El Autor

m = 2,56 UBAs ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>  
n = 1,1 UBAs ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>  
\* = ver Anexo 15

Los resultados muestran que se requiere el doble de mano de obra por hectárea por año para mantener los sistemas silvopastoriles (120,7 jornales), en comparación con pradera natural (58,4 jornales), debido específicamente a la demanda de actividades en el manejo de animales (mayor carga animal), pastura y labores de manejo de las leñosas (especialmente podas).

En el período de un año, el 76% de mano de obra necesaria en el mantenimiento de los sistemas silvopastoriles corresponde al manejo de las vacas (91,3 jornales), el restante 24% se utiliza en el manejo de la pastura y de las leñosas (29,4 jornales), mientras que en pradera natural, que es el sistema de manejo que comúnmente lo realizan las comunidades

de la zona, el 100% de la mano de obra se dedica al manejo de las vacas (58,4 jornales).

La tenencia de animales ha sido históricamente importante para las familias comuneras de la microcuenca del río Chimborazo. La ganadería tiene importancia dentro de la planificación económica familiar y en la fuerza de trabajo invertida a lo largo del año, así como en el mundo simbólico y ritual de las comunidades. En general, en la microcuenca del río Chimborazo, el manejo de las vacas lo realizan las mujeres que cada mañana salen con los animales a los terrenos que tienen en la zona baja, para amarrarlos. En las tardes vuelven a bajar ellas o los niños, para llevar a los animales arriba, a dormir en los terrenos en descanso (González y Bazurco 2006).

## **2. Uso del conocimiento tradicional**

Se recabó la información en forma participativa en múltiples reuniones, talleres y días de campo con familias, promotores locales, dirigentes y miembros de la Organización, sobre las ventajas, desventajas y múltiples usos que genera la utilización de especies leñosas nativas en sistemas pastoriles (Anexo 16).

La evaluación del conocimiento tradicional mostró esencialmente las mismas ventajas en las tres especies leñosas, se manifiestan mayores desventajas (susceptibilidad a plagas, leña dura) en las leñosas quishuar y colle, comparadas con yagual. Existen múltiples usos que se les puede dar a las tres especies leñosas, en el aspecto medicinal, se reconoce al quishuar como la especie que presenta mayores bondades curativas, seguido por el colle y finalmente yagual.

Se constató la aceptación de las tres especies leñosas por parte de las comunidades, que demostraron un conocimiento tradicional, adaptado a la cultura local y el ambiente, y transmitido oralmente de generación en generación (ProDiversitas 2005).

Cuadro 30. Uso del conocimiento tradicional acerca de las especies leñosas nativas establecidas en sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo.

Opinión de las comunidades	Especie		
	Quishuar	Colle	Yagual
Protección contra vientos	x	x	x
Protección contra heladas	x	x	x
Protección contra erosión	x		
Generan microclima	x	x	x
Mejora la fertilidad el suelo	x	x	x
Para decoración	x	x	x
Brinda sombra	x	x	x
Mantiene la humedad del suelo	x	x	x
Es resistente a plagas y enfermedades			x
Es resistente a heladas	x	x	x
Compite con los cultivos cuando no se maneja	x	x	x
Crecimiento lento	x	x	x
No es maderable	x	x	x
Susceptible a plagas y enfermedades	x	x	
El tallo no crece recto	x		
El polvo de sus hojas molesta en época seca	x		
Leña muy dura	x	x	
<b>USOS</b>			
Leña	x	x	x
Postes	x	x	x
Forraje			
Cabo de herramientas	x	x	x
Artesanías y trabajos manuales (maquetas, llaveros, ceniceros, etc.)			x
Shampoo			x
Para barreras rompevientos	x	x	x
Fuente semillero	x <sup>1/</sup>	x <sup>1/</sup>	x <sup>2/</sup>
Medicinal	Sus hojas hervidas más las de colle y otras especies*, sirven para bañar a las mujeres que dan a luz, además las hojas tostadas para aliviar problemas en los riñones y dolores por golpes.	Al igual que el quishuar para endurecer el cuerpo de las mujeres después del parto. Sus hojas para inflamación del útero.	Se hierva su corteza (papel) para curar el cólico.

1/: propagación por semilla

2/: propagación por estacas y esquejes

\* = chilca, llin llin, matico.

Elaboración: El Autor

### 3. Insumos internos y externos

Los insumos externos utilizados en los tres sistemas silvopastoriles fueron esencialmente los mismos, por tratarse de manejos similares, a diferencia de la pradera natural en la que no se utilizó ningún insumo externo.

Cuadro 31. Cantidad de insumos internos y externos utilizados en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

<b>Cantidad de insumos internos y externos* en SSP</b>		
<b>Insumos externos</b>	<b>Unidad</b>	<b>SSP con yagual, quishuar y colle</b>
<b>Maquinaria</b>		
Motosierra	hora ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	24
Motoguadaña	hora ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	180
<b>Insumos maquinaria</b>		
Combustible	galón ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	4,2
Aceite de 2 tiempos	lt ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	0,82
<b>Nutrientes</b>		
Nitrógeno	kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	56
Fósforo	kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	21
Potasio	kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	18
Magnesio	kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	4
Azufre	kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	19
<b>Insecticida</b>	g ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	333
<b>Insumos internos</b>		
<b>Hojarasca</b>		
SSP con quishuar	kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	224,75
SSP con colle	kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	161,05
SSP con yagual	kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	383,02

\* = Detalle en Anexo 18

SSP = sistema silvopastoril

Elaboración: El Autor

El manejo de la pastura y las especies leñosas en los sistemas silvopastoriles, demandan la utilización de insumos externos para mantener un funcionamiento adecuado, requiriéndose fertilizantes, insecticidas, combustible para máquinas (alquiler), que no son necesarios en el sistema de pastoreo en pradera natural a campo abierto.

Estos resultados concuerdan con lo manifestado por Pezo e Ibrahim (1999), en el sentido de que la incorporación de leñosas perennes (árboles y arbustos) en los sistemas ganaderos, ayudan a reducir la dependencia de insumos externos, partiendo del hecho de que la pastura mejorada de los sistemas silvopastoriles, es exigente en macro y micronutrientes, y

la fertilización realizada con N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO y S, fue en un nivel reducido, constatándose el efecto de disminución de fertilizantes, especialmente de fuentes de nitrógeno.

#### 4. Valor de la producción

La evaluación de producción mostró ingresos brutos superiores en los tres sistemas silvopastoriles (Cuadro 32), debido a una mayor producción de leche (Cuadro 22), derivada de la pastura mixta asociada a las diferentes especies leñosas. Adicionalmente, otro aporte proviene de la leña, en comparación con pradera natural a campo abierto.

Cuadro 32. Valor de la producción en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Sistema	Producción de leche (lt ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	USD ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>		
		Leche	Leña	Total
<b>SSP con quishuar</b>	5536	3610,06	81,71	<b>3691,76</b>
<b>SSP con colle</b>	5566	4196,13	174,81	<b>4370,94</b>
<b>SSP con yagual</b>	5566	3813,51	416,71	<b>4230,22</b>
<b>Pradera natural</b>	3741	1117,33		<b>1117,33</b>

SSP = sistema silvopastoril

Elaboración: El Autor

El valor de producción de leche corresponde a cuatro pastoreos evaluados y proyectados al año, considerando la capacidad de carga de los sistemas silvopastoriles (2,56 UBAs ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y la pradera natural (1,1 UBAs ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), así como el porcentaje de utilización de las pasturas, del 70% y 80% respectivamente (Anexo 17).

Para el valor de la leña, se utilizó un precio promedio referencial de algunos aserraderos que venden cargas de leña (eucalipto) de 23,5 a 24 kg de peso a un precio de 1,25 USD.

El sistema que presentó mayores beneficios brutos fue el sistema silvopastoril con colle (4370,94 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); debido a su mayor cantidad de biomasa de pastos (Cuadro 18), y consecuentes mayores ingresos provenientes de la leche, seguido por el sistema con yagual (4230,22 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), por su ventaja en cantidad de leña producida (Ver Gráfico 15), y un rendimiento de pastos intermedio entre sistemas silvopastoriles con colle y quishuar; el

cual presentó menor rendimiento de pastos, cantidad de leña y beneficios brutos (3691,76 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) que los dos sistemas anteriores. La pradera natural generó los menores ingresos brutos (1117,33 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), y además presentó un contenido nutricional inferior y consiguiente baja producción de leche. Este sistema de pradera natural representó el 27,3% del beneficio bruto de los SSPs.

## 5. Ingresos netos

Los sistemas silvopastoriles aparentemente fueron desde el punto de vista económico más viables que la pradera natural. En el siguiente cuadro, se presentan los ingresos netos obtenidos.

Cuadro 33. Ingresos netos anuales en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Sistema	USD ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>		
	Costos de producción*	Beneficios brutos	Beneficios netos
<b>SSP con quishuar</b>	1339,72	3691,76	<b>2352,04</b>
<b>SSP con colle</b>	1339,72	4370,94	<b>3031,22</b>
<b>SSP con yagual</b>	1339,72	4230,22	<b>2890,50</b>
<b>Pradera natural</b>	350,4	1117,33	<b>766,93</b>

SSP = sistema silvopastoril

\* Anexo 18

Elaboración: El Autor

Existen altos costos en el manejo de los sistemas silvopastoriles, especialmente en fertilizantes que alcanza un valor cercano a los 300 USD por hectárea, además actividades como cortes de igualación y podas requieren mano de obra y alquiler de maquinaria, lo cual afecta los costos de producción.

Los beneficios netos por año, son aceptables para los tres sistemas silvopastoriles, y bajos para la pradera natural. Los sistemas silvopastoriles con colle (3031,22 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y yagual (2890,50 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) parecen ser los más rentables, seguidos por el sistema silvopastoril con quishuar (2352,04 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), especialmente por el valor asignado a la leña (Gráfico 15). La pradera natural (766,93 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) presenta el valor más bajo de ingresos netos, debido a su también baja producción de forraje e inferior calidad de pastos.

## VI. CONCLUSIONES

1. Desde el punto de vista tecnológico, las alternativas silvopastoriles contribuyeron a un menor grado de compactación del suelo, debido probablemente al efecto “amortiguador” de la hojarasca, a la presencia de una mayor población de lombrices y más asociaciones micorrízicas, que en su conjunto contribuyen a mejorar las condiciones de fertilidad del suelo.
2. Desde la perspectiva ambiental, las alternativas silvopastoriles generaron mejores beneficios ambientales en comparación con la pradera natural, al incrementar la temperatura ambiental en horas críticas del día (primeras horas de la mañana y por la tarde), lo cual representó un ahorro energético para el ganado, un mayor secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles con yagual y colle, y un mejor hábitat natural para especies de aves diurnas.
3. Económicamente, existieron mayores ingresos netos en las tres alternativas silvopastoriles con relación a la pradera natural, lo cual se explica por los mejores rendimientos y calidad de la pastura cuando se asocia con el componente leñoso, lo cual permite una mejor nutrición y rendimiento animal.
4. La especie leñosa yagual (*Polylepis racemosa* Hier.) presentó mayor crecimiento en altura, biomasa aérea y carbono secuestrado, pudiendo ser reconocida como especie promisoría de la zona, para su establecimiento en sistemas silvopastoriles, mientras que el sistema con colle se destacó por presentar un mejor asocio con la pastura mixta porque produjo un mayor rendimiento de pastos.
5. El análisis comparativo entre alternativas silvopastoriles, muestra al sistema con yagual, como la mejor opción de uso sostenible del suelo para esta zona alta, debido a los mejores atributos que acusa en cuanto a su crecimiento, capacidad de adaptación y plasticidad a las condiciones climáticas y a la probabilidad de presentar mayores beneficios ambientales que las otras alternativas forestales.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios para determinar el consumo de agua de las distintas especies leñosas nativas, para recomendarlas como alternativas en la protección de fuentes de agua.
2. Se recomienda el establecimiento de leñosas nativas a un distanciamiento mayor a 5 m entre sí, para que el crecimiento de los árboles no interrumpa el laboreo mecánico del suelo con fines de cultivar en áreas aptas.
3. Se recomienda el establecimiento de sistemas silvopastoriles porque permiten desarrollar ganaderías sostenibles amigables con el ambiente y económicamente viables.
4. Otras especies como el tilo (*Sambucus nigra* L.), llin llin (*Senna multiglandulosa* J.H.S, *S. sp*), piquil (*Gynoxis sp*), lupino (*Genista monspessulana* L.A.S.), malva roja (*Lavatera assurgentiflora* Kellog) deben ser incorporadas en el análisis de tecnologías silvopastoriles para la protección y gestión sostenible de los recursos naturales de la microcuenca.
5. Fortalecer y motivar la participación de las comunidades en los procesos de toma de decisiones tecnológicas y gestión ambiental de los recursos naturales de las microcuencas.
6. Involucrar a la comunidad científica y de educación superior al diseño y evaluación de tecnologías, y en los planes de capacitación y formación universitaria y de colegio.
7. Comunicar resultados a hacedores de políticas públicas locales, que tienen bajo su responsabilidad la gestión sostenible de los recursos naturales de microcuencas.



## VIII. RESUMEN

En la presente investigación se propone: evaluar tres sistemas silvopastoriles establecidos hace siete años en la granja de la Unión de Organizaciones Campesinas de San Juan (UCASAJ) con las especies leñosas nativas quishuar (*Buddleja incana* H.B.K.), colle (*Buddleja coriaceae* Remy.) y yagual (*Polylepis racemosa* Hier.), asociadas a una pastura mixta y comparados con una pradera natural a campo abierto, utilizando el diseño de bloques completos al azar y un conjunto de indicadores y descriptores de sostenibilidad. Encontrando que la compactación del suelo fue superior en pradera natural, debido probablemente al efecto “amortiguador” de la hojarasca caída de los árboles en los sistemas silvopastoriles. Existiendo mayor población de lombrices en estos sistemas así como mayor contenido de micorrizas en suelo y raíces, destacándose la colonización con el sistema yagual, siendo la especie con mayor crecimiento en altura, biomasa aérea y carbono secuestrado. Existieron mayores beneficios ambientales por parte de los sistemas silvopastoriles en comparación con pradera natural; al propiciar un hábitat natural de 10 especies de aves diurnas observadas, proporcionando además mayor temperatura alrededor de los árboles, reflejado por un incremento sensible de +0,5 °C a las 7h00 y 17h00 del día, respecto de la pradera, representando un ahorro energético en el requerimiento de energía metabolizable, que acompañado con los mejores rendimientos en calidad y cantidad de la pastura, incrementaron la producción de leche. Concluyendo que los sistemas silvopastoriles son un modo sostenible de uso de la tierra y comparativamente superiores que los tradicionales sistemas con praderas naturales a campo abierto, puesto que permiten desarrollar ganaderías amigables con el ambiente y económicamente viables.

## **IX. SUMMARY**

In the present paper is propose: to evaluate three silvopastoral systems established a seven years ago in The Indigenous Organizations Union from San Juan (UCASAJ) with quishuar-native woody species (*Buddleja incana* H.B.K), colle (*Buddleja coriaceae* Remy.) and yagual (*Polylepis racemosa* Hier.) associates to a mixed pasture and compared with a opened-field natural meadow in open range, using randomized blocks design and a set of sustainability indicators. The soil compacting was superior in natural meadow was found, due to probably the “shock absorber” effect of the fallen leaves from the trees in the silvopastoral systems. Existing more population of the earthworm in those systems as well as more content of mycorrhizae on the soil and roots, stressing colonization with the yagual system, being this specie with the highest growth in height level, aerial biomass and stored carbon. There were more environmental benefits for the silvopastoral systems comparing with natural meadow; at provide a natural habitat of ten-species day birds were observed, providing more temperature around the trees, showing a sensitive increasing of +0,5 °C at 7h00 and 17h00 of the day, regarding the meadow, representing an energy savings in the metabolisable energy requirement, accompanied with the best pasture benefits both quality and quantity, the milk production has increased, concluding the silvopastoral systems are a sustainability mode of soil uses and comparatively are higher than traditional systems with natural meadows to opened-field even though allow to develop more environmental-sound cattle systems and as well as economically viable.

## X. BIBLIOGRAFÍA

1. ALBA De, J. 1971. Alimentación del ganado en América Latina. Editorial Fournier. Segunda edición. México. 57 pp.
2. ANDRADE, J., IBRAHIM, M. 2002. Fijación de carbono en sistemas silvopastoriles: una propuesta metodológica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE. Boletín técnico. Turrialba – Costa Rica. Tesis Mag. Sc.
3. AREVALO, V. 1999. Potencial de los huertos caseros para la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible. Tesis Mag. Ciencias en Agroforestería para el desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. México – Chapingo. 109 pp.
4. BENTIVENGA, S., MORTON, J. 1994. Systems of Glomalean endomicorrhizal fungi: current views and future directions. In: Mycorrhizae and plant health. Ed. F.L. Pflieger and R.G. Linderman. APS Press.
5. CAMINO De, R y MULLER, S. 1993. Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales bases para establecer indicadores. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. Proyecto IICA/GTZ. San José – Costa Rica. 20, 34, 47pp.
6. CODERECH 2005. Documento La Cuenca Hidrográfica y el Riego. Memorias trabajo. Riobamba – Ecuador.
7. Commitee on Agricultural Sustainability for Developing Countries, 1987. The transition to sustainable agriculture: an agenda for AID, Washington, DC, 29 p.
8. CONWAY, G. 1985. Agroecosystem análisis. Agricultural Administration. No 20.

9. Desde el Surco 1997. Pastos y Pastoreo. Segunda edición. Quito – Ecuador. 5, 80 pp.
10. Diagnóstico Programa Nacional de Forestería (PNF) 2009. Caracterización de la microcuenca del río Chimborazo. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP. Proyecto: “Iniciativa interinstitucional de Investigación/Desarrollo Agroforestal Participativo para la protección y manejo sostenible de la microcuenca del río Chimborazo”. San Juan – Chimborazo – Ecuador.
11. Diagnóstico Participativo Comunitario de la Unión de Organizaciones Campesinas Indígenas Inter Comunales de Chimborazo Rey de los Andes “UOCIC” 2006. San Juan – Chimborazo – Ecuador.
12. EKKEHARD, B. 1992. Actividades Agroforestales y Silviculturales en la Región Amazónica Ecuatoriana. PROFORS – Red Agroforestal Ecuatoriana. Quito, Ecuador.
13. GÓMEZ, M. 2007. “Evaluación de alternativas silvopastoriles utilizando: yagual (*Polylepis racemosa*), quishuar (*Buddleja incana*) y colle (*Buddleja coriaceae*); en la microcuenca del río Chimborazo”. Tesis Ing. Agr. Riobamba – Ecuador.
14. GONZÁLEZ, C., BAZURCO, M. 2006. Diagnóstico Participativo Comunitario, Zona Biocultural: Microcuenca del río Chimborazo. BIOANDES. Quito – Ecuador. 31 pp.
15. GRIJALVA, J., LLANGARÍ, P., JARA, F., CUASAPÁZ, M. 2004. Experimentación campesina y desarrollo de opciones silvopastoriles. Construyendo caminos para desarrollo sostenible de la tierra en la ecorregión andina. Boletín divulgativo INIAP/PROMSA/ESPOCH/GPC. 51 pp.

16. GRIJALVA, J; RIOFRÍO, J; LLANGARÍ, P; GONZÁLEZ, J; RAMOS, R; ANDRADE, D; ATI, A; TELENCHANO, A. 2009. Alternativas silvopastoriles para la protección y uso sostenible de la tierra de microcuencas en la ecorregión andina. Boletín Técnico. Quito – Ecuador.
17. HARVEY, C., HABER, W., MEJÍAS, F., SOLANO, R. 1998. Remnant trees in Costa Rican pastures. Tools for conservation? *Agroforestry Trees*, July-September.
18. HARVEY, C., SAENZ, J. 2008. Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. 1ª ed. Instituto Nacional de Biodiversidad INBio. Santo Domingo de Herdia – Costa Rica. 197, 582, 585 pp.
19. HAYMAN, D., JOHNSON, R. 1975. The influence of phosphate and crop species on endogone spores and vesicular-arbuscular mycorrhizae under field conditions. *Plant and soil* 43: 489-95 pp.
20. HERNANDEZ, A. 2001. Las micorrizas. Sustancias y Tecnologías Naturales. SYTEN. Agro- Nutrientes especiales. Departamento de Protección Vegetal del ITRA. Catalunya.
21. HOLDRIDGE, L. 1982. Ecología basada en zonas de vida. [ trad. del inglés por] Humberto Jiménez. [1ª. ed ], 2ª reimpresión. IICA. 8-12 pp.
22. HUGHES, H., HEALTH, M., METCALFE, D. 1984. Forrajes. 11<sup>va</sup> impresión. Editorial Contiental. México. 56 pp.
23. IDROBO, L. 1992. El verdor de los Andes. Proyecto desarrollo forestar participativo en los Andes. Editora Luz de América. Gobierno de los países bajos, ejecutado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 218 p.

24. INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). 2006. Estación pluviométrica San Juan – Chimborazo (M393). Datos de precipitaciones mensuales, 1963 -2006.
25. INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2004. Investigación científica y Desarrollo en América Latina y Ecuador. Disponible en <http://www.uasb.edu.ec/UserFiles/File/pdfs/DOCENTES/CARLOS%20LARREA/LarreaMadrid.pdf>
26. IPCC. 1996. Intergovernmental Panel on Climate Change. Report of the twelfth session of the intergovernmental panle on climate change. Reference manual and workbook of the IPCC 1996 revised guidelines for national greenhouse gas inventories. Mexico city, 11 – 13 september.
27. JACOB, A., VON UEXKÜLL, H. 1973. Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Ediciones Euroamericanas. 4<sup>ta</sup> edición. México D.F. – México. 51 pp.
28. JARA, F. 2003. “Evaluación de tres especies forrajeras nativas bajo una plantación de pino (*Pinus radiata* D. Don) en El Toldo provincia de Chimborazo”. Tesis Ing. Agr. Riobamba – Ecuador.
29. JIMENEZ, F. 2007. Manejo de cuencas hidrográficas I. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE. Curso de Maestría. Turrialba – Costa Rica.
30. JORDAN, CH., HERZ, C., AÑAZCO, M., ANDRADE, M. 1999. Construyendo Cambios. Desarrollo Forestal Comunitario en los Andes. FAO. Quito, Ecuador.

31. KURLE, J y PFLEGER, F. (1994). The effects of cultural practice and pesticides on VAM fungi. IN: Mycorrhizae and plant Health. Ed. F.L. Pflieger and R.G. Linderman. APS Press, Minesota.
32. LLANGARÍ, P. 1998. Establecimiento y Manejo de Pasturas (potreros). Riobamba – Ecuador.
33. MONTAGNINI, F., *et al.* 1992. Sistemas agroforestales. Segunda edición. San José – Costa Rica.
34. NIETO, C., RAMOS, R., GALARZA, J. 2005. Sistemas Agroforestales aplicables en la Sierra Ecuatoriana, Resultados de una década de experiencias de campo. INIAP-PROMSA. Editorial NUEVA JERUSALEN. Quito-Ecuador. Boletín técnico No 122. 59-61 pp.
35. OCAÑA, D. 1994. Desarrollo Forestal Campesino en la Región Andina del Perú. Proyecto Apoyo a las Plantaciones Forestales con Fines Energéticos y para el Desarrollo de las Comunidades Rurales. FAO – Holanda. Lima, Perú.
36. OSPINA, A. 2003. Agroforestería. Aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal. Editorial ACASOC Asociación del Colectivo de Agroecología del Suroccidente Colombiano. [1ª. ed ], 1ª reimpresión. Santiago de Cali – Colombia. 19 pp.
37. PARDÉ. 1980. Forest Biomasa Forestry products abstract. Review article. Commonwealth Forestry Bureau. 3 (8): 165 – 184 pp.
38. PEZO, D., IBRAHIM, M. 1999. Sistemas Silvopastoriles, una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos. CATIE. Segunda edición. Turrialba, Costa Rica. 4, 15, 16, 37, 39, 64, 66 pp.

39. Plan de Desarrollo Local, 1999. UCASAJ “Unión de Organizaciones Campesinas de San Juan”. PRODEPINE.
40. PORTA, J., LÓPEZ-ACEVEDO, M., ROQUERO, C. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 2<sup>da</sup> edición. Editorial Mundi-Prensa. España. 155, 256, 459, 460 pp.
41. PRONAREG, 1984. Mapa de Suelos del Ecuador.
42. RAMOS, R. 2003. Fraccionamiento de carbono orgánico del suelo en tres tipos de uso de la tierra en fincas ganaderas de San Miguel de Barranca, Puntarenas-Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 18, 22 pp.
43. REYNEL, C., LEON, J. 1990. Árboles y Arbustos Andinos para Agroforestería y Conservación de Suelos. Tomo II. Proyecto FAO / Holanda/ DGFF. Lima-Perú. 363 pp.
44. RIOFRIO, J. 2007. “Cuantificación del carbono almacenado en dos sistemas agroforestales en la Estación Experimental Santa Catalina – INIAP. Ecuador”. Tesis Ing. Agr. Riobamba – Ecuador.
45. ROBERT, M. 2002. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. FAO, Informe sobre recursos mundiales de suelos. Roma – Italia. 61 pp.
46. ROSERO, S. 2005. Agroforestería. ESPOCH. Departamento de Aguas y Bosques. Riobamba – Ecuador. 2,97 pp.
47. SÁENZ, J., VILLATORO, F., IBRAHIM, M., FAJARDO, D., PÉREZ, M. 2007. CATIE. Agroforestería en las Américas. El pago de servicios ambientales como herramienta para la restauración ecológica de paisajes ganaderos. No. 45. Turrialba – Costa Rica.



48. SALAMANCA, R. 1986. Pastos y Forrajes producción y manejo. Primera edición 1986. Ediciones Monserrat. Bogotá – Colombia. 116-118, 134-139, 155- 156 pp.
49. SEGOVIA, J. 2005. Módulo de Cuencas. Libro didáctico. ESPOCH – PUCESI. Riobamba – Ecuador.
50. SPIDER y BIEDERBICK. 1980. Árboles y leñosas para forestar las tierras altas de la región interandina del Ecuador. Segunda edición. Quito –Ecuador. 55- 61 pp.
51. SIEVERDING, E. 1991. Vesicular – Arbuscular Mycorrhizal Management in Tropical Agrosystems. Technical Cooperation, Federal epublico f Germmany. 371pp.
52. SUQUILANDA, M. 1996. Serie agricultura orgánica. Ediciones UPS. Fundación para el Desarrollo Agropecuario FUDAGRO. Quito – Ecuador. 207, 208 pp.
53. TOBAR, A., QUIROZ, H., AGUIURRE, J. Manejo agroforestal Módulo 5. Eje temático Agorforestería. Consorcio CAMAREN. 13 pp.
54. TORQUEBIEAU, E. 1989. Sustainability indicators in agroforestry: The example of homegardens. In views and issues on agroforestry and sustainability. Nairobi, Kenya, ICAAF.
55. TORQUEBIEAU, E. 1992. Are tropical agroforestry home gardens sustainable? Agri. Ecosystem environ.

56. UNIVERSITY OF FLORIDA. CENTER FOR TROPICAL AGRICULTURE, 1970. Compilación de datos analíticos y biológicos en la preparación de cuadros de composición de alimentos para uso en los trópicos de América latina. 1701, 701-2; 2101,2101- 2.
57. WALKLEY, A; BLACK, CA. 1938. An examination of the Degtjareff's method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-38.

### 1. Páginas Web

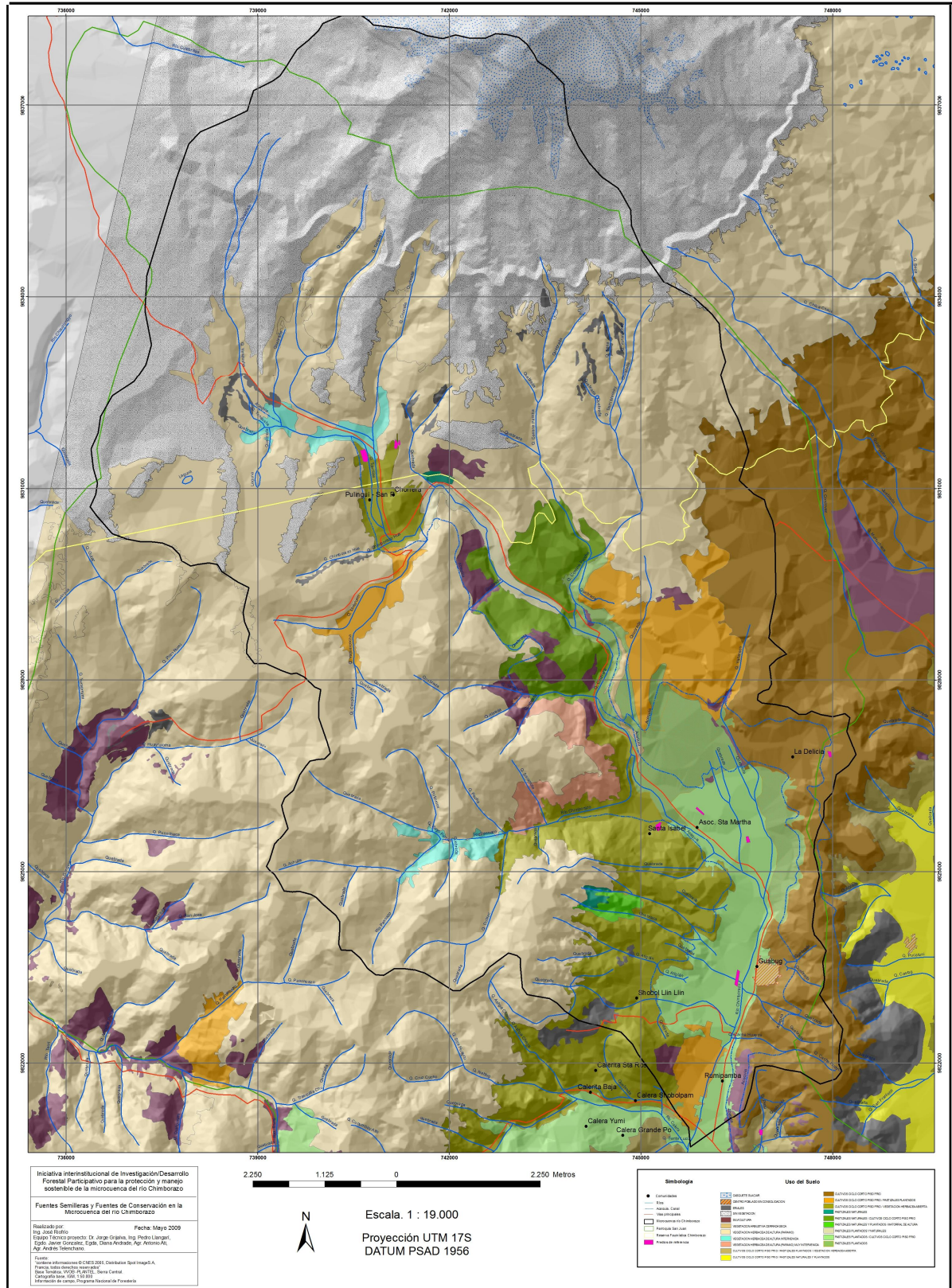
58. Asociación Zabalketa. 2007. (en línea). Consultado 27 dic. 2007. Disponible en [http://www.zabalketa.org/documentos/tecnicos/evalua\\_reforestacion\\_tropicales.Pdf](http://www.zabalketa.org/documentos/tecnicos/evalua_reforestacion_tropicales.Pdf). España.
59. Aula Digital Universitaria ActionBioscience. 2007. (en línea). Consultado 27 dic. 2007. Disponible en <http://www.actionbioscience.org/index.html>
60. Centro de Capacitación y Experiencias Agrarias de Mahón (Menorca) CCEA. 2007. Evolución del porcentaje de materia seca del forraje verde a lo largo del año (en línea). Consultado 03 ago. 2009. Disponible en <http://www.cime.es/ca/ccea/58.pdf>.
61. Enciclopedia Wikipedia. 2007. Cuenca hidrográfica. Wikimedia Foundation, Inc. (en línea). Consultado 27 dic. 2007. Disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca\\_hidrogrÁfica](http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrogrÁfica)
62. Enciclopedia Wikipedia. 2008. Micorriza. Wikimedia Foundation, Inc. (en línea). Consultado 17 nov.2008. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Micorriza>
63. Herbario virtual. 2007. (en línea). Consultado 27 dic. 2007. Disponible en [http://herbarivirtual.uib.es/cas-med/especie/4295\\_80494.html](http://herbarivirtual.uib.es/cas-med/especie/4295_80494.html)

64. INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2004. Investigación científica y Desarrollo en América Latina y Ecuador. Disponible en <http://www.uasb.edu.ec/UserFiles/File/pdfs/DOCENTES/CARLOS%20LARREA/LarreaMadrid.pdf>
65. MACHADO, R., ROCHE, R. 1996. Estudio morfológico de las especies *Paspalum notatum* y *Cynodon dactylon*. Informe de investigación. EEPF “Indio Hatuey”. (en línea) Matanzas, Cuba. 5 pp. Consultado 21 dic. 2007. Disponible en [http://revistas.mes.edu.cu:9900/eduniv/03-Revistas-Cientificas/Pastos-y Forrajcs/1998/4/09998405.pdf](http://revistas.mes.edu.cu:9900/eduniv/03-Revistas-Cientificas/Pastos-y-Forrajcs/1998/4/09998405.pdf)
66. MARTÍNEZ, A. 2006. Efectos climáticos sobre la producción del vacuno lechero: estrés por calor. Revista Electrónica de Veterinaria. Vol. VII, nº 10. España. (en línea). Consultado 15 jul. 2009 Disponible en [http://74.125.47.132/search?q=cache:pLrbtNu2NuAJ:www.produccionbovina.com.ar/clima\\_y\\_ambientacion/30stres\\_por\\_calor\\_vaca\\_lechera.pdf+estres+por+frio+vacas&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=ec](http://74.125.47.132/search?q=cache:pLrbtNu2NuAJ:www.produccionbovina.com.ar/clima_y_ambientacion/30stres_por_calor_vaca_lechera.pdf+estres+por+frio+vacas&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=ec)
67. MARTÍNEZ, V. 2007. Propiedades del diente de león. (en línea). Consultado 27 dic. 2007. Disponible en [http://www.botanicalonline.com/taraxacum\\_officinale.htm](http://www.botanicalonline.com/taraxacum_officinale.htm)
68. Ministerio de Agricultura del Perú. 2007. (en línea). Consultado 27 dic. 2007. Disponible en [http://www.portalagrario.gob.pe/rrnn\\_f\\_agro.shtml](http://www.portalagrario.gob.pe/rrnn_f_agro.shtml)
69. Portal Laganadería. org. 2007. Lombrices de tierra en los potreros. (en línea). Consultado 03 ago. 2009. Disponible en [http://www.laganaderia.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=45&Itemid=41](http://www.laganaderia.org/index.php?option=com_content&task=view&id=45&Itemid=41)
70. Portal La vida en casa. 2007. (en línea). Consultado 27 dic. 2007. Disponible en <http://www.lavidaencasa.com>

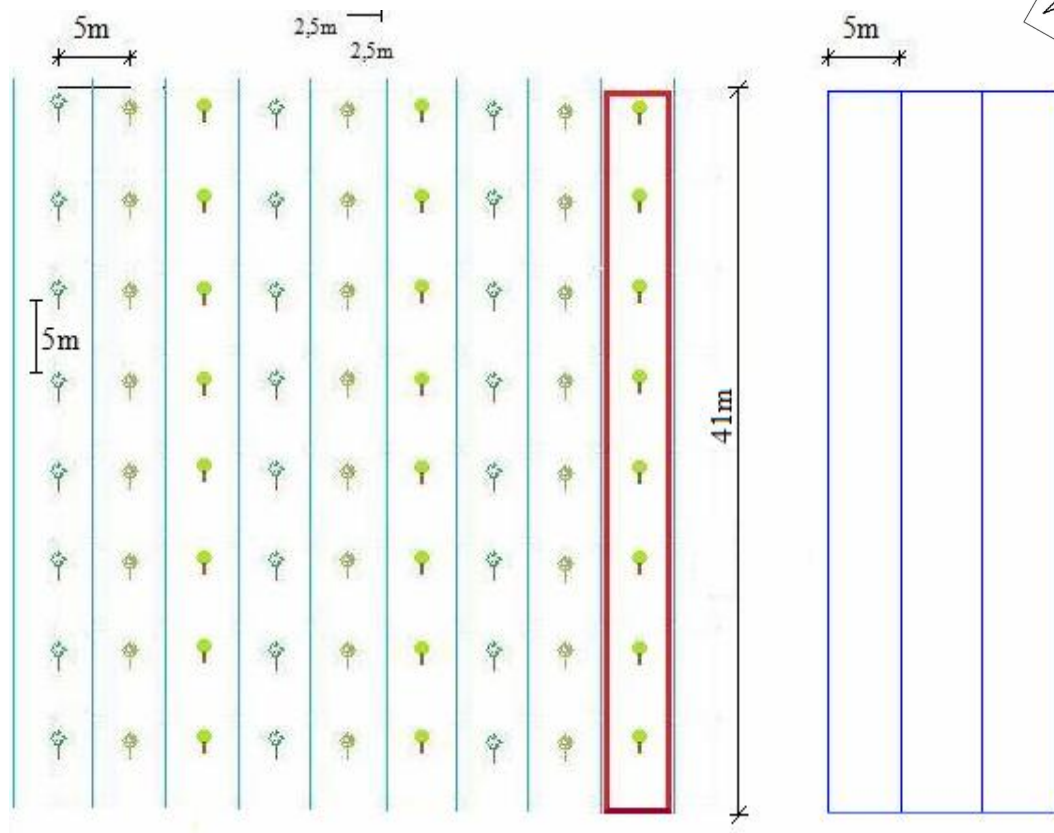
71. Programa Panamericano de Defensa y Desarrollo de la Diversidad biológica, cultural y social (ProDiversitas). 2005. Convenio sobre la biodiversidad biológica (en línea). Consultado 15 jul. 2009 Disponible en <http://www.prodiversitas.bioetica.org/tkcbd.htm>
  
72. [http:// www.vitoria-gasteiz.org/w24/docs/ceac/siam/tabmetod/geoedafo/caledaf.Pdf](http://www.vitoria-gasteiz.org/w24/docs/ceac/siam/tabmetod/geoedafo/caledaf.Pdf) (en línea). Consultado 17 sep. 2008.

# X. ANEXOS

## ANEXO 1. Mapa de uso del suelo en la microcuenca del río Chimborazo



**ANEXO 2. Croquis del ensayo**



T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
R1			R2			R3		
15m								

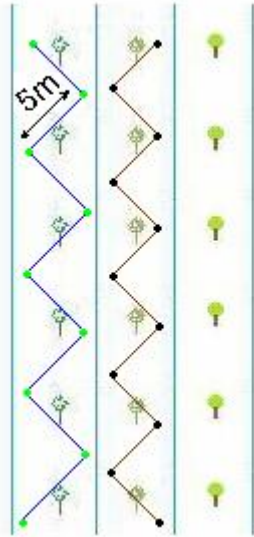
T0	T0	T0
R1	R2	R3

	Árbol de quishuar		Cerca eléctrica
	Árbol de colle		Unidad experimental
	Árbol de yagual		Parcelas testigo



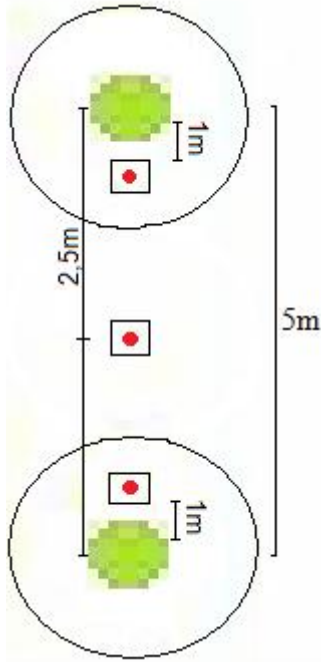
← Vía Riobamba – Guaranda (arenal)




**ANEXO 3. Diagrama de muestreo de suelos y pastos**



•	Puntos de muestreo de pastos (lugar de ubicación del cuadrante)
•	Puntos de muestreo de suelos
—	Muestreo de pastos
—	Muestreo de suelos

**ANEXO 4. Diagrama de muestreo de lombrices**



	Especie leñosa
	Punto de muestreo de lombrices (lugar de ubicación del cuadrante)
	Área de influencia del lugar de muestreo



**ANEXO 5. Contenido de macro y micro nutrientes de suelos**

Cuadro 34. Contenido de macro y micro nutrientes en el suelo de sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan Chimborazo 2008.

Elemento	Sistema			
	SSP con quishuar	SSP con colle	SSP con yagual	Pradera natural
N total (%)	0,51	0,43	0,45	0,48
P (ppm)	28,00	26,00	27,67	13,33
K (meq 100ml <sup>-1</sup> )	0,14	0,13	0,14	0,16
Ca (meq 100ml <sup>-1</sup> )	10,63	11,17	10,8	11,83
Mg (meq 100ml <sup>-1</sup> )	4,90	5,07	5,13	4,93
S (ppm)	18,33	18,33	20,00	22
Zn (ppm)	7,7	8,13	7,57	8,20
Cu (ppm)	5,1	5,2	5,00	4,30
Fe (ppm)	349,33	347,00	334	302,00
Mn (ppm)	10,77	7,87	7,50	10,3
B (ppm)	1,23	1,17	1,10	1,40

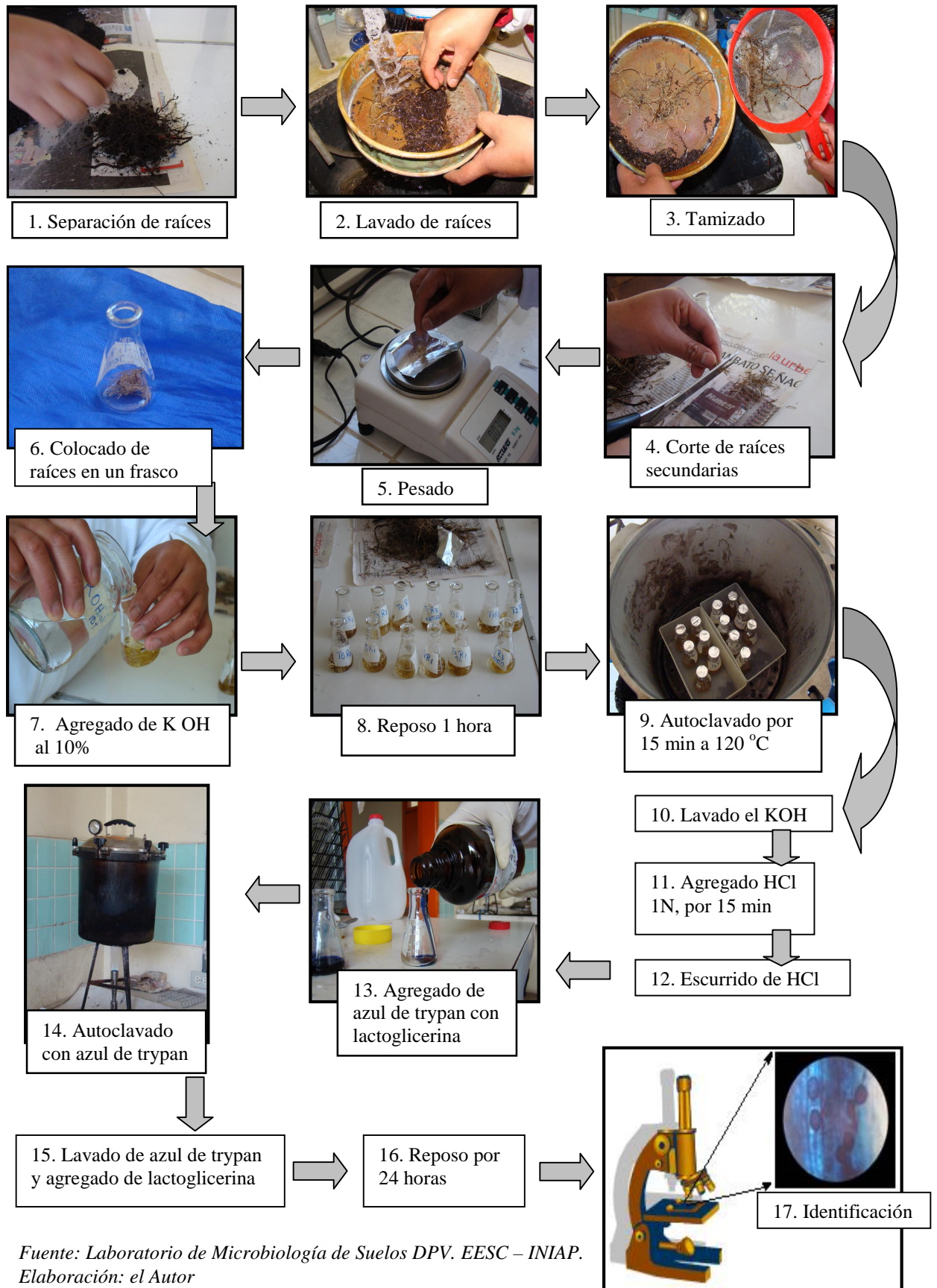
Muestreo realizado en agosto 2008

SSP = sistema silvopastoril

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas EESC – INIAP.

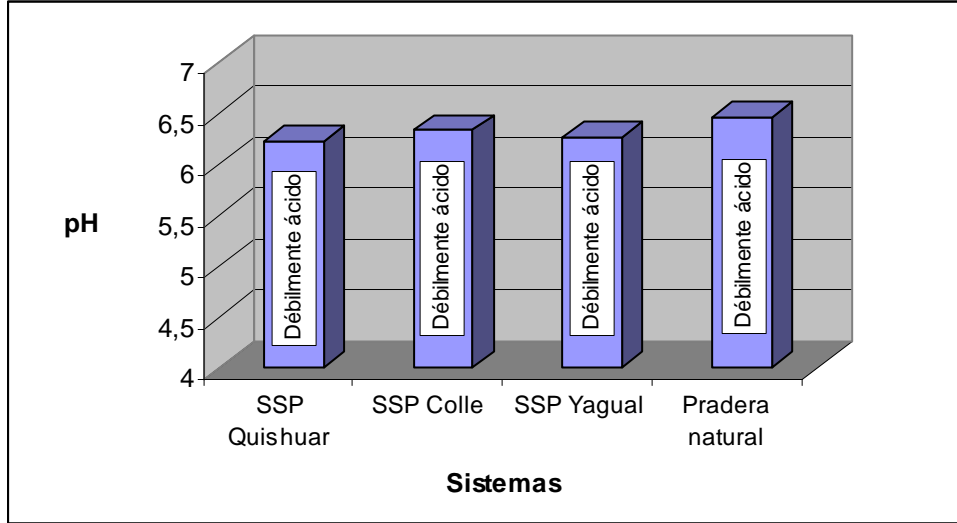
Elaboración: El Autor

## ANEXO 6. Procedimiento en laboratorio para identificación de endomicorrizas



Fuente: Laboratorio de Microbiología de Suelos DPV. EESC – INIAP.  
Elaboración: el Autor

**ANEXO 7. pH en el suelo**



Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas EESC – INIAP.  
Elaboración: El Autor

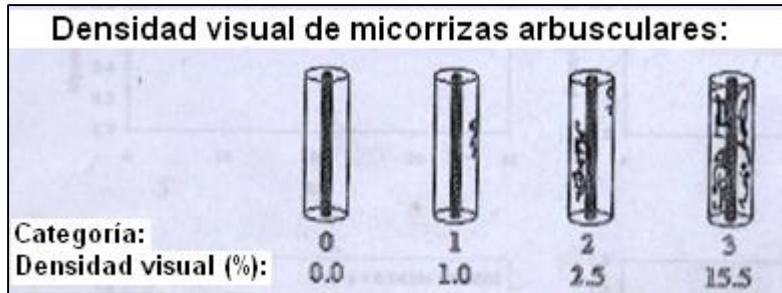
Gráfico 18. pH en el suelo de sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Cuadro 35. pH por repetición, en el suelo de sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo 2008.

Sistema	Repetición	pH	Promedio
SSP con quishuar	1	6,1	6,23
SSP con quishuar	2	6,2	
SSP con quishuar	3	6,4	
SSP con colle	1	6,2	6,33
SSP con colle	2	6,4	
SSP con colle	3	6,4	
SSP con yagual	1	6,2	6,27
SSP con yagual	2	6,3	
SSP con yagual	3	6,3	
Pradera natural	1	6,5	6,47
Pradera natural	2	6,4	
Pradera natural	3	6,5	

SSP = Sistema silvopastoril  
Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas EESC – INIAP.  
Elaboración: El Autor

**ANEXO 8. Porcentaje de colonización endomicorrízica, de acuerdo a categorías y densidad visual de micorrizas arbusculares.**



Cuadro 36. Resultados del análisis micorrízico por repetición en suelo y raíces de sistemas silvopastoriles y pradera natural.

Sistema	Repeticiones	Nº de esporas g <sup>-1</sup> de suelo	Escala de evaluación Categoría	% de colonización micorrizica	Significado
SSP con quishuar	1	91,52	2,28	2,5	mediana colonización
SSP con quishuar	2	70,3	2,42	2,5	mediana colonización
SSP con quishuar	3	72,24	2,28	2,5	mediana colonización
SSP con colle	1	219,9	2,85	2,5	mediana colonización
SSP con colle	2	183,31	2,71	2,5	mediana colonización
SSP con colle	3	147,62	2,42	2,5	mediana colonización
SSP con yagual	1	221	3,14	15,5	mediana colonización
SSP con yagual	2	204	3	15,5	mediana colonización
SSP con yagual	3	266	3	15,5	mediana colonización
Pradera natural	1	20,66	1,8	1	baja colonización
Pradera natural	2	29,9	1,14	1	baja colonización
Pradera natural	3	29,47	1	1	baja colonización

Fuente: Laboratorio de Microbiología de Suelos del Departamento de Protección Vegetal (DPV)

EESC – INIAP.

Elaboración: El Autor

**ANEXO 9. Crecimiento anual de especies leñosas quishuar, colle y yagual**

Cuadro 37. Cambios en altura (m) de las especies leñosas quishuar, colle y yagual, establecidas en sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo 2002-2008.

Años	Altura (m)		
	yagual	colle	quishuar
0	0,19	0,26	0,15
1	0,87	0,82	0,64
2	1,64	1,74	1,41
3	2,44	2,51	2,21
4	3,05	2,84	2,58
5	3,80	3,07	2,72
6	4,50	3,34	2,79
6,5	5,06	3,66	2,83

Fuente: Programa Nacional de Forestería – INIAP.

Elaboración: El Autor

Cuadro 38. Cambios en diámetro (cm) de las especies leñosas quishuar, colle y yagual, establecidas en sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo 2002-2008.

Años	Diámetro (cm)		
	yagual	colle	quishuar
0	0,6	0,5	0,4
1	0,28	2,6	2,2
2	0,37	3	3
3	6	5,6	5,5
4	8,3	7,7	7,6
5	9,6	9,7	8
6	10	10	8
6,5	11	11	9

Fuente: Programa Nacional de Forestería – INIAP.

Elaboración: El Autor

**ANEXO 10. Composición botánica de sistemas silvopastoriles y pradera natural**

Cuadro 39. Composición botánica de pradera natural a campo abierto. San Juan, Chimborazo 2008.

<b>Composición botánica de la pastura en pradera natural</b>			
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre kichwa</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>%</b>
Totorilla	-	<i>Scirpus sp</i>	30,5
Holco	Gutug	<i>Holcus lanatus</i> L.	25,8
Leguminosas, trébol natural	-	<i>Trifolium sp</i>	17,2
Diente de león	Taraxaco	<i>Taraxacum officinale</i> Weber	6,2
Orejuela	-	<i>Lachemilla orbiculata</i>	5,8
Lengua de vaca	Gulag	<i>Rumex crispus</i> L.	4,3
Gramma	-	<i>Paspalum sp</i>	6,1
Llantén	-	<i>Plantago major</i> L.	4,1

Elaboración: El Autor

Cuadro 40. Composición botánica de pastura mixta en sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo 2008.

<b>Sistema</b>	<b>Composición botánica</b>		
	<b>Gramíneas</b>	<b>Leguminosas</b>	<b>Otras*</b>
	<b>%</b>		
<b>SSP con quishuar</b>	90	9	1
<b>SSP con colle</b>	88	11	1
<b>SSP con yagual</b>	89	10	1

SSP = sistema silvopastoril

\* = Lengua de vaca, grama

Elaboración: El Autor

### ANEXO 11. Análisis bromatológico de pastos

Cuadro 41. Análisis proximal, de calcio, fósforo, energía bruta y metabolizable de pastos en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Parámetro	SSP con quishuar	SSP con colle	SSP con yagual	Pradera natural
Humedad (%)	79,62	79,29	79,45	69,31
Cenizas (%)	11,11	11,32	11,44	14,72
Extracto etéreo (%)	2,82	2,69	2,85	2,47
Proteína (%)	15,85	17,17	17,05	11,15
Fibra (%)	25,28	26,36	25,25	24,46
Elementos libres de nitrógeno (%)	44,94	42,45	43,64	47,21
Calcio (%)	0,37	0,36	0,37	0,52
Fósforo (%)	0,32	0,33	0,35	0,18
Energía bruta (Cal/g)	4182,78	4179,11	4182,00	3838,56
Energía metabolizable (Mcal/kg)	2,33	2,27	2,29	2,05

SSP = Sistema silvopastoril

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad EESC – INIAP.

Elaboración: El Autor

### ANEXO 12. Contenido de carbono en el componente leñoso de yagual, quishuar y colle.

Cuadro 42. Contenido de carbono en componentes de yagual, quishuar y colle. San Juan, Chimborazo 2008.

Componente	Yagual	Quishuar	Colle
	Fracción de carbono en componente leñoso (%)		
<b>Ramas gruesas</b>	55,8	55,5	53,7
<b>Ramas delgadas</b>	56,2	53,8	55,9
<b>Hojas</b>	52,1	53	54
<b>Promedio</b>	<b>54,7</b>	<b>54,1</b>	<b>54,5</b>

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas EESC – INIAP.

Elaboración: El Autor

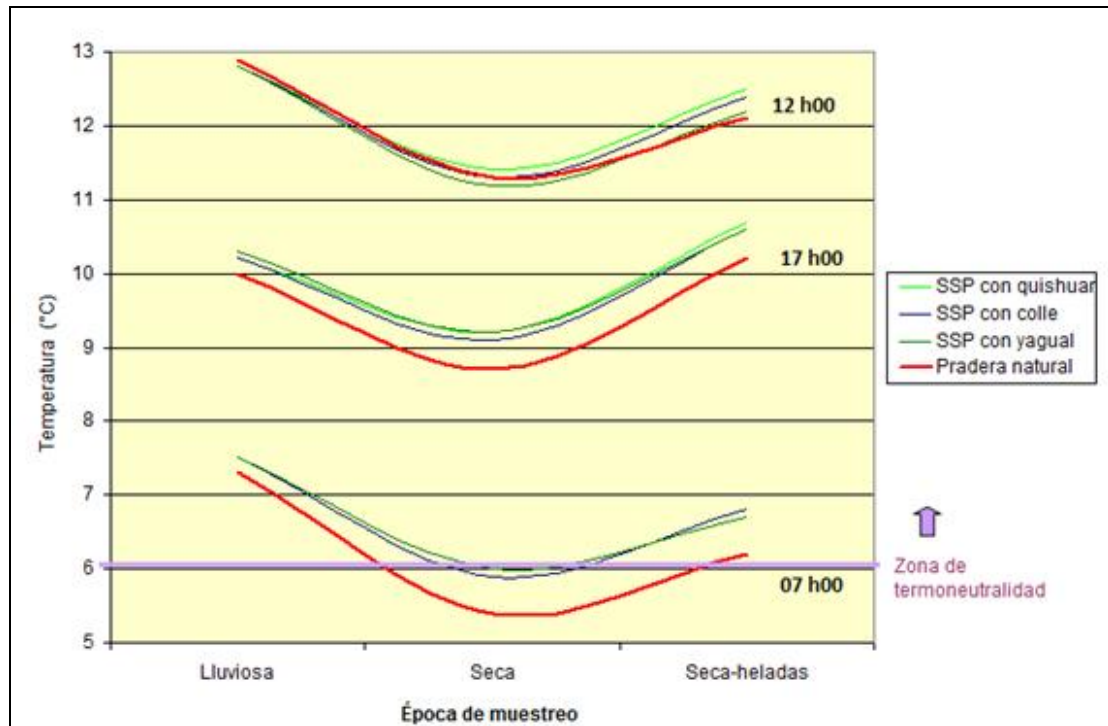
**ANEXO 13. Carbono en el componente herbáceo**

Cuadro 43. Contenido de carbono en el componente herbáceo de sistemas silvopastoriles. San Juan, Chimborazo.

Sistema	Rendimiento de pastos por año (kg MS ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento de pastos (t ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> ) de pastos (MS)	Fracción de carbono	Carbono en forraje (t ha <sup>-1</sup> )
SSP con quishuar	17022,83	17,02	0,5*	8,51
SSP con colle	19690,40	19,69		9,85
SSP con yagual	17894,95	17,89		8,95
Pradera natural	6573,26	6,57		3,29

SSP = Sistema silvopastoril \* = Coeficiente sugerido por el IPCC (1996) como fracción de carbono  
 Elaboración: El Autor

**ANEXO 14. Temperatura ambiental en sistemas silvopastoriles y pradera natural**



Elaboración: Equipo técnico del Programa Nacional de Forestería INIAP.

Gráfico 19. Variación de la temperatura ambiental (°C), considerando la zona de termoneutralidad en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.



**ANEXO 15. Estimación de mano de obra necesaria para el manejo de animales**

Cuadro 44. Estimación de mano de obra necesaria para el pastoreo de animales en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Actividad diaria	1 vaca	1,1 vacas (pradera natural)	2,56 vacas (sistemas silvopastoriles)
	Tiempo (min)		
Ordeñar	10	11	25,6
Trasladar hasta el lugar de pastoreo (07h00)	10	10	10
Estacar	5	5,5	12,8
Mudar / dar agua (12h00)	20	20,5	32,8
Mudar (16h00)	15	15,5	22,8
Trasladar al establo	15	15	15
<b>TOTAL</b>	<b>75</b>	<b>77,5</b>	<b>119</b>
Jornales día <sup>-1</sup>	0,16	0,161	0,25
<b>Jornales año<sup>-1</sup></b>	<b>58,4</b>	<b>58,8</b>	<b>91,25</b>

*Elaboración: El Autor*

**ANEXO 16. Cuestionario para determinación del conocimiento tradicional**

1. ¿Cuales son las ventajas observadas o que ustedes consideran de la asociación de quishuar, colle y yagual con pastos?
2. ¿Cuales son las desventajas observadas o que ustedes consideran de la asociación de quishuar, colle y yagual con pastos?
3. ¿Cuales son los usos que dan a quishuar, colle y yagual?

## ANEXO 17. Cálculo de beneficios brutos provenientes del rubro leche.

### 1) Rendimiento de pastos.

Cuadro 45. Biomasa de pastos (kg MS ha<sup>-1</sup>) por repetición. San Juan, Chimborazo.

Sistema	Repetición	Época lluviosa		Época seca
		abril	junio	agosto
SSP con quishuar	1	2495,29	2998,27	2268,93
SSP con quishuar	2	2623,81	1714,57	2060,75
SSP con quishuar	3	1353,26	2109,45	1676,59
SSP con colle	1	3524,86	2487,65	2169,10
SSP con colle	2	2777,39	2721,00	1863,65
SSP con colle	3	1510,43	2057,40	2583,56
SSP con yagual	1	3046,31	2732,77	1983,52
SSP con yagual	2	2186,69	2728,32	2423,28
SSP con yagual	3	1262,60	2856,38	1903,23
Pradera natural	1	897,67	1030,97	816,46
Pradera natural	2	988,83	933,40	1076,20
Pradera natural	3	944,17	958,62	950,11

     = Valor más alto en época lluviosa

     = Valor más bajo en época seca

Elaboración: El Autor

Cuadro 46. Estimación del rendimiento de pastos (MS ha<sup>-1</sup>) por año.

Sistema	Época lluviosa <sup>a</sup>	Época seca <sup>b</sup>	Rendimiento año <sup>-1</sup>	Rendimiento corte <sup>-1</sup>
SSP Quishuar	11993,07	5029,76	<b>17022,83</b>	2431,83
SSP Colle	14099,46	5590,94	<b>19690,40</b>	2812,91
SSP Yagual	12185,25	5709,70	<b>17894,95</b>	2556,42
Pradera natural	4123,87	2449,38	<b>6573,26</b>	939,04

a = valor más alto (Cuadro 45) por 4 (7 meses de época lluviosa)

b = valor más bajo (Cuadro 45) por 3 (5 meses de época seca)

Elaboración: El Autor

### 2) Producción de leche de una vaca y estimación de producción por año.

Cuadro 47. Producción promedio diaria de leche (l) y estimación de producción por año.

Sistema	1 <sup>er</sup> pastoreo	2 <sup>do</sup> pastoreo	3 <sup>er</sup> pastoreo	4 <sup>to</sup> pastoreo	Promedio diario	Producción por año
SSP con quishuar	20	16,3	16	8,3	15,2	<b>5536</b>
SSP con colle	20,3	16,3	16	8,3	15,3	<b>5566</b>
SSP con yagual	20	15,7	16,3	9	15,3	<b>5566</b>
Pradera natural	9,3	13,7	11	7	10,3	<b>3741</b>

SSP = Sistema silvopastoril.

Elaboración: El Autor

### 3) Características de la vaca utilizada en la evaluación.

Cuadro 48. Características de la vaca utilizada para la evaluación (antes del primer pastoreo). San Juan, Chimborazo 2008.

Vaca	Estado de lactancia	Edad	Nº de partos	Peso (kg)
V1 (Consuelo)	1 mes	7 a 8 años	4	480

Elaboración: El Autor

### 4) Cálculo del consumo de forraje (materia seca).

El cálculo se realizó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo (M.S.)} = 0,025 * W + 0,1 * PL$$

Donde:

0,025 y 0,1 = coeficientes

W = peso del animal

PL = producción de leche

Cuadro 49. Consumo estimado de forraje (kg M.S. ha<sup>-1</sup>).

Sistema	Consumo de vaca	
	Por día	Por año
SSP con quishuar	13,517	4933,583
SSP con colle	13,525	4936,625
SSP con yagual	13,525	4936,625
Pradera natural	13,025	4754,125

SSP = Sistema silvopastoril

Elaboración: El Autor

### 5) Cálculo de carga animal (número de UBAs ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>).

Para este cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$CA = (R * 0,7 \text{ ó } 0,8) / \text{Consumo}$$

Donde:

CA = carga animal

R = rendimiento de pastos por año, de cada tratamiento (Cuadro 46).

0,7 = porcentaje de eficiencia de pastoreo en SSPs (mayor desperdicio)

0,8 = porcentaje de eficiencia de pastoreo en PN (menos desperdicio)

Consumo = consumo de forraje (kg M.S. ha<sup>-1</sup>) (Cuadro 49).

Cuadro 50. Carga animal en sistemas silvopastoriles y pradera natural. San Juan, Chimborazo.

Sistema	Carga animal (UBAs ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )
<b>SSP con quishuar</b>	2,4
<b>SSP con colle</b>	2,8
<b>SSP con yagual</b>	2,5
<b>Pradera natural</b>	1,1

SSP = Sistema silvopastoril

Elaboración: El Autor

## 6) Producción de leche (lt ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) e ingresos brutos.

Cuadro 51. Producción de leche (ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) e ingresos brutos del rubro leche.

Sistema	lt ha <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup>	Lt ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	Ingresos brutos* (USD ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )
<b>SSP con quishuar</b>	36,6	13370,6	<b>3610,1</b>
<b>SSP con colle</b>	42,6	15541,2	<b>4196,1</b>
<b>SSP con yagual</b>	38,7	14124,1	<b>3813,5</b>
<b>Pradera natural</b>	11,3	4138,2	<b>1117,3</b>

SSP = Sistema silvopastoril

\* = Producción de leche ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> por 0,27 USD (precio del lt de leche)

Elaboración: El Autor

**ANEXO 18. Costos de producción.**

Cuadro 52. Costos de producción por hectárea por año en SSPs y PN.

Labor o actividad	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total	Extensión (m <sup>2</sup> )	Costo/ha
<b>SISTEMAS SILVOPASTORILES</b>						
<b>Mano de obra</b>						
Poda	jornal	3,9	6	23,40	6000	39,00
Cortes de igualación	jornal	7,5	6	45,00	6000	75,00
Dispersión de heces	jornal	4,2	6	25,20	6000	42,00
Fertilización	jornal	1	6	6,00	6000	10,20
Manejo de vacas	jornal	91,3	6	547,80	10000	547,80
Control de plagas	jornal	1	6	6,00	6000	10,20
<b>Subtotal</b>						<b>724,20</b>
<b>Insumos</b>						
Combustible	galón	4,2	1,42	5,96	6000	9,94
Aceite dos tiempos	litro	0,82	3,5	2,87	6000	4,78
Insecticida	100 g	2	2,2	4,40	6000	7,33
Alquiler motosierra	día	1	25	25,00	6000	41,67
Alquiler motoguadaña	día	7,5	20	150,00	6000	250,00
<b>Subtotal</b>						<b>313,72</b>
<b>Fertilizantes</b>						
18 46 0	quintal	1,5	51	76,50	6000	127,50
Fertiforraje	quintal	2	27,25	54,50	6000	90,83
Urea	quintal	0,64	32,5	20,80	6000	34,67
Sulpomag	quintal	0,64	22,5	14,40	6000	24,00
Sulfato de amonio	quintal	0,64	23,25	14,88	6000	24,80
<b>Subtotal</b>						<b>301,80</b>
<b>TOTAL</b>						<b>1339,72</b>
<b>PRADERA NATURAL</b>						
Mano de obra	jornal	58,40	6	350,4	10000	<b>350,4</b>

Elaboración: El Autor

**ANEXO 19. Beneficios netos del sistema silvopastoril desde su establecimiento**

Cuadro 53. Ingresos netos en sistema silvopastoril con quishuar, colle y yagual. San Juan, Chimborazo. Período 2002 – 2008

<b>Sistema de uso</b>	<b>Costos de producción</b>	<b>Beneficios brutos</b>	<b>Beneficios netos</b>
	<b>USD ha<sup>-1</sup></b>		
<b>Uso con SSP 1/:</b>			
Avena-vicia	299	511	212
Papa	1517	3590	2073
Haba	354	180	-174
Pastura mixta	597	1900	1303
Subtotal 5 años	2767	6181	<b>3414</b>
Con pradera natural (5 <sup>to</sup> año) 2/:	650	2580	1930
<b>Con pastura (5<sup>to</sup> año) 3/:</b>	2685	5465	<b>2780</b>
Pradera natural sin leñosas (7 <sup>mo</sup> año) 2/:	301,14	1117,33	816,19
<b>Con pastura (7<sup>mo</sup> año) 3/:</b>	1339,72	4097,64	<b>2757,92</b>

1/: SSP en formación, utilizando avena vicia y papa (1er año). En descanso (2<sup>do</sup> año). Papa y haba (3<sup>er</sup> y 4<sup>to</sup> año). Fuente: INIAP 2004. Pastura mixta (5<sup>to</sup> año). Fuente: Gómez 2007.

2/: Compuesto de: holco, grama, diente de león, lengua de vaca.

3/: SSPs Compuestos por la asociación de quishuar, colle y yagual más pasto azul, rye grass inglés, rye grass italiano, trébol blanco.