

¿Cómo hacerlo?

Sistemas agroforestales para el manejo de cuencas en zonas andinas semiáridas

Andreas Preisig ¹
Herbert Espinoza ¹



Terreno en proceso de siembra en la cuenca Pintu Mayu, Bolivia en combinación con arbustos y árboles nativos y exóticos (Foto PROMIC).

INTRODUCCION

El manejo integral de las cuencas en zonas semiáridas implica enfrentar muchos problemas. Entre ellos: disminución de la cobertura vegetal, uso inadecuado de la tierra por parte de los agricultores, con los consiguientes procesos de erosión y transporte de sedimentos. Por otra parte, en muchos sitios de la zona andina, el aumento de la población y sus necesidades crecientes han provocado un proceso de degradación ambiental alarmante. El manejo de árboles y arbustos en las fincas de los campesinos es uno de los componentes claves del manejo de cuencas, sobre todo en zonas semiáridas, donde los pocos pero intensos eventos de precipitación pueden causar severos daños en las zonas de influencia de los valles.

En las reforestaciones masivas tradicionales, el objetivo principal ha sido siempre la producción de madera. Como por lo general se trata de producir madera de calidad, los árboles deben ser de rápido crecimiento y cumplir ciertos requisitos cualitativos desde el vivero, para obtener en el menor tiempo, la mayor rentabilidad posible. Estas prácticas pueden crear serias desventajas ambientales, similares a las que ocasiona la agricultura intensiva, pues la producción y renovación del cultivo en una secuencia rápida empobrece el suelo por la excesiva sustracción de nutrientes, como sucede con algunas especies de pino (Schulte, 1992).

Un manejo forestal orientado a la producción de madera muchas veces no resulta adecuado para las cuencas altas andinas tanto por razones sociales, como por los problemas de acceso que presentan las zonas accidentadas, que dificultan el manejo y la extracción del producto y elevan mucho los costos. La implementación de una red de caminos de acceso para el manejo y aprovechamiento de las masas boscosas de producción por lo general implica un riesgo adicional para las laderas de las cuencas, que a menudo son geológicamente frágiles.

A continuación se describe una metodología agroforestal apropiada para el manejo de cuencas en zonas andinas semiáridas, donde lo prioritario es la protección de los valles, junto con la rehabilitación y conservación de las cuencas. Esta metodología es el resultado de cuatro años de trabajo del

¹ Funcionarios del Programa Manejo Integral de Cuencas, PROMIC, Cochabamba, Bolivia, casilla 4909. Fax 42-91095

Programa Manejo Integral de Cuencas (PROMIC) en Cochabamba, Bolivia y de experiencias recopiladas en otros proyectos.

Agroforestería para el manejo de cuencas andinas semiáridas

El componente arbóreo en agroecosistemas ofrece una serie de ventajas para el uso adecuado de las cuencas. Las especies utilizadas en agroforestería deben ofrecer múltiples beneficios y no tener muchos requisitos de cuidado y manejo. Además, deben ser resistentes a enfermedades, vientos y eventos climáticos extremos e integrarse armónicamente con los sistemas existentes. Tanto las especies nativas como las exóticas pueden ofrecer una cobertura vegetal apropiada. Con podas

adecuadas, algunas especies nativas, como *Buddleja* sp., producen excelentes cantidades de leña; otras, como *Spartium junceum* y *Cassia tomentosa*, mantienen la fertilidad de los suelos y producen forraje para el tiempo de estiaje.

Para que la implementación de los sistemas agroforestales y silvopastoriles cumpla los objetivos planificados, es necesario seleccionar las especies que se utilizarán entre las que se adaptan bien al ecosistema natural, buscando una combinación de especies que ofrezca en el futuro la variedad de efectos y productos deseados. En el Cuadro 1 se presenta una lista de las especies propuestas para ser usadas en el área de acción del PROMIC.

Cuadro 1. Especies de árboles y arbustos propuestas para ser usadas en la Cordillera de Tunari, Cochabamba, por pisos altitudinales.

2600 - 3000 msnm	3000 - 3400 msnm	3400 - 3800 msnm	3800 - 4200 msnm
<i>Acacia visco</i>	<i>Spartium junceum</i>	<i>Berberis boliviana</i>	<i>Polylepis besseri</i>
<i>Tipuana Tipu</i>	<i>Baccharis latifolia</i>	<i>Polylepis besseri</i>	<i>Ginoxys glabriuscula</i>
<i>Jacarandá mimosifolia</i>	<i>Sambucus peruviana</i>	<i>Buddleja</i> sp.	<i>Buddleja</i> sp.
<i>Schinus molle</i>	<i>Schinus molle</i>	<i>Baccharis</i> sp.	<i>Solanum nitidum</i>
<i>Erythrina</i> sp.	<i>Alnus acuminata</i>	<i>Alnus acuminata</i>	
<i>Salix humboldtiana</i>	<i>Salix humboldtiana</i>	<i>Sambucus peruviana</i>	
<i>Spartium junceum</i>	<i>Populus</i> sp.	<i>Dunalia spinosa-horrida</i>	
<i>Dodonaea viscosa</i>	<i>Escallonia resinosa</i>		
<i>Santoxylum coco</i>	<i>Alnus acuminata</i>		
<i>Alnus acuminata</i>	<i>Escallonia myrtilloides</i>		
<i>Caesalpinia tinctoria</i>	<i>Santhoxylum coco</i>		
	<i>Cantua buxifolia</i>		
	<i>Cassia tomentosa</i>		

Las experiencias del PROMIC demostraron que con un método de extensión y planificación participativa se puede obtener una respuesta entusiasta hacia los sistemas agroforestales. A través de las experiencias técnicas y sociales desarrolladas durante cuatro años de trabajo participativo con la población de las cuencas, el PROMIC logró definir propuestas conceptuales en agroforestería orientadas a que el árbol y los arbustos fueran introducidos nuevamente en los sistemas de producción campesina.

Aplicación de sistemas agroforestales para el manejo de cuencas

En el marco del manejo integral de cuencas, se proponen los siguientes sistemas agroforestales por sus efectos positivos en el manejo del espacio, en la conservación de los suelos o en la rehabilitación y estabilización de áreas degradadas:

Barreras vivas con formación lenta de terrazas para uso agrícola. Consiste en el establecimiento o manejo de especies leñosas, formando hileras o bandas continuas de vegetación que siguen las curvas de nivel de las laderas. Las barreras vivas interceptan la escorrentía producida por la lluvia y la tierra arrastrada por ella. La tierra se acumula sobre la barrera y como resultado de este proceso, con el tiempo se forman pequeñas terrazas en el relieve de la ladera.

Estabilización de cárcavas y taludes. La concentración de la escorrentía en zonas con pendiente elevada e inadecuado manejo de suelos puede provocar cárcavas. En estas condiciones, se establecen bosquetes de uso múltiple sobre la misma cárcava para frenar los procesos de erosión. Para proteger los taludes de los cauces susceptibles a deslizamiento, se establece una densa cubierta vegetal de especies arbustivas y herbáceas.

Bosquetes en la cabecera de cárcavas y ríos. En las zonas altas de las colinas o en las cabeceras de cuenca, se establecen o mantienen bosquetes densos de diversas especies, que conforman varios estratos (árboles, arbustos y vegetación anual). Estos bosquetes actúan como reguladores del escurrimiento y el flujo del agua de lluvia desde la cabecera hacia las partes bajas, evitando la formación de cárcavas.

Estabilización de riberas y acequias. Los ríos y quebradas erosionan las áreas ribereñas, lo que produce pérdidas de terreno que afectan la estabilidad de los taludes. Las áreas ribereñas se estabilizan por medio de plantación y manejo de vegetación leñosa. Con el tiempo, los canales de riego y las acequias de desagüe de los campos de cultivo se desestabilizan y destruyen por el arrastre del agua. Para evitar estos problemas, se establece y maneja vegetación arbórea, arbustiva, herbácea y pastos en las orillas y zonas adyacentes.

Cultivos mixtos de especies arbóreas y agrícolas. Algunas especies forestales tienen la propiedad de incorporar nitrógeno al suelo, a través de microorganismos generados especialmente a nivel radicular que fijan este elemento. Esas especies forestales se usan en combinación con prácticas de conservación de suelos para fomentar su fertilidad, lo que incentiva la concentración de la agricultura en zonas aptas y reduce la ampliación de la frontera agrícola.

Follaje de especies forestales para materia orgánica. El follaje y las ramas tiernas de los árboles son utilizados como abono. Se incorporan al suelo unos meses antes de la siembra, para aumentar la materia orgánica e incrementar la productividad. Esta técnica mejora las propiedades físicas del suelo, aumenta la capacidad de infiltración y disminuye el riesgo de erosión.

Cercos vivos y cercos espinosos. Los cercos vivos son las prácticas agroforestales más difundidas porque contribuyen a generar un microclima más benigno, que mejora las condiciones para la producción agrícola. Cuando se establecen apropiadamente, forman redes eficientes para la retención de suelos y los protegen de la erosión. Muchas de las especies presentes en los cercos vivos que circundan las propiedades de los campesinos se caracterizan por un rebrote rápido y fácil. Se tala para obtener una primera cosecha de madera, el tocón produce rebrotes que crecen y maduran rápidamente, produciendo varillas que pueden utilizarse como material para la construcción, en la fabricación de herramientas y otros. Diversas especies arbustivas, cactáceas o de zarzas leñosas provistas de espinas pueden establecerse y manejarse formando cercos vivos cerrados. Además de protección, los cercos vivos de espinos ofrecen los beneficios de cobijo termorregulador y evitan el ingreso de animales a las parcelas.

Cortinas rompevientos y cortinas contra heladas. Las cortinas rompevientos son cercos de vegetación arbórea y arbustiva dispuestos en sentido transversal a los vientos dominantes, con el fin de proteger los cultivos. Estas cortinas interceptan los vientos fuertes, disminuyen su velocidad y atenúan sus efectos perjudiciales, incluyendo la erosión eólica. También conforman redes de retención de suelos y de protección contra la erosión. Las cortinas contra heladas son cercos muy densos y tupidos de altura mediana, formados principalmente por árboles, a veces acompañados de arbustos. Se establecen alrededor de los cultivos para neutralizar los efectos de las heladas, que suelen ocurrir en horas de la madrugada. En zonas de frío extremo, es preciso proteger el cerco recién establecido con un muro de piedras hasta que las plantas se hagan más grandes y resistentes. Dependiendo de las especies establecidas, se pueden obtener diversos productos, como leña, frutos y miel.

Cuadro 2. Potencialidades de las diferentes especies arbóreas y arbustivas para su utilización en los distintos sistemas agroforestales.

Nombre de especie	Rebrotos	Cercos vivos	Cortinas rompev.	Cortinas contra heladas	Cercos espinosos	Barraeras vivas	Estab. de carcavas	Estab. de taludes	Estab. de riberas	Bosquetes en cabecera	Cultivos asociados Mixtos	Materia orgánica	Estab. acequias canales	Estab. Muros y andenes	Ferrolja	Recup. de suelos	Fijación de nitrógeno	Sistema silvopastoril
<i>Acacia saligna</i>										●						●	●	
<i>Agave americana</i>					●	●	●	●	●					●				
<i>Alnus acuminata</i>			●			●			●		●	●			●			●
<i>Baccharis latifolia</i>						●		●			●					●		
<i>Buddleja coriacea</i>	●	●	●	●		●												
<i>Buddleja sp.</i>	●	●	●	●		●												
<i>Caesalpinia tinctoria</i>	●	●				●												
<i>Caritua buxifolia</i>	●	●				●			●									
<i>Casuarina sp.</i>		●									●				●			
<i>Cassia haackeriana</i>	●	●				●									●			
<i>Cassia tomentosa</i>	●	●				●												
<i>Cupressus macrocarpa</i>		●						●										
<i>Dodonaea viscosa</i>		●				●	●	●										
<i>Dunalia spinosa-hairida</i>		●			●	●												
<i>Escallonia angustifolia</i>	●								●									●
<i>Escallonia resinosa</i>		●									●							●
<i>Erythrina sp.</i>		●									●				●			
<i>Eucalyptus globulus</i>		●	●					●			●							●
<i>Fraxinus americana</i>		●	●															
<i>Jacaranda mimosaefolia</i>		●	●						●									●
<i>Kageneckia lanceolata</i>		●													●			
<i>Leucaena leucocephala</i>		●				●	●	●			●				●	●	●	
<i>Myrcianthes sp.</i>	●	●																
<i>Opuntia ficus-indica</i>		●			●	●					●				●			
<i>Passiflora mollissima</i>		●				●					●							
<i>Pinus radiata</i>		●	●			●			●			●						
<i>Podocarpus parlatorei</i>		●	●			●												
<i>Polyplepis bessert</i>		●									●							
<i>Populus sp.</i>		●	●			●					●				●			
<i>Pinus serotina</i>	●	●	●			●			●									
<i>Salix humboldtiana</i>	●	●	●															
<i>Sambucus peruviana</i>		●	●			●						●						●
<i>Schinus molle</i>		●	●			●						●						
<i>Solanum nigrum</i>		●	●			●	●	●										
<i>Spartium junceum</i>		●	●			●	●	●							●	●	●	
<i>Tipuana tipu</i>		●							●						●			

En el Cuadro 2 se indica el potencial de uso en diferentes sistemas agroforestales de varias especies arbóreas y arbustivas, con base en la experiencia del PROMIC y los datos publicados por Reynel y León (1990).

Criterios para la selección de especies

En el Cuadro 3 se presenta un resumen de la calificación

de diferentes especies según las funciones que pueden cumplir en un sistema de producción campesina. Los símbolos utilizados en la calificación fueron los siguientes:

-- = muy negativo ++ = muy positivo
+ = positivo 0 = neutro
- = negativo

Cuadro 3 Calificación de las especies de acuerdo con su desempeño según criterios agroecológicos y de producción

NOMBRE CIENTIFICO	ASPECTOS AGROECOLOGICOS			PRODUCCION			
	Integración al ecosistema	Protección contra erosión	Mejoramiento de suelos	Agricultura	Leña	Forraje	Madera
1 <i>Acacia saligna</i>	+	+	++	+	++	0	0
2 <i>Agave americana</i>	+	++	0	+	0	0	0
3 <i>Alnus acuminata</i>	++	+	++	++	+	0	+
4 <i>Baccharis latifolia</i>	++	++	+	+	+	0	0
5 <i>Buddleja coriacea</i>	+	++	+	++	+	0	0
6 <i>Buddleja</i> sp.	+	+	+	+	0	0	0
7 <i>Caesalpinia tinctoria</i>	+	0	0	+	+	0	+
8 <i>Cantua buxifolia</i>	+	0	0	+	0	0	0
9 <i>Casuarina</i> sp.	0	0	+	0	+	0	++
10 <i>Cassia hookeriana</i>	++	++	++	+	0	+	0
11 <i>Cassia tomentosa</i>	++	++	++	+	0	+	0
12 <i>Cupressus macrocarpa</i>	0	0	0	+	+	0	++
13 <i>Dodonaea viscosa</i>	++	++	+	+	+	0	0
14 <i>Dunalia spinosa-orrida</i>	+	+	+	+	0	+	0
15 <i>Escallonia angustifolia</i>	++	+	+	++	+	0	++
16 <i>Escallonia resinosa</i>	++	+	+	++	+	0	++
17 <i>Erythrina</i> sp.	+	0	0	+	+	+	+
18 <i>Eucalyptus globulus</i>	--	--	--	--	++	-	++
19 <i>Fraxinus americana</i>	0	0	0	+	++	0	++
20 <i>Jacaranda mimosifolia</i>	+	+	+	+	+	0	+
21 <i>Kegeneckia lanceolata</i>	+	0	0	0	+	0	+
22 <i>Leucaena leucocephala</i>	++	+	++	++	+	++	0
23 <i>Myrcianthes</i> sp.	+	+	+	+	+	0	+
24 <i>Opuntia ficus-indica</i>	+	0	0	+	0	+	0
25 <i>Pastiflora mollissima</i>	+	0	+	+	0	0	0
26 <i>Pinus radiata</i>	-	--	--	0	+	-	+
27 <i>Podocarpus parlatorei</i>	++	++	+	0	+	0	++
28 <i>Polylepis bessi</i>	++	++	++	++	++	0	+
29 <i>Populus</i> sp.	+	0	0	+	+	0	++
30 <i>Prunus serotina</i>	+	0	0	+	0	0	+
31 <i>Salix humboldtiana</i>	++	+	+	0	+	+	+
32 <i>Sambucus peruviana</i>	++	+	0	+	0	0	0
33 <i>Schinus molle</i>	++	++	++	++	+	0	+
34 <i>Solanum nitidum</i>	+	+	+	++	0	0	0
35 <i>Spartium junceum</i>	++	++	++	++	+	+	0
36 <i>Tipuana tipu</i>	++	++	++	++	+	++	0

La calificación presentada en el cuadro anterior se fundamenta en diferentes propiedades de las especies y en su potencial de uso, de acuerdo con los criterios que se describen a continuación.

Integración al ecosistema natural

Las observaciones de campo muestran que las especies nativas se adaptan con facilidad a los agroecosistemas

existentes, pero hay especies exóticas que presentan las mismas propiedades, como *Spartium junceum*

Protección contra la erosión

Aquí califican bien las plantas que presentan un sistema radicular amplio y las que pueden aumentar significativamente la cobertura vegetal y la hojarasca, como *Baccharis dracunculiflora*

Mejoramiento de suelos

Se adjudicó un puntaje alto a las leguminosas por su capacidad fijadora de nitrógeno y a las especies con gran cantidad de follaje para la producción de materia orgánica. En este aspecto, *Eucalyptus* spp. y *Pinus* spp. recibieron puntajes negativos por su influencia no deseable sobre los suelos.

Agricultura

La calificación se basa en las posibilidades de integración de la especie a los sistemas de producción agrícola

Producción

- a) leña: las especies con elevado valor calorífico recibieron un puntaje alto
- b) forraje: las especies que producen forraje para el ganado y son resistentes al ramoneo obtuvieron una buena calificación.
- c) madera: el criterio principal para la puntuación fue el rápido crecimiento. Algunas especies exóticas ofrecen ventajas considerables en este aspecto.

CONCLUSIONES

En las zonas andinas semiáridas, la implementación de sistemas agroforestales es un componente importante en el manejo integral de cuencas para la rehabilitación y conservación de los recursos suelo y vegetación. Los sistemas agroforestales, establecidos conjuntamente con obras de conservación de suelos son una buena alternativa a la reforestación masiva, que a menudo no se adecua a las condiciones sociales y ecológicas de las zonas altas andinas. Aparte de los beneficios productivos que la agroforestería ofrece al pequeño agricultor, los sistemas agroforestales adecuadamente establecidos cumplen importantes funciones dentro del manejo integral de cuencas:

- contribuyen al ordenamiento del espacio y a la planificación de las fincas, apoyando la concentración del uso agrícola en zonas aptas para la agricultura;

- coadyuvan a la conservación de suelos, sobre todo cuando se combinan con obras mecánicas de conservación;
- mejoran la estructura de los suelos, incrementando la capacidad de infiltración y disminuyendo su erodabilidad;
- sirven como técnica para el manejo de aguas en las cabeceras de cárcavas y en las áreas adyacentes de taludes.

BIBLIOGRAFÍA

-
- AUGSBURGER, F 1984 Erfahrungen mit dem Transfer ökologischer Landbautechniken an Kleinbauern Bolivianischer Hochtäler *In* Ökologischer Landbau in den Tropen Verlag C.F Müller, Karlsruhe, Alemania p 183-190
- COMBE, J 1982 Agroforestry techniques in tropical countries - potential and limitations. *Agroforestry Systems* 1:13-27.
- ELLENBERG, H. 1981 Desarrollar sin destruir - respuestas de un ecólogo a 15 preguntas de agrónomos planificadores bolivianos La Paz, Bolivia Instituto de Ecología, Univ Mayor de San Andrés s p
- IBISCH, P. 1993 Konzeption, Planung und Ablauforganisation für die Implementierung agroforstlicher Massnahmen. Cochabamba, Bolivia PROSANA, GTZ 225 p
- REYNEL, C; LEON, G 1990. Arboles y arbustos andinos para agroforestería y conservación de suelos N° 2, Especies. Lima, Perú FAO/DGFF, 322 p
- SCHULTE, A 1992 Reforestación y agroforestería en los Andes - especies nativas *versus* especies exóticas *Revista de Agricultura* 18:18-25.
- TREES FOR PEOPLE 1993 Taller de Agri-Cultura Informe de consultoría al PROMIC, Cochabamba, Bolivia 62 p
- VON MAYDELL, H J. 1982 Möglichkeiten zur Erhöhung der humanökologischen Tragfähigkeit durch agroforstliche Massnahmen in semiariden Gebieten tropischer und subtropischer Gebiete *Giessener Beiträge zur Entwicklungsforschung* 8 (Reihe 1):121-130.