

Sistemas agroforestales en áreas de recarga de agua para consumo humano en la cuenca alta del río Bobo, Colombia.

1. Sistemas agroforestales con potencial hidroecológico y socioeconómico¹

María Eugenia Vela Enríquez²;
Francisco Jiménez³

La mayoría de los productores de la zona de estudio determinaron que las cercas vivas constituyen el sistema agroforestal con mayor potencial para la protección y conservación del recurso hídrico. Las principales especies arbóreas utilizadas son *Senna siamea* y *Alnus glutinosa*, la cual es la preferida ya que de ella se obtienen postes y leña y además, ayuda a la preservación del recurso agua.



Foto: María Eugenia Vela.

¹ Basado en Vela (2009)

² Programa Gestión Integral del Recurso Hídrico, CORPONARIÑO. mariavela11@yahoo.es, mvela@catie.ac.cr

³ Programa Gestión Territorial de Recursos Hídricos y Biodiversidad, CATIE. fjimenez@catie.ac.cr

Resumen

En la cuenca alta del río Bobo, Colombia, se practica la agricultura intensiva -principalmente el cultivo de papa- en zonas prioritarias para la recarga de las fuentes de agua para consumo humano. Aunque el cultivo es muy rentable, afecta la calidad y regulación del agua; por ello se busca introducir algunos sistemas agroforestales que podrían contribuir a mejorar la calidad y disponibilidad de agua. Con la participación activa de los agricultores y propietarios de las tierras y la aplicación de diferentes herramientas metodológicas, se identificaron, caracterizaron y priorizaron los principales sistemas agroforestales que, según la experiencia local, contribuyen a la recarga hídrica. Posteriormente, se determinaron los costos de establecimiento, mantenimiento y rentabilidad de los mismos y se calculó el monto de compensación que se debiera ofrecer a los productores o propietarios de la tierra por adoptar el sistema agroforestal papa-cercas vivas de aliso, que fue el SAF con mayor potencial hidroecológico y socioeconómico para la zona de estudio.

Palabras claves: Recursos hídricos; abastecimiento de agua; conservación de aguas; agroforestería; cerca viva; productividad; rentabilidad, costos, *Senna siamea*; *Alnus glutinosa*; río Bobo, Colombia.

Summary

Agroforestry systems in water recharge areas for human consumption in Bobo River, Colombia. 1. Agroforestry systems with hydroecological and socioeconomic potential. Intensive agriculture is practiced in the upper basin of Bobo River, where potato is the main cash crop in areas where water recharge for human consumption is of first importance. Even though potato is a very profitable crop, it affects the quality of water and the hydrological regulation; that's the reason why the introduction of some agroforestry systems could help to improve both quality and availability of water. With the active participation of farmers and landowners, and the use of different methodological tools, major agroforestry systems contributing to water recharge were identified, characterized and prioritized. The establishment and maintenance costs as well as profitability of those agroforestry systems were also determined. Finally, the amount of money to be offered to producers or landowners as compensation for adopting the agroforestry system potato-alder hedgerows was also calculated. This was the agroforestry system with the greatest hydroecological and socioeconomic potential in the study area.

Keywords: Water resources; water supply; water conservation; agroforestry; hedges; productivity; profitability; costs; *Senna siamea*; *Alnus glutinosa*; Bobo river; Colombia.

Introducción

El agua es un recurso limitado y sometido a grandes presiones de uso; de hecho, la escasez de agua constituye uno de los principales desafíos del siglo XXI al que se están enfrentando ya numerosas sociedades de todo el mundo (ONU 2010). Es por ello que en años recientes, el pago por servicios ecosistémicos y los mecanismos de compensación económica han venido recibiendo mucha atención como herramientas innovadoras para financiar inversiones

en manejo sostenible de tierras en varios países de América Latina.

En las cuencas hidrográficas, los servicios hidrológicos son particularmente relevantes; por eso, los mecanismos de compensación económica buscan incentivar a los productores ubicados en la parte alta de las cuencas para que cuiden la calidad y cantidad de agua que aprovechan los usuarios en la parte baja (Redlach 2004). La agricultura también juega un papel significativo en la provisión de servicios ecosistémicos (Barry y Cuellar 1997).

Los pagos a los agricultores, quienes son el mayor grupo de personas encargadas de manejar los recursos naturales, podrían jugar un rol importante en la protección del medio ambiente, el combate de los efectos del cambio climático, la pérdida de la biodiversidad y la escasez de agua potable (FAO 2007).

La introducción de técnicas y prácticas de conservación de suelos y agua, la agroforestería, la promoción de plantaciones forestales y la agroecología representan alternativas importantes para potenciar el

rol estratégico que puede jugar el sector agropecuario en la generación de servicios ecosistémicos, especialmente el hídrico (Barry y Cuellar 1997). Los sistemas agroforestales bien manejados, además de proporcionar beneficios económicos a los productores, pueden contribuir con una serie de beneficios ambientales (estabilización del clima, conservación de la biodiversidad, fijación y almacenamiento de carbono, regulación hidrológica, protección de las zonas de recarga hídrica) similares a los que proporcionan los bosques. Los árboles en los SAF pueden reciclar los nutrientes en forma conservadora, lo que reduce la pérdida por lixiviación y la contaminación de las aguas freáticas por nitratos u otras sustancias dañinas para el ambiente y la salud humana (Jiménez y Muschler 2001). Según Stadtmüller (1994), las microcuencas con cobertura forestal (bosque o SAF) producen agua de alta calidad debido a la infiltración y la disminución de la escorrentía y lixiviación de nutrientes.

La cuenca del río Bobo, Colombia, históricamente ha sido intervenida por las comunidades que desarrollan una agricultura en torno a especies agrícolas de importancia económica, especialmente el cultivo intensivo de papa y, en menor escala e intensidad, trigo, cebada, avena, haba, maíz, ulluco y plantas medicinales para autoconsumo en huertas caseras. Otro componente de la economía de la región es la ganadería de leche en rotación con la agricultura. Estas actividades productivas inciden en la contaminación del agua en manantiales y acuíferos (Conif y Empopasto 2004) y ponen en riesgo el suministro de agua para consumo humano.

Este estudio se realizó con la finalidad de determinar la posibilidad de implementación de un esquema de pago por el servicio ecosistémico hídrico, con el fin de estimular la adopción de sistemas y prácticas agroforestales en las principales zonas de suministro de agua para

consumo humano. Se buscó determinar los SAF y especies que tienen potencial hidroecológico y socioeconómico en el área de estudio, los costos de implementación del SAF, la rentabilidad de la producción y el monto de compensación que podrían recibir los agricultores por implementar sistemas agroforestales que contribuyan a la generación de servicios ecosistémicos, especialmente el hídrico.

El rea de estudio

La cuenca del río Bobo (Fig. 1) se ubica al sur oriente del municipio de Pasto, departamento de Nariño, Colombia, entre 2800 y 4200 msnm (Corponariño 2005). Las subcuencas de los ríos Bobo y Opongoy conforman la cuenca del río Bobo, la cual cubre 22.571 ha y forma parte de la gran cuenca del río Patía. El Bobo es de vital importancia para el abastecimiento del embalse de su mismo nombre, el cual funciona como fuente alterna del acueducto de San Juan de Pasto.

La investigación se realizó en la parte alta de la cuenca del río Bobo, específicamente en las veredas de Jurado (599 ha) y La Victoria (879 ha), pertenecientes a los corregimientos de Santa Bárbara y Catambuco, respectivamente. La precipitación promedio anual es de 800 mm, con un comportamiento bimodal: períodos de mayor precipitación de marzo a mayo y de octubre a diciembre y épocas de baja precipitación entre junio y setiembre. La temperatura promedio varía entre 10-12°C (Corponariño 2005).

La región presenta un patrón de usos típicos de las zonas andinas, donde existen parches de bosque nativo, bosque secundario y rastrojos en medio de cultivos y pastos, o bosques primarios intervenidos y bosques secundarios con parches de pastos y cultivos. Los modos de producción son intensivos (Corponariño 2005); la agricultura y la ganadería se practican en las zonas de

subpáramo a páramo. Los bosques primarios y secundarios constituyen el sustento económico y energético de gran parte de los habitantes de la región (Ordóñez 2007).

Un elemento relevante de la región andina colombiana es la alta concentración de minifundios: el 88% de los predios del área rural son minifundios, el 70% de los cuales tienen tamaños menores a 3 ha. Alrededor del 90% de estos están en manos privadas (Corponariño 2005).

La ausencia de procesos comunitarios para la conformación de una comunidad solidaria y con sentido de pertenencia hace que los proyectos relacionados con el desarrollo integral del corregimiento no fructifiquen ni prosperen. El liderazgo de actores comunitarios es bastante limitado (Corponariño 2005).

Proceso metodológico

Actividad 1. Para determinar las dos zonas principales de suministro de agua para consumo humano, ubicadas en la parte alta de la cuenca del río Bobo, se revisó la información secundaria y cartografía digital proporcionada por la Corporación Autónoma Regional de Nariño –CORPONARIÑO. Posteriormente, se hizo el reconocimiento de las zonas mediante recorridos de campo con el técnico en saneamiento ambiental de la Alcaldía Municipal de Pasto. Se visitaron ocho zonas, dos de las cuales (Jurado y La Victoria) cumplieron con los requisitos previamente establecidos:

- Área aproximada de 2 km², a partir de 100 m aguas abajo de la naciente hasta 1000 m a ambos lados y 900 m aguas arriba. En la zona demarcada se evaluaron los impactos de contaminación o degradación. En la vereda de Jurado, el área delimitada fue de 165 ha y 176 ha en La Victoria.
- Existencia de actividad agrícola, incluyendo sistemas agroforestales, en al menos una parte de la zona.

- La naciente es una fuente importante de agua para consumo humano.
- Grado perceptible de degradación de los recursos naturales, expansión de la frontera agrícola, o eliminación de la cobertura vegetal permanente.
- Grupos humanos que habitan en la zona.
- Los actores coinciden en que la zona abastece de agua para consumo humano.

Actividad 2. Para la identificación de los principales SAF existentes en las zonas con potencial para la protección y conservación del recurso hídrico, se realizaron recorridos de campo con apoyo de personal especializado (ingenieros agroforestales y productores de la zona) y se caracterizaron los sistemas con base en los siguientes criterios: área de cultivo, especies asociadas, arreglos espaciales, usos que se les da a las especies, prácticas de manejo, asistencia técnica, costos de producción y relación beneficio/costo.

Con el fin de reconocer las especies que contribuyen más a la regulación hidrológica y la producción permanente de agua, se convocó a 60 productores de Jurado y La Victoria, especialmente aquellos ubicados en zonas de recarga hídrica, a un taller de capacitación; 45 de ellos participaron luego en un recorrido de campo en las zonas de recarga hídrica aparente. Para estimular la participación activa y creativa de los asistentes se conformaron dos comisiones: una con los productores que aportaron sus conocimientos y otra con los productores que participaron en el recorrido de campo. Posteriormente, en la plenaria se socializaron los aspectos más importantes entre todos los participantes de la capacitación. Se consultó a los productores sobre la existencia de otros SAF que no se encuentran en las áreas priorizadas, pero que tienen potencial para la regulación

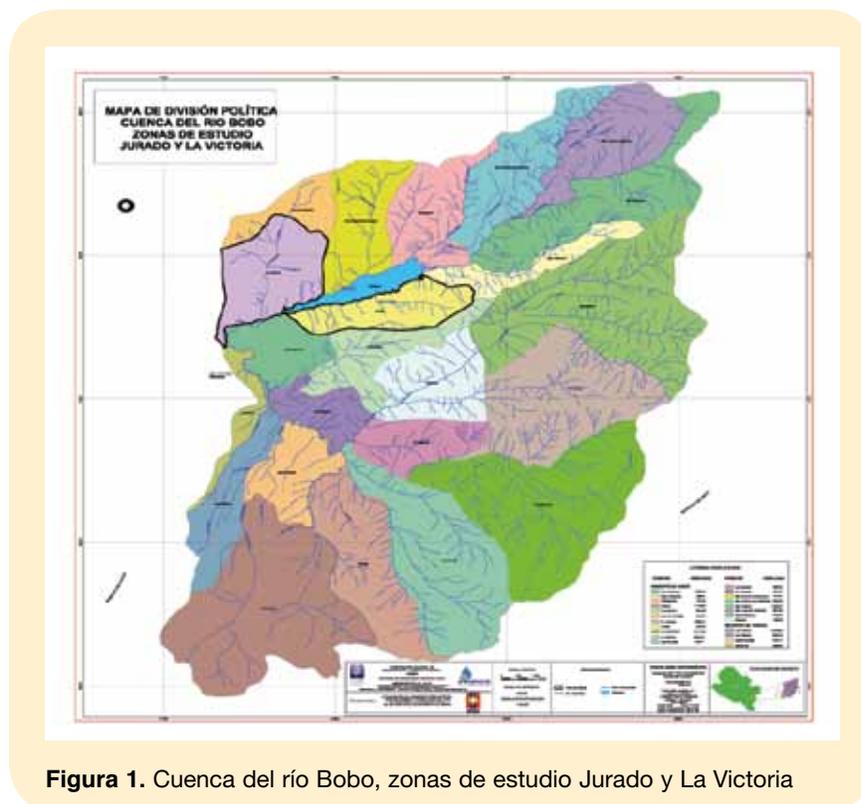


Figura 1. Cuenca del río Bobo, zonas de estudio Jurado y La Victoria

y producción hídrica y viabilidad ecológica y socioeconómica.

Actividad 3. Para los SAF con potencial para la regulación hídrica y la generación del servicio ecosistémico hídrico se determinaron los costos de: a) establecimiento de los mismos en remplazo de cultivos anuales o intensivos que afectan la regulación hidrológica y b) mantenimiento de los SAF ya existentes en las zonas prioritarias identificadas. Para generar la información, se utilizaron estudios realizados en la zona y se complementaron con las opiniones expresadas por los productores. Los costos de establecimiento de los SAF se estimaron por hectárea y por año, teniendo en consideración los siguientes aspectos: preparación del terreno; trazado, planteo y ahoyado; adquisición de semillas y plántones o árboles; transporte de plántulas; siembra; control fitosanitario; aplicación de fertilizante; replante; limpiezas y podas; construcción de obras y prácticas de conservación de suelos

y aguas; mantenimiento de las plantaciones y mano de obra. Para determinar los costos de mantenimiento de las plantaciones y de obras y de las prácticas de conservación de suelos se tomó en cuenta el control fitosanitario, aplicación de fertilizantes, limpiezas, podas y mano de obra.

Actividad 4. Se determinó la ganancia que perciben los agricultores por la venta de sus productos agrícolas, tanto en SAF como en sistemas netamente agrícolas (en este caso, papa). La estimación de las ganancias se hizo mediante consultas a los productores y corroboración de datos con la Federación Colombiana de Productores de Papa. Las técnicas de análisis económico utilizadas fueron el análisis beneficio/costo (B/C), que refleja el beneficio neto que el productor obtiene por cada unidad monetaria invertida; la tasa interna de retorno (TIR), para establecer el porcentaje de ganancia que obtiene el productor según la inversión hecha y, por último, el valor actual

neto (VAN) para establecer la cantidad de dinero ganado en términos reales. También se calculó el costo de oportunidad por el posible cambio de uso de la tierra de monocultivo de papa a sistema agroforestal, tomando como base la rentabilidad o ingreso neto del cultivo de la papa, según la siguiente fórmula:

$$\text{Costo de oportunidad papa} = (\text{PTA} \times \text{VPM año 2009}) - (\text{CP})$$

donde: PTA = producción total promedio anual (48 t/año/ha); VPM = venta a precios de mercado (US\$292/t); CP = costos de producción (gastos en insumos y mano de obra)

El cálculo de los ingresos por el sistema agroforestal (cerca viva) se hizo considerando que el aprovechamiento total del mismo se realiza hasta el año 16:

$$\text{Ingresos por el SAF} = (\text{VPN al } 7,26\% / \text{No. total de años})$$

donde: VPN = valor presente neto de los beneficios y costos del sistema; 7,26% = tasa de interés año 2009, según el Banco de la República de Colombia; total de años = 16 años en el cual se puede hacer el aprovechamiento total del sistema.

Actividad 5. Se determinó el monto a pagar a los productores que tienen SAF que favorecen la regulación hidrológica o que están dispuestos a implementar los mismos en sus cultivos anuales en las zonas prioritarias para el abastecimiento de agua. Para ello se utilizó como primer criterio el costo de oportunidad del valor de uso actual de la tierra (cultivo). En el caso de que los agricultores ya tengan SAF o deseen implementarlos, el monto de compensación se determinó por el costo de oportunidad más un incentivo del 50%⁴ sobre los ingresos actuales que tiene el productor por esa actividad.

Resultados y discusión

Principales sistemas agroforestales identificados en las áreas de estudio

Junto con los productores se determinó que los principales usos de la tierra en la zona de estudio son: monocultivo (papa), bosques (primarios y secundarios) y sistemas agroforestales (cercas vivas, árboles dispersos y bancos forrajeros). Los resultados de la priorización de los SAF con potencial para la protección y conservación del recurso hídrico se detallan en el Cuadro 1.

En opinión de los productores, las cercas vivas son las de mayor importancia: “*ellas ayudan a conservar el agüita y mantenerla en épocas secas*”, según afirma uno de los agricultores que asistió al recorrido de campo. Las especies más utilizadas y, por lo tanto, las que tienen mayor aceptación entre los productores son especies de uso múltiple, de valor en la protección y conservación de suelos o para la producción de leña, carbón, frutos, postes, madera, alimento para ganado. Además, son especies nativas de fácil reproducción y de buen crecimiento en la zona de estudio.

Costos asociados a la implementación o mantenimiento de los principales sistemas agroforestales

En el Cuadro 2 se detallan los costos de establecimiento o mantenimiento de los SAF con potencial para la regulación hídrica y la generación de este servicio ecosistémico en las dos zonas evaluadas. El sistema que demanda menores costos de implementación y mantenimiento son los árboles dispersos, seguido por las cercas vivas y bancos forrajeros.

Los árboles dispersos son un sistema fácil y barato para aumentar

la cobertura arbórea en la finca y obtener productos necesarios como leña, forraje y madera (Sánchez et ál. 2004). Sin embargo, son pocos los productores que están dispuestos a plantar árboles pues sus parcelas son pequeñas (entre 1 y 3 ha), por lo que prefieren dedicarlas a actividades más intensivas.

Los bancos forrajeros demandan mayores costos de inversión, ya que requieren insumos para tener buenos rendimientos. Los productores de la zona son de recursos muy limitados y no todos poseen ganado, por lo que este sistema agroforestal no siempre es atractivo. Algunos de los que tienen ganado, sí lo utilizan para complementar la alimentación animal.

Las cercas vivas no exigen mucha inversión y tienen múltiples beneficios socioeconómicos y ambientales (Otárola et ál. 2000). Entre los beneficios socioeconómicos están la leña, forraje, estacas, postes, frutos, flores; además, delimitación de propiedades, parcelas y caminos y reducción de la presión humana sobre el bosque. Los principales beneficios ambientales son la regulación de la temperatura y vientos, sombra, refugio para animales, conservación del suelo y del recurso hídrico, belleza escénica, fijación de carbono, hábitat para biodiversidad. La mayoría de esos beneficios fueron identificados y valorados por los productores de la zona de estudio, aunque los más preciados son la leña, forraje y postes.

Con base en estos resultados, se seleccionaron las cercas vivas como el sistema agroforestal de mayor potencial para mejorar el suministro del servicio ecosistémico hídrico en la zona de estudio. Este SAF fue empleado para el análisis de rentabilidad con respecto al monocultivo de papa que predomina en la zona.

⁴ Este porcentaje se está evaluando con esta investigación; la idea es incentivar a los productores u oferentes para que generen el servicio ecosistémico hídrico.

Rentabilidad de la producción

Cultivo de la papa

El rendimiento promedio y la ganancia anual que perciben los agricultores por la venta de papa, principal producto agrícola de la zona, se determinaron mediante consulta con los productores de las zonas evaluadas y con la Federación Colombiana de Productores de Papa. El rendimiento promedio anual de la papa en Jurado y La Victoria es de 48 t/ha. La mayoría de los productores de la zona producen papa parda, pastusa y capiro, las de mayor consumo familiar y éxito comercial en Colombia (El Labriego 2008). La aplicación de una encuesta socioeconómica permitió determinar que el 80% del producto se comercializa en la ciudad de Pasto y el 20% es para autoconsumo.

Mediante la relación B/C se precisaron las ganancias que perciben los agricultores a partir de la venta de la producción total de papa de un año a precios de mercado 2009; se asumió un rendimiento promedio de 48 t/ha/año, menos los costos de producción (insumos y mano de obra). Se estableció que el flujo neto que perciben los productores por la comercialización de la papa es de US\$6703 (Cuadro 3). Los productores venden su producción embolsada, lo que implica mayores costos pero también mayores ingresos.

Con los datos de rentabilidad e ingresos percibidos, se procedió a hacer el análisis económico del monocultivo de papa para estimar los beneficios y costos de dicho sistema. Para el cálculo de la relación B/C se consideraron los ingresos y egresos netos actuales y se determinó el monto de los beneficios por cada dólar invertido. La relación B/C fue de 1,54, lo que significa que el cultivo de papa es una alternativa viable porque los ingresos netos son superiores a los egresos netos, ya que por cada dólar invertido se obtiene un beneficio bruto de US\$0,54. Para

Cuadro 1. Sistemas agroforestales con potencial para la protección y conservación del recurso hídrico, priorizados por los agricultores en Jurado y La Victoria, Colombia

Sistemas	No. productores de acuerdo	Porcentaje	Principales especies utilizadas
Cercas vivas	28	62	Saúco (<i>Sambucus nigra</i>), encino (<i>Quercus ilex</i>), chilca (<i>Hesperomeles</i> sp.), floripondio (<i>Brugmansia arborea</i>), ciprés (<i>Cupressus sempervirens</i>), acacia (<i>Senna siamea</i>), aliso (<i>Alnus glutinosa</i>), eucalipto (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>), pino (<i>Pinus pinea</i>)
Bancos forrajeros	14	31	Saúco (<i>S. nigra</i>), encino (<i>Q. ilex</i>), aliso (<i>A. glutinosa</i>), acacia (<i>S. siamea</i>)
Árboles dispersos	3	7	Eucalipto (<i>E. camaldulensis</i>), floripondio (<i>B. arborea</i>), encino (<i>Q. ilex</i>), chilacuán (<i>Cariacea pubescens</i>), aliso (<i>A. glutinosa</i>), ciprés (<i>C. sempervirens</i>), acacia (<i>S. siamea</i>)

Cuadro 2. Resumen de costos de establecimiento y mantenimiento de los SAF con potencial para la generación del servicio ecosistémico hídrico en Jurado y La Victoria, Colombia

Sistemas	Establecimiento		Mantenimiento		Total	
	COL \$	USD\$	COL \$	USD\$	COL \$	USD\$
Árboles dispersos (128 árboles/ha)	577.060	280	145.000	70	722.060	351
Cercas vivas (400 m/ha)	794.800	337	130.000	63	824.800	400
Banco forrajero (400 m ² /ha)	1.025.600	498	280.000	136	1.305.600	634

Cuadro 3. Rentabilidad neta anual por hectárea de la producción de papa en Jurado y La Victoria

Descripción	US\$
Precio de venta (por tonelada)	292
Ingresos (rendimiento * precio de venta)	14.016
Costos de producción (insumos y mano de obra)	7.313
Rentabilidad neta (ingresos – costos)	6.703

establecer la TIR se utilizó la tasa de interés actual (7,26%)⁵. La TIR fue de 22%, lo que indica que el agricultor obtiene buena rentabilidad con la comercialización del producto. La TIR es un indicador superior a la tasa de interés que ofrece el mercado financiero (corporaciones de ahorro).

Sistema agroforestal cercas vivas
En las zonas de estudio se emplean diferentes especies arbóreas en el SAF cercas vivas; entre ellas se destacan acacia amarilla (*Senna siamea*)

y aliso (*Alnus glutinosa*). Esta última es la preferida de los productores, ya que de ella se obtienen postes y leña y, además, ayuda a la preservación del recurso agua. Se determinó el rendimiento promedio (Cuadro 4) y la ganancia (Cuadro 5) que perciben los agricultores por la venta de los productos derivados de las cercas vivas de aliso (leña, postes y forraje). La información fue proporcionada por los agricultores de la zona que tienen cercas vivas en sus fincas y se corroboraron mediante consultas

⁵ Tasa de interés del año 2009, según cálculos de la Superintendencia Financiera del Banco de la República de Colombia.

Cuadro 4. Rendimiento promedio de los productos derivados de 400 m de cerca viva/ha en Jurado y La Victoria, Colombia

Productos	Unidad	Cantidad global
Postes	10 postes/árbol	2000
Forraje	2 kg/árbol/año	6400
Madera	0,26 m ³ /árbol, año 16	52

Cuadro 5. Rentabilidad neta total de 400 m de cerca viva/ha en Jurado y La Victoria, Colombia

Descripción	US\$
Valor actual neto de los beneficios	1126
Valor actual neto de los costos	550
Rentabilidad neta año 16 (VAN beneficios – VAN costos)	577
Rentabilidad neta por año	36

bibliográficas. Para los cálculos se asumió que la cerca viva estaría en el perímetro de una hectárea.

Una cerca viva requiere una cierta cantidad de años para que el sistema alcance rentabilidad; ese periodo se estableció en 16 años. Los productores afirman que se puede sacar provecho a partir del cuarto año ya que es una especie nativa y de rápido crecimiento, pero a partir del año 15 ó 16 se logra el aprovechamiento pleno del sistema. Así, la rentabilidad máxima se obtiene al año 16, cuando se hace un aprovechamiento total del sistema (Cuadro 5).

La mayoría de los productores utilizan los productos derivados de las cercas vivas para autoconsumo. En promedio, extraen 2-3 árboles por año: la leña la utilizan para la preparación de alimentos, el forraje para la alimentación de sus animales y los postes para el cercado de sus parcelas o terrenos; eventualmente, una pequeña parte se comercializa en la ciudad de Pasto.

La relación beneficio/costo mostró un valor de 2,04 lo que significa que, al igual que el cultivo de la papa, las cercas vivas también son una alternativa económicamente viable para los productores. El VAN fue de US\$177 con una TIR de 15%. Según Castillo (2008), los beneficios netos que pueden percibir los agricultores por la inversión en la

conservación son relativamente pocos, en comparación con los costos y la renuncia a oportunidades productivas y económicas. En el caso que nos ocupa, el cultivo de la papa es mucho más rentable (TIR=22%) que las cercas vivas. Sin embargo, en comparación con las cercas muertas es evidente que la cerca viva genera beneficios para los productores y representa un ingreso adicional para sus familias, aparte de que se reduce la presión sobre los bosques. En general, se puede decir que tanto las cercas vivas como el cultivo de papa son rentables para el productor, ya que con ambos los resultados del VAN son positivos, la relación B/C es mayor que uno y la TIR está por encima de la tasa de descuento, lo que significa que los sistemas generan ganancias económicas.

Establecimiento de cercas vivas en las parcelas de papa

Se sabe que en las veredas de Jurado y La Victoria el cultivo de papa afecta las nacientes y manantiales que se encuentran en dicha área. La rentabilidad anual comparada del cultivo de la papa es mucho superior al SAF cercas vivas, por lo que no habría ningún incentivo para cambiar. No obstante, una opción para favorecer sistemas más amigables con la conservación y protección del recurso hídrico es el establecimiento de cercas vivas

en las parcelas de papa, aunque esto posiblemente tendría efectos sobre la productividad y rentabilidad de la papa. Con el fin de determinar tales efectos, se realizó un análisis que tuvo en cuenta los posibles cambios en ingresos debido a la modificación de los sistemas de producción bajo cuatro escenarios: 0, 10, 20 y 30% de disminución de la productividad de la papa debido a la cerca viva (Cuadro 6). Por encima del 30%, el rendimiento sería desfavorable para los productores y los indicadores económicos no serían atractivos (TIR=6% menor a la tasa de interés y B/C=0,96). La posible disminución en la rentabilidad del cultivo de la papa bajo los escenarios 10, 20 y 30% de reducción de la productividad puede ser solo ligeramente compensada con la rentabilidad agregada de la cerca viva. Deben considerarse, sin embargo, los beneficios ambientales y sociales que generan las cercas vivas; entre ellos, la mejora del servicio ambiental hídrico.

Monto de compensación por el SAF papa – cerca viva de aliso

Se calculó el posible monto de compensación económica que se debiera dar a los productores que tienen monocultivos de papa o sistemas agroforestales (cercas vivas) en zonas de recarga hídrica (Cuadro 6). A los productores se les pagaría por abandonar toda actividad productiva y, a quienes tienen cercas vivas, por mantenerlas como único uso de la tierra. Para efectos de esta investigación y con el fin de que el SAF cercas vivas sea una propuesta económicamente más atractiva, se propuso un incentivo del 50% sobre la rentabilidad de las cercas vivas a los productores que tengan o deseen implementar dicho sistema.

Como se puede observar, en el caso de los productores que renuncien al sistema productivo tradicional (monocultivo de papa) y no implementen ninguna otra actividad productiva, el monto de compensación sería igual al costo

Cuadro 6. Rendimiento y rentabilidad del monocultivo de papa y de papa con cerca viva de aliso bajo cuatro escenarios

Escenarios	Rendimiento promedio de papa (T/ha/año)	Rentabilidad neta anual de la papa (US\$ ha/año)	Rentabilidad de las cercas vivas (US\$/ha/año)	Papa con cerca viva (US\$ ha/año)	Monto de compensación (US\$)
0%	48	6703	36	6739	54*
- 10%	43,20	5301		5337	1456**
- 20%	38,40	3900		3936	2857
- 30%	33,60	2498		2534	4259

*Costo de oportunidad de la cerca viva más el incentivo del 50%.

** Valor calculado del excedente que dejarían de percibir (\$6703 – \$5301 = \$1402) más el costo de oportunidad de la cerca viva con el incentivo del 50% (US\$54)

de oportunidad de dejar de producir papa -en este estudio se definió como la rentabilidad promedio de la actividad (US\$6703 ha/año)-, ya que para los productores no sería atractivo recibir un monto menor al que ya están acostumbrados. Este, sin embargo, es un monto muy alto para las condiciones socioeconómicas de la zona. Los productores que ya tienen cercas vivas en sus unidades de producción de papa, el monto de compensación que percibirían por mantener dicho sistema, incluyendo el incentivo del 50%, sería de US\$54, monto que posiblemente los beneficiarios del servicio ecosistémico hídrico podrían cubrir.

El mejor escenario para los usuarios del agua, quienes tienen que velar por la protección de la zona de recarga hídrica y pagar por su conservación, sería escenario 0%; o sea, cuando el sistema establecido no afecte la producción. Bajo este escenario, los oferentes del servicio ecosistémico se verían beneficiados por el monto de compensación establecido y por los ingresos que perciban por la comercialización del producto agrícola. En los otros escenarios, los montos de compensación son bastante superiores al del primer escenario, pero la capacidad económica de las comunidades de la zona de estudio no alcanzaría para

aportar los recursos económicos que compensen la pérdida de ingresos al reducirse el rendimiento de la papa.

Conclusión

El costo de oportunidad estimado para el monocultivo de papa es muy alto y los usuarios del recurso hídrico no podrían llegar a cubrirlo. Además, los productores de la zona no renunciarían a ese cultivo porque es un sistema muy rentable. La mejor opción será, entonces, la adopción del sistema agroforestal cercas vivas en los cultivos de papa y entre parcelas agrícolas. Esta es la alternativa más viable para reducir los impactos negativos al recurso hídrico.

Literatura citada

- Barry, D; Cuéllar, ME. 1997. El agro salvadoreño y los servicios ambientales: hacia una estrategia de revegetación. Boletín PRISMA no. 26: 16 p.
- Castillo, C. 2008. Escenarios económicos para el manejo de la oferta del servicio ecosistémico de provisión y regulación del recurso hídrico para consumo humano en la subcuenca alta superior del río Pasto, Colombia. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 126 p.
- Corponariño (Corporación Autónoma Regional de Nariño). 2005. Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca del río Pasto. Pasto, Colombia, Subdirección de Recursos Naturales - Área de Cuencas Hidrográficas. 153 p.
- Conif (Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal); Empopasto (Empresas Públicas y Sanitarias de Pasto). 2004. Actualización del diagnóstico físico-biótico y socioeconómico y formulación del plan de ordenamiento y manejo integral del río Bobo en el Departamento de Nariño. Bogotá, Colombia. 79 p.
- El Labriego. 2008. Bayer CropScience celebra el cumpleaños de la papa Parda Pastusa. Periódico El Labriego, Bogotá, Colombia; junio-julio: p. 6-7.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2007. El estado de la agricultura y la alimentación: pago a los agricultores por servicios ambientales. Roma, Italia. 108 p.
- Jiménez, F; Muschler, R. 2001. Agroforestería y recursos naturales. In Jiménez, F; Muschler, R; Köpsell, E. (eds). Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 25-45 (Serie Materiales de Enseñanza no. 46).
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2010. El agua fuente de vida 2005-2015 (en línea). Consultado 2 mar. 2010. Disponible en http://www0.un.org/spanish/waterforlifedecade/issues_scarcity.html
- Otárola, A; Méndez, E; Beer, J; Faustino, J. 2000. Plantación de árboles en línea. In Módulo de enseñanza agroforestal no. 1. 2 ed. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 101-134.
- Ordóñez, E. 2007. Efecto del sistema guachado (*wachay*) y uso del suelo sobre algunas propiedades físicas en la microcuenca del río Bobo, Departamento de Nariño. Tesis Mag. Sc. San Juan de Pasto, Colombia, UNAR. 111 p.
- REDLACH (Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Manejo de Cuencas Hidrográficas). 2004. Foro electrónico sobre sistemas de pago por servicios ambientales en cuencas hidrográficas. Santiago, Chile. 27 p.
- Sánchez, D; López, M; Medina, A; Gómez, R; Harvey, C; Vilchez, S; Hernández, B; López, F; Joya, M; Sinclair, F; Kunth, S. 2004. Importancia ecológica y socioeconómica de la cobertura arbórea de un paisaje fragmentado de bosque seco de Belén, Rivas, Nicaragua. Revista Encuentro no. 68:1-14
- Stadmüller, T. 1004. Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales: medidas para mitigarlo (Revisión bibliográfica). Turrialba, Costa Rica, CATIE-COSUDE. 62 p. (Serie técnica, Informe técnico no. 246).
- Vela Enríquez, ME. 2009. Potencialidades de pago del servicio ecosistémico hídrico en sistemas agroforestales, en áreas prioritarias de abastecimiento de agua para consumo humano en la cuenca alta del río Bobo, Nariño, Colombia. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 114 p.