



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA



**Jorge Grijalva O.
Pedro Llangari B.
Fausto Jara S.
Martsol Cuasapaz T.**

EXPERIMENTACIÓN CAMPESINA Y ALTERNATIVAS SILVOPASTORILES EN ZONAS DE MONTAÑA

**Construyendo caminos hacia el desarrollo sostenible
en los Andes ecuatorianos**

QUITO - ECUADOR - 2004

**EXPERIMENTACIÓN CAMPESINA Y ALTERNATIVAS
SILVOPASTORILES EN ZONAS DE MONTAÑA**

**Construyendo caminos hacia el desarrollo sostenible
en los Andes ecuatorianos**

Jorge Grijalva O.
Pedro Llangari B.
Fausto Jara S.
Marisol Cuasapáz T

En colaboración de:

Abraham Cuasés y Antonio Ati
Venus Arévalo y José Jiménez
Cristina Silva y Gerardo Heredia

Quito, Ecuador

Octubre, 2004

Revisión técnica del texto:

Comité de publicaciones de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP

Diseño y diagramación

Jorge Grijalva

Portada: Editorial TECNIGRAVA

Fotografías

Jorge Grijalva

Primera edición

Boletín Técnico No. 116

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias

Estación Experimental Santa Catalina

Panamericana Sur km 1. Quito, Ecuador

Casilla 17-01-340

Tel.-fax: + 593-2 2 690 692

E-mail: iniap@iniap-ecuador.gov.ec

jgrijalva55@hotmail.com

Webb: www.iniap-ecuador.gov.ec

Programa de Modernización de los Servicios Agropecuarios

<http://www.promsa.com.ec>

email: promsa@promsa.com.ec

Editorial: TECNIGRAVA

Dirección: Pasaje San Luis N12-22 y Santa Prisca

Teléfono: 2 953-786 y 3 400-957

Quito, Ecuador

Esta obra debe citarse así:

Grijalva, J., P. Llangarí, F. Jara y M. Cuasapaz. 2004. Experimentación campesina y alternativas silvopastoriles en zonas de montaña. Construyendo caminos hacia el desarrollo sostenible en los Andes ecuatorianos. Boletín Técnico No. 116. INIAP Quito. Ecuador. pp. 41.

© Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y Programa de Modernización de los Servicios Agropecuarios (PROMSA). 2004

Primera edición: Octubre, 2004

No. Derecho de Autor: 20691

INDICE

PÁG.

Introducción	1
Objetivos	3
Enfoque y proceso metodológico: marco teórico	3
Conformación del equipo.....	3
Enfoque transdisciplinario.....	3
Selección de comunidades y productores.....	4
Lo que se hizo en las comunidades.....	5
Evaluación de sistemas incorporando indicadores de sostenibilidad.....	6
Procedimientos específicos.....	7
Características de la región montañosa en Carchi y Chimborazo	9
La Libertad.....	11
Comunidades Lluclud, El Toldo y UCASAJ.....	12
Experimentación campesina y alternativas de uso de la tierra	14
Evaluación de alternativas silvopastoriles en bosque andino y plantación de pino en zonas de montaña de Chimborazo.....	14
Indicadores de la base del recurso suelo.....	14
<i>Contenido de materia orgánica</i>	14
<i>Variación de la densidad aparente y compactación del suelo</i>	16
<i>Macrofauna en el suelo (conteo de lombrices)</i>	18
Indicadores de la función del sistema: Manejo y eficiencia técnica y socio-económica.....	19
<i>Producción primaria y secundaria de los pastizales</i>	19
<i>El componente leñoso y ahorro de energía para adaptación a zonas altas</i>	21
<i>Valor del aporte de hojarasca del componente leñoso al subsistema suelo</i>	21
<i>Uso de insumos</i>	23
<i>Mano de obra</i>	24
Indicadores del impacto sobre otros sistemas relacionados.....	25
Alternativas pastoriles y formación de un sistema silvopastoril con árboles nativos en San Juan, Chimborazo.....	27
El valor de los cultivos durante el establecimiento del sistema.....	29
Beneficios e impactos comparativos de las alternativas pastoriles.....	29
Comparación socio-económica de los sistemas de uso.....	31
Experimentación de sistemas silvopastoriles con barreras rompevientos utilizando aliso <i>Alnus acuminata</i> y mora <i>Rubus glaucus</i> en praderas y pasturas. La Libertad, Carchi.....	33
Producción primaria y secundaria de pastizales.....	33
Densidad aparente y propiedades químicas del suelo.....	34
Experiencias en la capacitación y difusión de técnicas y prácticas agrosilvopastoriles.....	37
Fortalecimiento de la producción de árboles y semillas de pastos altoandinos.....	37
Desarrollo de un Módulo de Capacitación agro-silvo-pastoril en la Libertad, Carchi.....	40
Conclusiones	43
Lecciones aprendidas del proceso de investigación-desarrollo	44
Limitaciones y oportunidades de la participación institucional y comunitaria	45
Referencias bibliográficas	45
Anexos	51

RECONOCIMIENTOS

Las metas propuestas por el Proyecto INIAP-PROMSA IQ-CV-074 "*Investigación y promoción de alternativas pastoriles y silvopastoriles para el manejo sostenible del piso alto en la Ecorregión Andina*" y la presente publicación, se hicieron realidad gracias a la participación de diferentes individuos, comunidades campesinas e instituciones.

En primer lugar, queremos dejar constancia de nuestro reconocimiento a los campesinos de las comunidades San Pedro de Lluçud, El Toldo y La Organización de Comunidades Campesinas de San Juan UCASAJ en Chimborazo, y a los productores de la parroquia La Libertad en el cantón Espejo de la provincia de Carchi. De igual forma, expresamos nuestra gratitud a todas las instituciones participantes. El Dr. Gustavo Enríquez, entonces Director General del INIAP y el Ing. Luis Rodríguez, Director de la Estación Experimental Santa Catalina, apoyaron esta iniciativa desde etapas primarias. En el Gobierno Provincial del Carchi, la apertura brindada por el Sr. René Yandún, Prefecto Provincial y la división del Medioambiente. El Ing. José Jiménez, profesor de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo y el Ing. Luis Fiallos, ofrecieron su colaboración técnica en la producción de semilla de pastos altoandinos.

A Abraham Cuasés y Antonio Ati, productores progresistas y promotores campesinos quienes acompañaron este proceso en todas las actividades de campo, beneficiándonos con su amplia experiencia en el manejo integral de sus predios y el manejo de viveros forestales. La participación del grupo de referencia: Ing. William Zury, del proyecto FAO en Loja, Ing. Sonia Rosero profesora de la ESPOCH y particularmente la Ing. Venus Arévalo, fue muy valiosa para orientar y ajustar nuestro procedimiento técnico con productores y confrontar la validez de los resultados. De igual manera, agradecemos las sugerencias del comité de revisores del proyecto, conformado por el Ing. Pedro Ramirez de la GTZ e Ing. Raúl Dávalos del PROMSA.

Esta publicación técnica, se ha enriquecido con las ideas recogidas por el investigador principal en dos eventos científicos promovidos por el CATIE y la FAO dentro de la iniciativa LEAD Ganadería-medioambiente: Reunión de consulta de expertos para validar la expansión de pasturas y otros usos de la tierra en América Central y del Sur, y curso internacional sobre Ganadería-Medioambiente: uso de informática y Sistemas de Información Geográfica para el monitoreo de fincas y cuencas ganaderas. De igual forma, de la lectura de valiosas publicaciones sobre alternativas silvopastoriles, expansión de pasturas y deforestación. El borrador de este documento fue leído por el Comité de Publicaciones de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, y se benefició con sus aportes desde diferentes pero complementarios puntos de vista.

Los resultados, siendo aún parciales en este amplio tema de *Investigación/Desarrollo*, no hubiesen sido posibles sin el financiamiento del BID-BIRF canalizado a través del PROMSA. Los autores se responsabilizan por la validez de los resultados y los criterios emitidos, los cuales no representan necesariamente el punto de vista de las personas u organizaciones participantes o mencionadas en esta obra.

Resumen ejecutivo

Este boletín analiza los resultados más relevantes del proyecto IQ-CV-074 "Investigación y promoción de alternativas pastoriles y silvopastoriles para el uso sostenible de la tierra en el piso alto de la Ecorregión Andina", desarrollado en colaboración entre el INIAP, el GPC, la ESPOCH y el apoyo técnico-financiero del PROMSA, para la búsqueda de opciones de uso sostenible de la tierra que contribuyan al alivio de la pobreza y la conservación de los recursos naturales. El objetivo consistió en evaluar como estudios de caso, la sostenibilidad de varias prácticas pastoriles y silvopastoriles bajo bosque andino y otras prácticas utilizando barreras rompevientos en potreros, a través de un conjunto de descriptores e indicadores de sostenibilidad. Metodológicamente, se incorporó un enfoque agroforestal con gestión de recursos naturales, con participación comunitaria e institucional en un marco conceptual de enseñanza-aprendizaje *de productor a productor*. Los resultados muestran algunas ventajas comparativas del sistema silvopastoril con pastura mixta del tipo rye grass *Lolium perenne* y *Lolium multiflorum* y trébol blanco *Trifolium repens* en términos de producción de leche (5 694 l/ha/año) en relación con el sistema pasto avena *Arrhenatherum elatius* en plantación de pino *Pinus radiata* (3 558 l/ha/año) o en *bosque andino* compuesto de: samal *Rapanea dependens*, pujín *Heperomeles heterophylla*, pumamaqui *Oreopanax* sp y quila, tabalbal *Verbesina brachypoda*, colca *Miconia* sp y catzozo (3 321 l/ha/año) así como con una pradera naturalizada degradada compuesta de holco *Holcus lanatus*, grama *Paspalum* sp. y pactilla *Rumex acetocella* (2 919 l/ha/año). Se evidenció un ahorro energético del 22% en el requerimiento de energía metabolizable para mantenimiento (estimado en 10 855 kcal EM/día) para una vaca de 450 kg. de peso; es decir, aproximadamente 2 300 kcal de EM estarían disponibles para aumentar la producción de leche, cuando pastorean praderas en bosque parcialmente deforestado, que se explica por un efecto protector del componente leñoso de los viento y heladas. Desde otra perspectiva, se observó un aporte de 1 110 a 5 921 kg. de materia orgánica por ha por año de la hojarasca de los árboles al subsistema suelo y un efecto amortiguador de la hojarasca al pisoteo del ganado, que parece reflejarse en una baja densidad aparente del suelo en los primeros 10 cm. de profundidad (alrededor de 0.4 a 0.7 g/cc) comparado con un valor sugerido de 1.3 g/cc en suelos ya compactados; y en el otro extremo, la densidad aparente del bosque primario tendiendo a ser siempre menor (0.22-0.42 g/cc). Las barreras naturales aparentemente jugaron un rol importante en el mantenimiento de la humedad y fertilidad de áreas próximas, en relación con las barreras de aliso *Allnus acuminata* y mora *Rubus glaucus*. Sin embargo, este supuesto amerita una mayor evidencia experimental que muestre las bondades de estas prácticas silvopastoriles. Desde una perspectiva socioeconómica, las alternativas silvopastoriles bajo bosque andino utilizaron intensivamente mano de obra familiar en la fase de establecimiento, pero en compensación hicieron menor uso de maquinaria agrícola con arado convencional, lo cual ya refleja un ahorro que equivale a 12-15 horas tractor y a 96-120 US\$/ha. De igual manera, el ahorro de insumos externos varió entre 100 a 300 US\$/ha sobre todo en fertilizantes nitrogenados. Esas características de alta demanda estacionalidad de la mano de obra de las opciones silvopastoriles, pueden interpretarse como limitantes y aplazar la adopción de sistemas silvopastoriles en el corto plazo, así como el compromiso de las comunidades con los propósitos de la conservación. Sin embargo, en una perspectiva más alentadora, una mayor retención de mano de obra familiar para actividades silvopastoriles innovativas, obraría aliviando el fenómeno de éxodo campesino.

1. Introducción

El ámbito político resultado de la "Cumbre de la Tierra" en 1992 y el Protocolo de Kioto en 1997 que promovió la convención de Cambio Climático (Bonn, 2001), han despertado el interés sobre el potencial de los ecosistemas de bosques y plantaciones forestales para proporcionar servicios ambientales, mediante la fijación de carbono, cuya evaluación en términos ecológicos y monetarios podrían estimular iniciativas forestales y agroforestales en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y motivar la búsqueda de metodologías para la valoración de servicios ambientales de los bosques.

Paralelamente, en base del capítulo 13 de la Agenda 21, en 1995 se reunieron en Lima varios países convocados por la FAO, para intercambiar ideas y experiencias sobre desarrollo sostenible de montañas. De esa reunión, surgieron áreas de preocupación comunes como la necesidad de un manejo adecuado de los recursos naturales, la sostenibilidad económica y cultural de las poblaciones, la conservación y uso de la biodiversidad, y las interdependencias con las zonas geográficamente más bajas. Todo esto, representa un conjunto de retos importantes en América Latina (Mujica y Rueda, 1995).

La agricultura es uno de los puntos centrales de preocupación en el quehacer del desarrollo sostenible. De hecho, la discusión de la sociedad en general, sobre el rol de la economía campesina andina y el conflicto con el interés de la sociedad por lograr un uso más racional de los recursos disponibles, se fundamenta en que ese sector tradicionalmente ha sido responsable de producir alimentos, su horizonte de expectativas se relaciona fundamentalmente con la supervivencia, y persiste la destrucción de los recursos naturales. Todas estas variables son costos ambientales que no se consideran en las cifras de desarrollo económico (Estrada, 1995).

A su vez, muchos de los problemas de las zonas de alta montaña se relacionan con las políticas que tienden a concentrar inversiones, ayuda externa y servicios públicos en las áreas urbanas o en cultivos que responden bien a una agricultura intensiva bajo riego. Sin embargo, esas políticas han provocado fuertes migraciones del campo a las ciudades, flujos sociales hacia la Amazonía por ejemplo, y aún a otros países desarrollados en busca de trabajo y mejoras de calidad de vida. Los flujos migratorios hacia la Amazonía, se traducen en un incremento de la "tala y quema" y aceleran procesos de degradación del bosque (Grijalva *et al.*, 2004a). Así por ejemplo, en el Ecuador, el impacto temporal producido por los diferentes usos del territorio y del suelo, incluye modificaciones en la distribución de la tasa leñosa y aumentos en la tasa herbácea, probablemente a través de la tala, quema e introducción de ganado (Stern, 1995; Wunder, 2000; Grijalva *et al.*, 2004a).

Diagnósticos realizados en zonas altoandinas de la provincia del Carchi y Chimborazo (Grijalva *et al.*, 1998; Barrera *et al.*, 1999) muestran que la población campesina que habita esos sitios, cultiva cereales y papas para autoconsumo y en mínima escala cebolla, zanahoria y ajo para venta, los cuales favorecen la expansión agrícola. En adición, se evidencia un proceso de aumento de la ganadería cuyas prácticas tradicionales afectan la vegetación natural con riesgo de deterioro de los recursos naturales. Esas prácticas finalmente conducen a una ineficiencia productiva y al incremento de la pobreza rural (DDA-Suiza, Intercooperation y UICN, 1993; Proyecto Lechero ILRI-INIAP-CIP/CONDESAN, 1999; Gobierno Provincial del Carchi, 2000).

Frente a esa complejidad, la agroforestería ha sido reconocida como un enfoque promisorio para resolver problemas del uso de la tierra, particularmente las opciones silvopastoriles que pueden generar bienes mediante la producción de leche/carne del pasto, leña de los árboles y arbustos, y servicios como la protección del suelo y mejoramiento de la fertilidad (Ramos, 1999), cobijo y sombra a los animales con ahorro energético (Grijalva *et al.*, 2004b), e incluso generar excedentes por la venta de plántulas de árboles, entre otros beneficios. No obstante, la carencia de metodologías apropiadas para la evaluación de varios tipos de sistemas agroforestales campesinos y otros mejorados, han impedido apreciar sus reales méritos. Los atributos básicos o metas de todos los Sistemas Agroforestales son la productividad, sostenibilidad y adaptabilidad. Entonces, la evaluación de los sistemas agrícolas debería estar basada en esos criterios (Nair, 1994).

Experiencias previas institucionales con productores y comunidades campesinas de zonas andinas del Ecuador, muestran una amplitud de respuestas bio-económicas en varias disciplinas tales como: la evaluación y selección de especies de pastos altoandinos (Proyecto P.BID-016, ESPOCH/FUNDACYT), adaptación y evaluación de especies forestales nativas en zonas altas (SESA, 1992; Ocaña, 1994), alternativas en sistemas mixtos cultivos-ganadería (Alianza INIAP/PROMSA/CIP, 2000-2003), alternativas para pasturas y producción de leche en economías campesinas (Proyecto ILRI-INIAP-CIP, 1998-2000), evaluación de varios arreglos agroforestales (INIAP, 1994). Varios de los resultados de aquellas iniciativas sirvieron como idea para plantear este proyecto (INIAP/PROMSA/ESPOCH/GPC, 2001-2004) y difundir esas experiencias con participación de las comunidades campesinas.

2. Objetivos

El propósito de la presente publicación fue sistematizar y difundir las experiencias con la participación campesina en la investigación-desarrollo de sistemas alternativos para la gestión de los recursos naturales, en el ámbito de las alianzas institucionales, basadas en un enfoque transdisciplinario. Los objetivos específicos fueron: a) Evaluar en base a un conjunto de descriptores de sostenibilidad, el efecto de las asociaciones de especies de árboles nativos y/o exóticos con varias especies de gramíneas forrajeras nativas altoandinas priorizadas por la ESPOCH, sobre la producción primaria (calidad y cantidad de biomasa de pasto y árboles) y la producción secundaria (leche/carne) de bovinos bajo pastoreo, y b) Comunicar y capacitar con orientación de género, los resultados a diferentes actores.

3. Enfoque y proceso metodológico: marco teórico

Conformación del equipo

La alianza institucional fue relevante en la intención de capitalizar las fortalezas de cada organismo para cumplir con los propósitos del proyecto. Se realizó un primer acercamiento con técnicos de varias disciplinas representantes de las instituciones asociadas al proyecto y varios miembros del Grupo de Referencia. En esa reunión se abordaron aspectos metodológicos para seleccionar sitios y comunidades y productores participantes. También, fue la ocasión para discutir la validez de incorporar un conjunto de indicadores y descriptores de sostenibilidad, propuestos por la Ing. Venus Arévalo, miembro del Grupo de Referencia. Posteriores reuniones de ese grupo con participación de promotores campesinos, permitieron definir un plan y cronograma de actividades tecnológicas y de capacitación, con mayor detalle.

Enfoque transdisciplinario

El enfoque del proyecto se basó en la búsqueda de alianzas institucionales a fin de alcanzar la sostenibilidad de las múltiples intervenciones. Así, la ESPOCH basó su aporte en la producción de semilla y generación de tecnología para el manejo de pastos altoandinos recolectados en el ecosistema páramo y sub-páramo húmedo del país. Esta institución mantiene convenios de cooperación con comunidades campesinas y otros actores con los cuales prueba sus materiales forrajeros promisorios. Por su parte, el GPC a través de la Unidad de Medioambiente, ha ido progresivamente construyendo senderos para la producción en gran escala y la difusión de especies leñosas arbustivas y arbóreas nativas y exóticas, así como la capacitación campesina en el manejo forestal dentro de los predios. Para ello, de

igual manera, mantiene convenios con grupos de productores a quienes provee las semillas o las plántulas de múltiples especies.

Finalmente, los actores principales de esta iniciativa fueron los propios campesinos de las comunidades, indígenas en su mayoría, que aportaron con su conocimiento tradicional a la investigación científica orientada al diseño y evaluación de alternativas, mejor adaptadas a las condiciones ecológicas y socioeconómicas de sus localidades.

“Creemos muy necesario conservar los páramos, pues de ahí proviene el agua para el ganado, nuestra casa y para la agricultura y el pueblo. También es cierto que necesitamos producir para vivir y dar de comer a nuestros hijos, entonces de algún modo debemos aprovechar las tierras sin destruir. Por eso, estoy optimista de dejar y analizar los árboles nativos en los potreros y los arbustos de los linderos, las acequias y quebradas y de poner nuevos árboles en toda mi propiedad, ellos darán sombra al ganado y protegerán los cultivos y las vacas del viento frío del páramo. Hasta ahora tengo plantado 300 árboles de quishuar, yagual y pino que nos proporcionó el Gobierno Provincial del Carchi y el proyecto silvopastoril...” Testimonio del Sr. Abraham Cuasés, en el día de campo realizado en su predio, localizado en la parroquia La Libertad de la provincia del Carchi.

En otros términos, la idea fue utilizar un enfoque *transdisciplinario* para cuyo efecto fue preciso impulsar un proceso de diálogo y capacitación con promotores campesinos en base de los principios de la metodología de *campesino a campesino*, estrategia exitosa en procesos de adopción, transferencia de tecnología y manejo de recursos naturales en México y Centroamérica, especialmente. En el país, con éste enfoque existen experiencias desarrolladas por el Proyecto Desarrollo Forestal Campesino en los Andes del Ecuador DFC, Fondo Ecuatoriano Populorum Progressio FEPP, Federación Unitaria Provincial de Organizaciones Campesinas y Populares del Sur FUPOPCS con la Universidad Popular de Loja. La clave del éxito es la comunicación e intercambio horizontal *“entre iguales”*, lo cual propicia una confianza mutua y produce un efecto multiplicador.

Selección de comunidades y productores

La identificación y selección de comunidades y productores se basó en los siguientes criterios:

- Predios campesinos con limitados recursos económicos, orientados al mercado con su producción agrícola y pecuaria en pequeña escala, ubicados en sitios altos

de la Ecorregión Andina, con posesión de tierra comunal o individual en áreas de sub-páramo y páramo húmedo, en altitudes comprendidas entre los 3 100 y 3 400 msnm.

- Posesión de áreas con uso en pasturas y praderas naturales para desarrollo de la ganadería, como principal forma de uso de la tierra. Posesión de áreas boscosas andinas sin uso agrícola.
- Aptitud de los productores y comunidades para participar en un programa de investigación/desarrollo en alternativas con incorporación de especies leñosas en praderas y la aplicación de prácticas silvopastoriles.
- Presencia institucional con experiencia previa en investigación, educación y desarrollo

En función de esos criterios se seleccionaron las siguientes comunidades: Granja de la Organización UCASAJ y el Toldo, cantón Riobamba y la Asociación San Pedro de Llucud, cantón Chambo en la provincia de Chimborazo. Productores de la parroquia La Libertad, cantón Espejo en la provincia del Carchi, cuyas características se describen más adelante.

Lo que se hizo en las comunidades

Ya en las comunidades seleccionadas, con los promotores y otros productores se diseñaron y establecieron parcelas permanentes de *Investigación-Demostración* para generar información de largo plazo. Esas parcelas proveyeron información visual de impacto y fueron útiles para los eventos de capacitación. Algunas alternativas que se investigaron se relacionan con sistemas silvopastoriles bajo un bosque andino y plantación de pino, sistemas pastoriles con praderas naturalizadas y pasturas mixtas. El bosque andino se utilizó como referencia para la evaluación y análisis de los sistemas de uso agrícola.

Se realizó un diagnóstico de línea base utilizando la metodología de *Diagnóstico Rural Rápido Participativo* DRRP (Chambers, 1992; Mc-Cracken, 1992) y "*entrevistas interactivas*" (Proyecto IAI, 2000-2003) en las comunidades participantes del proyecto, a fin de conocer la forma tradicional de manejar e incorporar especies leñosas en sus predios, así como el manejo de otros recursos como el agua y suelo.

La producción de semilla de especies de pastos altoandinos recolectados en los páramos del Ecuador por la ESPOCH, fue imperativo para proveer de semilla y evaluar su adaptación al nivel de predios campesinos en asociación con leguminosas y especies leñosas. Para el efecto, se instalaron en la Granja Tunshi de la ESPOCH, varias parcelas de multiplicación de semilla de pasto avena *Arrhenatherum elatius*, pasto pajilla *Stipa plumeris* y pasto poa *Poa palustris*. Por otra parte, fue de interés de la

comunidad UCASAJ en Chimborazo fortalecer su vivero forestal, así como también otros viveros de pequeña escala que decidieron instalar dos productores en la parroquia la Libertad en Carchi.

La capacitación fue esencial para promover el uso de alternativas silvopastoriles. Para el efecto, con la participación de las instituciones de la alianza estratégica y los productores, se realizaron múltiples actividades participativas, incluyendo los diagnósticos de línea base, reuniones grupales para compartir experiencias, visitas sistemáticas a diferentes predios de vecinos para observar experiencias propias en el manejo de árboles en potreros y cercos vivos, uso de áreas boscosas y uso de barreras rompevientos y conservación de quebradas. Los días de campo sirvieron para demostrar resultados a varios actores, incluyendo hacedores de políticas, gobiernos locales y regionales, técnicos de extensión rural y estudiantes de universidades agrícolas y recursos naturales. Adicionalmente, se ejecutaron talleres prácticos sobre instalación de viveros forestales, manejo de especies leñosas nativas y alternativas pastoriles con pastos altoandinos y pasturas mixtas.

Evaluación de sistemas incorporando indicadores de sostenibilidad

En orden a ser capaces de describir claramente los atributos que contribuyen a la sostenibilidad de los sistemas o alternativas silvopastoriles en estudio, fue esencial identificar indicadores fáciles de medir y ser reproducibles a través del tiempo y entre sistemas de uso. Sabiendo que un indicador proporciona las características de un descriptor seleccionado, solamente así es posible formular hipótesis y evaluar si un sistema de uso en particular tiene o no un efecto positivo sobre el descriptor (Torquebiau, 1992). En tal sentido, el indicador es una medida del efecto del sistema de uso sobre el descriptor. Basado en ese marco teórico, un primer conjunto de indicadores y descriptores se relacionó con la **base de recursos**, donde el suelo es un descriptor. Si el suelo es sostenible, la fertilidad es positivamente afectada y los indicadores son: el contenido de materia orgánica, la humedad, densidad aparente y compactación.

Un segundo conjunto de indicadores conciernen a la **función del sistema**, que muestra cómo y porqué el manejo y eficiencia del sistema o alternativa es compatible con los requerimientos de sostenibilidad. Dentro del manejo técnico, un descriptor fue "la relación entre insumos endógenos/exógenos". Si la alternativa de uso es sostenible, habrá una relación favorable para los insumos endógenos. "La mano de obra" principalmente, dentro del manejo socio-económico. En cuanto a eficiencia técnica, se utilizó el descriptor "productos biofísicos", cuyos indicadores más relevantes fueron: biomasa de pastos y hojarasca de árboles y la producción de leche.

Finalmente, en eficiencia socio-económica se utilizó el descriptor "productos socio-económicos" cuyos indicadores fueron: valor de la producción por hectárea, mes y año, e ingresos netos y beneficios sociales de las alternativas silvopastoriles y pastoriles.

Un tercer conjunto de indicadores apuntan al **impacto sobre otros sistemas**, los cuales pueden ser influenciados por los sistemas de uso en estudio. Esto es porque la sostenibilidad es tomada en un contexto jerárquico; es decir, un sistema sostenible no puede existir sin otros factores externos que también conforman esos requerimientos de sostenibilidad. En consecuencia, un sistema de uso sostenible influye positivamente sobre otro sistema con el cual está relacionado. Un ejemplo de esto constituye el indicador "cantidad de leña recolectada en el bosque andino" comparado con la leña del bosque bajo el cual crecen los pastos.

Algunas alternativas principalmente bajo bosque andino, se evaluaron como **estudios de caso**, aprovechando la existencia de bosques de propiedad de las comunidades participantes en el proyecto. Se evaluaron aspectos cualitativos derivados de la percepción de los productores/as en torno a los beneficios directos e indirectos, así como la presencia de plagas, enfermedades y malezas.

Estadísticamente, la prueba de hipótesis implicó el planteamiento de experimentos los cuales fueron diseñados en relación con factores que inciden sobre la producción primaria y secundaria. Para el efecto, se consideró básicamente el diseño de Bloques Completos al Azar. Los experimentos se analizaron en una primera etapa de manera separada en cada localidad. Económicamente, se estimó la relación costos/beneficios de las alternativas.

Procedimientos específicos

En las localidades El Toldo y Lluçud se utilizaron como *estudios de caso*, dos sistemas silvopastoriles conformados en parcelas de 800 m² con bosque andino parcialmente aprovechado o raleado, en las que se sembró pasto avena *Arrhenatherum elatius* (Fotografía 1). Un área similar de bosque andino primario sirvió como referente para el análisis comparativo. Adicionalmente, se evaluaron dos sistemas pastoriles, el primero utilizando una pradera natural en degradación compuesta básicamente por holco *Holcus lanatus* y grama *Paspalum sp.* y una pastura mixta de cuatro años de establecimiento compuesta por rye grass perenne *Lolium perenne*, rye grass bianual *Lolium multiflorum*, pasto azul *Dactylis glomerata* y trébol blanco *Trifolium repens*. Todas las parcelas exceptuando el bosque, fueron sometidas a pastoreo rotativo de vacas mestizas Holstein Friesian en producción de leche.



Fotografía 1. Pasto avena en bosque andino parcialmente aprovechado. Localidad Lluclud, provincia de Chimborazo. 2002.

Las parcelas de bosque andino deliberadamente raleadas en ambas localidades eran diferentes en su composición leñosa, tal es así que, en el Toldo, las especies más frecuentes fueron: samal *Rapanea dependens* (36%), pujín *Heperomeles heterophyla* (43%) y quila (21%), cuya densidad se estimó en 280 árboles/ha, 0.47 m. de diámetro a la altura del pecho (DAP) y 7.5 m. de altura promedio. Por su parte, en Lluclud el bosque andino tenía una densidad de 460 árboles compuestos de las siguientes especies: tabalbal *Verbesina brachypoda* (24%), coica *Miconia sp* (11%) y catzozo (65%), 0.4 m. de DAP y 8 m. de altura promedio. Los bosques andinos primarios estaban constituidos por estas mismas especies, más una diversidad de otras especies arbustivas y herbáceas (ver Anexo 1).

En el Toldo se llevó a cabo otro experimento para evaluar el efecto de la sombra provocada por los árboles de una plantación de pino *Pinus radiata* de 9 años de edad, con una densidad de 400 árboles, 9 m. de altura promedio y 16 cm. de diámetro a la altura del pecho (DAP) sobre la adaptación y el crecimiento de pasto avena. Para el efecto, se instalaron parcelas de 160 m² con 3 repeticiones, las cuales fueron pastoreadas con ganado vacuno durante un año. Finalmente, en la organización UCASAJ, se evaluó durante dos años el crecimiento y los beneficios derivados de un sistema silvopastoril en pleno proceso de formación con tres especies leñosas nativas: yagual *Polylepis racemosa*, quishuar *Buddleja incana* y colle *Buddleja coriacea*, en un arreglo de árboles dispersos en un lote en descanso de 0.65 has, con una densidad de 400 árboles/ha. Este sistema se comparó con los beneficios relativos de dos sistemas pastoriles ya establecidos anteriormente: pastura mixta y pradera natural.



En el Carchi, se evaluaron en tres predios dos barreras rompevientos: a) aliso *Allnus acuminata* y mora *Rubus glaucus* y b) barrera natural compuestas de una comunidad vegetal de varias especies: romerillo *Podocarpus sp.*, lechero *Euphorbia laurifolia*, pumamaqui *Oreopanax sp.*, chilca *Baccharis sp.* (Fotografía 2). Se utilizaron praderas naturales de holco *Holcus lanatus*, trébol blanco *Trifolium sp.* y pactilla *Rumex acetocella* y pasturas mixtas compuestas de rye grass anual, rye grass perenne, pasto azul y trébol blanco. Adicionalmente, se impulsó el establecimiento de un módulo silvopastoril demostrativo en la Libertad, donde se evalúa su desempeño técnico y socioeconómico en base de un conjunto de decisiones del productor en los componentes: cultivos, animales, árboles y/o arbustos, uso del agua, del suelo y gestión territorial del predio, utilizando los indicadores de sostenibilidad propuestos.



Fotografía 2. Barrera natural con pasto mejorado. Parroquia La Libertad, provincia del Carchi. 2002.

4. Características de la región montañosa en Carchi y Chimborazo

Las características que se describen en el Cuadro 1 y 2, muestran condiciones biofísicas similares entre los sitios donde se desarrolló el trabajo, reconociendo evidentemente ciertas particularidades como por ejemplo la temperatura mínima y máxima y la distribución anual de la precipitación. Los suelos sin embargo, muestran características distintas, sobre todo en el pH y Al^{+H} , generalmente más ácidos en el Carchi, pues como parte de la Sierra norte, son generalmente más húmedas con suelos de origen volcánico y mayor tenor de materia orgánica. Casi todos los suelos son pobres en Zn y B, los niveles de P son medios en Chimborazo y muy altos en Carchi, debido probablemente a que en esta zona continuamente se fertiliza el cultivo de

papa. El bajo pH, alto Al+H y la baja capacidad de intercambio catiónico en suelos del Carchi, probablemente interfieren con la bio disponibilidad de otros nutrientes. El suelo en el Toldo acusa un bajo nivel de P, asociado a las condiciones de ladera que caracteriza a esta zona.

Cuadro 1. Características biofísicas de los sitios donde se ubican las comunidades.

Comunidad	Zona ecológica bhM, bmhM	Temperatura promedio, °C	Precipitación mm/año	Altitud msnm
La Libertad	bhM, bmhM	11.8	951	3 200-3 475
UCASAJ	BhM	10.0	750	3 300
Llucud	BmhM	10.0	750	3 100-3 400
Guntij-El Toldo	bhM-bhMB	10.0	1 000	3 100-3 460

Fuente: Cañadas, 1983.

bmhM: bosque muy húmedo Montano. bhM: bosque húmedo Montano. bhMB: bosque húmedo Montano Bajo.

Cuadro 2. Perfil químico de los suelos en las áreas de acción del proyecto.

Variable	Carchi	Chimborazo		
		El Toldo	Llucud	San Juan
pH	4.8	5.7	5.8	5.8
NH ₄ , ppm	106.2	113.2	121.0	120.3
P, ppm	52.1	18.0	6.25	16.0
S, ppm	11.9	14.8	7.6	16.0
K, meq%	0.5	0.5	0.8	0.5
Ca, meq%	4.2	12.1	11.0	11.3
Mg, meq%	0.6	3.4	3.0	3.3
Zn, ppm	3.8	7.5	4.0	3.6
Cu, ppm	4.6	4.0	5.8	4.3
Fe, ppm	489.8	178.5	221.5	241.5
Mn, ppm	21.9	11.6	3.2	3.7
B, ppm	0.2	0.6	0.6	0.5
Al+H, meq%	4.3	1.4	0.3	0.4
MO, %	17.8	14.8	15.0	12.4
C/N	11.3	7.9	7.4	9.7

Fuente: INIAP, 2003.

Resultados son el promedio de dos muestreos anuales en cada localidad.

Profundidad de muestreo: 10-15 cm.

La Libertad

La Libertad es una comuna jurídica de la parroquia la Libertad del cantón Espejo, creada en 1930 y conformada por 400 familias de identidad mestiza (Recharte y Gearheard, 2001). El territorio de la actual comuna fue parte de una hacienda otorgada a las comunidades locales en 1647, quedando la hacienda en los terrenos bajos y la comuna en los sitios altos sobre 3 200 m.

La mayoría de jefes de hogar se dedican principalmente a la agricultura, en tanto que las esposas a los quehaceres domésticos como el acarreo de leña y agua, así como al cuidado de animales y huertos caseros. Los hijos estudian, pero ayudan en labores agrícolas. Los adultos en su mayoría han cursado el nivel primario y los jóvenes van a la escuela y colegio; sin embargo, dan prioridad a lo negocios de ganado, venta de carbón, compra y venta de víveres, elaboración de tejidos o al cultivo de papa. La creación de extensiones de varias universidades, estimula en alguna medida la educación superior. La mayoría de los productores poseen su vivienda propia con servicio de agua entubada, energía eléctrica y escaso acceso al servicio de teléfono. Acceden con limitación a la eliminación de basuras mediante el carro recolector municipal (Grijalva *et al.*, 2002a).

La tenencia de la tierra más frecuente es bajo propiedad con título, con un promedio de 8.5 ha. El páramo que ocupa un 7.5% de la superficie parroquial, es utilizado por la población de una manera marginal para la caza, pesca, recolección de leña y paja de páramo. Las zonas bajas de los páramos son ecológicamente más aptas para una agricultura de granos y papa, razón por lo cual se observa una agricultura típicamente familiar en rotación con pastos, los cuales cubren actualmente un 64% de la superficie, predominando las praderas naturales conforme se asciende. Pocos relictos de bosque andino suman el 2% de la superficie. La papa es hoy en día el principal cultivo, y las pasturas introducidas y praderas naturales constituyen la principal forma de uso de la tierra. En el cultivo de papa incorporan abonos químicos en base de nitrógeno y fósforo, utilizando principalmente urea y fosfato di-amónico (Grijalva *et al.*, 2002). La principal fuente de ingresos proviene de la venta de leche y la papa y eventualmente la venta de animales menores. El ingreso neto agrícola por finca de 8.5 ha. fluctúa entre 1 750 y 3 010 US\$/año (Barrera *et al.*, 2003).

Una breve descripción de ejemplos de sistemas agroforestales tradicionales en la parroquia la Libertad muestra la existencia de lo que puede denominarse **huertos caseros**, donde se desarrollan varios cultivos en pequeña escala alrededor de la casa que sirven para consumo familiar, incluyendo especies aromáticas y medicinales y en cierta medida algunos árboles y arbustos de uso múltiple que utilizan por razones paisajísticas, como cortinas rompevientos, sombra y para división del espacio de vivienda con el campo. La crianza de animales de granja como los chanchos, gallinas y cuyes también es frecuente en el sistema de huerta. Por otra parte, en los pocos espacios de vegetación nativa circundantes a sus predios, se encuentran el lechero *Euphorbia laurifolia*, pino, chilca, aliso y el árbol rosa, además del ciprés, encino, escoba, juan, pumamaquí, eucalipto y tupial. Estas especies usan para leña, la construcción y postes para cercas. La principal especie de donde extraen la leña es la puliza, la cual se caracteriza por ser una madera de alto poder calorífico.



Generalmente recogen una o dos cargas de leña de los remanentes de vegetación natural, actividad que se realiza cada tres o cuatro semanas. No existe tradición de manejar árboles en las áreas de cultivos o praderas, pero a las divisiones de potreros y linderos normalmente incorporan las barreras naturales (Grijalva *et al.*, 2002a). El pastoreo en zonas boscosas cerca de las quebradas y caminos vecinales es frecuente, inclusive el páramo es considerado por los usuarios como área de pastoreo, reconociendo la importancia del páramo como fuente de agua y abono para la zona agrícola más abajo. Aunque tradicionalmente los usuarios han practicado la quema del páramo por razones culturales y de manejo (Recharte y Gearheard, 2001), esta práctica poco a poco va desapareciendo, de modo que el uso del páramo es menos intensivo que en las zonas bajas y el estado de conservación de los páramos de la Libertad aparentemente es bueno, en comparación con los páramos centrales. Más aún, este páramo está actualmente protegido por la Reserva Ecológica el Angel.

Comunidades Llucud, El Toldo y UCASAJ

De acuerdo con datos registrados en un diagnóstico participativo (Grijalva *et al.*, 2002b) la comunidad San Pedro de Llucud está constituida por una población de 625 habitantes. La comunidad El Toldo tiene una población de 179 habitantes y la organización UCASAJ está constituida por 17 comunidades campesinas con una población de 4 871 habitantes. La mayor parte de las familias tienen educación primaria, los padres trabajan en el sector agrícola y pecuario y también emigran a ciudades como Guayaquil, Quito, Ambato, Santo Domingo y Cuenca, donde se desempeñan como albañiles y choferes, y las mujeres se dedican a los quehaceres domésticos, crianza de animales menores y comercio. La gran parte de productores tienen tierras propias con título de propiedad. Muy pocos agricultores usan tierras prestadas y/o al partir. Los productores poseen su vivienda propia, pero no cuenta con servicio de alcantarillado, el acceso se realiza por vías carrozables de segundo y tercer orden; generalmente, poseen casa comunal, capilla católica, templo evangélico, canchas deportivas, luz eléctrica, escuela, centro de salud, agua entubada para consumo humano, letrización y centros de acopio, para los productos agrícolas.

La superficie que poseen en promedio es de 3.5 ha. que lo dedican al cultivo de la papa, el maíz y pastos naturales y mejorados. Además, poseen huertos con cultivos como el ajo, zanahoria, brócoli, avena, vicia, trigo, arveja, cebada, quinua y haba. Poseen tenencia común de monte y páramo que lo dedican al pastoreo de vacunos criollos y ovejas, principalmente. Las actividades agrícolas están bajo la responsabilidad del jefe de hogar y los hijos varones. Las mujeres también trabajan en la agricultura y se dedican al tejido de sacos. Los niños se encargan de recoger hierba para los cuyes y alimentar a las gallinas, después de haber cumplido con sus tareas escolares; los más jóvenes, acompañan a sus padres a ordeñar las vacas y cambiar el ganado de un potrero a otro. La producción de papa se destina al autoconsumo, semilla y a la venta. Las principales fuentes de ingresos son: la venta de leche, papa, animales menores, artesanías, y ocupación fuera de sus predios. La producción agrícola y pecuaria se vende en los mercados de San Alfonso o en La Condamine de Riobamba. Al por menor, venden en los mercados Santa Rosa, San Francisco y Plaza Dávalos. La producción de leche se vende a las queseras artesanales individuales de la zona, también entregan a los

intermediarios que lo destinan al consumidor en la ciudad o para las industrias pasteurizadoras.

Las especies más frecuentes que componen los pastizales naturales son: kikuyo *Pennisetum clandestinum*, grama, holco y pactilla. Los pastizales mejorados utilizados, se basan principalmente en gramíneas como rye grass anual, rye grass perenne y pasto azul, y leguminosas como el trébol blanco. Para la siembra de las pasturas, aprovechan la puebla de papas para aprovechar el fertilizante residual de este cultivo. Es poco común el uso de fertilizantes. Los productores que fertilizan utilizan principalmente urea, 18-46-00 y abono orgánico. El sistema de pastoreo más común es "al sogueo" La producción de leche alcanza a 5.7 l/vaca/día. La población bovina de la zona mayormente está conformada por ejemplares mestizos tipo Holstein baja y mediana cruza, criollo, Brown swiss y Jersey.

El recurso forestal en las comunidades está constituido por vegetación natural (bosque andino) compuesto de árboles nativos como el samal, pujín, quishuar, colca, jiguerón *Aegiphilla ferruginea*, que son fuente de madera, carbón y leña para la venta, para la construcción de viviendas, postes para cercas y aperos de labranza. También se encuentra matorral andino formado por la chilca *Baccharia floribunda*, el sigse *Arunolo nitida*, marco *Franseira artemisioides*, guanto *Datura sanguinea* y el algarrobo *Mimosa quitensis*, especies que los utilizan para divisiones de parcelas, linderos, alimentación de especies menores y para medicina natural. En las dos comunidades existen pequeñas plantaciones de especies exóticas como el pino *Pinus radiata* y el eucalipto *Eucalyptus globulus*. La organización UCASAJ cuenta con un vivero forestal en el que producen plantas nativas leñosas como el quishuar, yagual y colle.

La forestación con especies nativas o exóticas en las comunidades es incipiente. Las especies exóticas están en plantaciones masivas, en linderos y dentro de cultivos; mientras que las especies nativas utilizan como linderos y dentro de los cultivos. La población utiliza el gas como combustible, la leña, que obtienen de la vegetación nativa utilizan para cocinar, calentarse y para hacer y vender carbón. Dos a tres veces por mes cogen leña del bosque y las quebradas, sumando alrededor de cuatro cargas que pesan de 10 a 15 kg., según el estado de humedad de la leña.

Las especies animales silvestres prácticamente están en proceso de extinción, pues la deforestación y la caza han ocasionado perjuicios alterando el equilibrio natural. Pocas áreas se encuentran cubiertas con matorrales, pajonales, bosque nativo y menos aún con bosques plantados. La mayor parte del área deforestada se utiliza para el establecimiento de pastos y cultivos. La población ha observado cambios, debido al reemplazo de la vegetación natural, sobre todo la disminución de agua, erosión del suelo y disminución de la biodiversidad. Además, la fauna silvestre es cada vez más distante, incluso mencionan que ya no se observa ningún animal.

El agua utilizada para el riego de sus cultivos la obtienen de las lluvias, de los turnos del canal de riego, y el agua de las acequias de cada propiedad. Es evidente que el agua es insuficiente debido a que el caudal ha ido disminuyendo paulatinamente, tampoco es común la plantación de vegetación para la protección de vertientes y cursos de agua (Grijalva *et al.*, 2002b).

5. Experimentación campesina y alternativas de uso de la tierra

5.1. Evaluación de alternativas silvopastoriles en bosque andino y plantación de pino en zonas de montaña de Chimborazo

Indicadores de la base del recurso suelo

Contenido de materia orgánica

El contenido de materia orgánica del suelo es un indicador clave de la calidad del suelo, tanto en sus funciones agrícolas, como en sus funciones ambientales. También, es el principal determinante de la actividad biológica ya que la cantidad, la diversidad y la actividad de la fauna del suelo y de los microorganismos están directamente relacionadas con la materia orgánica (FAO, 2000). Tomando como referencia los valores relativos en bosque andino (BA), los cuales de hecho son altos (Cuadro 3), se observa una ligera disminución de la materia orgánica cuando se decide por cambios hacia sistemas silvopastoriles en bosque secundario (SSP1 y SSP3), lo cual se explica, fundamentalmente, por un efecto positivo de la biomasa leñosa derivada del uso anterior con bosque primario, y en alguna medida por la interacción del efecto animal a través de la incorporación de heces y orina, para mantener la fertilidad del suelo.

El cambio de uso hacia una plantación de pino (PP), provoca una disminución de la materia orgánica a niveles intermedios, debido probablemente a que la biomasa que crece dentro del dosel de pino, tal como se demostrará más adelante, progresivamente va disminuyendo conforme aumenta el crecimiento del pino, hasta un punto en que bajo el dosel de la plantación no se observa el crecimiento de otras especies, sino solamente una deposición de restos de pino, especialmente ascúculas y conos, materiales que son altamente refractarios a la descomposición microbiana. Al respecto, Chacón *et al.* (2003) y Écopar (1997) afirman que conforme crece el pino, aumenta la biomasa de ascúculas que secan el ambiente, razón por la cual su descomposición es lenta, y no es compensada por la entrada de nueva materia orgánica, debido a la alta cantidad de lignina y fenoles presentes en las ascúculas que limitan la germinación y crecimiento de otras especies, además del efecto de sombra del dosel denso, en este caso de 400 árboles/ha.

Cuadro 3. Indicadores de sostenibilidad para el Recurso Suelo, provenientes de diferentes alternativas de uso de la tierra en zonas de montaña. Llucud y el Toldo, Chimborazo.

Uso de la tierra	NH ₄ , meq%		P, ppm		K, meq%		Materia orgánica, %		pH		Densidad aparente, g/cc		Compactación, kgf/cm ²		Humedad aparente, %	
	AP	CP	AP	CP	AP	CP	AP	CP	AP	CP	AP	CP	AP	CP	AP	CP
Localidad: Guntill																
BA	145	152	23.4	27.1	0.5	0.4	15.6	15.1	5.6	5.8	0.42	0.37	15	18	145	161
PP	128	109	9.1	9.9	0.7	0.6	11.2	10.3	5.8	6.0	0.61	0.52	17	13	55	51
SSP1	152	93.9	19.0	17.5	0.4	0.5	14.1	15.2	5.6	5.7	0.53	0.71	14	32	92	87
SSP2	156	125	11.3	11.0	0.6	0.4	13.5	12.8	5.7	5.9	0.81	0.83	10	52	49	44
SSP3	122	115	10.9	11.7	1.1	1.0	14.6	15.4	5.6	5.6	0.48	0.62	12	32	123	101
SP1	117	101	7.9	8.3	0.7	0.9	7.9	6.8	5.5	5.7	0.38	0.65	19	35	95	104
Localidad: Llucud																
BA	162	158	5.3	6.1	0.5	0.7	15.9	15.3	5.6	5.7	0.25	0.20	25	20	87	238
SSP1	135	107	5.0	7.5	1.1	0.7	14.6	15.4	5.7	5.9	0.44	0.56	29	35	131	126
SP1	121	115	4.7	6.1	1.4	0.9	10.1	9.4	5.6	5.4	0.29	0.67	17	52	99	107
SP2	140	131	4.3	4.8	1.2	1.0	13.0	12.8	5.7	5.6	0.32	0.58	15	66	117	111

Fuente: INIAP, 2003.

BA: bosque andino primario sin uso agrícola. PP: Plantación de pino. SSP1: pasto avena en bosque andino secundario. SSP2: pasto avena en plantación de pino.

SSP3: pastura mixta en bosque andino secundario. SP1: pradera natural degradada. SP2: pastura mixta. AP: Antes del pastoreo. CP: con pastoreo, excepto los usos BA y PP

Frecuencia y profundidad de muestreo: dos veces por año y en el perfil de 0-10 y 10-20 cm.

Período de pastoreo: dos años en el caso de pasto avena.

Pradera degradada: por lo menos 15 años de edad, en pastoreo continuo, sin ninguna práctica de abonamiento.

Pasturas mixtas: En el Toldo 2 años y en Llucud 4 años. Ambas en pastoreo rotacional, fertilizadas con N, P, K, Mg y S.

Plantación de pino: 9 años de edad y una densidad del rodal de 400 árboles/ha, 9 m de altura promedio y 16 cm. de diámetro a la altura del pecho (DAP)

Uso anterior del suelo: BA, SSP1, SP2 y SSP3, en bosque. SP1 en pradera natural y PP en plantación de pino.

En el otro extremo, el uso con pradera degradada por varios años consecutivos, muestra su efecto sobre un descenso significativo de la materia orgánica a niveles preocupantes, que ya sugieren problemas de fertilidad asociados al pastoreo indiscriminado ya sea por ovejas y vacunos y también por la falta de prácticas relacionadas con fertilización y conservación del suelo. De hecho, tal como manifiestan Sánchez y Logan (1992) y Robert (1996), en la medida que aumenta la materia orgánica, aumentan la agregación y la estabilidad de la estructura del suelo, la tasa de infiltración y la capacidad de agua disponible en el suelo, así como la resistencia contra la erosión hídrica y eólica. Adicionalmente, mejora la dinámica y la biodisponibilidad de los principales nutrientes de las plantas. Se afirma, además, que los suelos andinos con más de 5% de materia orgánica, ya pueden considerarse como suelos ricos en este elemento (Pavón, 2003).

Variación de la densidad aparente y compactación del suelo

La densidad aparente del suelo en cada categoría de uso, medido en un perfil de 10 cm. de profundidad donde se sucede la mayor actividad radicular de los pastizales, muestra valores menores a 0.83 g/cc independientes del sistema de uso, lo cual evidentemente se atribuye a los usos anteriores, casi todos en bosque primario. Se ha sugerido que una densidad aparente de 1.3 g/cc o más en la región andina, ya es un valor que indica problemas de compactación del suelo (Pavón, 2003). De todas maneras, los valores en BA y PP, tienden a ser menores y temporalmente más estables en relación con el resto de alternativas. La comparación entre la condición inicial de los sistemas pastoriles (SP1 y SP2) sin pastoreo versus después del pastoreo, revelan incrementos importantes en la densidad aparente que se explica por efecto del pisoteo de animales, el mismo que se va perdiendo a medida que aumenta la profundidad del suelo. Contrariamente, en los sistemas de uso silvopastoril con bosque, tal parece que el efecto del pisoteo de animales se ve "amortiguado" por un efecto físico protector de la hojarasca de las especies leñosas que caen al suelo y se incorporan al "pull" de materia orgánica. Al respecto, Henríquez (1999) manifiesta que el incremento de materia orgánica tiende a disminuir la densidad aparente del suelo, debido a que sus componentes son menos densos que los componentes minerales, lo cual explicaría bajos niveles de este indicador.

El indicador compactación del suelo sigue la misma tendencia de la densidad aparente, esto es, demuestra un efecto del pisoteo de los animales en los primeros 10 cm. de profundidad del suelo en aquellas alternativas sin árboles. La presión que ejerce el pisoteo de las vacas en los sistemas SP1 y SP2 por ejemplo, a mediano y largo plazo reduce el volumen de los macroporos del suelo, lo cual afecta la tasa de infiltración de agua, incrementa la resistencia a la penetración de raíces y disminuye la disponibilidad de oxígeno para el sistema radicular (Pezo e Ibrahim, 1998).

Sin embargo, una amplia disponibilidad de fitomasa aérea como la hojarasca proveniente de bosque y aún en sistemas silvopastoriles bajo una plantación forestal con pino, parece amortiguar el efecto del pisoteo de animales. Eso significa que la presencia de los árboles conformando diferentes sistemas silvopastoriles, contribuye sustancialmente a reducir la compactación en las capas superficiales del suelo.

En relación con la humedad aparente, se evidencia gran variabilidad en el perfil del suelo, lo cual es más probable que sea el resultado de las condiciones ambientales imperante, especialmente la precipitación pluvial. Pero al margen de ello, en la plantación de pino sin o con animales, la humedad del suelo tiende a ser menor que las restantes alternativas, inclusive que las alternativas pastoriles, lo cual hace pensar que los pinos efectivamente ejercen una acción de secado disminuyendo considerablemente la humedad del suelo (Chacón et al., 2003; Ecopar, 1997). Por su parte, las leñosas del bosque mejoran el ambiente húmedo a favor del crecimiento de los pastos y la propia dinámica microbiana del suelo.

El nitrógeno ha sido generalmente limitante en ecosistemas montanos altos comparado con montanos bajos (Tanner, 1985 citado por Chacón, 2003). No obstante, el NH_4 en esta investigación denota ser alto y constante en el sistema de bosque no perturbado en ambas localidades, lo cual estaría asociado a varios factores como el pH relativamente bajo que favorece el proceso de amonificación. En contraste, todas las opciones con efecto animal marcan una disminución variable después de un período de pastoreo, lo cual se explica por una constante extracción de nitrógeno ya sea lixiviado por efecto de la humedad o consumido por los animales, que no es devuelta proporcionalmente a través de fuentes nitrogenadas exógenas o el aporte de heces y orina durante el pastoreo. En la práctica, este elemento es muy dinámico en el suelo, y es influenciado fuertemente por la humedad que moviliza rápidamente el nitrógeno a mayor humedad. Si la humedad del suelo decrece, la nitrificación decrece debido a la escasez de O_2 , y si la calidad de la materia orgánica es menor también se vería afectada la mineralización de nitrógeno. Nótese por ejemplo (Cuadro 3), la alternativa silvopastoril en plantación de pino como la baja humedad está relacionada con un bajo nivel de nitrógeno amoniacal.

El fósforo es otro elemento mineral crítico que depende de las condiciones del sitio y el uso previo. Así, el contenido de fósforo es mucho más alto en el Toldo contrastando con Lluçud donde se registran niveles realmente deficientes, independientemente del sistema de uso. Este panorama global se deprime más aún cuando se cambia al sistema de uso con pradera degradada, inclusive la alternativa bajo pino cuando se asocia con pastos denota efectos negativos en el estatus del fósforo por las razones antes anotadas. El bosque andino en el Toldo muestra contenidos más altos de este elemento sin registrar variaciones importantes en el tiempo.

Macrofauna en el suelo (conteo de lombrices)

Un análisis en cada zona permite mostrar una mayor población de lombrices en bosque andino, que va disminuyendo significativamente con el cambio de uso a sistemas silvopastoriles con pasto avena y finalmente a pradera natural degradada. Esas observaciones pueden explicarse por las diferencias de humedad del suelo y también por las diferencias en el contenido de materia orgánica. Más aún, la propia percepción de los productores contribuye a sustentar la presencia de poblaciones de lombrices de "mayor tamaño" en bosque andino, que estaría asociada a una mayor biomasa de lombrices por hectárea.

"...Lo que se observa es que las lombrices en el bosque son más grandes y gruesas y las lombrices que están en el lote de pastos de rye grass y el pasto natural, son más pequeñas y muy delgadas..." Observación expresada por Raúl Cargua, Lluclud en Abril 2002.

En Lluclud por otra parte (Cuadro 4), el cambio de bosque primario a una condición disclimax muestra respuestas aparentemente contradictorias, ya que en la pradera natural (SP1) y pastura mixta (SP2) se encontró mayor número de lombrices que en el sistema silvopastoril de pasto avena con bosque (SSP1), pero igualmente más delgadas y pequeñas, que estarían asociadas al menor contenido de materia orgánica y también a la trayectoria de la pradera natural utilizada marginalmente, sin uso intensivo con animales. En el caso de la pastura en cambio, se explicaría por el efecto del aporte de nutrientes exógenos, al manejo selectivo en base del pastoreo en rotación con carga animal variable, y seguramente al uso inmediatamente anterior con bosque primario. Al respecto, ODUM (1971) en estudios realizados en suelos negro andinos con buen porcentaje de materia orgánica, reporta 300 lombrices por m². Sin embargo, según la Guía Salud de los Suelos (2002), la diferencia en el número de lombrices depende de la época, siendo generalmente mayor en la época lluviosa. Este indicador del recurso suelo amerita una evaluación más minuciosa para averiguar con mayor precisión la influencia de la humedad y el contenido de materia orgánica y otras variables del suelo, sobre la población de lombrices y otros organismos del suelo que podrían alentar al desarrollo de sistemas sostenibles de uso.

Cuadro 4. Indicador conteo de lombrices (No. lombrices/m²) en varios sistemas de uso de la tierra en zonas de montaña. El Toldo y Llucud, provincia de Chimborazo. 2001-2003.

Epoca e indicadores	Sistema de uso de la tierra				
	Bosque andino primario (BA)	Pasto avena en plantación de pino (SSP2)	Pasto avena en bosque secundario (SSP1)	Pradera natural (SP1)	Pastura mixta (SP2)
El Toldo:					
Epoca de lluvias	89.0	70.0	32.7	35.0	
Epoca seca	78.0	24.5	44.6	27.0	
Promedio anual	83.5 a	47.2 b	38.6 b	31.0 c	
MO suelo, %	15.3	10.7	14.6	7.3	
Humedad suelo, %	153	53.0	89.9	99.5	
Llucud:					
Epoca de lluvias	41.0		30.5	10.0	38.0
Epoca seca	50.5		28.0	72.0	34.0
Promedio anual	45.7 a		29.2 c	41.0 b	36.0 bc
MO del suelo, %	15.6		15.0	9.8	12.9
Humedad suelo, %	113		128	103	114

Fuente: INIAP, 2003.

Letras distintas en sentido horizontal indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

Datos tomados en un volumen de 20 cm³ de suelo. El pastoreo en pasto avena SSP1 se realizó con cargas de 1.3 a 1.6 UBA/ha. La pastura mixta SP2 de 4 años de edad, con cargas variables entre 1.8 a 2.2 UBA/ha.

Densidad de árboles en el bosque andino secundario: El Toldo 280 y Llucud 460 árboles/ha. Densidad y edad del dosel de pino: 400 árboles/ha y 9 años de edad. Pastizal naturalizado de al menos 15 años de uso, con una carga animal de 1.0 a 1.3 UBA/ha.

Indicadores de la función del sistema: Manejo y eficiencia técnica y socio-económica

Producción primaria y secundaria de los pastizales

Los resultados del Cuadro 5, muestran la evolución de las pasturas bajo bosque andino y plantación de pino versus el comportamiento de pastura mixta y pradera natural a campo abierto. En primer lugar, las alternativas con pastura mixta ya sean a campo abierto (SP2) como en bosque secundario (SSP3), reflejan los mayores beneficios productivos en ambas localidades, seguido de las alternativas bajo sombra de bosque (SSP1) o de pino (SSP2). Esos hallazgos muestran una relación directamente proporcional entre disponibilidad de materia seca y valor nutritivo con la producción de leche (Cañas, 1995).

Cuadro 5. Indicadores de la función del sistema en varios usos de la tierra en zonas de montaña. Llucud y el Toldo, provincia de Chimborazo. 2002-2004.

Descriptor e indicadores de eficiencia técnica y socioeconómica	Sistema de uso de la tierra				
	Bosque andino		Plantación de pino	Pradera natural	Pastura mixta
	Pasto avena	Pastura mixta	Pasto avena		
El Toldo:					
Productos biofísicos					
MS, kg/ha/año	8 370 b	12 593 a	8 881 b	7 120 c	
Proteína cruda, %	14.5 c	16.6 b	20.8 a	16.2 b	
Fibra cruda, %	32.0	33.0	29.8	29.3	
Calcio, %	0.26	0.29	0.28	0.24	
Fósforo, %	0.18	0.42	0.23	0.21	
Productos económicos					
Producción, l/ha/año	3 321 bc	5 694 a	3 558 b	2 912 c	
Ingreso neto, \$/ha/año	396	747	480	403	
Llucud:					
Productos biofísicos					
MS, kg/ha/año	9 499 b			6 178 c	11 785 a
Proteína cruda, %	14.8 b			13.1 b	19.2 a
Fibra cruda, %	32.1			31.1	25.4
Calcio, %	0.28			0.39	0.39
Fósforo, %	0.18			0.24	0.31
Productos económicos					
Producción, l/ha/año	3 854 b			2 726 c	6 832 a
Ingreso neto, \$/ha/año	528			477	829

Fuente: INIAP, 2003.

Letras diferentes en sentido horizontal en las variables materia seca, proteína cruda y producción de leche de una misma localidad, indican diferencias estadísticas. (P < 0.05).

Es apreciable observar el nivel de proteína del pasto avena bajo plantación de pino, lo cual sugiere la influencia de la sombra producida por el dosel sobre la composición química, particularmente sobre los constituyentes nitrogenados (Pezo *et al.*, 1998). Al respecto, se ha reportado el doble de proteína en el kikuyo expuesto a sombra que a pleno sol y una mayor cantidad de nódulos nitrificantes en las zonas más húmedas bajo sombra.

La pradera natural a pesar de que en cierta forma compite favorablemente en el valor nutritivo, el rendimiento de materia seca está muy por debajo del resto de

alternativas, lo cual da cuenta de que su arquitectura típicamente rastrera, afecta la eficiencia de utilización de la biomasa por parte de los animales. Los ingresos netos son bastante considerables en las opciones con sombra y en el uso con pasturas mixtas, aunque la alternativa con pradera natural, como se discutirá más adelante, muestra ventajas comparativas económicas toda vez que, normalmente requiere poca inversión en insumos exógenos, haciendo uso intensivo de la mano de obra familiar.

El componente leñoso y ahorro de energía para adaptación a zonas altas

En condiciones de bajas temperaturas ambientales y otras limitaciones climáticas tales como la presencia de heladas y vientos fuertes que caracterizan a la ecorregión andina, se evidencia un efecto positivo del bosque sobre la respuesta productiva de los animales, toda vez que está demostrado que las vacas utilizan importantes proporciones de la Energía Metabolizable (EM) consumida para adaptarse a esas condiciones ambientales. Las diferencias de un 27% en promedio de aumento en leche a favor de la alternativa con pasto avena en bosque versus la pradera degradada a campo abierto, equivalen a 1.8 l/vaca/día adicionales, que equivalen a un gasto energético de 2 340 kcal, estimando un requerimiento de 1 300 kcal de EM por cada kg de leche calculado con un 3.6% de sólidos grasos y 8.7% de sólidos no grasos (Cañas, 1995). Ese gasto calórico utilizado para cubrir requerimientos de mantenimiento por los animales en pradera natural sin sombra, podría ser ahorrado en presencia de árboles. Por consiguiente, se observa un ahorro energético del 22% del requerimiento de EM para mantenimiento en ambientes sin árboles para una vaca de 450 kg de peso (estimado en 10 855 kcal EM/día) que se destinan a una mayor producción de leche, cuando pastorean praderas en un bosque. En efecto, las leñosas perennes mejoran el bienestar de los animales dado su función protectora contra el viento, la lluvia y las heladas.

Valor del aporte de hojarasca del componente leñoso al subsistema suelo

Los resultados del Cuadro 6, indican el aporte de materia orgánica y N-P-K de la hojarasca de los sistemas silvopastoriles con pasto avena en ambas localidades, cuyas diferencias se explican por las propias características cuantitativas y cualitativas de las especies que componen cada bosque, es decir, unas especies de árboles botan más hojarasca que otras. El catzozo en Lluçud por ejemplo, es un árbol capaz de producir abundante hojarasca, tanto como 8 010 kg/ha/año. Aunque no fue medido en una primera etapa la biomasa proveniente del bosque primario, se puede deducir que es más elevado que los hallazgos en bosque parcialmente deforestado. Adicionalmente, se observa una alta desviación estándar que explica las variaciones en la cantidad de hojarasca recolectada durante el año para cada una de las especies.

Esos aportes sustanciales de materia orgánica del bosque, sumados al valor de heces y orina de animales que pastorean esas praderas, servirían para argumentar en buena medida el alto contenido de materia orgánica en el suelo, potencialmente disponible para crecimiento de pastos y cultivos. Al respecto, Pezo *et al.* (1998) indican 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 nutrientes, mejoras en la eficiencia de uso de nutrientes, 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 o el ramoneo (Pezo e Ibrahim, 1999).

Cuadro 6. Indicador Materia Orgánica y N-P-K (kg/ha/año), de la biomasa de hojarasca del bosque andino integrando un sistema silvopastoril en zonas de montaña. El Toldo y Llucud, provincia de Chimborazo. 2001-2004.

Indicadores de eficiencia técnica	Sistema de uso de la tierra	
	Bosque andino secundario con pasto avena	
	El Toldo	Llucud
Hojarasca fresca	2 528 ± 396	9 962 ± 4 109
Materia seca	1 294 ± 240	7 034 ± 3 292
Materia orgánica	1 110 ± 236	5 921 ± 2 845
Nitrógeno	14	91
Fósforo	1	5
Potasio	8	75

Fuente: INIAP, 2004.

Los datos provienen de estimaciones mensuales mediante muestreo durante 3 años de caída de hojarasca de las especies de árboles que componen el bosque en cada localidad.

Por otra parte, el nitrógeno, fósforo y potasio que aporta la hojarasca es extremadamente variable, con valores relativamente bajos en el Toldo, contrastando con el aporte importante de N y K en Llucud, que se debe a la cantidad de hojarasca y al contenido de 1.59 y 1.62% en Llucud, versus 1.0 y 0.65% en el Toldo. El aporte de P fluctuó entre 0.07 y 0.08%.

Uso de insumos

Los datos del Cuadro 7, muestran a grandes rasgos algunas diferencias importantes en términos de uso de insumos de varias alternativas de uso. La opción con pastura mixta acusa un alto uso de insumos externos, incluyendo la maquinaria agrícola para la preparación del suelo para la siembra de pasturas. Adicionalmente, utiliza más fertilizantes en base de N-P-K, Mg y S a fin de potenciar las especies foráneas y en cierta medida la adquisición de alimentos balanceados para alimentar al ganado que de hecho debe producir y requerir más, lo cual representa un limitante para las escasas condiciones económicas de los productores.

Por su parte, la opción silvopastoril con pasto avena en asociación con bosque (SSP1), aporta con insumos endógenos producto de la hojarasca. Además, es menos exigente en el uso de semilla y fertilizantes exógenos, usa poca maquinaria agrícola para la preparación del suelo y siembra del pasto, lo cual demuestra una ventaja comparativa desde una perspectiva económica con el resto de alternativas, dado su nivel de productividad comparable con la pastura mixta a campo abierto y aún bajo árboles. En la práctica, se puede plantear un ahorro significativo de insumos externos cuando se adoptan alternativas con inclusión de especies leñosas, que pueden fluctuar entre 100 a 300 US\$/ha/año, sobre todo de fertilizantes nitrogenados.

Cuadro 7. Uso de insumos internos y externos (kg/ha/año) en varios sistemas de uso de la tierra en zonas de montaña. Llacud, provincia de Chimborazo. 2001-2003.

Descriptor e indicadores de manejo técnico	Uso de la tierra		
	Sistema pastoril		Sistema silvopastoril
	Pradera natural (SP1)	Pastura mixta (SP2)	Pastoraleña en bosque andino (SSP1)
Insumos externos:			
Maquinaria, horas/ha	0	20-35	8-12
Nitrógeno	0	90-120	0
Fósforo	0	75-90	0
Potasio	0	60	0
Semillas de pastos	0	50	25
Postes para cercos, No./ha	45	45	0
Alimentos balanceados	0	150-200	0
Insumos internos:			
Nitrógeno de hojarasca	0	0	91
Fósforo de hojarasca	0	0	5
Potasio de hojarasca	0	0	75
Materia orgánica de hojarasca	0	0	5 921
Postes para cercos, No./ha	0	0	30

Fuente: INIAP, 2003.

Mano de obra

Los datos del Cuadro 8, indican el rol de la mano de obra asalariada y mano de obra familiar (MOF) en las diferentes alternativas de uso. Un primer intento de análisis muestra que los cambios de uso hacia sistemas intensivos incluyendo el sistema silvopastoril (SSP1) demandan globalmente mayor cantidad de mano de obra, para actividades relacionadas con siembra y labores de mantenimiento en el caso de la pastura mixta (SP1), y para desbroce del monte bajo y labores de preparación del suelo para siembra del pasto, en el caso de SSP1. Significa también que las opciones silvopastoriles son exigentes en el uso de mano de obra durante su establecimiento, más aún si entre las labores se incluyen la plantación de árboles y las podas, lo cual afectará la distribución de mano de obra durante el año e interferirá con otras actividades habituales de la familia, tal como se discutirá más adelante. Al respecto, varios autores afirman que una de las razones por las cuales la adopción de sistemas silvopastoriles es baja, es precisamente por la demanda intensiva de este factor al inicio del sistema (Flores *et al.*, 1994).

El uso de maquinaria agrícola durante la preparación del suelo en SP2 es intensivo, lo cual lo convierte en una opción que desplaza mano de obra familiar. Contrariamente, la opción SP1, utiliza poca mano de obra esencialmente familiar, lo cual le hace en cierta medida "más económica". Esta es probablemente una de las razones para observar un paisaje dominante con uso en pradera natural en la ecorregión andina. Los sistemas silvopastoriles también usan intensamente mano de obra, pero gran parte de ésta es de origen familiar, toda vez que utilizan para el raleo del bosque y matorral cerrado, donde la maquinaria no puede laborar fácilmente. Estas diferencias representan un ahorro de 12 a 15 horas de tractor, y en términos monetarios, un ahorro de US\$ 96 a 120 por ha.

Cuadro 8. Uso y costo de mano de obra en varios sistemas de uso de la tierra en zonas de montaña. El Toldo y Llucud, provincia de Chimborazo. 2001-2003.

Descriptor de manejo socioeconómico	Uso de la tierra		
	Sistema pastoril		Sistema silvopastoril
	Pradera natural	Pastura mixta	Pasto avena en bosque andino
Beneficios brutos, US\$/ha	545	1366	770
Costos variables, US\$/ha	68	537	242
Beneficios netos, US\$/ha	477	829	528
Mano obra total, Jornal/ha	17	40	42
Costo de mano de obra, US\$/ha	68	160	168
MOF, % del total de jornales	100	34	76
Costo de maquinaria, US\$/ha	0	120	40
Relación costo maquinaria			3:1

Fuente: INIAP, 2003.

Indicadores del impacto sobre otros sistemas relacionados

Siendo la sostenibilidad un concepto jerárquico, este grupo de indicadores trata de reflejar el efecto de los sistemas en estudio sobre otros sistemas, con los cuales están relacionados. Esta sección, sólo presenta un aspecto de lo que se quiere evidenciar, para lo cual se hace una discusión de la leña recolectada en bosque andino y la importancia de la masa leñosa como fuente primaria para este fin. En segundo lugar, el impacto sobre el número de especies vegetales y animales silvestres y finalmente un corto análisis de la potencialidad de los sistemas silvopastoriles para almacenar carbono.

Las poblaciones de las comunidades el Toldo y Lluçud, utilizan el gas como fuente principal de energía combustible para cocinar. Sin embargo, sistemáticamente recolectan leña del bosque primario una o dos veces por mes para cocer sus alimentos, calentarse y para elaborar carbón para la venta. En el estudio se estimó una recolección mensual de cuatro cargas que pesan alrededor de 10 a 15 kg cada una. Con estos datos, una familia estaría recogiendo alrededor de 40 y 120 kg de leña mensualmente. Esa cantidad recolectada de leña refleja la importancia de mantener un área boscosa como los sistemas silvopastoriles, y otras áreas con vegetación, como son las quebradas y otras depresiones de la propiedad comunal, en la vida cotidiana de las familias. En ausencia de áreas boscosas, tendrían que comprar leña en los mercados locales para cubrir sus necesidades, lo cual representa un gasto extra considerable. Las alternativas silvopastoriles, tal como se demostró, aportan abundante cantidad de hojarasca y otros fragmentos leñosos como ramas y troncos (ver Cuadro 6), que pueden cumplir una función particular para propósitos reproductivos dentro del hogar.

En segundo lugar, la información cualitativa del Cuadro 9, muestra la percepción de los productores de las comunidades en lo concerniente a biodiversidad. Claramente evidencian la disminución de la diversidad de flora y fauna silvestre en la medida en que cambia la condición clímax del bosque primario. Nótese inclusive en plantación de pino la desaparición de animales, explicado probablemente por la ausencia de vegetación arbustiva y herbácea bajo el dosel. En el sistema silvopastoril en cambio, se observa un remanente de la estrata arbórea, más la vegetación arbustiva y herbácea que ofrecen nichos para una nutrida población de animales silvestres, sobre todo aves. Finalmente, las alternativas pastoriles son medianamente ricas en vegetación herbácea, la mayor parte de la cual es de aptitud forrajera, pero carecen de vegetación arbórea, excepto cuando en los bordes del campo se dejan barreras naturales arbustivas cumpliendo funciones de cerca viva y fuente de leña.

Por último, no se puede dejar de mencionar que los sistemas agroforestales y dentro de estos las prácticas silvopastoriles, producen efectos globales al reducir las emisiones de carbono (C) a la atmósfera, principalmente por la asimilación del CO₂ en la biomasa arbórea (Ibrahim, s/f; Jong *et al.*, 1995; Nair, 1993). Los datos parciales disponibles del proyecto sobre biomasa aérea, hojarasca y la materia orgánica en el suelo posibilitan la estimación del C capturado en los sistemas de uso. Conociendo la biomasa del bosque, se puede estimar el nivel de C, dividiendo entre dos (Brown, 1997; Brown *et al.*, 1989).

Cuadro 29. Número de especies vegetales y animales en varios sistemas de uso de la tierra en zonas de montaña. Lluclud y El Toldo, provincia de Chimborazo. 2003-2004.

Sistema de uso	Indicador Número de especies				
	Vegetación			Animales	
	Arbórea	Arbustiva	Herbácea	En suelo	Aves
Bosque primario	13	11	14	9	14
Plantación de pino	4	4	3	3	3
Silvopastoril SSP1	3	9	8	5	8
Pastoril SP1	0	5	8	2	0
Pastoril SP2	0	3	7	2	0

Fuente: INIAP, 2004.

Observaciones sistemáticas y comunicación de diferentes miembros de comunidades campesinas.

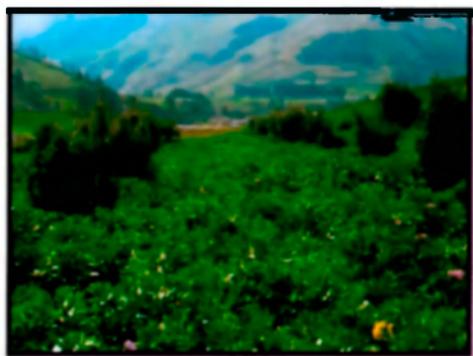
En SP1 y SP2 se incluyen varias especies que componen los linderos o cercos vivos.

La dinámica del C en el suelo bajo pasturas depende del manejo al que están sometidas. Un manejo inadecuado podría constituir una fuente de emisiones de C, liberando hasta 13.7 t C/ha, mientras que con manejo adecuado, los niveles de C almacenado de esas pasturas, podría incrementarse en 20.3 t C/ha (Fearnside *et al.*, 1998). Nuestro estudio muestra un promedio de 5.4 t C/ha en la alternativa con pradera natural y un aumento a 7.4 t C/ha en la pastura mixta idealmente manejada bajo bosque andino. Comparativamente, otros autores mencionan que las pasturas tropicales pueden almacenar alrededor de 3 t C/ha (Pelm *et al.*, 1998).

A la luz de los hechos, dejamos solamente enunciado este tema de preocupación para la sociedad en su conjunto y que actualmente es bien abordado en varias otras iniciativas agro-ambientales (Jong *et al.*, 1995; Benítez *et al.*, 2001; Arévalo, 1999; Malagón, 1999; Dixon, 1994). El uso de especies leñosas asociadas a las pasturas en sistemas pecuarios tiene que evaluarse desde la perspectiva de su contribución a la disminución de gases invernadero, y de la captación de carbono, así como la factibilidad de sustituir los suplementos de origen agroindustrial por otros producidos dentro del predio, los cuales además podrían proveer beneficios ambientales, como la protección de suelos contra efectos de erosión.

5.2. Alternativas pastoriles y formación de un sistema silvopastoril con árboles nativos en San Juan, Chimborazo

Las comunidades campesinas de la organización UCASAJ en San Juan, manifestaron el interés de plantar árboles en la granja de propiedad comunal y fortalecer el vivero forestal donde desarrollan varias especies nativas y exóticas, incluyendo el yagual *Polylepis racemosa*, quishuar *Buddleja incana* y colle *Buddleja coriacea* (Fotografía 3), cuyos beneficios son limitados por falta de apoyo técnico para su funcionamiento y oportunidades de mercado para la venta de árboles. Algunos de sus miembros hombres y/o mujeres poseen experiencia en el manejo tecnológico del vivero y en técnicas de recolección y propagación de semilla de árboles. Todos esos argumentos respaldaron la idea de promover la participación comunitaria en el proyecto y establecer un sistema silvopastoril a largo plazo que sirva con fines productivos, académicos y demostrativos para otras comunidades vecinas, cuya experiencia se analizan a continuación.



Fotografía 3. Establecimiento de un sistema silvopastoril con yagual, colle y quishuar. UCASAJ, Chimborazo. 2002-2004.

Tasa de crecimiento y aporte de hojarasca del componente leñoso

Durante los tres primeros años de establecimiento, los árboles acusaron una tendencia lineal con respecto al tiempo (X) en el crecimiento medido por la altura (Y), cuyos coeficientes de correlación fueron: 0.99, 0.98 y 0.98 para yagual, quishuar y colle, respectivamente. Las ecuaciones que estiman la magnitud de crecimiento en altura se describen a continuación: yagual $Y = 12.37 + 0.209X$, quishuar $Y = 3.6 + 0.194X$ y Colle $Y = 9.6 + 0.225X$. Al final del crecimiento y madurez de las especies leñosas, probablemente se ajusten a otras tendencias que reflejen la verdadera forma y magnitud de crecimiento (ver datos de altura y DAP de estas especies en el Anexo 2).

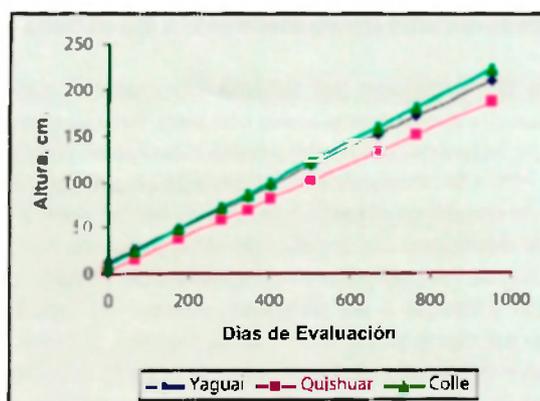


Gráfico 1. Cambios en la altura de árboles de yagual, quishuar y colle durante la formación de un sistema silvopastoril en zonas de montaña. San Juan, Chimborazo. 2002-2004.

La hojarasca proveniente de la poda de ramas, restos de troncos y ramas de los árboles (Cuadro 10), en principio aporta cantidades relativamente escasas de materia orgánica al suelo, comparado con los aportes de un bosque secundario o primario maduro, tal como se demostró en párrafos anteriores. Sin embargo, no deja de ser importante, toda vez que es una biomasa que puede ser utilizada como abono verde para mejorar la fertilidad del suelo, y también como leña para los hogares. Más aún, otro beneficio ambientalmente interesante que han expresado las comunidades en la alternativa silvopastoril, es la presencia masiva de fauna silvestre de aves, principalmente de pájaros, hecho que no se observa en las opciones pastoriles. La composición química de la biomasa de hojarasca fue de 1.8% de N, 0.2% de P y 0.6% de K, consecuentemente, el aporte en estos nutrientes es aún insignificante, debido en parte a la alta proporción de humedad durante las primeras fases de crecimiento.

Cuadro 10. Aporte de materia orgánica de hojarasca (kg/ha/año) proveniente de la poda de árboles nativos durante el establecimiento de un sistema silvopastoril en zonas de montaña. San Juan, Chimborazo. 2002-2004.

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

Fuente: INIAP, 2004.
Densidad biomasa leñosa: 400 árboles/ha.

El valor de los cultivos durante el establecimiento del sistema

Durante el período de formación del sistema silvopastoril, varios cultivos fueron priorizados para rotación: avena *Avena sativa* con vicia *Vicia* sp como forraje para corte y los cultivos de papa *Solanum tuberosum* y haba *Vicia fabae*. La cosecha de avena con vicia se destinó un 75% a la alimentación del ganado en producción de leche, un 15% a la venta y el resto se quedó en el campo, lo cual de hecho aporta materia orgánica al suelo, sobre todo de nitrógeno del residuo de vicia forrajera. Además, es importante destacar la percepción de los promotores campesinos de UCASAJ quienes opinan que este cultivo forrajero protegió a las pequeñas plantas de árboles, proporcionando sombra y humedad así como protección contra vientos, heladas y favoreciendo un mejor prendimiento y desarrollo de los árboles. Si todo lo mencionado es así, habría un efecto ambiental de la interacción positiva de ciertos cultivos con el componente leñoso. Por su parte, los cultivos de papa y haba utilizados como parte del plan de rotación, se destinaron principalmente para la venta en los mercados locales y también la papa fue utilizada para semilla dentro de la misma comunidad.

Beneficios e impactos comparativos de las alternativas pastoriles

Haciendo un análisis comparativo, se evaluaron otros sistemas de uso pastoriles consistentes en: pradera natural (SP1) y pastura mixta (SP2) bajo pastoreo. Estas alternativas de uso, de hecho ya generaban previamente beneficios en términos monetarios provenientes de la leche, cuyas características se describen brevemente en el Cuadro 11 y en el Gráfico 2.

Cuadro 11. Características y beneficios comparativos entre dos alternativas pastoriles bajo pastoreo en zonas de montaña. San Juan, Chimborazo. 2002-2004.

Variable	Pradera Natural	Pastura mixta
Materia Seca, kg/ha/año	6 178	11 785
Intervalo de pastoreo, días	66	56
Carga animal, UBA/ha	1.0-1.3	2.4
Tasa crecimiento, kg MS/ha/día	24	44
Frecuencia de pastoreo, No./año	4	6
Producción de leche, l/ha/año	3 226	6 832
Beneficios netos, US\$/ha	448	556

Fuente: INIAP, 2004.

Nótese que la opción con pastura mixta tiende a ser más productiva, lo cual depende de la intensidad de uso de insumos externos, sobre todo de fertilización y la eficiencia de utilización, requiriendo la incorporación de ejemplares bovinos de mayor potencial para aprovechar el excedente forrajero. Es por eso que las curvas de lactancia (Gráfico 2) que se indican, basadas en la utilización de un modelo de distribución *gamma*, muestran las diferencias en el potencial productivo de dos tipos raciales de ganado, cuando se encuentran pastoreando pasturas mixtas. Estos hallazgos significan que cuando existe una alta disponibilidad de pasturas de buena calidad, los animales potencialmente más productivos son más eficientes en el consumo de pasto. Los coeficientes de las ecuaciones encontradas para cada tipo de animal son las siguientes:

Tipo Holstein media cruce: $Y = 11.53 \times \text{semana}^{0.17} * \exp(-0.026 \times \text{semana})$

Tipo Holstein baja cruce: $Y = 6.51 \times \text{semana}^{0.36} * \exp(-0.048 \times \text{semana})$

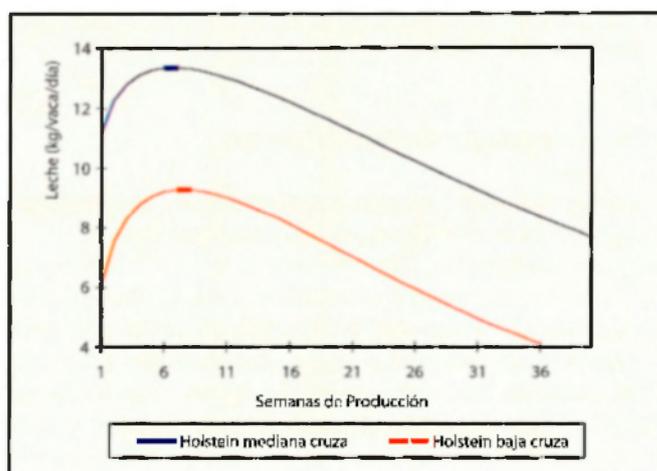


Gráfico 2. Curva de producción de leche kg/vaca/día en vacas de distinto potencial productivo pastoreando pasturas en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2002-2004.

A esto hay que agregar otras cifras que dicen sobre el efecto animal en variables del suelo, principalmente el aumento de la compactación conforme aumenta la presión de pastoreo; es decir, en la opción con pradera degradada, según se puede observar en el Gráfico 3, cuyas diferencias se explican porque la pastura mixta es recientemente formada con 4 años en pastoreo, en tanto que la pradera tiene más de 15 años, sin ninguna otra práctica de manejo que el pastoreo continuo, y finalmente el sistema silvopastoril que aún no incorpora el componente animal.

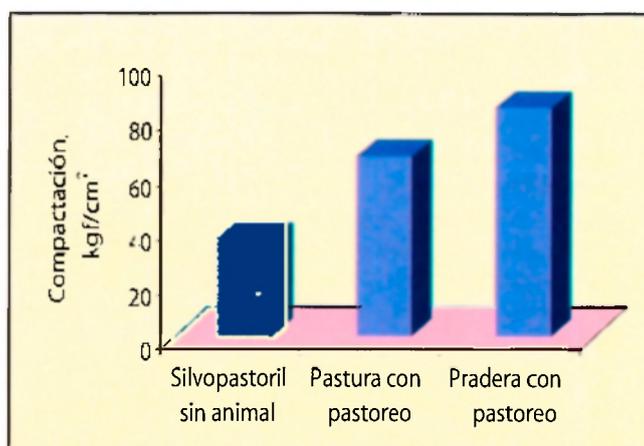


Gráfico 3. Compactación en tres sistemas de uso de la tierra en la granja UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2002-2004.

Comparación socio-económica de los sistemas de uso

Un análisis del comportamiento socioeconómico de las alternativas (Cuadro 12) permite inferir que tanto la opción silvopastoril como la pastura mixta son altamente exigentes en insumos exógenos, pero en rubros que son diferentes. Así, en la silvopastura en formación, los insumos externos se dedican al cultivo de la papa. Por su parte, la pastura exige alto uso de fertilizantes químicos y la semilla forrajera además de la maquinaria agrícola, que en suma corresponden a un rango entre 72 y 83% de los costos variables, respectivamente. Se espera que en la medida que el sistema silvopastoril integre la pastura después de tres años del establecimiento, el uso de insumos disminuirá significativamente. Los altos beneficios económicos netos del sistema silvopastoril se explica por la venta de la producción de papa, pero se debe advertir que el precio de la papa es muy sensible, pudiendo variar hasta en un 500% en períodos cortos de tiempo (Barrera *et al.*, 2002).

Por otra parte, el requerimiento de mano de obra nuevamente es abundante en la opción silvopastoril, la cual debe dedicarse a realizar trabajos de plantación de árboles, cercado, control fitosanitario, fertilización y coronamiento. En la pastura, se explica por el uso en siembras y labores culturales además del manejo selectivo del ganado. La diferencia entre ambas opciones radica en que gran parte de la mano de obra de la alternativa silvopastoril proviene de las mismas comunidades, en tanto que en las pasturas, se distribuye entre la mano de obra familiar y asalariada.

Cuadro 12. Indicadores de eficiencia socio-económica para diferentes usos de la tierra en zonas de montaña. San Juan, Chimborazo. 2002-2004.

Indicadores de eficiencia socioeconómica	Sistemas de uso		
	Silvopastoril en formación	Pradera natural	Pastura mixta
Costos de producción, US\$/ha/año	2 569	130	537
Beneficios netos, US\$/ha/año	1 532	386	556
Insumos externos, % de los costos	72	0	83
Uso de maquinaria, horas/ha	13	0	20
Mano de obra, jornal/ha/año	25	17	40
MOF, % de la mano de obra	75	100	45
Estacionalidad de la MOF	E pocas de siembra, cosecha y podas	Todo el año	Todo el año
Destino de la producción:			
Agrícola	Semilla, mercado y consumo interno		
Pecuaría	Mercado	Mercado	Mercado
Biomasa de podas	Incorporación al suelo y leña		

Fuente: INIAP, 2004.

Datos registrados en UCASAJ durante dos años de establecimiento del sistema silvopastoril. 2002-2004.

Pradera natural de más de 15 años. Pastura de 5 años de edad.

La distribución anual de la mano de obra permite analizar la estacionalidad, haciendo hincapié en la demanda de este factor para las actividades innovativas como la plantación de árboles, podas y coronamiento, precisamente en los meses de lluvias, lo cual podría potencialmente interferir con las labores habituales productivas tales como la siembra de otros cultivos, labores agronómicas y las funciones reproductivas de las familias campesinas, como es el acarreo de agua, leña, atención de animales y la propia atención del hogar.

Ese conjunto de características expresadas en alto uso de mano de obra e insumos externos, altos costos de insumos y la propia estacionalidad de la mano de obra familiar, podrían aplazar al menos en el corto plazo la adopción de sistemas silvopastoriles y el compromiso de las comunidades campesinas con los propósitos de conservación. No obstante, desde una perspectiva más alentadora, el hecho de que retengan mano de obra en abundancia, al menos durante la fase de establecimiento, hipotéticamente se podría plantear que este factor obraría aliviando el problema de éxodo campesino.

5.3. Experimentación de sistemas silvopastoriles con barreras rompevientos utilizando aliso *Allnus acuminata* y mora *Rubus glaucus* en praderas y pasturas. La Libertad, Carchi

Producción primaria y secundaria de pastizales

Los resultados que se muestran en el Cuadro 13, revelan diferencias significativas entre las opciones silvopastoriles con pradera y pastura. La mayor producción primaria y secundaria de las pasturas está estrechamente relacionada con las características propias de las especies que la componen. El análisis dentro de un mismo tipo de pastizal, aparentemente refleja un efecto de la barrera natural sobre el rendimiento de la pradera natural y la pastura, no así el efecto de aliso y mora, ya que no se desarrollaron tal como estaba previsto, a causa del consumo y estropeo de brotes tiernos por parte de los animales, que impidieron su normal crecimiento. Varios autores manifiestan que el ganado puede ejercer efectos detrimentales sobre los árboles y arbustos especialmente en sus etapas juveniles, provocándoles daños físicos al rascarse en los tallos, raspar la corteza o incluso al cosechar intensamente los nuevos brotes, lo cual puede resultar en la pérdida de plantas (Pezo *et al.*, 1998; IIRR *et al.*, 1996).

Cuadro 13. Producción primaria y secundaria con barreras rompevientos en varios sistemas silvopastoriles en zonas de montaña. La Libertad, Carchi. 2002-2004.

Alternativa	Indicadores de manejo técnico			
	Materia seca kg/ha/año	Leche l/ha/año	Proteína cruda, %	Fibra cruda, %
En pradera natural:				
Aliso y mora	5 435 d	3 796 b	17.4	25.0
Barrera natural	7 802 c	3 445 b	16.6	26.8
Pradera sola	6 836 cd	2 894 c	17.3	26.1
En pastura mixta:				
Aliso y mora	19 507 a	6 438 a	17.7	26.1
Barrera natural	16 493 ab	6 361 a	16.6	26.7
Pastura sola	14 728 b	6 361 a	18.3	26.1

Fuente: INIAP, 2004.

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticas (P<0.05).

De igual manera, otros autores afirman que la altura de una barrera rompevientos es muy importante; en términos generales se considera que protege el terreno hasta una distancia de aproximadamente 20 veces su altura, siendo en la Sierra ecuatoriana, una barrera de 2 a 4 m. de alto suficientemente ideal para proveer el abrigo que se requiere. En este estudio, la barrera natural acusó un rango de 1 a 2 m. de altura, lo cual puede sustentar el efecto positivo de este tipo de barreras sobre la producción primaria y secundaria de las áreas próximas a las barreras.

El Gráfico 4, muestra un crecimiento lineal durante los primeros estadios de crecimiento de aliso y mora, pero es de notar también que por las causas mencionadas, frecuentemente fue interrumpido el desarrollo de ambas especies, debiendo volver por varias ocasiones a replantarlos, lo cual explica poco o ningún efecto sobre los pastos y respuesta animal. En definitiva, estas observaciones pueden advertir una causal de la baja adopción y utilización de sistemas silvopastoriles con aliso, al menos en el área donde se realizó el estudio.

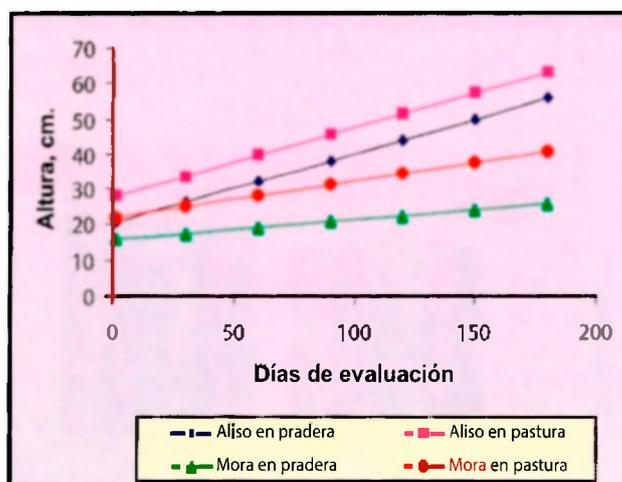


Gráfico 4. Cambio en la altura de aliso y mora en varios sistemas de uso de la tierra en zonas de montaña. La Libertad, Carchi. 2002-2004.

Densidad aparente y propiedades químicas del suelo

Varios autores sugieren que las barreras rompevientos son prácticas silvopastoriles que favorecen al bienestar de los animales por su protección contra el viento, frío y también ayudan a contrarrestar el efecto desecante del viento sobre los forrajes en pie; además reducen la erosión eólica e hídrica (Pezo e Ibrahim, 1998). Plantando

árboles y arbustos en cortinas rompevientos, se disminuye la velocidad del viento y se evita muchos daños a los cultivos, se reduce la evapotranspiración y en consecuencia se realiza un mejor uso del agua de lluvia; con plantas fijadoras de nitrógeno como el aliso se aumenta la fertilidad del suelo; en zonas con heladas las especies arbustivas y arbóreas abrigan el ambiente o desvían el aire helado, todo esto significa un apoyo sustancial para factibilizar la agricultura tan riesgosa como es la de los Andes (Padilla, 1991; Beer, 1986).

Nuestros resultados no reflejan diferencias claras del efecto de las barreras rompevientos sobre la densidad aparente. Prácticamente todas las alternativas acusan bajos y similares valores de densidad aparente y que fluctúan entre 0.61 antes del pastoreo y 0.68 g/cc después de un período de dos años de pastoreo. Eso significa que en las condiciones físicas y químicas de esos suelos, a diferencia de lo encontrado en los suelos de Chimborazo, más otras prácticas de manejo de ganado, principalmente la carga animal baja que se usa comúnmente en esta zona, no se revela a plenitud un efecto del pisoteo de animales sobre este indicador, medido a 10 cm. de profundidad. Tampoco se reflejan diferencias notables entre tipos de barreras.

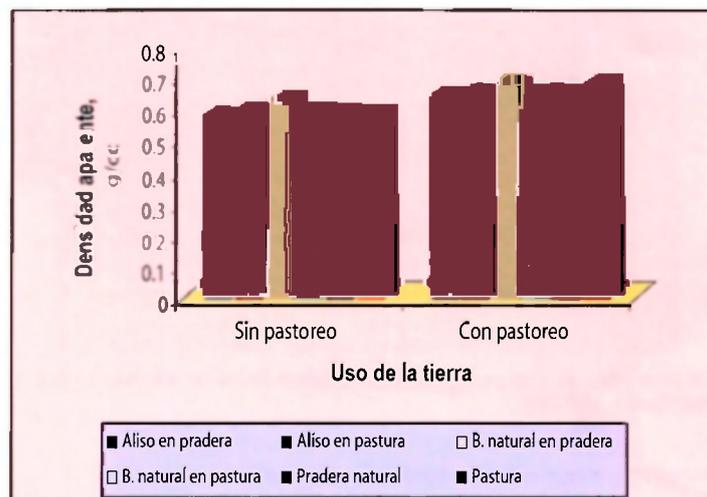


Gráfico 5. Cambios de la densidad aparente en varios usos de la tierra bajo pastoreo en zonas de montaña. La Libertad, Carchi. 2002-2004.

Las propiedades químicas del suelo, determinadas por el pH, NH₄, P, K, MO y relación C/N que se mencionan en el Cuadro 14, fueron analizadas por tipo de barrera. El pastizal, no discrimina si es pradera o pastura. El pH se mantuvo sin variaciones entre tipos de barreras comparadas con pastizal a campo abierto, resultados que se explican en primer lugar por la poca influencia de las barreras de aliso y mora debido a su poca cobertura, y en segundo lugar por las propias características químicas particulares de cada lote. El tenor de P y K, variaron con el cambio de sistema de uso, pero esos hallazgos parecen ser más bien el efecto de las prácticas de fertilización con P y K en los pastizales, antes que por un efecto del tipo de barrera. La dinámica del nitrógeno es más compleja de explicar, el N es conocido como uno de los mejores indicadores de la tasa de descomposición (Taylor *et al.*, 1989). La relación C/N elevadas que se observan en los tres tipos de uso, podrían tener efectos negativos sobre la calidad de la materia orgánica y provocar una escasez de N potencial que ingresaría al suelo. Adicionalmente, el pH generalmente ácido estaría influyendo marcadamente en la eficiencia de transformación del N en el suelo y en la absorción de N y otros cationes por las pasturas.

Es probable que conforme crezcan las barreras de aliso y mora, ocurran respuestas más alentadoras, tal como sugieren otros autores estudiosos del tema (Padilla, 1991). Además, es probable que el efecto de la barrera natural sea más evidente en el contorno de la barrera, como de hecho se observó empíricamente un pasto más verde y succulento y una proporción diferentes de las especies en relación con el resto del pastizal, en los sitios cercanos a la barrera, que se explicaría básicamente por la mayor humedad y por el aporte de materia orgánica de la hojarasca de la barrera natural, supuestos que no fueron registrados en esta experiencia. En conclusión, esta práctica silvopastoril aún amerita una mayor investigación, antes de anotar conclusiones definitivas.

Cuadro 14. Cambios en las propiedades químicas del suelo en varias alternativas de uso de la tierra en zonas de montaña. La Libertad, Carchi. 2002-2004.

Indicador	Condición inicial	Sistema de uso con barreras en pastizales		
		Barrera natural	Barrera con aliso y mora	Pastizal abierto
pH	5.5	5.2 ± 0.14	5.3 ± 0.28	5.2 ± 0.35
NH ₄	62	73.5 ± 0.71	90 ± 22.63	65.7 ± 1.77
P, ppm	44	56.0 ± 25.46	81 ± 70.71	70 ± 60.10
K, meq%	0.5	0.79 ± 0.27	0.36 ± 0.07	0.41 ± 0.04
MO, %	16.4	18.4 ± 1.70	33 ± 0.99	19.6 ± 1.13
Relación C/N	15.3	11.5 ± 0.07	13.1 ± 0.57	12.2 ± 1.13

Fuente: INIAP, 2004.

5.4. Experiencias en la capacitación y difusión de técnicas y prácticas agrosilvopastoriles

Fortalecimiento de la producción de árboles y semillas de pastos altoandinos

El proyecto dio énfasis a la capacitación y difusión horizontal entre productores, en las prácticas y alternativas pastoriles y silvopastoriles, para lo cual motivó la instalación de viveros y varias opciones de bajo riesgo de deterioro del ambiente en los componentes cultivos, pastos y árboles, uso del suelo y agua, bajo dos unidades que se denominaron *módulos o sistemas agroforestales demostrativos*, tanto en Chimborazo como en Carchi. Para el efecto, se plantearon los siguientes objetivos: 1) integrar prácticas de manejo integrado de cultivos, manejo de pastos y pastoreo, prácticas de conservación de suelos y manejo del agua y árboles y 2) analizar bioeconómicamente la evolución de los módulos. Para ilustrar lo anterior, se cita el vivero forestal de propiedad de la organización campesina UCASAJ en la Provincia de Chimborazo (Fotografía 4), el cual impulsó, con apoyo del proyecto y las propias comunidades, la producción de plantas forestales nativas tales como: lupino (*Lupinus sp.*), retama (*Spartium junceum*), colle, quishuar, aliso, yagual, y otras especies forestales exóticas como el pino y eucalipto.



Fotografía 4. Vivero forestal en predios de la organización campesina UCASAJ. San Juan, Chimborazo. 2002-2004.

En la provincia del Carchi por su parte, el Proyecto y el GPC propiciaron la instalación de pequeños viveros forestales en finca de productores de la Libertad, para la producción de especies forestales nativas tales como: aliso, quishuar, acacia, lupino, arrayán, uvillo, pino y yagual. Esto se inserta dentro de un programa de fomento

provincial para la introducción de especies leñosas de uso múltiple que impulsa la Unidad de Medio Ambiente, cuyos detalles se indican en el Cuadro 15 y 16. Algunos de los usos más frecuentes de las comunidades campesinas a esas especies que se mencionan brevemente, dicen de sobra el uso múltiple en beneficio de sus propias aspiraciones productivas y reproductivas.

Cuadro 15. Producción de plantas forestales exóticas y nativas en viveros de UCASAJ en Chimborazo y Gobierno Provincial del Carchi, en Carchi. 2002-2003.

Provincia del Chimborazo 1/		Provincia del Carchi 2/	
Especies forestales	No. de plantas	Especies forestales	No. de plantas
Quishuar <i>Buddleja incana</i>	3 500	Aliso <i>Allnus acuminata</i>	1 000
Eucalipto <i>Eucaliptus globulus</i>	3 000	Quishuar <i>Buddleja incana</i>	1 500
Yagual <i>Polylepis incana</i>	2 900	Acacia <i>Acacia melanoxylum</i>	1 000
Llin-Llin <i>Cassia canescens</i>	2 500	Arrayán <i>Eugenia allí</i>	200
Lupino <i>Lupinus sp.</i>	1 500	Uvillo <i>Aegyphila monticola</i>	16 000
Retama <i>Spartium junceum</i>	700	Pino <i>Pinus radiata</i>	1 500
Pino <i>Pinus radiata</i>	550	Yagual <i>Polylepis incana</i>	1 500
		Ciprés <i>Cupressus sp.</i>	4 000
		Llin-Llin <i>Cassia canescens</i>	500
		Lupino <i>Lupinus sp.</i>	4 500
Total	14 650		31 700

Fuente: INIAP, 2004.

1/ Registros de la UCASAJ.

2/ Registros de producción y distribución de plantas del Gobierno Provincial del Carchi.

Falta de mencionar otras especies arbustivas y herbáceas que suelen poseer los productores por motivos paisajísticos, uso medicinal e inclusive para su propia seguridad alimentaria. Entre esas especies se citan a: tipo, matico, alvejilla, caballo chupa, culandrillo, trinitaria, guarguallá, tipilio, berro, trencilla, chuquiragua, arquitecti y chiquitas (Comunicación de Asociación Lluclud, 2001).

Cuadro 16. Uso múltiple de varias especies leñosas existentes en sitios de montaña de los predios campesinos del proyecto. Provincias del Carchi y Chimborazo. 2002-2004.

Nombre común	Nombre científico	Uso
Pino	<i>Pinus radiata</i>	Cortina rompevientos, linderos
Yagual	<i>Polylepis incana</i>	Linderos, división de potreros, bosque protector
Quishuar	<i>Buddleja incana</i>	Protección de fuentes de agua, cercas vivas, división de potreros, plantación masiva
Lupino	<i>Lupinus sp.</i>	Ornamental en huerto casero
Acacia	<i>Acacia melanoxilum</i>	Cortina rompevientos, linderos y división de potreros
Aliso	<i>Allnus acuminata</i>	Linderos, división de potreros, cortina rompevientos
Colle	<i>Buddleja coriacea</i>	Linderos, división e potrero, protección de fuentes de agua, sombra de huerto casero
Ciprés	<i>Cupressus sp.</i>	Forestación
Uvillo	<i>Aegyphila monticola</i>	Bosquete, protección de vertientes
Llin-llin	<i>Cassia canescens</i>	Ornamental
Arrayán	<i>Eugenia alli</i>	Plantación masiva
Tilo	<i>Sambucus nigra</i>	Forestación y reforestación
Nogal	<i>Juglans neotropica</i>	Forestación y reforestación

Fuente: INIAP, 2004.

Información registrada en la Línea de Base, y los días de campo sobre alternativas silvopastoriles.

Por otra parte, el fortalecimiento de la producción de semilla de pastos altoandinos de la ESPOCH, particularmente se basó en el aumento de la superficie de los lotes de multiplicación de tres especies prioritarias. La semilla producida fue difundida por la ESPOCH a diversas comunidades campesinas de la ecorregión andina con quienes mantiene convenios de cooperación (Cuadro 17).

Cuadro 17. Incremento de semilla de pastos altoandinos priorizados por la ESPOCH. Riobamba, Chimborazo. Período 2002-2004.

Especies	Incremento			
	Año 2002		Año 2004	
	ha	kg/ha/año	ha	kg/ha/año
Pasto avena <i>Arrhenatherum elatius</i>	0.15	245	3.00	360
Pasto poa <i>Poa palustris</i>	0.05	210	0.15	270
Pasto pajilla <i>Stipa plumeris</i>	0.05	175	0.15	240

Fuente: INIAP, 2004.

Registros de la ESPOCH y UVTT Chimborazo.

Desarrollo de un Módulo de Capacitación agro-silvo-pastoril en la Libertad, Carchi

El módulo fue instalado por iniciativa de su propietario, el Sr. Abraham Cuasés, a partir del primer trimestre del 2003. Metodológicamente, se trata de cuantificar de una manera dinámica, las diferentes prácticas, sus costos, beneficios económicos y sociales, efectos e impactos del sistema, utilizando los mismos indicadores de sostenibilidad que se enunciaron y analizaron previamente.

Las decisiones más importantes del productor en esta iniciativa de manejo adecuado de recursos naturales que buscan servir a largo plazo, para fines eminentemente demostrativos a otros productores de la provincia, consisten en:

Componente suelos y agua:

- Construcción de reservorio de agua para captar excedentes de agua lluvia y línea de agua local para fines de riego.
- Compromiso de conservar áreas con monte natural (páramo).
- Realizar prácticas de conservación del suelo: curvas de nivel y zanjas de desviación.
- Manejo y protección de acequias con árboles (Fotografía 5).



Fotografía 5. Prácticas de manejo y protección de acequias con árboles en el módulo Agro-silvo-pastoril. La Libertad, Carchi. 2002-2004.

Componente pastos y pastoreo:

- Uso intensivo de tréboles en pasturas.
- Manejo del pastoreo en base de frecuencia e intensidad y disponibilidad.
- Utilización estratégica de la pradera natural.
- Aplicación de materia orgánica a los potreros, proveniente del estercolero ya construido.
- Disminución de fertilizantes nitrogenados.
- Uso de cerca eléctrica para manejar el pastoreo de vacas en producción de leche.
- Prácticas de dispersión de heces.
- Conservación de forrajes (Fotografía 6).



Fotografía 6. Prácticas de manejo y conservación de pasturas en el módulo Agro-silvo-pastoril. La Libertad, Carchi. 2002-2004.

Componente cultivos:

- Prácticas de manejo integrado de cultivos, lo cual incluye el manejo de plagas y enfermedades (Fotografía 7).
- Menor uso de fertilizantes nitrogenados.
- Mayor uso de materia orgánica proveniente del mismo sistema agro-silvo-pastoril.
- Sistemas de rotación de cultivos.



Fotografía 7. Manejo integrado del cultivo de papa en el módulo Agro-silvo-pastoril. La Libertad, Carchi. 2002-2004.

Componente árbol:

- Incorporación deliberada de árboles de uso múltiple (Cuadro 8) en linderos, cercas de división de lotes, zonas de protección de agua y el reservorio de agua.
- Incorporación de árboles dispersos en áreas de cultivos.



Fotografía 8. Plantación de árboles de uso múltiple en linderos en el módulo Agro-silvo-pastoril. La Libertad, Carchi. 2002-2004.

6. Conclusiones

Conceptualmente, la agroforestería y dentro de ésta las técnicas silvopastoriles, destacan como un modelo de investigación con gestión de recursos naturales. La incorporación deliberada de *árboles de uso múltiple* que conforman el bosque andino, constituyó una decisión complementaria en la conformación de sistemas de producción integrales y contribuyó al uso sostenible de la tierra, toda vez que benefició la producción animal; los árboles aportaron materia orgánica a través de las hojarasca, para beneficio del pasto y la fertilidad del suelo. Eso significa que la presencia de árboles proporcionó cobijo y un ahorro de energía en los animales para adaptación a medios montañosos.

Las barreras rompevientos naturales, evaluadas como prácticas silvopastoriles, parecen jugar un rol de importancia en el mantenimiento de la humedad y aumento de la fertilidad del suelo en las áreas próximas; sin embargo, amerita una mayor dedicación tecnológica para poner en evidencia experimental esos beneficios. Por su parte, las barreras con aliso y mora no jugaron el rol esperado, debido a frecuentes interrupciones del crecimiento por varias causas, incluyendo el consumo temprano de rebrotes tiernos por los animales, lo cual ponen en evidencia un limitante para propósitos de una adopción temprana de este tipo de prácticas y aplazar los compromisos de los productores con los objetivos de la conservación.

Desde una perspectiva socioeconómica, las alternativas silvopastoriles bajo bosque utilizaron intensivamente mano de obra familiar, reflejando mayores costos de producción. Sin embargo, podría compensarse con los beneficios de la producción de cultivos durante el establecimiento del sistema silvopastoril y la producción secundaria de leche y carne en sistemas ya establecidos, sumando a todo ello un menor uso de maquinaria agrícola con arado para el laboreo convencional del suelo. Queda pendiente la necesidad de analizar con mayor detenimiento si ese mayor uso y la estacionalidad de la mano de obra para actividades innovativas como la selección y siembra de árboles, interfieren con otras tareas productivas y reproductivas de todos los miembros familiares. Por lo analizado y expuesto, todos esos hallazgos muestran un potencial inmenso de las opciones silvopastoriles y abren el camino correcto para construir a mediano plazo, verdaderas alternativas para el manejo sostenible del ecosistema de montaña en la ecorregión andina del Ecuador.

7. Lecciones aprendidas del proceso de investigación-desarrollo

El proyecto permitió incorporar un modelo de investigación basado en las interacciones de varios componentes de los recursos naturales, para la solución de complejos sistemas de uso de la tierra por parte de comunidades campesinas de bajos recursos que disponen de una tenencia en sitios de montaña de la ecorregión andina.

Fue importante observar el cambio de actitud de los productores a favor de incorporar sistemáticamente varias especies leñosas de uso múltiple. Adicionalmente, fueron evidentes los conocimientos profundos de las cualidades de una u otra especie leñosa, y de ciertas prácticas agrícolas que afectan al suelo, la salud de los animales y la disponibilidad del agua. Por lo expuesto, manifestaron la necesidad de profundizar una comunicación más estrecha entre vecinos para compartir conocimientos y experiencias en la gestión agrícola y manejo racional de sus recursos.

Más aún, la participación de las mujeres y otros miembros de la familia en el diseño de alternativas pastoriles y silvopastoriles, en los experimentos de campo para evaluar la viabilidad del germoplasma forrajero y/o las características de las diferentes especies de árboles, fue imperativo para introducir modificaciones oportunas en las alternativas silvopastoriles. Esas actitudes, surgen como sustento para potenciar la participación familiar en el proceso productivo y conservación de los recursos naturales.

Las observaciones y recomendaciones del Grupo de Referencia desde múltiples perspectivas socioeconómicas y tecnológicas, fueron muy valiosas para ordenar el conocimiento en varias metodologías de indicadores de sostenibilidad y el diseño de alternativas. De igual manera, el modelo de capacitación y transferencia de tecnología que incorporó elementos de enseñanza-aprendizaje *de productor a productor*, así como los medios de difusión convencionales, fueron fundamentales para la difusión de prácticas a una alta población de productores de las áreas de acción. Finalmente, el proyecto constituyó una estrategia para estimular la participación de varios organismos de investigación y enseñanza, lo cual contribuye a la sostenibilidad institucional de la investigación y educación superior del país.

8. Limitaciones y oportunidades de la participación institucional y comunitaria

La naturaleza del proyecto argumenta la necesidad de ampliar el horizonte temporal y espacial del trabajo de *Investigación/Desarrollo* con participación comunitaria e institucional. Solamente así se podrán consolidar los procesos metodológicos y generar conocimientos que contribuyan al desarrollo de verdaderas alternativas sostenibles de uso de la tierra y al alivio de la pobreza rural en esta vasta región andina.

Dada la apertura de los centros de enseñanza superior de agricultura y recursos naturales, se sugiere priorizar la incorporación de nuevas iniciativas que incorporen el modelo de gestión de recursos naturales, donde las alternativas silvopastoriles tienen un rol no solamente económico para aliviar la pobreza rural sino también constituye un modelo de uso de la tierra que intenta equilibrar el desarrollo con la conservación de los recursos naturales. Institucionalmente, este modelo de investigación, exige la conformación de equipos transdisciplinarios, lo cual debe ser entendido y promovido por quienes toman decisiones políticas de educación y ciencia y tecnología.

9. Referencias bibliográficas

- Arévalo, V. 1999. *Potencial de los huertos caseros para la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible*. Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 109 p.
- Barrera, V. y J. Grijalva. 1998. *Maximización de beneficios en el sistema de producción de pequeños productores del Carchi- Ecuador*. Estudio realizado dentro del marco del proyecto ILRI-INIAP-CIP. INIAP, Quito. 43 p.
- Barrera, V. 2003. *Informe final de la Alianza estratégica de investigación AQ-CV-002 "Mejoramiento de la productividad y sostenibilidad de los sistemas mixtos cultivos-ganadería en la ecorregión andina"*. INIAP/PROMSA/CIP. 128 p.
- Barrera, V., J. Grijalva, P. Llangarí, J. Suquillo, F. Merino, F. Inca+ y O. Lobato. 1999. *Reporte final de actividades del proyecto "Mejoramiento de los sistemas de producción de leche en la ecorregión andina del Ecuador"*. ILRI-INIAP-CIP. Quito, Ecuador. 31 p.

- Benítez, P., R. Olschewski, F. de Koning y M. López. 2001. Análisis de costo-beneficio de usos del suelo y fijación de carbono en sistemas forestales de Ecuador Noroccidental. Proyecto CO2-GTZ/University of Gottingen. Eschborn, 2001.
- Brown, S. 1997. *Estimating biomass and biomass change of tropical forests- A Primer*. FAO. Forest Report. 134.
- Brown, S., A.J.R. Gillespie and A.E. Lugo. 1989. *Biomass estimation methods for tropical forest with applications to forest inventory data*. Forest science, vol 35 (34): 881-902.
- Bustamante, J. y F. Romero. s/f. *Producción ganadera en un contexto agroforestal: sistemas silvopastoriles*. CATIE.
- Cañas, R. 1995. *Nutrición y alimentación de rumiantes*. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Cañadas, L. 1983. *El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador*. MAG. Quito-Ecuador.
- Carlson, P. y M. Añasco. 1990. *Establecimiento y manejo de prácticas agroforestales en la Sierra Ecuatoriana*. Quito-Ecuador. Cuerpo de Paz. pp. 7, 8, 9, 10, 18, 27, 28, 29, 30, 156, 157.
- CESA/Intercooperation Suiza. 1991. *Investigación con especies forestales nativas en el Ecuador. Programa de conservación de los recursos naturales en áreas marginales de la sierra ecuatoriana*. Quito, Ecuador. Noviembre de 1991. 132 p.
- Chacón, G., D. Gagnon, D. Paré y D. Proulx. 2003. *Impacto de la deforestación, pastizales, plantaciones de eucalipto y pino en suelos de bosque montano alto, en la sierra sur del Ecuador*. Revista de Investigaciones de la Universidad del Azuay UDA. P. 19-34.
- Commitee on Agricultural Sustainability for Developing Countries, 1987. *The transition to sustainable agriculture: an agenda for AID*, Washington, DC, 29 p.
- DDA-Suiza, Intercooperation y UICN, 1992. *Bosques nativos andinos y sus comunidades. Caracterización e identificación de la problemática en Ecuador*. Tomo I. 99 p.

- De Jong, BHJ., G. Montoya, N. Kristen, L. Soto, J. Taylor y R. Tipper. 1995. *Community forest management and carbon sequestration: A feasibility study from Chiapas, México*. Interciencia, noviembre-diciembre 1995, vol. 20 No 6. p 409-416.
- Dixon, R. K., J.K. Winjum, K.J.Andrasko, J.J.Lee and P.E. Schroeder. 1994. *Integrated systems: assesment of promising agroforest and alternative land-use practices to enhance carbon conservation and sequestration*. Climate Change-30: 1-23.
- ESPOCH. 1999. Proyecto PBID 016: *Recolección y evaluación de germoplasma forrajero altoandino*. Informe de labores. ESPOCH, Riobamba.
- Estrada, R. 1995. *Análisis de las políticas económicas sobre los recursos naturales en el área andina*. Informe de consultoría para la REPAAN.
- FAO (Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2000. *Sistemas de uso de la tierra en los trópicos húmedos y la emisión y secuestro de CO₂*. Informes sobre recursos mundiales de suelos No. 88. Roma 98 p.
- FLORES, G., PADILLA, S., STEGEMAN, G., ARIAS, E. y PELTONEN, J. 1994. *Manual del Extensionista Forestal Andino*. FAO, DFC, Desarrollo participativo en los Andes. Quito-Ecuador. pp.VII.1-VII47.
- Grijalva, J., P. Llangarí, F. Jara. 2002 (a). *Sistemas de producción agrícola y uso de los recursos naturales en tres comunidades campesinas de la Provincia de Chimborazo*. Proyecto Silvopastoril INIAP/PROMSA/ESPOCH/GPC. 28 p.
- Grijalva, J., L. Mora, C. Silva y E. Castro. 2002 (b). *Sistemas de producción agrícola y uso de los recursos naturales en las parroquias la Libertad y Tufiño de la Provincia del Carchi*. Proyecto Silvopastoril INIAP/PROMSA/ESPOCH/GPC. 50 p.
- Grijalva, J. 2003. *Informe final del proyecto silvopastoril IQ-CV-074. INIAP-PROMSA "Investigación y demostración de alternativas pastoriles y silvopastoriles para el manejo sostenible del piso alto en la ecorregión andina del Ecuador"* INIAP, EESC. 96 P.
- Grijalva, J.; V. Arévalo, Ch. Word. 2004 (a). *Expansión y trayectorias de la ganadería en la Amazonía. Ecuador. Estudio en Piedemonte y Valle de Quijos, en Selva alta del Ecuador*. Publicación miscelánea No 125. INIAP, Quito-Ecuador. 201 p.

- Grijalva, J., P. Llangarí, F. Jara y M. Cuasapáz. 2004 (b). *Experiencias de investigación y desarrollo de opciones silvopastoriles que contribuyen al uso sostenible de la tierra en la ecorregión andina*. Triptico INIAP/PROMSA/ESPOCH/GPC. 12 p.
- Grijalva, J., V. Barrera, P. Llangarí, F. Merino, J. Unda y G. Avalos. 1998. *Caracterización de los sistemas de producción lechera en tres comunidades campesinas de la Provincia del Chimborazo*. Proyecto ILRI-INIAP-CIP. Quito, Ecuador, 38 p.
- Henríquez C., C. Cabalceta. 1999. *Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola*. Universidad de Costa Rica/ACCS. 1ª ed. San José, C. R. 112 p.
- Ibrahim, M. s/f. *Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales*. Conferencia electrónica en el marco de la Plataforma electrónica sobre Ganadería y Medio Ambiente, LEAD.
- ILRI-INIAP-CIP. 2000. *Proyecto Mejoramiento de los sistemas de producción de leche en la ecorregión andina del Ecuador*. Documento base. INIAP. Quito, Ecuador. 32 p.
- Krishnamurthy, L y P.K.R. Nair and C.R. Latt. 1992. *Directions in agroforestry: A quick Appraisal*. Proceedings of an International Conference held at the Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México, 24-28 August 1992. 276 p.
- Krishnamurthy, L. 1996. *Agroforestería para el ecodesarrollo*. V Curso Internacional de Entrenamiento, 5 al 24 de agosto de 1996. FAO, UACH, SEMARNAP, PNUMA. Centro para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. México, Vol. I, p 1-327.
- Krishnamurthy, L. 1996. *Agroforestería para el ecodesarrollo*. V Curso Internacional de Entrenamiento, 5 al 24 de agosto de 1996. FAO, UACH, SEMARNAP, PNUMA. Centro para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. México, Vol. II, p 328-603
- Krishnamurthy, L y M. Avila. 1996. *Agroforestería para el ecodesarrollo*. V Curso Internacional de Entrenamiento, 5 al 24 de agosto de 1996. FAO, UACH, SEMARNAP, PNUMA. Centro para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. México, Vol. III, p 604-773.

- LEAD-FAO. 2003. *Livestock and environment toolbox*. CD-ROM. Roma, Italia
- LEAD-FAO. 2003. *Livestock and environment. Digital Library*. CD-ROM. Roma, Italia
- Malagón, R. 1999. *Balance de nutrientes, flujos energéticos y valoración económica de las opciones pastoril, silvícola y silvopastoril, en las Choapas, Veracruz*. Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México. 165p.
- Masera, O. Y S. López R. 199. *El proyecto MESMIS. Un esfuerzo interdisciplinario y multiinstitucional para la evaluación de sustentabilidad*. En Red Gestión de Recursos Naturales. México. 21: 88-99.
- Mujica, E. y J.L. Rueda. 1995. *El Desarrollo Sostenible de Montañas en América Latina*. CONDESAN/CIP/FAO. Memoria de la Reunión Intergubernamental sobre Desarrollo Sostenible de Montañas en América Latina. Lima, 8 al 11 de agosto de 1995.
- Nair, P.K.R. 1993. *An introduction to agroforestry*. Dordrecht, Países Bajos. Kluwer Academic Publishers. pp: 85-97
- Nieto, C. 1994. *La Agroforestería una técnica tan antigua como actual*. En Revista informativa del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. No 4. Quito-Ecuador. pp. 5, 6.
- Paladines, O. 1992. *Metodología de pastizales. Método para trabajar en fincas y proyectos de desarrollo agropecuario*. PROFOGAN-MAG. Serie metodológica Manual No 1: pastos y forrajes. 219 p.
- Pavón, J. 2003. *Agroecología: Una alternativa eficiente para mejorar la calidad de vida*. Quito, Ecuador. 50 p.
- Pezo, D. 1992. *Sistemas silvopastoriles. Interacción árbol-pastos*. Mimeo. CATIE. s/p.
- Pezo, D., M. Ibrahim. 1999. *Sistemas silvopastoriles, Módulo de enseñanza agroforestal No. 2*. 2ª ed. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE/GTZ. Turrialba, Costa Rica 275 p.
- Pezo, D. y M. Ibrahim. 1998. *Sistemas Silvopastoriles. Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 2*. Turrialba-Costa Rica. pp. 4, 15, 65, 227.

- Pezo, D.; M. Ibrahim. 1996. *Sistemas silvopastoriles, una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos*. In: Pastoreo Intensivo en Zonas Tropicales. 1er. Foro Internacional. FIRA/Banco de Méjico. Veracruz. Méjico. 35p.
- Proyecto Desarrollo Forestal participativo en los Andes. 1994. *Manual del extensionista forestal andino*. Programa Regional FAO-HOLANDA, Desarrollo forestal participativo en los Andes. Quito, Ecuador.
- Proyecto Carchi. 1999. *Proyecto Investigación y mejoramiento de los sistemas de producción de pequeños productores de la Provincia del Carchi*. Documento base. INIAP. Quito, Ecuador.
- Proyecto Páramo. 2001. *Páramos del Ecuador*. Abya-Yala/ Proyecto Páramo. Quito.
- Sanchez, P.A.; Logan, T.J. 1992. *Myths and science about the chemistry and fertility of soil in the tropics*. In: Myths and Science of Soils of the Tropics. Lal, R. and P.A. Sanchez (eds). Soil Science Society of America. Special Publication. 29:33-45. Madison, WI.
- REPAAN. 1995. Red de Pastizales Altoandinos. *Marco conceptual del proyecto*. Quito, Ecuador.
- Robert, M. 1996. *Le Sol: Interface Dans L'environnement, Ressource pour le Développement*. Dunod/Masson, Paris 240 p.
- Suárez, E y E. Toral. 1996. *Abundancia y biomasa de lombrices en tres páramos con diferente uso del suelo en el Ecuador*. Informe de Ecociencia. Quito.
- Tanner, E.V.J. 1985. *Jamaican Montane forest: nutrient capital and cost of growth*. *Journal of Ecology*, 65: 265-273.
- Taylor, B.R., D. Parkinson y W.F.J. 1989. *Nitrogen and lignin content as predictors of litter decay rates: a microsm test*. *Ecology*, 70 (1): 97-104.
- Torquebiau, E. 1992. *Are tropical agroforestry home gardens sustainable?* *Agri. Ecosystems environ.* 41: 189-207.
- Universidad de Cornell y Zamorano. 2002. *Salud de los suelos: manual para el cuidado de la salud de suelos*. Tegucigalpa, Honduras. 162 p.
- Wunder, Sven. 2000. *The economics of deforestation. The example of Ecuador*. Printed en Grain Britain. 262 p.

10. Anexos

Anexo 1. Observación sistemática de la diversidad de flora y fauna en un bosque andino primario. Llucud y El Toldo. Chimborazo. 2002-2004.

Diversidad de flora			Diversidad de fauna	
Árborea	Arbustiva	Herbácea	Fauna grande	Aves
Pujín	Chilca negra	Maygua	Venado	Cóndor
Quishuar	Chilca blanca	Tipo	Chivicabra	Huarro
Samal	Ronllis	Matico	Lobo	Gavilán
Pumamaqui	Hualicones	Alverjilla	Zorro	Perdiz
Pantza	Jamshig	Caballo chupa	Raposa	Torcaza
Colca	Mate	Culandrillo	Sachacuy	Glilig
Palo de rosa	Caztug	Trinitaria	Conejo	Curiquingue
Arrayán	Taxo	Guarguallá	Chucuri	Garza
Cedro andino	Muelán	Tipillo	Quliico	Tórtola
Romerillo	Espino blanco	Berro		Gallina monte
Chivocaspi	Rimi	Trencilla		Mirlo
Piquil		Chuquiragua		Quindes
Yagual		Arquiticti		Chirote
		Chiquitas		Huirachuro
13	11	14	9	14

Fuente: INIAP, 2004.

Observaciones sistemáticas de campo y comunicación de los miembros de la comunidad Llucud y el Toldo. 2002-2004.

Anexo 2. Tasa de crecimiento en altura (cm.) y diámetro (mm. DAP) de tres especies leñosas nativas durante los tres primeros años. Granja UCASAJ. San Juan,

Día	Yagual		Quishuar		Colle	
	Altura	DAP	Altura	DAP	Altura	DAP
Plantación	19	--	15	--	26	--
67	24	8	20	6	26	6
174	47	14	41	9	47	11
280	67	23	51	18	64	23
343	81	28	59	22	74	26
402	97	33	71	29	94	33
505	122	--	107	--	131	--
669	154	39	133	30	155	30
766	172	51	148	43	183	44
951	212	60	200	55	233	56

Fuente: INIAP, 2004.

Condiciones de sitio: zona de vida bñM. Altitud: 3300 msnm. Precipitación promedio 750 mm. anuales: Temperatura media 10 °C.

Suelos francos negro andinos de origen volcánico. pH 5.8, altos en NH₄, medios o bajos en P y altos en K.

Relación C/N 9.7 y 12.4% de materia orgánica.



Mayor información:

**Núcleo de Apoyo Técnico y Capacitación
Estación Experimental Santa Catalina del INIAP
Teléfono (02) 2 690 692**

**Unidad de Validación y Transferencia de Tecnología
del INIAP en la provincia de Chimborazo
Teléfono (03) 2 945 932**

**Unidad de Validación y Transferencia de Tecnología
del INIAP en la Provincia de Carchi
Teléfono (06) 2 291 771**