

INIAP PROMSA
INVESTIGACION Y PROMOCION DE ALTERNATIVAS
PASTORILES Y SILVOPASTORILES PARA EL
USO SOSTENIBLE DE LA TIERRA EN EL
PISO ALTO DE LA ECOREGION ANDINA
LOCALIDAD: San Pedro de Lucud.
ALTITUD: 3.260 Mts. Snm.

**EXPERIENCIAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
DE OPCIONES SILVOPASTORILES QUE CONTRIBUYEN
AL USO SOSTENIBLE DE LA TIERRA EN LA
ECOREGIÓN ANDINA DEL ECUADOR**

Jorge Grijalva
Pedro Llangarí
Fausto Jara

QUITO - ECUADOR - 2004

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO
DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
(INIAP)

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL CHIMBORAZO
(ESPOCH)

PROGRAMA DE MODERNIZACION
DE LOS SERVICIOS AGROPECUARIOS
(PROMSA)

**Experiencias de investigación y desarrollo de opciones
silvopastoriles que contribuyen al uso sostenible
de la tierra en la ecoregión andina del Ecuador**

Jorge Grijalva, Pedro Llangarí, Fausto Jara

Quito, Ecuador

Octubre, 2004

Revisión de Texto

Comité de Publicaciones Estación Experimental Santa Catalina del INIAP

PRIMERA EDICION

Boletín Divulgativo No. 318

Fotografías

INIAP

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias

Estación Experimental Santa Catalina

Panamericana Sur Km. 1

Casilla: 17-10-340

Quito-Ecuador

Telf: 593-2-269-0692

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

Web: www.iniapecuador.gov.ec

Impresión

TECNIGRAVA, Telefax: 2 953-786, 2 571-260

Octubre, 2004

Quito-Ecuador

Introducción

La discusión sobre el rol de la economía campesina y el conflicto con el interés de la sociedad por lograr un uso más racional de los recursos disponibles, se fundamenta en que este sector, tradicionalmente, ha sido responsable de producir alimentos; su horizonte de expectativas se relaciona con la supervivencia y persistente destrucción de los recursos naturales. Todas estas variables son costos ambientales que no se consideran en las cifras de desarrollo económico. Las comunidades campesinas de Chimborazo, por ejemplo, tienen problemas ambientales de consideración, debido a los efectos de una agricultura intensiva en sitios de ladera, al uso indiscriminado de agroquímicos que contribuyen a la contaminación de suelo y agua, y a la pérdida del recurso suelo. En adición, se evidencia un proceso de “ganaderización”, cuyas prácticas tradicionales afectan la vegetación natural con riesgo de deterioro de los recursos naturales, que finalmente conducen a una ineficiencia productiva y al incremento de la pobreza rural.

Las opciones de uso de pastizales andinos así como de pastizales foráneos, representan alternativas viables para las zonas andinas, ya que se adaptan a diferentes tipos de suelos desde suelos muy fértiles hasta suelos medianamente fértiles, requieren un uso moderado de insumos y un manejo particular en términos de *intensidad y frecuencia* de pastoreo; además, muchas especies son resistentes a condiciones de exceso o falta de agua y al pisoteo de los animales. Por lo expuesto, el diseño y desarrollo de opciones silvopastoriles se orientan, no solamente a procurar beneficios mediante la producción de leche/carne del pasto, leña de los árboles y arbustos, protección del suelo y mejoramiento de la fertilidad, sino también a proporcionar cobijo y sombra a los animales con ahorro energético y generar excedentes de plántulas de árboles para la venta, entre otros.

Las investigaciones sobre las opciones silvopastoriles, en la provincia del Chimborazo, se generaron dentro del marco del Proyecto IQ-CV-074 “*Investigación y demostración de alternativas pastoriles y silvopastoriles para el manejo sostenible del piso alto en la Ecorregión Andina del Ecuador*”, en alianza de investigación entre el INIAP, ESPOCH y PROMSA.

Características del área en estudio

Esta investigación se realizó en predios de la Asociación San Pedro de Lluclud, ubicada en la parroquia La Matriz del cantón Chambo, provincia del Chimborazo. Las características biofísicas son: 3 260 a 3 460 m. de altitud, 10 a 12 °C de temperatura promedio, 1 000 mm. de precipitación media anual y 5.7 de pH. Los suelos son de pendiente, buen drenaje y textura franco arcilloso. Ecológicamente corresponden a un bosque muy húmedo Montano (bmhM)

Las familias están constituidas por 5 a 6 miembros, en su mayoría con educación básica. La ocupación principal es la agricultura, aunque se evidencia algún grado de migración para trabajar en actividades agrícolas, principalmente. La tenencia principal de la tierra es propiedad con título. Cuentan con servicio de salud y educación. La superficie promedio es de 3.5 ha, destinadas a cultivos como la papa en rotación con cereales y leguminosas, pequeños huertos caseros con hortalizas, pastos y áreas de monte. La leche y la papa son los rubros de mayor interés económico. El recurso forestal en bosque nativo andino se utiliza para aprovechar algo de madera, leña y carbón. Poseen agua de riego y de consumo familiar que proviene de acequias.

Diseño y evaluación de opciones

En la localidad de Lluclud, en parcelas con bosque andino, se sembró pasto avena *Arrhenatherum elatius*. Estas parcelas se compararon con otras parcelas sin árboles, la una compuesta de una mezcla de Rye grass perenne *Lolium perenne*, Rye grass bianual *Lolium multiflorum* y trébol blanco *Trifolium repens*, y la otra mezcla compuesta por holco *Holcus lanatus*, grama *Paspalum sp.* y pactilla *Rumex acetocella*. Un área similar de bosque andino primario sin uso agrícola, fue utilizada como referencia para el análisis comparativo. Las parcelas con pasto fueron sometidas a pastoreo de vacas mestizas Holstein friessian en producción de leche. El bosque andino está compuesto de Tabalbal *Verbesina brachypoda*, Colca *Miconia sp.* y Catzozo, cuya densidad es de 460 árboles/ha, el diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 40 cm. y la altura de 8 m. Se utilizó un conjunto de descriptores de sostenibilidad para medir el efecto positivo o negativo de las alternativas, los cuales se relacionan con: a) la base del recurso suelo, b) manejo y eficiencia técnica, c) manejo y eficiencia económica, y d) impacto sobre otros sistemas del entorno.

Resultados y experiencias preliminares

Contenido de materia orgánica del suelo

El contenido de materia orgánica del suelo es un indicador clave de la calidad del suelo, tanto en sus funciones agrícolas como en las ambientales, y también es el principal determinante de la actividad biológica del suelo ya que la cantidad, la diversidad y la actividad de la fauna y de los microorganismos están directamente relacionadas con éste. El contenido de la materia orgánica, en el bosque andino primario sin uso agrícola, se muestra muy alto con alrededor del 15%, versus la opción pastoril basada en el pastoreo en pradera naturalizada degradada de más de 15 años de uso (Cuadro 1). El propio origen volcánico del suelo y el aporte de materia orgánica de la vegetación que compone el bosque, son elementos que contribuyen a explicar esa condición de fertilidad. En un suelo utilizado con pradera degradada de más de 15 años de uso, el nivel de materia orgánica evidencia problemas de fertilidad causada por el pastoreo indiscriminado y también por la falta de prácticas relacionadas con fertilización y manejo.

Cuadro 1. Contenido promedio de materia orgánica del suelo sometido a varios usos. Localidad Llucud, provincia del Chimborazo, Ecuador, 2004.

Usos de la tierra	Materia Orgánica %
Bosque andino primario sin uso agrícola	14.8 a 15.5
Pastoreo en pasto avena bajo bosque andino parcialmente aprovechado	10.8 a 14.6
Pastoreo en pastura de Rye grass y trébol blanco	12.5
Pastoreo en pradera naturalizada degradada de más de 15 años de uso	6.8

Frecuencia de muestreo: dos veces por año en cada alternativa, durante dos años consecutivos

La pradera degradada tiene 15 años de edad, sin ninguna práctica de abonamiento, además del pastoreo continuo de vacas.

La pastura tiene dos años de edad, pastoreada en forma rotacional con vacas lecheras y fertilizada con N-P-K-Mg y S

Variación en la densidad aparente y compactación del suelo

Los valores de densidad aparente en cada alternativa de uso son bajos (Cuadro 2), si se compara con valores de 1.3 g/cc o más, que indican problemas de compactación del suelo en la región interandina. En consecuencia, reflejan un bajo grado de compactación, especialmente cuando se incorporan los árboles. A una misma profundidad de suelo, se observan diferencias entre alternativas de uso que se explica por efecto del pisoteo de animales, particularmente en los primeros 20 cm. de profundidad, cuyo efecto se va perdiendo a medida que aumenta la profundidad. Podría deducirse que el efecto del pisoteo de animales se ve amortiguado por un efecto físico protector de la hojarasca de árboles que cae al suelo. Por otra parte, el incremento del contenido de materia orgánica (Cuadro 1) parece jugar un rol importante para disminuir la densidad aparente del suelo, debido a que sus componentes son menos densos que los componentes minerales, lo cual explicaría esos bajos niveles de densidad aparente.

Cuadro 2. Densidad aparente del suelo (g/cc) en varios sistemas de uso con efecto del pastoreo de bovinos. Localidad Llucud, provincia del Chimborazo, Ecuador, 2004.

Sistema de uso de la tierra	Profundidad del suelo, cm.		
	0-20	21-40	41-60
Bosque andino primario sin uso agrícola	0.37	0.65	0.78
Pastoreo en pasto avena bajo bosque andino parcialmente aprovechado	0.44	0.72	0.67
Pastoreo en pastura de Rye grass y trébol blanco	0.62	0.75	0.78
Pastoreo en pradera naturalizada degradada de más de 15 años de uso	0.66	0.79	0.83

El pastoreo se realizó por dos años consecutivos, con una frecuencia de 45-50 días y una carga animal de 1.5 UBA/ha. Los datos son el promedio de tres muestreos del suelo realizados al inicio sin efecto animal y después de dos años de pastoreo.

La compactación del suelo en las alternativas (Cuadro 3), sigue la misma tendencia de la densidad aparente. Así, la compactación dentro de cada alternativa demuestra un efecto del pisoteo de los animales en los primeros 10 cm. de profundidad, a diferencia del bosque primario sin animales todo el tiempo, que refleja siempre los más bajos niveles de compactación. La presión que ejerce el pisoteo de las vacas, 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. Sin embargo, una amplia disponibilidad de fitomasa aérea como la hojarasca del bosque, amortigua el efecto de compactación por pisoteo de animales.

Cuadro 3. Grado de compactación (kgf/cm²) en varios sistemas de uso con efecto del pastoreo de bovinos durante dos años. Localidad Llucud, provincia del Chimborazo, Ecuador, 2004.

Sistema de uso de la tierra	Profundidad del suelo, cm.		
	0-10	11-20	21-30
Bosque andino primario sin uso agrícola:			
Al inicio	25	46	77
Al término de dos años	21	41	74
Pastoreo en pasto avena bajo bosque andino parcialmente aprovechado:			
Antes del pastoreo	14	21	39
Después de dos años de pastoreo	29	42	62
Pastoreo en pastura de Rye grass y trébol blanco:			
Antes del pastoreo	13	24	47
Después de dos años de pastoreo	72	90	120
Pastoreo en pradera naturalizada degradada de más de 15 años de uso:			
Antes del pastoreo	15	27	51
Después de dos años de pastoreo	75	93	125

El pastoreo se realizó por dos años consecutivos, con una frecuencia de 45-50 días y una carga animal de 1.5 UBA/ha. Los datos son el promedio de tres muestreos del suelo realizados al inicio sin efecto animal y después de dos años de pastoreo.

Macrofauna en el suelo

La información registrada en el Cuadro 4, muestra una mayor cantidad de lombrices adultas en el bosque primario sin uso agrícola en comparación con el número de lombrices en el suelo con bosque andino con uso agrícola, lo cual se puede explicar por una mayor actividad asociada a la mayor cantidad de materia orgánica en bosque primario. La alternativa en pradera natural en pastoreo a campo abierto, muestra un menor número de lombrices, lo cual puede estar asociado a una menor dinámica microbiana actuando en favor de la fertilidad del suelo.

Cuadro 4. Conteo de lombrices (No. lombrices/m²) en tres sistemas de uso de la tierra. Localidad Llucud, provincia del Chimborazo, Ecuador, 2004.

Sistema de uso de la tierra	Profundidad del suelo, cm.		
	Lluviosa	Seca	Anual
Bosque andino primario sin uso agrícola	--	--	39.0
Pastoreo en pasto avena bajo bosque andino parcialmente aprovechado	31.6	21.8	27.4
Pastoreo en pastura de Rye grass y trébol blanco	--	--	15.2
Pastoreo en pradera naturalizada degradada de más de 15 años de uso	--	--	10.0

Datos representan el promedio de 10 muestras y 7 evaluaciones durante dos años, tomadas en un volumen de suelo de 20 cm³. El pastoreo en pasto avena y pradera natural se realizó con carga menor a 1.0 UBA/ha; en cambio, en la mezcla se realizó con una carga mayor a 2 UBA/ha.

Producción primaria y secundaria del componente pastizal

La producción de leche (Cuadro 5) muestra resultados que siguen a la producción de materia seca; es decir, mientras mayor es el rendimiento de forraje, mejor es la respuesta productiva animal. Se puede argumentar que la mejor respuesta secundaria corresponde a la pastura de Rye grass y trébol blanco y al pasto avena bajo la influencia del bosque, alternativas que superan a la producción animal en la pastura naturalizada. La respuesta de la pastura tipo Rye grass con trébol, bajo un bosque parcialmente aprovechado, indica aumentos entre un 20% y 47% en la producción de leche en comparación con las alternativas de pasto avena en bosque y la pradera naturalizada degradada, respectivamente.

Cuadro 5. Producción primaria y secundaria promedio de sistemas silvopastoriles para el manejo sostenible de la tierra. Localidad Llucud, provincia del Chimborazo, Ecuador, 2004.

Descriptor	Pasto avena bajo bosque andino	Pastura de Rye grass y trébol blanco	Pradera naturalizada degradada
MS, kg/ha/año	9 499	11 785	6 178
Proteína cruda, %	14.6	16.4	13.2
Fibra cruda, %	33.4	25.1	30.2
Calcio, %	0.25	0.44	0.40
Fósforo, %	0.15	0.26	0.24
Leche, l/vaca/día	6.5	7.8	5.3

Los resultados de producción primaria en cada alternativa de uso, son el promedio de cinco evaluaciones/año.

Ahorro energético animal por influencia del componente leñoso

Se ha demostrado que las vacas utilizan importantes proporciones de la energía metabolizable (EM) consumida para adaptarse a las condiciones ambientales de altura. La diferencia de producción de leche al comparar la alternativa de Rye grass más trébol respecto de la pradera naturalizada, en términos de energía, representa un ahorro de 3 250 kcal., si se toma en consideración un requerimiento de 1 300 kcal. de EM por cada kg de leche con un 3.6% de materia grasa y 87 g/kg de sólidos no grasos. En ausencia de árboles, ese valor calórico sería utilizado para cubrir parte del requerimiento de mantenimiento. Los resultados muestran un ahorro energético del 20% del requerimiento de EM para mantenimiento en ambientes sin árboles (estimado en 10 855 kcal. EM/día) para una vaca de 450 kg. de peso; es decir, aproximadamente 2 000 kcal. de EM consumida estarían disponibles para aumentar la producción de leche de 5.3 a 6.5 litros/día, cuando pastorean praderas en un bosque, que se explica por el efecto de las leñosas perennes sobre el bienestar de los animales por la protección contra el viento, la lluvia y el frío.

Aporte de hojarasca del componente leñoso al suelo

La producción de materia orgánica de la hojarasca del bosque andino (Cuadro 6) al recurso suelo es variable y muy abundante en ciertos casos, sobre todo de la especie Catzozo, siendo un árbol capaz de producir abundante hojarasca (7 100 kg/ha/año). Algunos de los mecanismos más importantes del aporte de materia orgánica de la hojarasca y de los residuos animales 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 ocurre a través de la senescencia de biomasa aérea y la muerte de raíces, tanto de las leñosas como del estrato herbáceo y por medio de las excretas que los animales depositan durante el pastoreo. Algunos datos de los aportes de hojarasca en el bosque andino con pasto avena se muestran en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Aporte de materia orgánica al suelo (kg/ha/año), de la hojarasca del bosque andino, integrando un sistema silvopastoril. Localidad Llucud, provincia del Chimborazo, Ecuador, 2004.

Descriptor	Bosque andino con pasto avena
Hojarasca fresca	9 006 ± 3600
Fracción seca	6 915 ± 3197
Fracción orgánica	6 374 ± 3038

Las cantidades de hojarasca provienen de estimaciones mensuales de caída de hojarasca de las especies de los árboles descritos previamente, que componen el bosque.

Algunos beneficios económicos y uso de mano de obra familiar

Los datos del Cuadro 7, muestran algunas diferencias importantes en términos de beneficios económicos de varias alternativas de uso. Los beneficios netos de la pastura son mayores que los reportados en el pasto avena bajo bosque y en la pradera naturalizada degradada, a pesar que los costos variables utilizados en esta alternativa son mayores, como por ejemplo: mayor cantidad de maquinaria agrícola para la preparación del suelo y más fertilizantes a fin de potenciar las especies foráneas. Esto, si bien, en muchos de los casos es una limitante para las escasas condiciones económicas de los productores, no dejan de ser relevantes y visibles

para que estos productores inviertan en los beneficios que pueden conseguir con estas alternativas. La opción silvopastoril con pasto avena en asociación de un bosque, arroja beneficios económicos intermedios por la venta de leche, pero utiliza intensamente mano de obra familiar, lo cual puede ser importante fuente de retención de mano de obra en la región.

Cuadro 7. Beneficios económicos y uso de mano de obra familiar en varios sistemas de uso de la tierra. Localidad Llucud, provincia del Chimborazo, Ecuador, 2004.

Descriptor	Pasto avena bajo bosque andino	Pastura de Rye grass y trébol blanco	Pradera naturalizada degradada
Materia seca, kg/ha/año	9 499	11 785	6 178
Capacidad de carga, UBA/ha	1.6	2.4	1.2
Producción leche, l/ha/ año	3 854	6 832	2 726
Uso de maquinaria, horas/ha	8	20	0
Mano obra total, jornal/ha	63	12	11
Mano de obra familiar, %	75	34	87
Costos Variables, US\$/ha	181	537	68
Beneficios Brutos, US\$/ha	770	1 366	545
Beneficios Netos, US\$/ha	589	829	477

Impactos del bosque sobre otros sistemas

Una mayoría de la población de la localidad de Llucud, utiliza el gas como combustible para cocinar. Sin embargo, sistemáticamente las familias recolectan del bosque la leña para cocinar, calentarse y para hacer y vender carbón, inclusive. La frecuencia con que recogen leña es dos veces por mes, siendo la cónyuge y los hijos, quienes realizan esa actividad, ayudados por asnos que soportan alrededor de 4 cargas que pesan de 10 a 15 kg. Con esos datos, una familia estaría recogiendo alrededor de 80 a 120 kg. de leña mensualmente, que refleja la importancia del bosque y otras áreas con vegetación como las quebradas. De otro modo, tendrían que comprar leña en los mercados locales para cubrir sus necesidades. Además de ello, se puede observar algunos beneficios potenciales del bosque en términos de diversidad biológica, que ameritan su estudio y atención por parte de hacedores de políticas y otros actores relacionados con el desarrollo campesino, a fin de motivar un uso racional de ese recurso que permita a los productores beneficiarse económicamente y se comprometan verdaderamente con los propósitos de la conservación de recursos naturales.



NV. Pasto Avena
NC. Arrenatherun elatius

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