

**INCENTIVOS ECONÓMICOS PARA LA RECONVERSIÓN GANADERA EN LA  
CUENCA LA MIEL (CALDAS)**

**PAOLA MARCELA ROLDÁN VÁSQUEZ**

**ASESOR: JORGE HIGINIO MALDONADO, Ph.D.**

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE ECONOMÍA  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN ECONOMÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES –PEMAR-  
BOGOTÁ D.C.**

**2006**

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
2.	OBJETIVOS.....	7
2.1.	Objetivo general.....	7
2.2.	Objetivos específicos.....	7
3.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
4.	MARCO TEÓRICO.....	13
5.	DATOS.....	18
5.1.	Generalidades.....	18
5.2.	Datos Utilizados.....	19
5.3.	Metodología.....	25
6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	26
6.1.	Escenario Actual: línea base.....	26
6.2.	Escenario alternativo I.....	27
6.3.	Escenario Alternativo II.....	31
6.4.	Resumen Diferentes Escenarios Alternativos.....	33
7.	MECANISMOS FINANCIEROS PARA HACER EFECTIVO EL INCENTIVO.....	35
7.1.	Subsidios Directos.....	35
7.1.1.	Certificado de Incentivo Forestal de Plantaciones: CIF de Plantaciones.....	35
7.1.2.	Incentivos Económicos para Proyectos de Microcuencas: Programa Ambiental y de Manejo de los Recursos Naturales.....	36
7.1.3.	Programa de Apoyo al Sistema Nacional Ambiental: SINA II.....	37
7.1.4.	Fondo Para la Acción Ambiental: FPAA.....	38
7.2.	Crédito Agropecuario.....	38
7.3.	Pago por Servicios Ambientales.....	40
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

## 1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de producir alimentos en cantidad suficiente ha expandido las actividades agropecuarias hacia tierras marginales, acelerando los procesos de deforestación, erosión del suelo y otras formas de degradación de la tierra. Lo anterior ha llevado al incremento de los problemas ambientales dentro de los cuales se destaca la contaminación hídrica, pues se han acelerado los problemas de eutroficación y colmatación de los cuerpos de agua. (Mercer, 2004).

En Colombia, casos como el de la Laguna de Fúquene, la Laguna de Sonso, la cuenca del río La Miel –objeto de este estudio-, la Cuenca del río Chinchiná, entre otros, evidencian este hecho, pues estos cuerpos de agua presentan diversos problemas ambientales causados principalmente por las actividades económicas de cada una de las regiones.

La cuenca del río La Miel está localizada en la vertiente oriental de la cordillera central en el departamento de Caldas, y desemboca en el río Magdalena. Presenta una extensión de 77.000 ha, y una población de alrededor de 50.000 personas. Incluye siete municipios (Samaná, Norcasia, Pensilvania, Victoria, Marquetalia, Manzanares y Marulanda); localizados entre los 800 y 2000 msnm, con un promedio histórico de precipitación de más de 6.500 mm/año, lo cual favorece una amplia red hidrográfica. (Condesan, 1999).

En la franja altitudinal de 1.200 a 1.600 msnm, la actividad agrícola principal son las pequeñas plantaciones de café –el 90 por ciento es menor de dos hectáreas- mientras que en las zonas marginales alta y baja la explotación extensiva de bovinos de cría constituye la principal fuente de ingresos (Condesan, 1999).

La Miel es uno de los principales ríos que forman la amplia y compleja red hidrográfica del oriente de Caldas y representa el más importante recurso natural del departamento. No obstante, presenta significativos problemas sociales y medioambientales dentro de los cuales se destacan el bajo nivel de calidad de vida de la población y pendientes superiores al 70% lo cual hace que presente predominio de procesos erosivos y derrumbes. Estos problemas y el potencial hidroeléctrico que tiene la cuenca llevaron a la Miel a ser seleccionada por el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina -CONDESAN, y la Cooperación Técnica al Desarrollo de Alemania (GTZ) <sup>1</sup> como sitio piloto para realizar un esfuerzo interinstitucional continuo, de largo plazo, en la búsqueda del desarrollo socioeconómico de la población rural con un manejo sostenible de los recursos naturales. (Condesan, 1999).

Al ser parte de este proyecto, en la cuenca La Miel se han realizado diversas investigaciones con el fin de identificar los sistemas agrícolas y diagnosticar los problemas socioeconómicos y ambientales de la región. Trabajos como los realizados por Rivera y Estrada (2002), y Arias, Betancourth y Rivera (2002) coinciden en que el nivel de calidad de vida de los habitantes de la cuenca es muy bajo, pues existen altos índices de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) de la población y los indicadores de calidad de vida están muy por debajo de los promedios departamentales y nacionales.

En la cuenca existe un problema de erosión y producción de sedimentos causados principalmente por el sistema de ganadería extensiva que mantiene el pastoreo libre en las laderas con pendientes que pueden sobrepasar el 60%. Los sedimentos se trasladan al canal central de la cuenca provocando cambio en los caudales y turbulencia excesiva, lo cual afecta la vida acuática y disminuye la vida útil de los embalses.

Para afrontar este tipo de problemas, en diversas partes del mundo se han venido promocionando prácticas agrícolas de conservación como los sistemas agroforestales – combinación de árboles con cultivos agrícolas y/o ganado en un mismo sitio-. La institución

---

<sup>1</sup> Entidades creadoras del Proyecto “Cuencas Andinas”, el cual pretende analizar las externalidades relacionadas con la dinámica hidrológica como eje prioritario para generar una nueva dinámica de desarrollo rural en las montañas de la región andina incluyendo cuencas de Colombia, Ecuador y Perú.

pionera en investigación acerca de este tipo de sistemas productivos es el Centro Internacional para la Investigación en Agroforestería (ICRAF), quien realiza sus investigaciones principalmente en África y Asia. Las instituciones que han liderado este tipo de proyectos en Costa Rica, Colombia y Nicaragua son: el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). En Colombia, existe además otra institución vinculada con este tipo de investigación: la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA).

Las experiencias con sistemas agroforestales tenidas por las instituciones mencionadas anteriormente y el interés por parte de entidades interinstitucionales para coordinar actividades en la cuenca, hacen pensar que en esta región un modelo silvopastoril puede brindar una alternativa para alcanzar la sostenibilidad del sistema de producción ganadero y a la vez mejorar la calidad de vida de la población rural.

Sin embargo, a pesar de que un sistema silvopastoril podría traer una economía más diversa para los ganaderos del oriente de Caldas y por ende estimular la economía rural de la región, su adopción es más compleja que las actividades productivas tradicionales, pues requiere el establecimiento de una nueva combinación de insumos, productos y actividades. Este manejo más complejo y costoso, junto con los largos periodos requeridos para que sus beneficios totales sean completamente realizados, pueden disminuir las oportunidades de adopción del sistema. Son estos costos y dificultades a la hora de implementar un sistema silvopastoril los que hacen necesario un análisis económico que incluya un instrumento que permita incentivar su implementación.

La mayoría de estudios realizados en Colombia acerca de los modelos silvopastoriles, tales como Sánchez (1998), Mahecha *et al.*, (2000), Giraldo y Bolívar (2000), y Moreno y Latorre (2000), se han llevado a cabo desde un punto de vista agronómico, enfocados hacia la identificación de especies arbóreas adaptables a sistemas silvopastoriles en diferentes regiones.

Existen, sin embargo, algunos estudios realizados desde una perspectiva económica, dentro de los cuales se encuentran: Laguado, Giraldo y Orregón (2005); Pagiola *et al.*, (2004); y Forero y Torres (2005). El primer trabajo evalúa la viabilidad económica y ambiental de la implementación de un sistema silvopastoril, que recibiría pago por la captura de carbono mediante la venta de Certificados de Reducción de Emisiones (CERs), este estudio se realizó para el Bajo Cauca antioqueño. El segundo describe el mecanismo de contratos desarrollado por el Proyecto de Manejo Regional Integrado de Sistemas Silvopastoriles del Banco Mundial, el cual está implementando el uso de Pago por Servicios Ambientales –PSA- como una forma de conservación de biodiversidad y generación de secuestro de carbono, a través de sistemas silvopastoriles en cuencas de Colombia, Costa Rica y Nicaragua.

En el tercer estudio, los autores determinan el valor presente de un incentivo económico para inducir cambios sencillos en las prácticas productivas realizadas por diversos agricultores en cuatro microcuencas Colombianas. Este último trabajo es el más parecido a lo que se analiza en este artículo. Sin embargo, a diferencia de aquel, la presente investigación determina además diferentes formas de pagar el incentivo (v.g. el valor presente de un flujo de incentivos constante en el tiempo versus un flujo de incentivos diferencial a través del horizonte de análisis), con el fin de encontrar una senda óptima del incentivo que lo haga más costo efectivo.

Considerando la dificultad de obtener recursos económicos para la realización de este tipo de proyectos, se hace además una revisión de los mecanismos financieros existentes en Colombia que permitan su ejecución y se propone, teniendo en cuenta las características de este proyecto, un esquema de Pagos por Servicios Ambientales como el mecanismo de financiación más adecuado.

El desarrollo de la presente investigación se desglosa de la siguiente manera: en la segunda sección se presentan los objetivos. En la tercera, se muestra una revisión de la literatura asociada a los modelos agroforestales. En cuarto lugar, se plantea teóricamente el modelo de maximización de beneficios por parte del productor, sujeto a las restricciones impuestas por el sistema y las condiciones ambientales. En la quinta sección se describen los datos y la metodología utilizada. En sexto lugar, se muestra el análisis de los resultados. En la séptima

sección, se hace una descripción de los principales mecanismos financieros existentes en Colombia que permitan la ejecución del incentivo. Finalmente en la sección ocho, se presentan las conclusiones y en la nueve las recomendaciones de política.

## **2. OBJETIVOS**

### ***2.1. Objetivo general***

Determinar numéricamente un incentivo costo eficiente que promueva la adopción de un sistema silvopastoril por parte de los ganaderos de la cuenca La Miel.

### ***2.2. Objetivos específicos***

- a. Evaluar los flujos de beneficios y generación de sedimentos para los sistemas ganadero y silvopastoril, y así determinar el incentivo necesario para la reconversión
- b. Determinar la posibilidad de un incentivo diferencial en el tiempo, que reduzca los costos totales del mismo.
- c. Revisar los mecanismos financieros disponibles en Colombia, que permitan hacer efectivo el incentivo.

## **3. REVISIÓN DE LITERATURA**

La preocupación por el incremento en la deforestación y erosión, llevó a que a comienzos de los años 90 se iniciara un profundo interés en investigación sobre el potencial de los sistemas agroforestales (combinación de árboles o arbustos con cultivos agrícolas y/o ganado en un mismo sitio, bajo distintas formas de ordenamiento o en diferentes períodos de tiempo) para balancear el conflicto entre los objetivos ambientales y de seguridad alimentaria.

Según Pannell (2004) diversas investigaciones han encontrado que la agroforestería puede ser biológicamente más productiva, rentable y sustentable que los sistemas tradicionales o los monocultivos agrícolas, pues puede controlar las escorrentías y la erosión del suelo, reduciendo las pérdidas de agua, suelo, materia orgánica y nutrientes.

Esto ha llevado a que los modelos agroforestales estén siendo utilizados en varios países dependiendo de las necesidades de cada uno, pero con un objetivo claro de mejorar los

ingresos de los productores a la vez que se protegen los recursos naturales. Un ejemplo de ello se encuentra en Sudáfrica, donde a mediados de los 80s, el ICRAF, inició sus investigaciones con esfuerzos para diagnosticar los sistemas agrícolas y sus restricciones para diseñar tecnologías agroforestales que permitieran mitigar los problemas ambientales y económicos de la región. (Sotomayor, 2004).

A partir de 1991 el ICRAF orientó sus investigaciones hacia el entendimiento de las oportunidades y limitaciones de la agroforestería convirtiéndola en su sistema de manejo de los recursos naturales y promoviéndola como un sistema de uso de la tierra benéfico para los pequeños productores en los países en desarrollo, especialmente en Asia y África. En estos países, los agricultores se vincularon a las investigaciones incluyendo sistemas agroforestales en sus actividades productivas. Los buenos resultados obtenidos, han ilustrado claramente la relevancia de la agroforestería en la disminución de los problemas de pobreza, seguridad alimentaria y degradación ambiental. (Böhringer, 2001).

Como consecuencia de las investigaciones realizadas por el ICRAF, el World Agroforestry Center introdujo, en el sur de Filipinas, un programa para adoptar mejores prácticas de manejo de la tierra sobre tierras altamente erosionables. Los investigadores trabajaron con los agricultores para implementar sistemas agroforestales que permitan mitigar la erosión y abrir oportunidades a los productores para mejorar sus ingresos a través de la venta de madera. En este programa están trabajando cerca de 15.000 hogares campesinos. (Worldagroforestry, 2005).

En Uruguay, el uso agroforestal del suelo está siendo impulsado por el estado, lo que ha llevado a experiencias nacionales en sistemas y prácticas de producción mixta, integrando tres componentes árbol-animal-pastura y cultivo-árbol-animal; las experiencias con este sistema de producción han demostrado que los modelos agroforestales son más rentables y de menor riesgo económico y ambiental y de mayor productividad y desarrollo social que los monocultivos agrícolas o ganaderos. (Colombino, 1998).

En cuanto a la adopción agroforestal, Mercer (2004) encontró que al igual que en la adopción de sistemas de producción tradicional, las predicciones sobre la adopción de sistemas



agroforestales siguen los lineamientos de la teoría económica, es decir, los agricultores invierten en sistemas agroforestales cuando las ganancias esperadas de los nuevos sistemas son más altas que sus antiguos sistemas productivos. Encontró además que quienes están más dispuestos a adoptar estos sistemas son los hogares que tienen mayor capital disponible, en términos de mayores ingresos o mayor dotación de recursos como tierra, capital, trabajo, experiencia y educación.

Arica y Yaggen (2005), encontraron que en la microcuenca la Encañada en el norte de Perú, la altitud y la pendiente de la finca son los factores biofísicos que influyen en la adopción de sistemas agroforestales. La altitud influye porque el componente forestal protege a los cultivos de las heladas y los vientos fríos. La pendiente, porque los árboles ayudan a proteger los suelos y a ganar área agrícola. Los autores afirman además que los factores socioeconómicos determinantes para la adopción agroforestal son: la participación del agricultor en comités conservacionistas, el título de propiedad, y el trabajo fuera de la finca. Esto se debe a que los comités apoyan a los agricultores en la parte técnica del proceso; trabajar fuera de la finca permite tener mayores ingresos económicos que pueden ser utilizados para realizar prácticas de conservación de suelos. Finalmente, sin título de propiedad, los agricultores no invierten, pues la instalación del sistema agroforestal requiere de una fuerte inversión, por lo cual no están dispuestos a correr el riesgo de que después de haber realizado la inversión, les quiten las fincas.

Dentro de los sistemas agroforestales, el modelo silvopastoril (combinación de árboles o arbustos con ganado en una misma unidad predial) tiene especial relevancia. Diversos autores muestran los beneficios ambientales y económicos de implementar sistemas silvopastoriles en condiciones de alta fragilidad, con recursos naturales degradados y bajos niveles de calidad de vida de la población. Por ejemplo, Rendal (1997), afirma que una de las ventajas de los modelos silvopastoriles es que están diseñados para obtener un producto maderable de alta calidad mientras proveen ingresos a corto plazo derivados de la ganadería y muchos beneficios ambientales. Pannell (2004) afirma que los árboles brindan al ganado sombra y protección contra el viento, reduciendo el estrés por calor o frío haciendo que el rendimiento mejore y disminuya la mortalidad pues los árboles pueden reducir el efecto del frío hasta un 50% o más. Por su parte, Sánchez (1998), considera que el principal beneficio del

silvopastoreo es el efecto que tienen los árboles sobre el suelo, principalmente la disminución de la erosión a través de las hojas y otros residuos que caen de los árboles cubriendo el suelo e incrementando la materia orgánica a través de la continua degradación de las raíces y la descomposición de las hojas y demás residuos.

En Colombia, el uso de sistemas silvopastoriles en la producción ganadera ha tenido un gran auge en los últimos años, y quienes han liderado las investigaciones son el CIPAV y CORPOICA. Estas instituciones, han realizado diversas investigaciones, orientadas principalmente hacia la identificación de las especies arbóreas que podrían adaptarse a regiones en las cuales sistemas silvopastoriles quieren ser implementados, o hacia el efecto que tiene el sistema sobre la ganancia en peso del ganado y la producción de leche. Por ejemplo, Sánchez (1998), realizó un estudio en el Magdalena Medio Caldense, en el cual incluyó 45 especies de árboles e identificó, teniendo en cuenta las condiciones agro ecológicas de la región, qué tipo de componente arbóreo sería apto en caso de implementar un sistema silvopastoril en cada municipio incluido en la investigación. Giraldo y Bolívar (2000), realizaron una investigación en el corregimiento de Santa Elena, municipio de Medellín con el fin de contrastar los hallazgos de estudios preliminares en los que se encontró que la especie arbórea *Acacia decurrens* puede tener potencial para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en clima frío. Los autores verificaron la hipótesis y pudieron concluir que la *A. decurrens* puede ser una alternativa para establecer sistemas silvopastoriles en clima frío, pues esta especie muestra una buena adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la zona, manifestada en su buena tasa de crecimiento, alta producción de leña y biomasa comestible de buena calidad.

Otro estudio es el de Moreno y Latorre (2000), el cual fue realizado en la subregión natural Hoya del Río Suárez en Santander, región en la cual fue implementado un sistema silvopastoril Guayaba-gramma-rumiante en un área de 18.900 has en diversos municipios. La investigación cuantificó el aumento en la densidad de los árboles, producción de biomasa como leña y guayaba, ganancia en peso y producción de leche generado por el sistema silvopastoril. Los autores encontraron diferentes resultados dependiendo de las condiciones agroecológicas de los municipios, pero de manera general concluyeron que el sistema

silvopastoril presentó buenos resultados en cuanto a la producción de biomasa, ganancia en peso y producción animal.

El estudio realizado por Mahecha *et al.*, (2000) evaluó el efecto de la asociación Leucaena y/o Algarrobo con pasto Estrella sobre la composición química del suelo y la influencia directa en la cantidad y calidad de forraje total producido. Encontró que esta asociación representa una mejora en las condiciones del suelo, lo que se traduce en una mayor producción de la calidad de forraje.

Como se mencionó anteriormente, existen algunos estudios realizados desde una perspectiva económica, como los realizados por Laguado, Giraldo y Orregón (2005); Pagiola *et al.*, (2004); y Forero y Torres (2005). Siendo el último estudio el más parecido a lo que se realiza en este artículo. No obstante, a diferencia de éste, la presente investigación determina además del valor presente de un flujo de incentivos constante en el tiempo, un flujo de incentivos diferencial a través del periodo analizado, encontrando una senda óptima del incentivo que lo hace más costo eficiente. Adicionalmente, considerando la dificultad de obtener recursos económicos para la realización de este tipo de proyectos, se hace una revisión de los mecanismos financieros disponibles en Colombia que permitan su ejecución, proponiéndose un esquema de PSA como la alternativa de financiación más adecuada para este proyecto.

Como lo afirman los autores ya mencionados, un modelo silvopastoril genera grandes beneficios económicos y ambientales para quienes lo implementan. Sin embargo, (como se muestra en la sección cinco del presente estudio), su adopción es más compleja que las actividades productivas tradicionales porque requiere el establecimiento de una nueva combinación de insumos, productos y actividades. Este manejo más complejo y costoso, junto con los largos periodos requeridos para que sus beneficios totales sean completamente realizados, pueden disminuir las oportunidades de adopción del sistema. Son estos costos y dificultades a la hora de implementar un sistema silvopastoril los que hacen necesario un instrumento para incentivar al ganadero a reconvertir el mayor número de hectáreas posible.

Con respecto a los mecanismos de financiación que permitan hacer efectivo el incentivo, puede decirse que además de los instrumentos tradicionales como subsidios, impuestos,

créditos, transferencias, etc., existe un instrumento novedoso que está siendo implementado en diferentes países. Este instrumento es el Pago por Servicios Ambientales (PSA), y será considerado dentro de las alternativas de financiación del presente estudio.

Para Pagiola *et al.*, (2004) los servicios ambientales como la disminución de sedimentos son una externalidad, pues no son tomados en cuenta por los productores a la hora de tomar sus decisiones de uso de la tierra, reduciendo la probabilidad de que se adopten mejores prácticas de producción como los sistemas silvopastoriles. Considera además que el reconocimiento de este problema llevó a desarrollar sistemas mediante los cuales se les paga a los usuarios de la tierra por los servicios ambientales que éstos generan. En este sentido, Wunder (2005), afirma que el principio básico que respalda el PSA es que los usuarios de los recursos que están en condiciones de proporcionar servicios ambientales, deben recibir una recompensa por los costos en que incurren y, quienes se benefician de dichos servicios deben pagarlo, internalizando con ello, estos beneficios.

Son pocos los estudios empíricos que documentan las experiencias con esquemas en PSA, pues la mayoría de ellos son recientes y algunos se encuentran en etapa experimental. Sin embargo, existe algún consenso acerca de las condiciones requeridas para el buen funcionamiento de esta nueva alternativa en el comercio de bienes y servicios ambientales. (Miranda, Porras y Moreno, 2003).

Las experiencias con esquemas de PSA provienen principalmente de Costa Rica, uno de los países más avanzados en el tema, pues desde 1996 inició programas que incluyen pagos por servicios ambientales. En Colombia, aunque son pocos los esquemas de pagos por servicios ambientales, estos han sido implementados principalmente en el Valle del Cauca, donde diversas asociaciones de productores agrícolas iniciaron un esquema de PSA para solucionar problemas relacionados con el abastecimiento de agua de riego de una manera sustentable. Desde su inicio, el esquema ha llevado a la adopción de medidas de conservación en más de un millón de hectáreas. De modo similar, productores agrícolas de la cuenca del río Guabas, negociaron un acuerdo con usuarios corriente arriba para mejorar las prácticas de uso del

suelo y mantener los flujos durante las temporadas secas. El sistema se financia con derechos adicionales por uso del agua. (Mayrand y Paquin, 2004).

De estas experiencias se desprende que los servicios ambientales más reconocidos son: Almacenamiento y secuestro de carbono, protección de la biodiversidad, protección de cuencas hidrográficas y belleza del paisaje. Una importante lección de estas experiencias es que la generación de esquemas de PSA para estos servicios, sólo es posible si existe demanda para el servicio ambiental. Esto hace que la primera tarea en el establecimiento de dicho esquema, sea la identificación de los beneficiarios de los servicios ambientales – principalmente de aquellos que están dispuestos a pagar por la provisión de estos servicios-. Ello requiere una clara definición del servicio ambiental y una evaluación cuidadosa de la demanda vigente del mismo (Wunder, 2005).

#### **4. MARCO TEÓRICO**

Si se quiere una reconversión eficiente, es necesario buscar el óptimo económico no sólo para el productor sino también para la entidad ambiental. Para hacer esto se propone un modelo basado en los siguientes supuestos:

El ganadero tiene en su finca un sistema productivo extensivo (*G*), el cual está aportando elevados niveles de sedimentación al recuso hídrico. Como se mencionó anteriormente, un sistema silvopastoril (*S*) disminuye la erosión del suelo y por lo tanto aporta niveles significativamente inferiores de sedimentos al agua. Sin embargo, este sistema no está siendo implementado por el ganadero pues le resulta una actividad más costosa en el corto plazo.

La autoridad ambiental, como ente encargado entre otras cosas de la evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua en su jurisdicción, puede utilizar, para incentivar la reconversión del mayor número de hectáreas, diferentes herramientas como transferencias, subsidios, impuestos, etc. Dado que los ganaderos de la cuenca La Miel son de bajos ingresos, las autoridades ambientales en colaboración con CONDESAN y algunas entidades privadas de

la región como la Hidroeléctrica La Miel, están interesados en obtener recursos para apoyar las actividades de reconversión que permitan a la vez diversificar los ingresos de los ganaderos y disminuir la presión sobre los recursos naturales. Por lo tanto, se asume que se da al ganadero un incentivo  $I_s$  por cada hectárea reconvertida. Teniendo en cuenta que quien determina el incentivo es la autoridad ambiental, la cual es un ente que no quiere desperdiciar recursos, no le dará al ganadero más de lo que resulte necesario para que reconvierta al sistema silvopastoril el mayor número de hectáreas posible, es decir, la autoridad ambiental desea que  $I_s$  sea el mínimo posible. En este sentido, la CAR dará al ganadero un incentivo igual a la diferencia entre los beneficios netos de cada sistema productivo, más una compensación por los requerimientos adicionales de capital y mano de obra en que incurra por la implementación del nuevo sistema de producción.

El ganadero por su parte, teniendo en cuenta  $I_s$  quiere decidir cuánto reconvertir a silvopastoreo; para ello maximiza la suma en valor presente de los beneficios que le reporta la combinación de las actividades ganadera y silvopastoril, sujeta a las restricciones de capital ( $K$ ), mano de obra familiar ( $L$ ), generación de sedimentos ( $C$ ) -los cuales pueden ser monitoreados por la autoridad ambiental- y tierra ( $N$ ). La maximización le permite determinar el número de hectáreas que destinará a ganadería y silvopastoreo respectivamente, de manera que pueda obtener los máximos beneficios de estas dos actividades cumpliendo con las restricciones impuestas.

Como ya se mencionó, el ganadero teniendo en cuenta el incentivo, desea maximizar la suma en valor presente de los beneficios netos de su actividad productiva, escogiendo cuántas hectáreas dedicar a cada sistema productivo. Dichos beneficios se expresan de la siguiente manera:

$$\pi_{nt} = \sum_{t=0}^T \rho^t (N_s \pi_{st} + N_G \pi_{Gt} + N_s I_{st}) \quad t = 0 \dots 15 \text{ años}$$

Donde  $\rho = \frac{1}{1+r}$  es el factor de descuento y  $r$  la tasa de descuento.  $N_s$  y  $N_G$  representan el número de hectáreas destinadas a la producción silvopastoril y ganadera respectivamente;  $\pi_{st}$

y  $\pi_{Gt}$  son los beneficios que obtiene el individuo de la actividad silvopastoril y ganadera, mientras que  $I_{St}$  es el incentivo que requiere el ganadero por hectárea reconvertida a silvopastoreo.

Las restricciones a las que se enfrenta el ganadero al maximizar su función objetivo son las siguientes: restricción de capital, la cual indica que la suma de los requerimientos de capital (insumos, implementación y sostenimiento) para llevar a cabo su actividad productiva durante los 15 años, no debe superar el capital de que dispone el ganadero, más la transferencia que recibe por hectárea reconvertida durante el mismo periodo:  $K_{Gt}N_G + K_{St}N_S \leq NK_t + N_S I_{St}$  donde  $K_t$  es el capital de que dispone el ganadero para invertir en su actividad productiva por cada hectárea de tierra que posee y donde  $N$  es el número de hectáreas totales de que dispone el ganadero.

La restricción de mano de obra, indica que los requerimientos de mano de obra para llevar a cabo la combinación ganadera y silvopastoril, no deben exceder la disponibilidad de mano de obra familiar ( $L$ ), pues en caso de que se exceda, se requiere la contratación de mano de obra adicional.  $L_{Gt}N_G + L_{St}N_S \leq L_t$ .

La restricción de tierra indica que la suma del número de hectáreas cultivadas en silvopastoreo y ganadería no debe superar el número de hectáreas totales de que dispone el ganadero.  $N_S + N_G \leq N$ .

Por último, el ganadero se enfrenta a la restricción de sedimentos, la cual indica que el número total de sedimentos generado por la actividad productiva no debe exceder un determinado nivel de sedimentos ( $C$ ).  $C_{Gt}N_G + C_{St}N_S \leq C_t$ . Esta variable puede ser definida por la autoridad ambiental.

De esta forma, el ganadero busca maximizar:

$$\text{Max}_{N_S N_G} \pi_{nt} = \sum_{t=0}^T \rho^t (N_S \pi_{St} + N_G \pi_{Gt} + N_S I_{St}) \quad \text{s.a} \quad (1)$$

$$K_{Gt}N_G + K_{St}N_S \leq NK_t + N_S I_{St} \quad t = 0,1,\dots,T \quad (2)$$

$$L_{Gt}N_G + L_{St}N_S \leq L_t \quad t = 0,1,\dots,T \quad (3)$$

$$N_S + N_G \leq N \quad (4)$$

$$C_{Gt}N_G + C_{St}N_S \leq C_t \quad t = 0,1,\dots,T \quad (5)$$

De la ecuación (4), se despeja  $N_G = N - N_S$  y se reemplaza en las demás ecuaciones. Esto con el fin de dejar las ecuaciones únicamente en términos de  $N_S$  y maximizar solamente con respecto a esta variable. Por lo tanto, la función Lagrangiana para resolver el problema es:

$$L = \sum_{t=0}^T \rho^t [N_S (\pi_{St} + I_{St}) + (N - N_S) \pi_{Gt}] + \lambda_1 [NK_t + N_S I_{St} - K_{Gt} (N - N_S) - K_{St} N_S] + \lambda_2 [L_t - L_{Gt} (N - N_S) - L_{St} N_S] + \lambda_3 [C_t - C_{Gt} (N - N_S) - C_{St} N_S] \quad (6)$$

Donde  $\lambda_1$  representa el precio sombra de una unidad adicional de capital – la tasa de interés en un mercado perfecto-,  $\lambda_2$  indica el costo de una unidad adicional de mano de obra – salario- y  $\lambda_3$  el costo de dejar de producir una unidad adicional de sedimentos o el beneficio marginal de la reducción de sedimentos. En este punto hay que tener en cuenta que mientras la autoridad ambiental no regule la generación de sedimentos  $\lambda_3 = 0$ .

Esta función es lineal en la variable de decisión  $N_S$ , por lo que se requiere resolver condiciones de KUHN-TUCKER (CKT):

$$\frac{\partial L}{\partial N_S} = \pi_{St} + I_{St} - \pi_{Gt} + \lambda_1 [I_{St} + K_{Gt} - K_{St}] + \lambda_2 [L_{Gt} - L_{St}] + \lambda_3 [C_{Gt} - C_{St}] \leq 0 \quad (7)$$

$$N_S \frac{\partial L}{\partial N_S} = N_S [\pi_{St} + I_{St} - \pi_{Gt} + \lambda_1 [I_{St} + K_{Gt} - K_{St}] + \lambda_2 [L_{Gt} - L_{St}] + \lambda_3 [C_{Gt} - C_{St}]] = 0 \quad (8)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_1} = NK_t + N_S I_{St} - K_{Gt} (N - N_S) - K_{St} N_S \geq 0 \quad \lambda_1 \frac{\partial L}{\partial \lambda_1} \geq 0, \lambda_1 \geq 0 \quad (9)$$



$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_2} = L_t - L_{Gt}(N - N_s) - L_{St}N_s \geq 0 \quad \lambda_2 \frac{\partial L}{\partial \lambda_2} \geq 0, \lambda_2 \geq 0 \quad (10)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_3} = C_t - C_{Gt}(N - N_s) - C_{St}N_s \geq 0 \quad \lambda_3 \frac{\partial L}{\partial \lambda_3} \geq 0, \lambda_3 \geq 0 \quad (11)$$

De lo anterior se resaltan dos aspectos:

a. La ecuación (8) puede expresarse de la siguiente forma:

$$I_{St} = \pi_{Gt} - \pi_{St} + \lambda_1[K_{St} - K_{Gt} - I_{St}] + \lambda_2[L_{St} - L_{Gt}] + \lambda_3[C_{St} - C_{Gt}]$$

$$I_{St} = \pi_{Gt} - \pi_{St} + \lambda_1\Delta K + \lambda_2\Delta L + \lambda_3\Delta C$$

Lo cual indica que, para que el ganadero adopte el sistema silvopastoril, el incentivo por hectárea reconvertida dado al ganadero debe ser al menos igual a la diferencia entre los beneficios netos de cada sistema productivo, más una compensación por los requerimientos adicionales de capital y mano de obra que se tienen al implementar el silvopastoreo, más el beneficio marginal de la disminución de sedimentos. Nuevamente, si la autoridad ambiental no regula la generación de sedimentos,  $\lambda_3 = 0$

b. Dado que  $N_s$  entra en forma lineal en la función objetivo, pueden existir soluciones de esquina o soluciones bang-bang. (Conrad y Clark 1987). Por estas razones, una forma de resolver el problema es a través de programación lineal haciendo simulación numérica, lo cual se puede hacer utilizando la herramienta Solver de Excel.

Teniendo en cuenta el anterior análisis, los pasos a seguir para determinar el incentivo son los siguientes:

1. Proponer un incentivo igual en el tiempo y mirar la conducta maximizadora del productor al decidir, dado el incentivo, cuántas hectáreas dedicar a cada sistema productivo, de manera que el Valor Presente de los Beneficios Netos de su actividad sea maximizado.

2. Teniendo una idea de la conversión deseable del productor –determinada en el paso anterior- determinar el incentivo diferencial en el tiempo que permita alcanzar dicho nivel de conversión al mínimo costo. Esto implica que el incentivo sea igual a la diferencia de beneficios más la compensación por los costos adicionales incurridos al implementar el sistema silvopastoril.

## **5. DATOS**

### ***5.1. Generalidades***

La información utilizada para la realización de este trabajo es de tipo económico y biofísico principalmente. La información económica es importante porque permite evaluar si las ventajas ambientales de la alternativa silvopastoril son sostenibles en el sentido que generan a su vez ingresos económicos mayores o iguales que la ganadería extensiva. La información biológica por su parte, permite establecer la relación de causalidad entre el uso de la tierra y el problema de sedimentación.

Se trabaja con la información de los ganaderos individuales de la región, aquellos que poseen 13 ha de tierra para explotar en ganadería extensiva, son familias numerosas, conformadas por 7 personas, con una disponibilidad de 430 jornales al año, los cuales son utilizados en labores de la finca y poseen el mayor nivel de escolaridad. Se trabaja con este tipo de ganadero pues su impacto ambiental en la cuenca es importante, la mejor información se encuentra para este tipo de ganadero, y teniendo en cuenta que poseen los mayores niveles de educación, podrían ser quienes más dispuestos estén a adoptar mejores prácticas productivas, pues según estudios como los realizados por Mercer (2004) y Arica y Yaggen (2005), quienes están más dispuestos a adoptar sistemas silvopastoriles son los hogares con mayores niveles de ingresos y educación, puesto que pueden destinar ingresos para realizar prácticas de conservación de suelos y la educación los acerca al entendimiento de la problemática ambiental.

La información económica de los sistemas ganadero y silvopastoril (individual promedia) fue proporcionada por la Fundación Eduquemos<sup>2</sup> y algunos trabajos publicados por miembros de esta Fundación como los realizados por Betancourth y Rivera (2002) y Betancourth *et al.*, (2004).

Las variables económicas (información individual promedia) utilizadas para la realización de esta investigación son: extensión de las fincas (ha), disponibilidad de mano de obra familiar (número de hombres en la familia entre 14 y 65 años de edad), jornales requeridos para el sostenimiento de la actividad ganadera e implementación y sostenimiento la actividad silvopastoril; capital requerido y disponible para la realización de cada actividad, el cual incluye los costos de los insumos diferentes a la mano de obra e ingreso neto de cada actividad productiva (expresado en salarios mínimos legales vigentes equivalente a \$286.000 del año 2001). Por esta razón, todos los valores monetarios en este estudio son deflactados a pesos del año 2001.

La información biofísica fue proporcionada por el Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT), donde se simuló la pérdida de suelo ton/ha/año, utilizando el modelo hidrológico “Soil & Water Assesment Tool –SWAT” el cual relaciona las condiciones de suelos, relieve, precipitación y uso de la tierra con la respuesta hidrológica.

## ***5.2. Datos Utilizados***

En esta sección se hace una descripción de los datos utilizados en la simulación del modelo de optimización propuesto. Teniendo en cuenta que el sistema ganadero ya está implementado en la región, la información utilizada corresponde a los requerimientos y disponibilidad anual de capital y mano de obra para el sostenimiento de una hectárea promedio de tierra destinada a ganadería extensiva. Es por esto que dichos requerimientos y disponibilidades son los mismos a lo largo del horizonte de análisis.

---

<sup>2</sup> Entidad que promueve y desarrolla programas de educación, investigación, gestión ambiental y participación ciudadana en el departamento de Caldas. Para la consecución de la información, se realizaron viajes a Pensilvania y Manizales en el departamento de Caldas.

Como se observa en la tabla 1, un ganadero promedio de la cuenca La Miel, requiere \$29.000 al año para el sostenimiento de una hectárea de tierra explotada en ganadería extensiva, los cuales utiliza para renovación de potreros y compra de medicamentos básicos para el ganado como vacunas, sales mineralizadas y desparasitarios. Para la realización de estas labores utiliza 9 jornales por hectárea anualmente. Tiene una disponibilidad anual de capital equivalente a 29.000 pesos por hectárea, lo cual indica que utiliza todo su capital disponible. En cuanto a la disponibilidad de mano de obra familiar, puede decirse que utiliza una cantidad inferior a la disponibilidad anual de jornales por hectárea (33) y por lo tanto no requiere la contratación de jornales adicionales.

En cuanto al costo de oportunidad de la tierra, puede decirse que en todos los escenarios propuestos se usa la totalidad de la tierra, por lo tanto, su costo de oportunidad es el mismo para todos los casos y cuando se mira la diferencia en los beneficios de cada actividad, este costo desaparece.

**Tabla 1. Requerimientos y Disponibilidad anual de Capital y Mano de Obra para el Sostenimiento de una Hectárea de tierra utilizada en Ganadería**

	<b>Requerimiento</b>	<b>Disponibilidad</b>
Capital(\$/ha/año)	29,000	29,000
Mano de Obra (jornales/ha/año)	9	33

Fuente: Arias, Betancourth y Riviera (2002)

En la tabla 2, se muestran los requerimientos de mano de obra y capital para la instalación y mantenimiento de una hectárea utilizada en silvopastoreo, los cuales varían en el tiempo. La inversión inicial (primer año) en capital, para su implementación, asciende a \$375.000 por hectárea, esta fuerte inversión en el primer año es utilizada en actividades de compra de semillas y fertilizantes principalmente. Para la plantación de los árboles se necesitan 135 jornales por hectárea para realizar actividades de siembra, fertilización y deshierbas. Teniendo en cuenta que su disponibilidad de capital y mano de obra es \$29.000 y 33 jornales anuales por hectárea respectivamente, puede decirse que su capital es insuficiente, pues requiere

\$346.000 adicionales y que además debe contratar 102 jornales, cada uno con un costo de \$12.000 (precio del jornal en el año 2001).

**Tabla 2. Requerimiento anual de Capital y Mano de Obra para la implementación y sostenimiento de una hectárea de tierra utilizada en silvopastoreo**

Año	Requerimiento		Necesidad Adicional	
	Mano de obra*	Capital**	Mano de Obra*	Capital**
1	135	375.000	102	346.000
2	57	208.000	24	179.000
3 y 4	49	104.300	16	75.300
5, 9 y 13	37	29.000	4	0
6-8, 10,11 y 14	9	29.000	0	0
15	166	29.000	133	0

Fuente: Betancourth et al., (2004)

\*jornal/ha/año

\*\*\$/ha/año

Para el mantenimiento inicial del componente forestal, en el segundo año se requiere un capital de \$208.600 por hectárea –que incluye actividades principalmente de compra de fertilizantes y herbicidas–, se requiere además la utilización de 57 jornales para realizar actividades de fertilización, deshierbas y pequeñas podas de formación, las cuales deben realizarse periódicamente para aumentar la entrada de la luz solar, con el fin de obtener mejor madera. Para ello es necesario contratar 24 jornales anualmente y un capital adicional de \$179.000.

Para el mantenimiento del sistema durante los años tres y cuatro, los requerimientos de capital ascienden a \$104.300 por hectárea –que incluyen básicamente compra de fertilizantes- es necesario utilizar además 49 jornales para realizar actividades de fertilización, deshierbas, podas y resiembras o retiro y reemplazo de árboles en malas condiciones. Nuevamente en este año, el capital disponible es insuficiente, pues se necesitan \$75.300 adicionales y contratar 16 jornales por hectárea.

Los requerimientos de capital para el mantenimiento posterior (del año quinto en adelante) son de \$29.000 por hectárea, pues a partir de este año, el ganado es incorporado al sistema, lo cual hace que las deshierbas sean suprimidas -el ganado se come las hierbas- y que se requieran pocas dosis de fertilizantes, pues su estiércol sirve como abono. El mantenimiento de la actividad silvopastoril en los años cinco, nueve y trece requiere la utilización de 37 jornales – que incluyen podas, raleos o eliminación de algunos árboles torcidos y/o menos desarrollados que los demás- por lo tanto, durante estos años, el ganadero requiere contratar cuatro jornales por hectárea al año. Para los demás años, se requieren 9 jornales por hectárea, hasta llegar al año 15, en el cual se corta el lote, lo cual requiere la utilización de 166 jornales por hectárea. Esto indica que en los años en los que se utilizan nueve jornales, no es necesaria la contratación de mano de obra adicional, mientras que en el año 15, deben contratarse 133 jornales por hectárea

De lo anterior puede decirse que durante los primeros años, los requerimientos de capital y mano de obra que tiene un ganadero que desee implementar la actividad silvopastoril son superiores a la disponibilidad de capital y mano de obra que tiene para hacerlo. Esto hace necesario un incentivo para que la conversión de ganadería extensiva a silvopastoreo sea una opción viable para el ganadero.

Otra variable utilizada en el modelo son los beneficios netos anuales derivados de una hectárea utilizada en cada actividad productiva. La actividad ganadera llevada a cabo en la región genera beneficios básicamente por la venta del ganado, no hay venta de leche. Por esta actividad, un ganadero promedio de la región obtiene por hectárea utilizada en ganadería unos beneficios netos anuales de \$615.385, provenientes de una unidad de gran ganado – 550 Kg, representados en un toro grande, 1 vaca con su cría o dos novillos.

Como se observa en la tabla 3, los costos de instalación y mantenimiento de una hectárea utilizada en silvopastoreo son muy elevados durante los cuatro primeros años. Como se mencionó anteriormente, esto se debe principalmente a las grandes necesidades de capital y mano de obra. En el año 15 los costos son también muy altos debido a la cantidad de mano de obra adicional que debe ser contratada para cortar el lote.

Se observa además que los ingresos de la actividad silvopastoril empiezan a partir del año 3 y van aumentando a través de los años, debido a que, conforme se desarrollan y crecen los árboles, los productos que van proporcionando –madera para cercos y venta en aserríos- son mayores en cantidad y tamaño.

En tal sentido, los beneficios netos de la actividad silvopastoril empiezan a partir del año quinto con \$358.795 por hectárea, y van aumentando a medida que la venta del producto forestal también aumenta. En el año 15, los beneficios son muy elevados producto de la venta de la madera.

**Tabla 3. Ingresos anuales obtenidos de una hectárea de tierra utilizada en Silvopastoreo**

Año	Ingresos Silvopastoreo*	Costos * Silvopastoreo	Beneficio Neto
1	0	1.599.000	-1.599.000
2	0	496.600	-496.600
3	0	296.300	-296.300
4	215.385	296.300	-80.915
5	430.796	72.000	380.796
6 a 8	430.796	24.000	406.796
9	507.692	72.000	435.692
10 a 12	507.692	24.000	438.692
13	576.923	72.000	504.923
14	516.923	24.000	552.923
15	6.215.385	1.596.024	4.619.361

Fuente: Betancourth (2004)

\* Medido en \$/ha/año

Por lo tanto, los beneficios netos del sistema silvopastoril son negativos durante los cuatro primeros años, debido a los costos de instalación y sostenimiento del sistema, y a que sus ingresos sólo se perciben a partir del cuarto año cuando se empieza a obtener madera de los árboles. Después del año quinto, los ingresos del silvopastoreo son mayores a los costos y por lo tanto los beneficios netos son positivos, aunque inferiores a los obtenidos de una hectárea de tierra utilizada en ganadería extensiva, excepto en el año 15, en el cual los beneficios del silvopastoreo superan con creces a los beneficios obtenidos por la actividad ganadera (\$615.385).

El hecho de que en el corto plazo los beneficios netos de la actividad silvopastoril en casi todos los años sean inferiores a los obtenidos en la actividad ganadera, hace que los beneficios de las prácticas silvopastoriles solos no sean suficientes para que los ganaderos las adopten.

Como se mencionó anteriormente, el otro tipo de información utilizada para la realización del trabajo es la biofísica, que en este caso es el aporte de sedimentos que genera anualmente una hectárea utilizada en ganadería extensiva o en silvopastoreo. Como se observa en la tabla 4, el funcionamiento del sistema ganadero actual aporta anualmente 53.3 toneladas de sedimentos por hectárea utilizada en ganadería extensiva. La actividad silvopastoril por su parte, durante los dos primeros años de implementación genera la misma cantidad de sedimentos por hectárea reconvertida que el sistema ganadero; esto se debe a que en este período, sólo existen las semillas y brotes de los árboles, por lo tanto el porcentaje de reducción de sedimentos de esta actividad durante los dos primeros años es nula. Sin embargo, a partir del tercer año, el efecto sobre la erosión se empieza a notar, pues ya existen arbustos que disminuyen el proceso erosivo en un 58%, es decir, cada hectárea utilizada en silvopastoreo produce 22.4 toneladas de sedimentos anuales.

**Tabla 4. Aporte de sedimentos de las actividades Ganadera y Silvopastoril**

<b>Año</b>	<b>Sedimentos Ganadería*</b>	<b>Sedimentos Silvopastoreo*</b>	<b>Reducción Sedimentos*</b>
1	53,3	53,3	0%
2	53,3	53,3	0%
3 y 4	53,3	22,4	57,9%
5 y 6	53,3	16,7	68,7%
7 a 15	53,3	6,93	86,9%

Fuente:CIAT. Cálculos del autor

\* Unidades en ton/ha/año

Durante los años 5 y 6 de la implementación de la actividad silvopastoril el aporte de sedimentos anual por hectárea es 16.7 toneladas, es decir se disminuyen los sedimentos aportados en un 68.7% con referencia a una hectárea utilizada en ganadería extensiva. A partir del séptimo año, cuando los árboles tienen ya un tamaño considerable, la disminución de la erosión es grande 86.9%, lo cual significa que una hectárea utilizada en silvopastoreo produce



solamente 6.93 toneladas anuales frente a 53.3 toneladas anuales que produce la misma hectárea utilizada en la actividad tradicional de la zona.

### ***5.3. Metodología***

En este artículo se plantea un modelo de optimización resuelto a través de programación lineal, con el fin de entender las interrelaciones entre los sistemas ganadero y silvopastoril con las condiciones económicas y ambientales de una finca ganadera promedio del área rural de los municipios de Samaná y Pensilvania en el departamento de Caldas.

Los modelos de optimización han sido ampliamente utilizados para modelar sistemas agroecológicos y relacionarlos con la problemática del manejo de los recursos naturales, principalmente porque permiten entender las interrelaciones entre los sistemas de producción en una cuenca y sus efectos sobre las condiciones socioeconómicas y ambientales de la misma (Quintero y Estrada, 2004). Este hecho y la posibilidad de realizar análisis de impacto ex ante -en periodos largos de tiempo- sobre cambios en las externalidades al modificarse el uso de la tierra o las prácticas de manejo, hicieron que se optara por este tipo de modelos para la realización del presente estudio, pues dichos cambios no podrían percibirse en un lapso de tiempo corto después de la modificación en la práctica de manejo, ya que están relacionados con procesos biofísicos graduales en el tiempo. Además, dado que se están manejando muchas variables en un horizonte largo de tiempo, este tipo de modelo permite controlar estas variables y hacer modificaciones de manera relativamente fácil.

El modelo está construido con base en la relación entre restricciones y alternativas de decisión. Las restricciones corresponden a las limitaciones dadas por las capacidades económicas del sistema o por las consideraciones del productor o las políticas de la región; en este caso existen restricciones socioeconómicas de disponibilidad de mano de obra familiar, tierra y capital. Dado que no existe regulación sobre la cantidad de sedimentos generados, la restricción a sedimentos no es relevante y por lo tanto su precio sombra es cero. Las alternativas de decisión se refieren a las actividades realizadas (ganadería-silvopastoreo) y por lo tanto, son las que el tomador de decisión puede controlar y cuyos valores determinan el impacto sobre el sistema.

La función objetivo es maximizar el valor presente del flujo de beneficios netos de la combinación ganadería – silvopastoreo, sujeta a las restricciones mencionadas anteriormente. El modelo está orientado a evaluar para un período de 15 años, teniendo en cuenta el nivel de transferencia óptimo, cuál es el número de hectáreas dedicadas a ganadería extensiva y silvopastoreo que maximizan la función objetivo, sin violar las restricciones impuestas. Es decir, la decisión del productor será qué área de su finca deja en el sistema ganadero y qué área reconvierte al sistema silvopastoril.

Para la determinación del incentivo, se realizaron diferentes etapas: la primera es, bajo el supuesto de que el incentivo debe ser fijo durante el horizonte de análisis, se realizó una búsqueda numérica tomando diferentes valores. Partiendo de un nivel de incentivo cero y aumentándolo a intervalos de \$2.000 hasta \$470.0000 –monto con el cual el ganadero reconvierte las trece hectáreas-. Para cada valor del incentivo se simuló el comportamiento del sistema y se observó la reconversión realizada. La segunda etapa consistió en calcular, para cada valor del incentivo, la elasticidad incentivo de la reconversión, esto con el fin de encontrar el valor óptimo del incentivo, el cual es el que garantiza la máxima reconversión por unidad marginal de incentivo pagado.

En la última etapa se determinó la posibilidad de una senda de incentivo diferencial en el tiempo, con el fin de reducir los costos totales del mismo, logrando así disminuir el gasto en el incentivo.

## **6. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### ***6.1. Escenario Actual: línea base***

En este escenario se construyó el modelo mediante el análisis del flujo de beneficios netos de las dos actividades –ganadería y silvopastoreo sin incentivos-. Estos flujos incorporan los costos e ingresos generados por la venta futura de madera, así como la venta derivada de los productos de la ganadería.

Cuando el incentivo no es incorporado dentro del sistema, los beneficios netos del sistema ganadero son mayores a los del sistema silvopastoril y por tanto, la solución óptima del

modelo muestra que el ganadero utiliza toda el área disponible en su actual sistema productivo –ganadería- y no implementa la actividad silvopastoril.

La tabla 5, resume el sistema de producción actual de un ganadero promedio de los municipios de Samaná y Pensilvania. Como se observa, en caso de continuar con el sistema de producción actual en las 13 hectáreas que tiene disponibles, un ganadero promedio de la cuenca La Miel, obtendrá en 15 años un beneficio neto de 87,2 millones de pesos, requerirá un capital de \$5.655.000, y utilizará para las labores en su finca 1.755 jornales durante los 15 años. Es decir, utilizará exactamente el capital que tiene disponible y un número de jornales inferior al que dispone. El aporte de sedimentos que realizará durante este periodo y por las 13 hectáreas es 10.395 ton.

**Tabla 5. Resumen Escenario Actual**

<b>Características</b>	<b>Cantidad</b>
Area Utilizada (Ha)	13
Beneficio Neto* (\$/finca)	87.189.128
Mano de obra (jornal/finca)	1.755
Capital* (\$/finca)	5.655.000
Sedimentos (ton/finca)	10.395

Fuente: Cálculos Propios

\* Suma del valor presente de los flujos durante los 15 años. Tasa de descuento 5%.

### ***6.2. Escenario alternativo I***

En el escenario anterior, en el cual el incentivo no es incorporado al modelo, el ganadero no implementa la actividad silvopastoril, pues su instalación requiere elevadas inversiones en capital y mano de obra. Por lo tanto, para que el silvopastoreo sea rentable en el corto plazo, debe modificarse el flujo actual de beneficios, lo cual puede hacerse mediante un monto transferible al ganadero.

Es por esto que en esta parte, se realiza una búsqueda numérica del incentivo óptimo que estimule al ganadero a implementar el sistema silvopastoril. El análisis se realizó a través de

diferentes pasos: el primero fue suponer que el incentivo debe ser fijo a lo largo del periodo de análisis. La búsqueda se inició con un nivel de incentivo cero, el cual fue aumentándose a intervalos de \$2.000 hasta encontrar el monto con el cual el ganadero reconvierte sus trece hectáreas, este monto es \$470.000. El comportamiento del sistema fue simulado para cada monto del incentivo con el fin de observar la reconversión realizada.

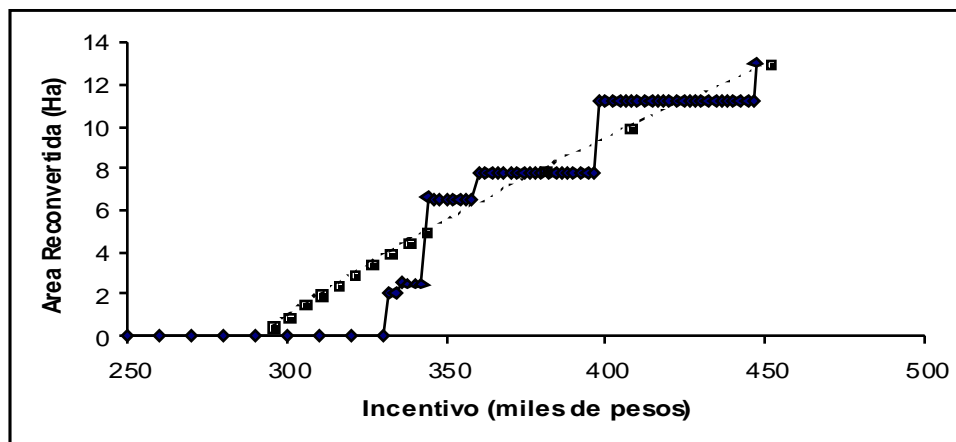
Como se observa en la figura 1, para montos del incentivo inferiores a \$330.000 anuales por hectárea, el ganadero no realiza ninguna reconversión a silvopastoreo, solamente a partir de \$332.000 empieza a reconvertir. Hay que destacar en esta figura que pasar de un incentivo de \$342.000 a uno de \$344.000 implica aumentar significativamente el número de hectáreas reconvertidas, pues pasa de tener 2,51 hectáreas en silvopastoreo a tener 6,61, es decir representa incrementar en un poco más de cuatro hectáreas el sistema silvopastoril. Otro aumento considerable en el número de hectáreas reconvertidas ocurre al aumentar el incentivo de \$396.000 a \$398.000, pues se pasa de 7,83 ha a 11,18 ha, lo cual implica un cambio de 3,5 ha. También es importante anotar en este punto que con un incentivo de \$447.000 por hectárea, el ganadero reconvierte todo su actual sistema productivo. En los intervalos de \$360.000 a \$390.000 y de \$400.000 a \$440.000 el nivel de reconversión del actual sistema productivo ante aumentos de \$2.000 en el incentivo es casi nulo.

Puede observarse también en la figura 1, una función suavizada (semilogarítmica) del número de hectáreas reconvertidas en función del logaritmo del incentivo:  $\text{reconversión} = -166.45 + 29.36 \ln(\text{incentivo})$ . De acuerdo con esta forma funcional, el ganadero está dispuesto a reconvertir solamente si el incentivo es mayor a \$290.000 y reconvierte todas sus hectáreas si el incentivo es \$451.000. Este rango es similar al mostrado por la línea área reconvertida-incentivo: el ganadero reconvierte para incentivos mayores de \$330.000 y reconvierte sus 13 ha si el incentivo es \$447.000.

El segundo paso consistió en calcular para cada monto, la variación porcentual de la reconversión provocada por un incremento del incentivo en un 1% –elasticidad arco incentivo de la reconversión- (Anexo 1). Mediante esta elasticidad se encontrará el nivel óptimo del incentivo que garantice la máxima reconversión. Teniendo en cuenta que para algunos

intervalos la reconversión ante incrementos en el incentivo es muy pequeña, se miró la elasticidad entre los valores en los cuales hay cambios en las decisiones.

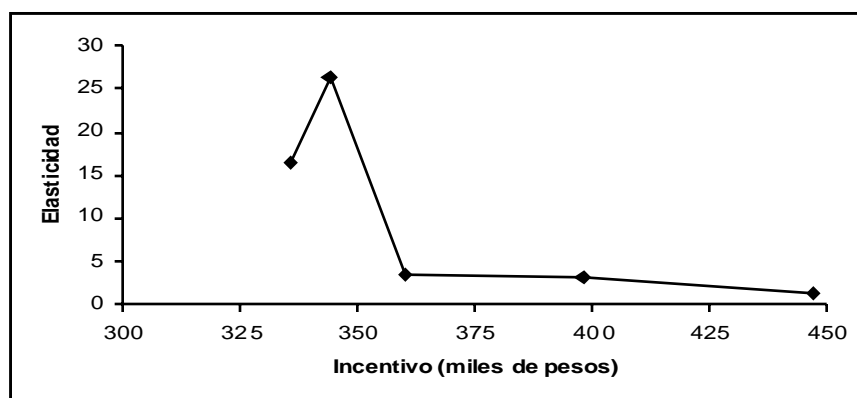
**Figura 1. Área Reconvertida a Silvopastoreo para diferentes montos del Incentivo**



Como se observa en la figura 2, la mayor elasticidad incentivo de la reconversión se alcanza cuando se transfiere al ganadero durante los 15 años, una cantidad de \$344.000 anual por hectárea reconvertida. Como se observó en la figura anterior, este aumento en el incentivo hace que el ganadero duplique el número de hectáreas destinadas a silvopastoreo. Por lo tanto, \$344.000 es un monto eficiente del incentivo, pues es el que garantiza el mayor número de hectáreas reconvertidas al menor costo.

Con este nivel óptimo de incentivo \$ 344.000, se simuló el comportamiento del sistema considerando las actividades ganadería extensiva y silvopastoreo. La solución óptima de este escenario determinó el número de hectáreas dedicadas a ganadería y el número de hectáreas dedicadas a silvopastoreo que cumpliendo con las restricciones impuestas, maximizan el valor presente de la suma de los beneficios netos del ganadero.

**Figura 2. Elasticidad Incentivo de la Reconversión**



Como se observa en la tabla 6, en caso de que el ganadero pueda acceder anualmente y durante los 15 años a una transferencia de \$344.000 anual por hectárea reconvertida; continuará con su actividad ganadera en 5,94 hectáreas y en 6,61 implementará el sistema silvopastoril. Como resultado de estas actividades, obtendrá un beneficio neto de 95,9 millones de pesos. Requerirá un capital en valor presente de 9.560.619 y utilizará 4.785 jornales para realizar las labores en su finca. Por lo tanto, para realizar estas dos actividades, el ganadero requiere más capital y mano de obra del que tiene disponible. Comparado con el número de jornales que utiliza en el escenario base, requiere 3.030 jornales adicionales. El aporte total de sedimentos que realizará durante este periodo y por las 13 hectáreas es 6.469 ton, con un aporte de sedimentos máximo de 669 ton/finca/año, el cual ocurre durante los dos primeros años de implementado el sistema silvopastoril y un aporte mínimo de 362, el cual ocurre a partir del séptimo año de implementado el sistema alternativo.

Este escenario disminuye el aporte de sedimentos con respecto al escenario actual en un 37.8%, por lo tanto, desde el punto de vista ambiental es una buena opción para contrarrestar el problema ambiental. Teniendo en cuenta que la alternativa debe ser viable tanto ambiental como económicamente, hay que analizar el impacto sobre los beneficios netos de los ganaderos. Como se observa, hubo un aumento en los beneficios netos de los ganaderos de \$8.678.378, al combinar el sistema ganadero con uno silvopastoril cuando el agricultor tiene acceso a una transferencia igual a \$344.000 durante los 15 años.

**Tabla 6. Resumen Escenario Alternativo I**

<b>Características</b>	<b>Cantidad</b>
Area Utilizada (Ha)	12,55
Area Ganadería (Ha)	5,94
Area Silvopastoreo (Ha)	6,61
Beneficio Neto* (\$/finca)	95.877.506
Mano de Obra (jornal/finca)	4.785
Capital* (\$/finca)	9.560.619
Sedimentos (ton/finca)	6.469
Sedimentos Máximos (ton/finca/año)	669
Sedimentos Mínimos (ton/finca/año)	362
Valor Presente Incentivo por hectárea	3.749.132
Valor Presente Incentivo total área reconvertida	24.767.735

Fuente: Cálculos Propios

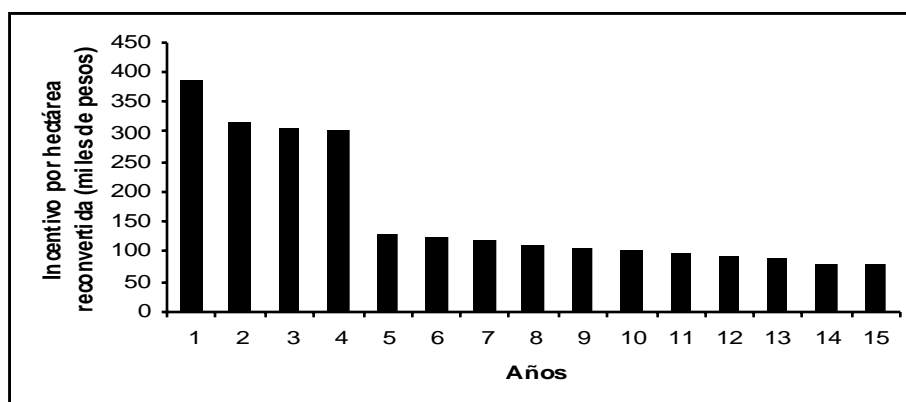
\* Suma del valor presente de los flujos durante los 15 años simulados. Tasa de descuento 5%

### **6.3. Escenario Alternativo II**

En otro paso, se calculó el monto del incentivo asumiendo que es igual a la diferencia de beneficios entre las dos actividades más una compensación por los costos adicionales incurridos al implementar el sistema silvopastoril  $I_{St} = \pi_{Gt} - \pi_S + \Delta K + \Delta L + \Delta C$ . En este caso, el incentivo representa los beneficios que el ganadero deja de percibir debido a la implementación del nuevo sistema productivo. Para ello, se buscó una senda de subsidio que cumpla con esta igualdad. Teniendo en cuenta la conducta optimizadora del ganadero, quien en el escenario anterior decidió que cada actividad ocupara aproximadamente la mitad del área disponible, se fijó el número de hectáreas en pasto y silvopastoreo de manera que cada actividad ocupe la mitad del área total. Con esto, se encontró un subsidio diferencial en el tiempo que reduce el gasto en el incentivo por hectárea reconvertida.

Como se observa en la figura 3, el monto de este incentivo diferencial en el tiempo, tiene en cuenta que durante los primeros años de implementación del sistema silvopastoril es cuando el ganadero requiere más capital y mano de obra, es por esto, que el monto del incentivo va disminuyendo a través del tiempo, iniciando con montos grandes durante los primeros años – similares a los obtenidos en el escenario alternativo I- y, continuando con montos pequeños durante los últimos periodos.

**Figura 3. Incentivo Diferencial en el Tiempo**



Al simular el comportamiento del sistema incorporando la senda del incentivo diferencial en el tiempo, se obtuvo que, como resultado de implementar la actividad silvopastoril en 6.5 hectáreas y en las restantes 6.5 dejar su actual sistema productivo (tabla 7), obtendrá un beneficio neto de 87,2 millones de pesos; generará durante este periodo y por las 13 hectáreas 6.890 toneladas de sedimentos. Con un aporte máximo de 693 ton/finca/año, el cual ocurre durante los dos primeros años de implementación del sistema silvopastoril y un aporte mínimo de 392 toneladas a partir del séptimo año. Requerirá un capital de \$9.692.800 por las 13 hectáreas, y una mano de obra de 4.797 jornales. Por lo tanto, al igual que en el escenario anterior, para realizar estas dos actividades, el ganadero requiere más capital y mano de obra del que tiene disponible. Con respecto al escenario base, requiere 3.042 jornales adicionales.

Este escenario disminuye el aporte de sedimentos con respecto al escenario actual en un 33,7%, por lo tanto, desde el punto de vista ambiental sería una buena opción para contrarrestar el problema ambiental. Analizando el impacto sobre los beneficios netos de los ganaderos, se observa que obtienen exactamente los beneficios que obtienen en el escenario actual. Este escenario es el que menor gasto en incentivo requiere \$12.796.148, lo cual reduce el gasto en incentivo en 48,3%, con respecto al escenario alternativo I.



**Tabla 7 Resumen Escenario Alternativo II**

<b>Características</b>	<b>Cantidad</b>
Area Utilizada (Ha)	13
Area Ganadería (Ha)	6,5
Area Silvopastoreo (Ha)	6,5
Beneficio Neto* (\$/finca)	87.189.128
Mano de Obra (jornal/finca)	4.797
Capital* (\$/finca)	9.692.800
Sedimentos (ton/finca)	6.890
Sedimentos Máximos (ton/finca/año)	693
Sedimentos Mínimos (ton/finca/año)	392
Valor Presente Incentivo por hectárea	1.968.638
<b>Valor Presente Incentivo total área reconvertida</b>	<b>12.796.148</b>

Fuente: Cálculos Propios

\* Suma del valor presente de los flujos durante los 15 años simulados. Tasa de descuento 5%.

#### ***6.4. Resumen Diferentes Escenarios Alternativos***

En la tabla 8 se resumen los resultados del escenario base, de las dos alternativas explicadas anteriormente y del caso en se que reconvierten las tres hectáreas de la finca.

Como se observa en la tabla, en el caso en que el ganadero pueda acceder durante los 15 años a un incentivo en valor presente de \$4.871.693 por hectárea (equivalente a \$447.000 anual por hectárea), implementará la actividad silvopastoril en las 13 hectáreas. Como resultado de esta actividad obtendrá un beneficio de \$108.932.203. Generará 3.385 toneladas de sedimentos, con un aporte máximo de sedimentos de 693 ton/finca/año y un aporte mínimo de 90 toneladas/finca/año. Utilizará un capital de \$13.973.600 y una mano de obra de 7.839 jornales.

Con respecto al escenario actual, esta alternativa disminuye el aporte de sedimentos en un 67.4%, por lo tanto, desde el punto de vista ambiental, es una buena opción. Desde el punto de vista del ganadero también lo es, pues sus beneficios netos se incrementan en \$21.743.075, es decir, en aproximadamente un 25%. Sin embargo, desde el punto de vista del presupuesto de la autoridad ambiental no es una buena opción, pues con respecto al escenario alternativo II, se incrementa considerablemente el gasto en el incentivo, pues pasa de \$24.767.735 a \$63.332.003, es decir, el gasto en el incentivo se incrementa en \$38.564.268.

**Tabla 8. Resumen Diferentes Alternativas**

<b>Características</b>	<b>Ganadería</b>	<b>Alternativa I</b>	<b>Alternativa II</b>	<b>Silvopastoreo</b>
Area Utilizada (Ha)	13	12,55	13	13
Area Ganadería (Ha)	13	5,94	6,5	0
Area Silvopastoreo (Ha)	0	6,61	6,5	13
Beneficio Neto* (\$/finca)	87.189.128	95.877.506	87.189.128	108.932.203
Mano de Obra (jornal/finca)	1.755	4.785	4.797	7.839
Capital* (\$/finca)	5.655.000	9.560.619	9.692.800	13.730.600
Sedimentos (ton/finca)	10.395	6.469	6.890	3.385
Sedimentos Máximos (ton/finca/año)	693	669	693	693
Sedimentos Mínimos (ton/finca/año)	693	362	392	90
Valor Presente Incentivo por hectárea	0	3.749.132	1.968.638	4.871.693
Valor Presente Incentivo total área reconvertida	0	24.767.735	12.796.148	63.332.003

Fuente: Cálculos Propios

\*Suma del valor presente de los flujos durante los 15 años simulados. Tasa de descuento 5%

De lo anterior puede decirse que a pesar de que las tres alternativas cumplen con el objetivo de disminuir los sedimentos –unas en mayor medida que otras- hay que tener en cuenta el costo de hacerlo. Para ello se calculó el costo de reducir la generación de una tonelada de sedimentos, el cual es presentado en la tabla 9.

**Tabla 9. Valor Presente del Costo Medio por Tonelada Reducida en comparación al escenario actual**

<b>Características</b>	<b>Alternativa I</b>	<b>Alternativa II</b>	<b>Alternativa III</b>
Reducción de sedimentos (ton/finca)	3.926	3.050	7.010
Costo medio por tonelada reducida (\$/ton)	6.309	3.651	9.035

Fuente: Cálculos propios

Como se observa, a pesar de que las tres alternativas disminuyen los sedimentos –en diferente medida- la tercera tiene un costo muy elevado de hacerlo. En este sentido, las opciones de los extremos: Ganadería extensiva y Silvopastoreo -mostradas en la tabla 8- no serían deseables, la primera porque produce elevados niveles de sedimentación y la segunda, porque a pesar de que disminuye en gran medida los niveles de generación de sedimentos, los costos de reducir una tonelada de sedimentos superan con creces el costo por tonelada reducida que tienen las otras dos alternativas. Por lo tanto, una alternativa costo eficiente se encuentra en la combinación de los dos sistemas.

Como se observa en la tabla 9, la reducción en la generación de sedimentos que se presenta en las alternativas I y II, no difiere mucho (3.926 ton/finca y 3.050 ton/finca, respectivamente). Sin embargo, el costo por tonelada reducida que tiene el escenario alternativo II es mucho menor que el del escenario alternativo I. Esto hace que la combinación de ganadería y silvopastoreo con la senda de subsidio diferencial en el tiempo, presentada en la alternativa II, sea la mejor opción, pues cumple con el objetivo ambiental de reducir los sedimentos, lo hace al menor costo por tonelada reducida y conserva a la vez los ingresos actuales de los ganaderos. Por lo tanto, este es, teniendo en cuenta los diferentes criterios, un escenario deseable económica y ambientalmente.

## **7. MECANISMOS FINANCIEROS PARA HACER EFECTIVO EL INCENTIVO**

El principal problema que enfrenta la implementación de los sistemas silvopastoriles es la necesidad de obtener recursos para cubrir el incentivo necesario.

Del análisis institucional realizado se desprende que hay varias opciones con las cuales puede hacerse efectivo el incentivo, entre ellas se encuentran subsidios directos, créditos y pagos por servicios ambientales. Debe aclararse en este punto que el pago realizado a los ganaderos debe ser continuo, pues una vez terminado el primer ciclo -15 años- el ganadero puede regresar a su antiguo sistema productivo. Sin embargo, es muy factible que terminado este ciclo la productividad del suelo se haya incrementado –produciendo mejores pastos- y por lo tanto incrementado el rendimiento del sistema. Estos beneficios deben ser tenidos en cuenta para el cálculo del incentivo en el siguiente ciclo, pues éste puede ser mucho menor y llegarse a un punto en el cual el incentivo no sea necesario.

### ***7.1. Subsidios Directos***

Hay cuatro mecanismos actualmente disponibles, que se podrían utilizar para propósitos de obtener el incentivo. Estos se describen a continuación.

#### ***7.1.1. Certificado de Incentivo Forestal de Plantaciones: CIF de Plantaciones***

Es un reconocimiento directo en dinero que hace el gobierno para cubrir parte de los gastos de establecimiento y mantenimiento en que incurran quienes adelantan nuevas plantaciones forestales.

A través de este incentivo, se reconoce a sus beneficiarios el 75% de los costos de establecimiento de las plantaciones forestales autóctonas y el 50% para las especies introducidas<sup>3</sup>, sobre el valor nacional promedio, siempre y cuando las densidades sean mayores a 1.000 árboles por hectárea –cuando el valor es inferior a esta densidad, sin que sea menor a 50 árboles por hectárea, el valor es determinado proporcional al árbol. Igualmente, la ley ofrece el cubrimiento del 50% de los costos totales netos de mantenimiento desde el segundo hasta el quinto año, después de efectuada la plantación, cualquiera que sea la especie. (FINAGRO, 2005)

El trámite para acceder al CIF puede hacerse de dos formas: i) si el beneficiario tiene crédito con el Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario -FINAGRO, el trámite lo realiza directamente el intermediario financiero ii) ante la Corporación Autónoma Regional -CAR de la jurisdicción del predio en el cual se va a realizar la plantación. En los dos casos, debe presentarse un proyecto que incluya el plan de establecimiento y manejo. Una vez presentado el proyecto, se hacen visitas al predio, por medio de las cuales se determina si el proyecto es elegible o no. Una vez el proyecto ha sido elegido, y si hay disponibilidad presupuestal, los dineros para la plantación son desembolsados y cada año, después de visitas de verificación de cumplimiento del plan de manejo, se desembolsa el dinero para el sostenimiento de la plantación.

### ***7.1.2. Incentivos Económicos para Proyectos de Microcuencas: Programa Ambiental y de Manejo de los Recursos Naturales***

A través de este incentivo, se transfieren directamente recursos a propietarios privados de predios para estimularlos a realizar acciones acordadas con las autoridades ambientales encargadas de la gestión de este tipo de proyectos. El programa se beneficia de tres fuentes de financiación: i) recursos de créditos del Banco Interamericano de Desarrollo BID y del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento BIRF ii) aportes en dinero y/o insumos que

---

<sup>3</sup> El Ministerio de Agricultura es el encargado de la determinación de las especies forestales autóctonas o introducidas, y de señalar, al 31 de octubre de cada año, el valor promedio nacional de los costos totales netos de establecimiento y mantenimiento de las mismas.

proporciona la entidad regional o local ejecutora, provenientes del presupuesto nacional y/o de rentas propias iii) participación de los usuarios o comunidades, representada usualmente en mano de obra. (Forero y Torres, 2004).

La ejecución de los proyectos de manejo y recuperación de microcuencas es realizada por las CAR y algunas Organizaciones No Gubernamentales ONG. A estas entidades, principalmente las CAR, se les encomendó la función de ejecutar y adelantar proyectos elegibles. Una vez hayan aprobado los proyectos, solicitan al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial -MVADT la financiación de dichos proyectos.

Para tener acceso al incentivo, los usuarios deben contar con una aprobación técnica, hecha a partir de una visita al predio que hace un profesional de la entidad ejecutora. El usuario debe reunir algunos requisitos legales que acrediten su propiedad y se compromete legalmente, mediante contrato público, a llevar a cabo el proyecto incentivado y colocar los recursos que le corresponden.

### ***7.1.3. Programa de Apoyo al Sistema Nacional Ambiental: SINA II***

El programa, a través de su componente de Inversiones Ambientales, busca apoyar proyectos ambientales que generen beneficio regional y nacional, cuyo impacto económico, social y ambiental justifique la financiación del gobierno nacional. Dentro de las temáticas definidas por el gobierno para las Inversiones Ambientales se encuentra el establecimiento de plantaciones protectoras, protectoras – productoras, cercas vivas y sistemas agroforestales, para los cuales se transfiere hasta el 50% del costo de las actividades del proyecto relacionadas con el establecimiento de las plantaciones.

El programa es financiado parcialmente con recursos del contrato de préstamo del BID, suscrito entre Colombia y esta entidad. Los recursos son manejados a través del Fondo de Inversiones Ambientales –FIA, el cual es una subdirección del Fondo Nacional Ambiental – FONAM. (MAVDT, 2005)

Las entidades ejecutoras de los proyectos a ser cofinanciados por el programa son las CARs y las Autoridades Ambientales Urbanas –AAUs. El programa se inicia con la convocatoria

realizada por el MAVDT, la cual es enviada a todas las entidades ejecutoras, quienes durante el tiempo de la convocatoria, seleccionan los proyectos que consideran pueden acceder a la cofinanciación que ofrece el programa. Posteriormente, envían los proyectos al MAVDT, donde el Grupo de Banca Multilateral – GBM y el comité de inversiones realizan las evaluaciones financieras y técnicas de los proyectos respectivamente, aprobando aquellos que hayan cumplido con todos los requisitos exigidos.

#### ***7.1.4. Fondo Para la Acción Ambiental: FPAA***

Es un mecanismo que promueve el desarrollo sostenible a través de entidades no gubernamentales. El Fondo cofinancia, con recursos no reembolsables, proyectos destinados a preservar los recursos naturales y, al mismo tiempo, fomenta la supervivencia y el desarrollo de la niñez. Los recursos del Fondo provienen de una operación de reducción de deuda acordada entre los gobiernos de Estados Unidos y Colombia.

El fondo realiza convocatorias a la presentación de proyectos con ciertos plazos de apertura y cierre. Para la evaluación de las propuestas recibidas, el FPAA cuenta con unidades técnicas de evaluación.

Actualmente, el FPAA está financiando proyectos en tres áreas: i) gestión ambiental en áreas silvestres y manejo de la biodiversidad. ii) gestión ambiental en agroecosistemas y iii) gestión ambiental urbana.

#### ***7.2. Crédito Agropecuario***

El crédito agropecuario (incluyendo silvicultura) es otorgado por FINAGRO. El crédito está dirigido a financiar el capital de trabajo e inversión requeridos en las distintas fases del proceso productivo, de proyectos viables tanto financiera como ambientalmente.

Los beneficiarios del crédito pueden ser pequeños, medianos y grandes productores. Los primeros, son aquellos usuarios cuyos activos totales para 2004 no superen \$41.670.30, al menos las dos terceras partes de sus ingresos provengan de la actividad agropecuaria y que no tengan menos del 75% de sus activos invertidos en el sector agropecuario. Los medianos y grandes productores son aquellos que no están comprendidos en la definición de pequeño productor y cuyo endeudamiento con el sector financiero no exceda de 2.500 smmlv para el

primer caso, y sea superior a \$895.000.000 en el segundo caso. La tasa de interés a la que se presta tiene que ver con el tipo de productor: para el pequeño productor se presta hasta DTF (EA)+ 4 puntos porcentuales. Para los otros productores (medianos y grandes) se presta hasta DTF (EA) + 8 puntos porcentuales. (FINAGRO, 2005)

Los trámites para las solicitudes del crédito deben realizarse ante una institución financiera legalmente constituida y vigilada por la Superintendencia Bancaria, pues FINAGRO no otorga recursos directamente a los beneficiarios del crédito. Cada solicitud debe establecer las necesidades de financiación y sustentarlas con un proyecto, el cual debe ser presentado a la entidad financiera en la cual se realizará la inversión. A este crédito puede accederse mediante la modalidad de crédito individual o asociativo. En caso de que el intermediario financiero apruebe el crédito, solicita ante FINAGRO los recursos de financiación. Como usuario del crédito de FINAGRO, el productor puede acceder a los siguientes servicios complementarios: Fondo Agropecuario de Garantías FAG –Facilita el crédito a los usuarios que no puedan ofrecer las garantías exigidas normalmente por los intermediarios financieros, pues el fondo los respalda o les sirve de fiador-, Incentivo a la Capitalización Rural ICR –es un aporte en dinero abonado al saldo del crédito contraído por el beneficiario para financiar las actividades de inversión objeto del incentivo-

A pesar de que cada mecanismo de financiación presentado anteriormente presenta diversas ventajas y desventajas en cuanto a su divulgación, costos de transacción y montos otorgados, en general, hay una desventaja común entre los esquemas financiados por FINAGRO: en muchos casos, la institución no cuenta inmediatamente con los recursos y por lo tanto, el beneficiario debe entrar a una lista de espera hasta que haya disponibilidad financiera. Según Lozano y Landazabal (1999), durante este año, había una demanda de 717 proyectos para ser financiados por el CIF de plantaciones, de los cuales 525 proyectos contaban con disponibilidad financiera, mientras que los 192 restantes no tenían financiación y por lo tanto, debían esperar hasta que FINAGRO tuviera los recursos disponibles. Es por esto que en la siguiente sección, se propone un mecanismo para hacer efectivo el incentivo, el cual no depende de recursos del estado. En este sentido, es el mecanismo más factible en el tiempo pues los dineros provendrán de una entidad mixta que se verá directamente beneficiada con el

proyecto y que puede tener los recursos necesarios para garantizar el flujo continuo de pagos durante el periodo de duración del proyecto.

### ***7.3. Pago por Servicios Ambientales***

En esta parte, se propone una transacción entre los principales beneficiarios del proyecto (la hidroeléctrica) y los ganaderos, mediada por la Corporación Autónoma Regional, la cual será la entidad ejecutora, pues como autoridad ambiental de la zona, tiene las facultades para hacer cumplir las obligaciones a las que se somete cada una de las partes.

Como se mencionó anteriormente, el buen funcionamiento de un esquema de pagos por servicios ambientales requiere de un servicio ambiental bien definido, de la identificación de los beneficiarios del servicio ambiental y de quienes están dispuestos a pagar por él, así como de quienes son sus proveedores (Wunder, 2005).

Teniendo en cuenta que en la Cuenca La Miel la sedimentación tiene un efecto directo sobre la vida útil de los embalses, es fácil reconocer el servicio ambiental e identificar quienes son sus proveedores y beneficiarios, es por esto que, se propone un esquema de pago por servicios ambientales como instrumento de financiación de la alternativa silvopastoril presentada en el escenario alternativo II.

El servicio ambiental es la disminución en la generación de sedimentos, la cual puede ser directamente medida en toneladas de sedimentos. El beneficiario directo que estaría dispuesto a pagar por el servicio es la Hidroeléctrica Miel I y quienes proveen el servicio son los ganaderos.

Considerando que el monto del pago dependerá tanto de la disponibilidad a pagar de los receptores de los servicios como de la disponibilidad de los dueños de las tierras a aceptar el precio ofrecido, la disponibilidad a pagar de los beneficiarios se va a relacionar con el impacto económico que tienen los sedimentos sobre la vida útil de los embalses. En este sentido, Rivera y Estrada (2002), encontraron que el costo de oportunidad de los sedimentos para el proyecto hidroeléctrico MIEL I, con base en su efecto sobre la vida útil es de 2.56 US/ton, que a una tasa de cambio de \$2.300 por dólar (promedio nominal del 2001) equivale a \$5.887/ton.



Como se aprecia, el costo de oportunidad de cada tonelada de sedimentos para la represa (\$5.887), es mayor que el costo de reducir una tonelada de sedimentos en el escenario alternativo II (\$3.651). Teniendo en cuenta que en este escenario se reducen 3.050 toneladas de sedimentos, el costo de oportunidad para la hidroeléctrica de este número de toneladas es de \$17.934.000; mientras que el costo del proyecto de PSA es \$12.796.148.

Si la represa está interesada en participar en el mercado, el costo de los sedimentos sobre la vida útil del embalse se reduce en 29%. Por lo tanto, es una opción atractiva para la hidroeléctrica. De esta manera, la mínima disponibilidad a aceptar de los productores para implementar el sistema silvopastoril en la mitad de las hectáreas que tienen disponibles es \$12.796.148; mientras que la máxima disponibilidad a pagar que tiene la represa para que el proyecto se lleve a cabo es \$17.934.000. Esta diferencia entre la mínima disponibilidad a aceptar que tiene el ganadero y la máxima disponibilidad a pagar de la represa, genera un margen, el cual permitirá mediante negociación encontrar un punto intermedio entre los montos, de manera que los dos agentes ganen y estén interesados en participar.

Por lo tanto, en la Cuenca La Miel, existen las condiciones para generar un esquema de pago por servicios ambientales en el cual, la hidroeléctrica como beneficiaria directa de la reducción en la generación de sedimentos, pague a los ganaderos por la provisión de este servicio, de tal manera que los costos en que se incurra por la implementación del sistema silvopastoril sean debidamente compensados. Esto se realiza solamente si el ganadero garantiza la reducción de los sedimentos, es decir, si implementa el sistema silvopastoril en el número de hectáreas y de la forma que se comprometa a hacerlo.

De las experiencias tenidas en países como Costa Rica, se conoce además que, un elemento importante en el establecimiento de un esquema de PSA es mantener los costos de transacción bajos para las partes, de manera que sean incentivadas a participar en el mercado. En este sentido, una institución de apoyo cumple una función esencial en los esquemas de PSA, pues permite minimizar los costos de transacción, al tiempo que maximiza la eficiencia en las transferencias de los recursos que realicen los beneficiarios a los proveedores del servicio ambiental. Es por esto que se propone además, que el esquema de PSA en la cuenca La Miel esté apoyado por la autoridad ambiental de la región –CORPOCALDAS-, pues como

autoridad ambiental, tiene las facultades para facilitar a las partes el proceso, y hacer cumplir las obligaciones a las que se someta cada una de ellas. Para hacerlo, la autoridad ambiental tendrá diferentes funciones: a) Capacitar y suministrar información a los agentes involucrados, b) Acompañar a los ganaderos en la elaboración del plan de establecimiento y manejo del sistema silvopastoril, c) Elaborar el contrato de cumplimiento entre las partes, el cual incluya sanciones por incumplimiento de las obligaciones contraídas por alguna de ellas, d) Administrar los recursos financieros de manera que los pagos se realicen de acuerdo con lo establecido, e) Verificar que las plantaciones se realicen de acuerdo al plan de establecimiento y manejo y f) Monitorear la reducción de sedimentos.

Así, el esquema de Pago por Servicios Ambientales a realizar en la Cuenca La Miel se implementará de la siguiente manera:

1. La autoridad ambiental debe proveer información a los ganaderos y a la hidroeléctrica acerca de la situación ambiental de la cuenca y del esquema de PSA.
2. El ganadero –proveedor del servicio ambiental- debe dirigirse a la CAR, para ser ayudado con la elaboración de su plan de establecimiento y manejo del sistema silvopastoril, el cual debe incluir los costos de hacerlo.
3. Una vez elaborado el plan de establecimiento y manejo, debe ser presentado a la hidroeléctrica quien una vez lo evalúe se reunirá con el ganadero para negociar los pagos.
4. Una vez realizada la negociación, La CAR, elaborará el contrato de cumplimiento entre las partes.
4. Realizada la negociación de los pagos y acordado el cumplimiento del contrato, CORPOCALDAS, autorizará el desembolso del pago de los costos de implementación.
5. Como parte del control, la entidad ambiental realizará visitas técnicas para verificar que las plantaciones hayan sido sembradas de acuerdo con el plan de establecimiento. Realizará además monitoreo para verificar la reducción de sedimentos.

6. Teniendo en cuenta que un aspecto fundamental para el buen funcionamiento del esquema es que los pagos sean continuos, la CAR deberá realizar cada año visitas técnicas para verificar el mantenimiento de las plantaciones y autorizar el desembolso de los pagos anualmente.

7. En caso de incumplimiento de alguna de las cláusulas del contrato, la autoridad ambiental ejecutará las sanciones correspondientes.

8. Para cubrir los costos de monitoreo, apoyo y coordinación de la CAR, se debe incluir una cuota de los contratos de PSA que se pague a la entidad ambiental.

## 8. CONCLUSIONES

La implementación de un sistema silvopastoril en la cuenca La Miel puede brindar una alternativa para disminuir la generación de sedimentos aportados principalmente por el sistema de ganadería extensiva existente en la zona. No obstante, esta práctica por si sola no es atractiva para los usuarios de la tierra, debido principalmente a los elevados costos de implementación y mantenimiento del sistema. Estos costos hacen necesario un análisis económico que incluya un instrumento que permita incentivar su implementación.

Este estudio determina un incentivo costo eficiente que promueva la adopción del sistema silvopastoril por parte de los grandes ganaderos de la cuenca La Miel. Para ello, evalúa los flujos de beneficios y generación de sedimentos para los sistemas ganadero y silvopastoril. De esta evaluación se plantearon cuatro escenarios: El primero de ellos fue el escenario base, el cual sirvió de referencia para comparar los diferentes escenarios alternativos; en los escenarios alternativo I y III se plantearon incentivos fijos en el tiempo \$344.000 y \$447.000 respectivamente; mientras que en el segundo escenario alternativo se planteó un incentivo diferencial en el tiempo, igual a la diferencia de beneficios entre las dos actividades más una compensación por los costos adicionales incurridos al implementar el sistema silvopastoril

$$I_{st} = \pi_{Gt} - \pi_s + \Delta K + \Delta L + \Delta C .$$

Considerando que las tres alternativas planteadas cumplieron con el objetivo de disminuir los sedimentos, -unas en mayor medida que otras-, se calculó el costo medio de reducir la

generación de una tonelada de sedimentos, el cual fue diferente para cada una de las alternativas: \$6.309 para la primera alternativa, \$3.651 para la segunda alternativa y \$9.035 para la tercera. Estos resultados permitieron observar que aunque la tercera alternativa redujo considerablemente los niveles de sedimentos (7.010 ton/finca), su costo medio de hacerlo fue muy elevado. La reducción de sedimentos mostrada por las alternativas I y II fue similar (3.926 ton/finca y 3.050 ton/finca). No obstante, el costo medio por tonelada reducida mostrado por el escenario alternativo II fue mucho menor que el del escenario alternativo I, lo cual lo convirtió en la mejor opción al cumplir con el objetivo ambiental de reducir los sedimentos, hacerlo al menor costo por tonelada reducida y conservar a la vez los ingresos actuales de los ganaderos.

De lo anterior puede decirse que, teniendo en cuenta que la información utilizada para la realización de este trabajo es para un ganadero individual promedio de la cuenca, existen restricciones y limitaciones en el análisis, pues se está asumiendo que todas las fincas están aportando el mismo nivel de sedimentos - sin importar su ubicación con respecto al recurso hídrico-. En este sentido, puede estarse sobre-estimando el aporte total de sedimentos y por lo tanto el monto del incentivo. Si cambiaran de alguna forma los supuestos, los resultados podrían ser diferentes.

La inclusión de información espacial mejoraría mucho los resultados, pues sería posible tener información acerca de la distancia de las fincas al recurso hídrico y la variabilidad en el aporte de sedimentos de cada una de ellas, pues una finca ubicada lejos del río puede tener menor impacto ambiental que una finca cercana al río. En este sentido, el incentivo tendría en cuenta el impacto de la distancia de las fincas sobre la calidad ambiental de la cuenca-

Dentro de los mecanismos financieros disponibles para hacer efectivo el incentivo: subsidios directos, créditos y PSA, este último es la mejor opción de financiamiento para el sistema silvopastoril. Esto se debe fundamentalmente a que los dos primeros son financiados por el estado, quien en muchos casos no cuenta inmediatamente con los recursos -los beneficiarios deben esperar hasta que haya disponibilidad financiera- y en otros casos, la disponibilidad financiera no está garantizada durante todo el proyecto, esto hace que los ganaderos no lleven a cabo los sistemas silvopastoriles. El PSA en la cuenca la Miel es una opción factible en el

tiempo pues la hidroeléctrica como entidad mixta beneficiaria directa de la reducción en la generación de sedimentos, puede tener los recursos necesarios para garantizar el flujo continuo de pagos durante el periodo de duración del proyecto, ya que la máxima disponibilidad a pagar que tiene la represa para que el proyecto se lleve a cabo \$17.934.000 es mayor a la mínima disponibilidad a aceptar de los productores para implementar el sistema silvopastoril \$12.796.148. Esto hace que existan las condiciones para generar un esquema de pago por servicios ambientales en el cual, la hidroeléctrica como beneficiaria directa de la reducción en la generación de sedimentos, pague a los ganaderos por la provisión de este servicio, de tal manera que los costos en que se incurra por la implementación del sistema silvopastoril sean debidamente compensados.

Dadas las restricciones en la información, los resultados obtenidos mediante este estudio, deben mirarse con cuidado, pues no deben generalizarse sino ser utilizados como un punto de partida para el posterior vínculo de otros grupos –ganaderos en compañía- que al igual que los ganaderos individuales sean importantes generadores de sedimentos en la cuenca.

## **9. RECOMENDACIONES**

De los resultados obtenidos en esta investigación pueden proponerse algunos aspectos necesarios para que el mecanismo de PSA funcione y por lo tanto sea una buena alternativa para incentivar la adopción del sistema silvopastoril que permita la disminución en la generación de sedimentos.

Teniendo en cuenta que una de las claves del buen funcionamiento de un esquema de PSA es que sus costos de transacción sean bajos, la participación de la autoridad ambiental es importante, pues permite reducir los costos de transacción de las partes, mediante provisión de información, capacitación, asistencia técnica, y monitoreo de las acciones.

Para garantizar el cumplimiento de las obligaciones por parte de los agentes involucrados en la transacción es necesario que la autoridad ambiental elabore un contrato de cumplimiento que incluya multas por incumplir con alguna de las obligaciones contraídas.

El monitoreo debe ser un elemento importante en este esquema de PSA para asegurar que los beneficios se generen, los pagos sean oportunos y la asistencia técnica sea prestada en momentos indicados. Pues un monitoreo efectivo es esencial para el funcionamiento óptimo del sistema.

Antes de la implementación de un esquema de PSA, es necesaria la elaboración de un estudio –como el realizado en la presente investigación- que permita determinar los precios justos del mercado. La autoridad ambiental debe vigilar que los contratos cumplan con estos precios para evitar que alguna de las partes ejerza poder de mercado.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es que los contratos deben tener cierto tipo de flexibilidad que permita ajustar los términos del contrato en caso de que cambien las condiciones del mercado y por lo tanto su rentabilidad.

Para que el mercado sea factible, es necesario cubrir los costos de monitoreo, apoyo y coordinación de la CAR, para ello debe incluirse una cuota en el contrato de PSA que se pague a la entidad ambiental.

El pago realizado a los ganaderos debe ser continuo, pues una vez terminado el primer ciclo - 15 años- el ganadero puede regresar a su antiguo sistema productivo. Sin embargo, es muy factible que terminado este ciclo la productividad del suelo se haya incrementado – produciendo mejores pastos y aumentando el rendimiento de los animales- Estos beneficios deben ser tenidos en cuenta para el cálculo del incentivo durante el siguiente ciclo, pues éste puede ser mucho menor e inclusive innecesario, pues a los ganaderos les será más rentable quedarse en el sistema silvopastoril.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, J., Betancouth, A. y Rivera, B. (2002). Tipificación de los sistemas de producción agropecuaria de las subcuencas de los ríos San Antonio, Santa Marta y Moro, en la cuenca del río La Miel. Tesis de Grado. Universidad de Caldas. Manizales.
- Arica, D. y Yaggen, D. (2005). Análisis de la viabilidad económica y la adopción de la agroforestería en los Andes del Norte de Perú: Estudio de caso realizado de barreras vivas en la Microcuenca La Encañada, Cajamarca, Perú. Presentado al SEPIA realizado en Trujillo del 16 al 19 de agosto.
- Betancourth, A., Cano, N., Henao, J. e Hincapié, D. (2004). Caracterización y diseño de alternativas agroforestales sostenibles para una finca piloto en la Selva la Florencia, Caldas. Tesis de Grado. Universidad de Caldas. Manizales.
- Böhringer, A. (2001). Facilitating the wider use of agroforestry for development in southern Africa. *Development in Practice*, Volume 11, Number 4.
- Colombino, C. (1998). Forestación "El Rodal" – Experiencia en Silvopastoreo. En: Taller de Manejo Silvopastoril, 108pp. División Forestal, Montevideo, Uruguay.
- Condesan (1999). LA CUENCA DE LA MIEL, COLOMBIA. Anticipándonos a la paz, construyendo un proceso de desarrollo sostenible en la selva de Florencia.
- Conrad, J y Clark, C. (1987). Natural Resource Economics: notes and problems. Cambridge University. 231 p.
- FINAGRO, (2005). Manual de Servicios del Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario. <http://www.finagro.com.co/>
- Forero, J y Torres, L. (2005). Determinación de Incentivos Económicos para la recuperación de microcuencas andinas en Colombia: Metodología y Aplicaciones. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Universidad Javeriana, Bogotá.
- Fundación Eduquemos. [www.fundacioneduquemos.org](http://www.fundacioneduquemos.org)

- Giraldo, L y Bolivar D. (2000). Evaluación de un Sistema Silvopastoril de *Acacia decurrens* Asociada con Pasto Kikuyo *Pennisetum clandestinum*, en Clima Frío de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Laguado, W., Giraldo, L y Orregón, S. (2005). Viabilidad ambiental y financiera de los sistemas silvopastoriles del bajo Cauca Antioqueño como parte del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Documento presentado en el sexto simposio Latinoamericano: Investigación y Extensión en Sistemas Agropecuarios: IESA-AL-VI. Manizales, Colombia.
- Lozano, N. y Landazabal, M. (1999). Foro abierto sobre incentivos a la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Humboldt. Bogotá.
- Mahecha, L., Rosales, M., Molina, C. y Molina, E. (2000). Documento de trabajo. Centro para la Investigación de Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). Reserva Natural el Hatico. Cali, Colombia.
- MAVDT, (2005). Reglamento operativo del Programa de Apoyo al Sistema Nacional Ambiental – SINA II. <http://www.minambiente.gov.co/viceministerios/ambiente/sina>
- Mayrand, K. y Paquin, M. (2004). Pago por servicios ambientales: Estudio y evaluación de esquemas vigentes. Informe presentado por Uniesfera International Centre a la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA). Montreal.
- Mercer, D. (2004). Adoption of Agroforestry innovations in the tropics: a review. United States Department of Agriculture (USDA) – Forest Service. Research Triangle Park, NC.
- Miranda, M., Porras, I. y Moreno, M. (2003). El impacto social del esquema de pago por servicios ambientales en Costa Rica: Estudio de campo cuantitativo y análisis de la Cuenca del Río Virilla. Costa Rica.
- Moreno, V. y Latorre, S. (2000). Sistema Silvopastoril Guayaba Grama Natural en la Hoya del Río Suárez. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Bucaramanga.
- Pagiola, S. *et al.* 2004. Paying for Biodiversity Conservation Services in Agricultural Landscapes. May. Environment Department Paper (96). *Environmental Economics Series*. Washington, DC: World Bank.



- Pannell, D. (2004). Enhancing the environmental benefits of agroforestry through government policy mechanisms. In I. Nuberg (ed.) *Agroforestry for Natural Resource Management*.
- Quintero, M y Estrada, R. (2004). Modelo de Optimización para evaluación *ex-ante* de alternativas productivas que permitan internalizar las externalidades ambientales en cuencas de la región Andina. Centro de Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Colombia.
- Rendal, A (1997). La Agroforestería en Cuba. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- Rivera, B. y Estrada, R. (2002). Model for the empowerment of a local community through the analysis of exchange terms between policy criteria. *Journal for farming systems research extension* 7(2): 1-21.
- Sánchez, T. (1998). Cultivo en Callejones: Un sistema Alternativo de producción sostenible en zonas de ladera del oriente caldense. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). La Dorada, Caldas, Colombia. 8p.
- Sotomayor, A. (2004). Modelos Agroforestales para un desarrollo sustentable de la agricultura familiar campesina. Documento de trabajo. Universidad de Concepción, Chile.
- Worldagroforestry (2005). World Agroforestry Centre (ICRAF). Regional Programme for South Asia. <http://www.worldagroforestry.org/Organisations/SouthernAsia.asp>.
- Wunder, S. (2005). Payments for environmental services: Some nuts and bolts. Center For International Forestry Research (CIFOR). Occasional paper No. 42

### Anexo 1: Elasticidad Incentivo de la Reconversión, ante diferentes montos

Área Convertida	Transferencia	Elasticidad Arco	Área Convertida	Transferencia	Elasticidad Arco
0	0	-	6,521	356.000	1,27E-05
0	10.000	-	6,521	358.000	6,86E-06
0	20.000	-	7,825	360.000	3,00E+01
0	30.000	-	7,825	362.000	1,85E-05
0	40.000	-	7,825	364.000	7,13E-05
0	50.000	-	7,825	366.000	3,38E-05
0	60.000	-	7,825	368.000	8,52E-05
0	70.000	-	7,825	370.000	2,49E-06
0	80.000	-	7,825	372.000	7,95E-05
0	90.000	-	7,825	374.000	7,19E-05
0	100.000	-	7,825	376.000	1,29E-04
0	110.000	-	7,825	378.000	6,04E-05
0	120.000	-	7,825	380.000	2,08E-06
0	130.000	-	7,825	382.000	8,43E-05
0	140.000	-	7,825	384.000	9,68E-07
0	150.000	-	7,825	386.000	2,77E-06
0	160.000	-	7,825	388.000	2,77E-06
0	170.000	-	7,825	390.000	3,92E-06
0	180.000	-	7,825	392.000	3,32E-05
0	190.000	-	7,825	394.000	3,56E-05
0	200.000	-	7,825	396.000	1,28E-04
0	210.000	-	11,179	398.000	5,97E+01
0	220.000	-	11,179	400.000	3,67E-05
0	230.000	-	11,179	402.000	5,94E-05
0	240.000	-	11,179	404.000	1,58E-04
0	250.000	-	11,179	406.000	6,20E-05
0	260.000	-	11,179	408.000	5,06E-05
0	270.000	-	11,179	410.000	5,02E-05
0	280.000	-	11,179	412.000	2,09E-04
0	290.000	-	11,179	414.000	1,50E-04
0	300.000	-	11,179	416.000	9,17E-05
0	310.000	-	11,179	418.000	1,00E-04
0	320.000	-	11,179	420.000	7,75E-05
0	330.000	-	11,179	422.000	1,14E-04
2,047	332.000	-	11,179	424.000	5,90E-06
2,042	334.000	0,412	11,179	426.000	1,46E-05
2,547	336.000	33,295	11,179	428.000	1,28E-05
2,534	338.000	0,850	11,179	430.000	3,38E-06
2,521	340.000	0,854	11,179	432.000	5,62E-07
2,509	342.000	0,855	11,179	434.000	3,39E-06
6,606	344.000	106,680	11,179	436.000	1,10E-05
6,500	346.000	2,828	11,179	438.000	1,31E-05
6,521	348.000	0,556	11,179	440.000	9,25E-07
6,521	350.000	0,000	11,179	442.000	1,41E-06
6,521	352.000	0,000	11,179	444.000	4,87E-05
6,521	354.000	0,000	11,179	446.000	1,00E-04
			13	447.000	6,26E+01

**Anexo 2: Función Suavizada Semilogarítmica del Área Reconvertida (ha) en función del incentivo**

Source	SS	df	MS			
Model	391.529706	1	391.529706	Number of obs =	59	
Residual	73.280972	57	1.28563109	F( 1, 57) =	304.54	
Total	464.810678	58	8.01397721	Prob > F =	0.0000	
				R-squared =	0.8423	
				Adj R-squared =	0.8396	
				Root MSE =	1.1339	

reconversion	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lincen	29.36007	1.682414	17.45	0.000	25.99109	32.72904
_cons	-166.4495	10.03209	-16.59	0.000	-186.5384	-146.3606