

Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible



Manual 4

Servicios ambientales que proveen los Sistemas
Silvopastoriles y los beneficios para la biodiversidad



Autores

Andrés Felipe Zuluaga S.
Carolina Giraldo E.
Julián David Chará.
CIPAV

Fotografías

Fotografía Portada: David Fajardo.
Andrés Felipe Zuluaga S.
Carolina Giraldo E.
Adolfo Galindo.
Luis Solarte.
David Fajardo.

Revisión de textos

Liliana Mora Valencia.
Marcela Modesto Iregui.
CIPAV

Para citar este libro:

Zuluaga A.F., Giraldo C., Chará J. 2011. Servicios ambientales que proveen los sistemas silvopastoriles y los beneficios para la biodiversidad. Manual 4, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, BANCO MUNDIAL, FEDEGAN, CIPAV, FONDO ACCION, TNC. Bogotá, Colombia. 36 p.

ISBN 978-958-8498-34-8

2011





TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	4
GLOSARIO	5
SERVICIOS AMBIENTALES QUE PROVEEN LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES SSP Y LOS BENEFICIOS PARA LA BIODIVERSIDAD	7
Introducción	7
Biodiversidad	7
Servicios ambientales o ecosistémicos	8
1. PROVISIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES DESDE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS Y AGROECOSISTEMAS	11
1.1 Pérdida de biodiversidad en sistemas de ganadería convencional	13
1.2 Conservación de la biodiversidad en fincas ganaderas con SSP	13
1.2.1. Flora de interés para la conservación en fincas ganaderas	14
1.2.2. Avifauna en los Sistemas Silvopastoriles	14
1.2.3. Hormigas	15
1.2.4. Escarabajos estercoleros	16
1.3 Servicios ambientales de la biodiversidad en los SSP	16
1.3.1. Degradación del estiércol	17
1.3.2. Descompactación y aireación del suelo	19
1.3.3. Reciclaje de nutrientes	22
1.3.4. Control biológico	22
1.4 Mejoramiento de la regulación y calidad del agua	24
1.4.1. Corredores ribereños	25
1.4.2. Protección del suelo y sus propiedades hídricas	25
1.5 Regulación de gases de efecto invernadero GEI	26
2. INCENTIVOS Y ESQUEMAS DE COMPENSACIÓN POR LA GENERACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES EN AGROECOSISTEMAS	29
2.1 Esquemas de pago por servicios ambientales	29
2.1.1. Medición de línea de base	31
2.1.2. Mecanismo de verificación	31
2.1.3. Menú técnico	31
2.1.4. Operación del esquema de pago	32
2.2 Incentivos para la reconversión de sistemas productivos	32
2.3 Incentivos para el establecimiento de mercados especializados	33
LECTURAS RECOMENDADAS	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Listado de bienes y servicios ambientales aportados por los ecosistemas	9
Tabla 2. Oferentes y demandantes de bienes y servicios ambientales	11
Tabla 3. Monitoreo de avifauna en el proyecto enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas en la cuenca del río la vieja, Colombia	15
Tabla 4. Servicios ambientales que se recuperan en los sistemas sostenibles de producción ganadera	28
Tabla 5. Operaciones comunes en el mercado de bienes y servicios ambientales	31





GLOSARIO

Agroecosistemas:

Es un ecosistema natural que ha sido modificado por el hombre para la producción de alimentos o materias primas.

Sistemas Silvopastoriles:

Modalidad de Agroforestería que combina en el mismo espacio plantas forrajeras como gramíneas y leguminosas rastreras, con arbustos y árboles destinados a la alimentación animal y a otros usos complementarios.

Artrópodo:

Organismo invertebrado dotado de un esqueleto externo y apéndices articulados, como los crustáceos, los insectos, y las arañas.

Corredores ribereños:

Son franjas de vegetación natural que se dejan crecer a ambos lados de las quebradas y ríos. Los corredores actúan como amortiguadores (buffers) entre el área de captación y la quebrada, retienen el exceso de sedimentos y nutrientes, reducen la velocidad de la escorrentía, proveen energía e incrementan la diversidad de hábitats.

Descomponedor:

Organismo que tiene la acción de degradar y transformar la materia orgánica.

Ecorregión:

Área extensa de tierra o agua que contiene un conjunto geográficamente distintivo de comunidades naturales que comparten la gran mayoría de especies y dinámicas ecológicas, tienen condiciones medioambientales similares e interactúan ecológicamente de manera determinante para su subsistencia a largo plazo.

Ecosistema:

Comunidad de seres vivos cuyos procesos vitales se relacionan entre sí y se desarrollan en función de los factores físicos de un mismo ambiente.

Ectoparásito:

Parásito que entra en contacto o habita el exterior de un organismo que actúa como hospedero.

Edáfico:

Relativo o perteneciente al suelo.

Endógeno:

Nace o se origina al interior del sistema.

Endoparásito:

Parásito que vive dentro del cuerpo de un animal. En el caso del ganado bovino se encuentran localizados en el rumen, abomaso, intestinos, pulmones, hígado, etc.

Hemoparásito:

Parásito microscópico que vive y se reproduce a nivel de vasos sanguíneos, por fuera o dentro de glóbulos rojos.

Macrofauna edáfica:

Son los organismos invertebrados, visibles a simple vista, que viven total o parcialmente dentro del suelo o inmediatamente sobre él. (p.ej. lombrices de tierra, termitas, hormigas, milpiés, ciempiés, arañas, escarabajos, grillos, caracoles, chinches, entre otros). También se conocen como macroinvertebrados del suelo.

Macroinvertebrados acuáticos:

Son organismos cuyo ciclo de vida transcurre total o parcialmente dentro del agua. Incluyen insectos (larvas y adultos), moluscos (caracoles), crustáceos (cangrejos), lombrices, entre otros.

Nemátodos:

Gusanos de forma cilíndrica. Los más conocidos son parásitos del sistema digestivo de animales, pero también existen formas de vida libre en el suelo.

Ovipositar:

Acción de poner huevos.

Protozoario:

Organismo microscópico, unicelular, depredador o detritívoro que viven en ambientes acuosos o directamente en el suelo.





SERVICIOS AMBIENTALES QUE PROVEEN LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES-SSP Y LOS BENEFICIOS PARA LA BIODIVERSIDAD

Introducción

El establecimiento de sistemas silvopastoriles y corredores ribereños y terrestres en las zonas del proyecto Ganadería Colombiana Sostenible será una valiosa herramienta para detener el deterioro ambiental, además contribuirá a la restauración de los ecosistemas y a la generación de los servicios ambientales que éstos nos proveen, de tal manera que las estrategias de conservación no sólo se limiten a las áreas que tengan algún tipo de protección, ya sea por el estado o por la sociedad civil, sino que también se pueda hacer en áreas productivas.

Biodiversidad

El término biodiversidad se refiere al número, variedad y variabilidad de seres vivos en un ecosistema. En condiciones naturales, los organismos llevan a cabo múltiples procesos e interacciones que son fundamentales para el sostenimiento de la vida en la tierra. La biodiversidad participa en el reciclaje de nutrientes, el ciclo del agua, la formación, retención y descompactación del suelo, el control de especies invasoras, la polinización de plantas, el control biológico de plagas y enfermedades, la reducción de la contaminación, entre otros. Además, los organismos vivos proporcionan materias primas y contribuyen a favorecer la salud del hombre. Por esta razón, los cambios en la biodiversidad en un lugar determinado, afectan la capacidad del ecosistema para ofrecer bienes y servicios al ser humano.

Los principales factores que causan pérdida de la biodiversidad a nivel mundial son:

MODIFICACIÓN DEL HABITAT

- Deforestación para adecuación de pasturas, cultivos o centros urbanos.
- Fragmentación de ecosistemas naturales que impide el flujo o intercambio de especies.

ESPECIES INTRODUCIDAS

- Propagación y distribución de especies introducidas que pueden llegar a convertirse en invasoras, con capacidad de desplazar las especies nativas.

SOBREEXPLOTACIÓN DE RECURSOS

- Pérdida de la capacidad productiva de los suelos.
- Disminución de la calidad y cantidad de agua.

CONTAMINACIÓN

- Uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados que causan contaminación del agua.
- Emisión de gases que contaminan el aire.

La transformación de los ecosistemas hacia monocultivos de pasto para la producción ganadera, ha ocasionado pérdida de la biodiversidad y de los procesos en los que ella participa. La reducción de la cobertura vegetal, el sobrepastoreo y el uso indiscriminado de productos químicos (fertilizantes e insecticidas), ocasionan un descenso de las poblaciones de organismos benéficos (descomponedores, depredadores, parasitoides, entre otros) y reducen los servicios ambientales para el productor ganadero.

Servicios ambientales o ecosistémicos

El concepto de ecosistema emergió en la búsqueda por comprender las interacciones entre los seres vivos y el ambiente no vivo que los rodea. Posteriormente a ello surgió el concepto de servicio que buscaba reconocer la dependencia que tiene el ser humano de los ecosistemas (Rosa, 2003).

La evaluación de los ecosistemas del milenio reconoce que todas las personas del mundo dependen de la naturaleza y de los servicios de los ecosistemas para poder llevar una vida digna, saludable y segura. Estos beneficios suministrados se dividen en: (i) servicios de aprovisionamiento; (ii) servicios de regulación; (iii) servicios culturales y (iv) servicios de apoyo (Tabla 1).



Foto 1. Los agroecosistemas proveen gran cantidad de bienes y servicios ambientales.
Foto: Andrés Felipe Zuluaga





Tabla 1.
Listado de bienes y servicios ambientales aportados por los ecosistemas.

Servicios de Aprovechamiento	Agua para consumo humano (cantidad, calidad y disponibilidad), industrial y riego
	Alimento
	Madera y Fibra
	Combustible (leña)
	Recursos genéticos
	Productos bioquímicos
	Medicinas naturales
	Productos farmacéuticos
	Valores espirituales y religiosos (plantas utilizadas para rituales)
	Conservación de la biodiversidad para el acceso con fines científicos y comerciales
Servicios de Regulación	Regulación de caudales superficiales (disponibilidad de riego en épocas secas, disminución de inundaciones o avalanchas en épocas lluviosas)
	Regulación de desastres naturales (prevención y control de procesos erosivos)
	Disminución de sedimentos en aguas superficiales
	Protección de la diversidad de organismos acuáticos
	Purificación de agua en ambientes ribereños
	Recarga de acuíferos
	Captura y almacenamiento de CO ₂
	Regulación del clima (regulación de las emisiones de CO ₂ , óxido nitroso N ₂ O, gas metano CH ₄)
	Regulación de enfermedades
	Polinización cultivos
Control de plagas en cultivos y producciones pecuarias	
Servicios Culturales	Recreación
	Agroturismo y ecoturismo
	Valores estéticos (Belleza escénica)
	Valores educacionales
Servicios de Apoyo	Valores espirituales y religiosos (especies o lugares sagrados venerados por algunas comunidades)
	Reciclaje de nutrientes
	Formación de suelo
	Producción primaria

Fuente: Adaptado de la Evaluación de los ecosistemas del milenio, 2005

A pesar de todos los beneficios que ofrecen los ecosistemas en condiciones naturales, la gente puede degradar su capacidad para seguir ofreciendo determinado servicio, ya sea porque se cambia la composición y estructura del sistema o su funcionamiento, o porque se extraen materiales a un ritmo superior a su capacidad de recuperación (CIFOR, 2006).

El crecimiento de la población mundial ha aumentado la presión sobre los ecosistemas y la demanda de los servicios que ellos proveen. En la actualidad cerca del 24% de la superficie terrestre haya sido transformada en sistemas cultivados. Entre los años 1960 y 2000 la producción de alimentos aumentó dos veces y media, mientras que la población se duplicó (MEA, 2005). Todo este aumento de producción de alimentos para satisfacer las necesidades de la población en crecimiento, ha ejercido una fuerte presión sobre todos los ambientes naturales y los servicios que ellos proveen. Un ejemplo de lo que ha ocurrido es que durante los años noventa, la deforestación y el aprovechamiento forestal en el trópico fueron responsables entre el 10 y el 20% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI). De hecho, sólo la deforestación en Brasil e Indonesia ha generado emisiones anuales de carbono que equivalen al 80% de todas las emisiones de carbono que el Protocolo de Kyoto propone reducir durante su primer período de funcionamiento entre 2008 y 2012 (Santilli, 2005). El compromiso de la comunidad internacional para contrarrestar el cambio climático es actuar de manera más urgente para reducir las emisiones. Por esta razón, Colombia tiene como meta, mantener intactos los ecosistemas existentes y detener de manera inmediata la deforestación.



Foto 2 y 3. La belleza escénica es considerada un servicio ambiental. Fotos: Andrés Felipe Zuluaga



1. PROVISIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES DESDE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS Y AGROECOSISTEMAS

Existen dos tipos de corrientes para definir teóricamente los beneficios que proveen los ecosistemas. El concepto de **Servicios Ecosistémicos** se refiere a los beneficios directos e indirectos que las personas reciben de los ecosistemas y se utiliza con más frecuencia en documentos científicos y reportes de investigación. De otro lado, el concepto de **Servicios Ambientales** se utiliza cuando estos beneficios son valorados por la sociedad en forma económica, política o cultural. El término se emplea con mucha frecuencia en la valoración de bienes y servicios en agroecosistemas y en negociaciones internacionales (sistemas sostenibles de producción, tecnologías limpias, mercados verdes, agroturismo y ecoturismo) y en esquemas de pago o compensación.

Existen bienes y servicios ambientales tanto de interés local como de interés global. Para la comunidad internacional es de gran interés lo que pueda ocurrir con los ecosistemas, paisajes, especies y recursos genéticos en nuestro país, además de la mitigación de gases de efecto invernadero porque tiene implicaciones globales. Sin embargo, temas como la protección de las microcuencas y prevención de desastres naturales, son considerados servicios ambientales de interés local porque no tienen una influencia directa más allá de nuestras fronteras. Por esta razón es importante generar alternativas para aumentar la provisión de servicios ambientales con iniciativas y políticas desde lo local, regional y nacional (Tabla 2).

Tabla 2.
Oferentes y demandantes de bienes y servicios ambientales

Tipo de servicio ambiental	Generador del servicio ambiental			Beneficiario del servicio		
	Individuo	País	Mundo	Individuo	País	Mundo
Mitigación de gases efecto invernadero	•	•		•	•	•
Conservación y uso sostenible de la biodiversidad	•	•		•	•	•
Protección de los Recursos Hídricos	•			•	•	
Belleza paisajística	•			•	•	
Prevención de desastres por fenómenos naturales	•	•		•	•	

Fuente: Adaptado de Gobbi, J., 2002 .

El proyecto Ganadería Colombiana Sostenible, por medio del establecimiento de sistemas silvopastoriles y la conservación de ecosistemas naturales en las fincas beneficiarias, permitirá generar una gran cantidad de bienes y servicios ambientales que favorecerán tanto a los productores que adopten dichas prácticas, como a las comunidades adyacentes y a la sociedad en general.



Foto 4 y 5. Cercas vivas y árboles en los potreros como estrategias para la generación de servicios ambientales
Fotos: Andrés Felipe Zuluaga.

En relación con el recurso hídrico, la protección de fuentes de agua (nacimientos, humedales, y cauces de los ríos y quebradas) así como el incremento de la cobertura arbórea y la protección del suelo dentro de los sistemas de reconversión ganadera pueden contribuir a mejorar la regulación hídrica, incrementar los caudales en épocas secas y disminuir las crecientes en la época de lluvias. Además, se puede contribuir a reducir la erosión y el ingreso de sedimentos y nutrientes a los cauces, mejorar el suministro de agua de buena calidad para consumo humano y proteger la diversidad de organismos acuáticos.





Con respecto al cambio climático, los predios que se incorporen al proyecto, pueden capturar y almacenar CO₂ (a través de la siembra de árboles y el incremento de materia orgánica en el suelo), reducir las emisiones de CO₂ (por eliminación de quemas y de la deforestación en fincas); reducir las emisiones de Óxido Nitroso N₂O (por reducción de fertilizantes nitrogenados) y gas metano CH₄ (por suministro de forrajes de mejor calidad).

A su vez, los cambios en el uso de la tierra pueden contribuir con la conservación de la biodiversidad. La incorporación del componente arbóreo y la protección de las fuentes de agua pueden ayudar en la prevención de desastres, al reducir el riesgo de que ocurran derrumbes, inundaciones y crecientes.

1.1. Pérdida de biodiversidad en sistemas de ganadería convencional

En las últimas décadas, el hombre ha aumentado las áreas destinadas al pastoreo del ganado en sistemas de ganadería extensiva, provocando deforestación y deterioro de los ecosistemas naturales. Durante el proceso de transformación y simplificación de bosques hacia monocultivos de pasto, se han afectado y reducido organismos y procesos básicos para el funcionamiento del sistema productivo y el ecosistema.

Las grandes extensiones de pasturas con baja diversidad vegetal y sobrepastoreo del ganado, causan deterioro y pérdida en la capacidad productiva de los suelos, lo cual reduce los indicadores productivos e incrementa la necesidad de fertilizantes. Además, el deterioro del suelo también afecta a organismos benéficos que habitan en él y cumplen importantes funciones como depredadores, descomponedores y parasitoides. En consecuencia, estos sistemas son más propensos al ataque de plagas de los pastos y el ganado debido al desbalance en los procesos naturales de regulación de organismos indeseados, lo cual conlleva al mayor uso de productos químicos para el control de las plagas.

Por esta razón, frenar la degradación y la pérdida de la biodiversidad en los sistemas ganaderos, es un gran reto que implica cambios en las políticas estatales y compromiso por parte de los productores, quienes deben ser los más comprometidos con la recuperación de su entorno para garantizar la sostenibilidad del sistema productivo. Si bien la recuperación de biodiversidad en los sistemas ganaderos convencionales, puede ser lenta, es urgente generar un cambio en los actuales modelos de producción.

En Colombia, a través del proyecto Ganadería Colombiana Sostenible se están promoviendo los sistemas silvopastoriles (SSP) que permiten incrementar la diversidad biológica y la prestación de servicios ambientales en el ámbito predial, local, regional y global.

1.2 Conservación de la biodiversidad en fincas ganaderas con SSP

En Colombia, entre los años 2002 y 2008, se realizó el proyecto “Enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas”, financiado por el GEF, administrado por el Banco Mundial y ejecutado en Costa Rica, Nicaragua y Colombia por CATIE, NITLAPAN y CIPAV, respectivamente. Durante el desarrollo del proyecto, se impulsó el cambio de uso de la tierra en fincas ganaderas a partir del establecimiento de sistemas silvopastoriles amigables con el medio ambiente.

Para el mejoramiento de los sistemas ganaderos, se establecieron cercas vivas, árboles dispersos en potrero y sistemas silvopastoriles intensivos, lo cual permitió aumentar la cobertura vegetal de los predios y mejorar la conectividad entre los fragmentos de bosque. En los sistemas silvopastoriles, a diferencia de las pasturas sin árboles, se presenta mayor diversidad genética gracias a que se incorporan una variedad de especies de árboles, arbustos, pastos

y arvenses que son deliberadamente plantadas o mantenidas por el agricultor (biodiversidad planeada) y que proveen estructuras físicas, recursos y hábitat para albergar especies de plantas y animales nativas que se asocian a los sistemas productivos (biodiversidad asociada) (Harvey 2001). Por esta razón, el cambio en el uso del suelo en las fincas que hicieron parte del proyecto, favoreció el establecimiento y recolonización de la fauna propia de la región, lo cual se demostró a partir de la investigación realizada con aves, hormigas, escarabajos y plantas en algunas fincas ganaderas que hicieron la reconversión.

1.2.1. Flora de interés para la conservación en fincas ganaderas

En el proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas se realizó un seguimiento durante cinco años de la riqueza, diversidad y abundancia de especies de plantas en diferentes usos de la tierra de la cuenca del río La Vieja. En total se registraron 398 especies y 81 familias, de las cuales, al menos las dos terceras partes de las especies de árboles y arbustos fueron exclusivas de los usos forestales que incluyen los guaduales, bosques ribereños, secundarios y maduros (Calle & Méndez, 2009). Algunas de las plantas encontradas estuvieron presentes en los silvopastoriles con mayor densidad de árboles pero no en pasturas sin árboles. A pesar de la pérdida de hábitat y la fragmentación de los bosques, en muchas fincas ganaderas se encontraron plantas de interés para la conservación como especies amenazadas, en peligro de extinción o con alguna categoría de vulnerabilidad así como recursos alimenticios de excepcional importancia para la fauna y especies nativas con potencial para ser incorporadas en diferentes usos de la tierra (Méndez & Calle, 2007; Calle & Méndez, 2008). Además, los resultados de investigación también demostraron que las especies de interés para la conservación pueden ser utilizadas como plantas acompañantes en los SSP, las cuales contribuyen a atraer la fauna local y a favorecen la conectividad entre los parches de bosques. De esta manera, se pueden obtener servicios ambientales de la biodiversidad y se contribuye a proteger especies claves para el funcionamiento de los sistemas ganaderos.

Los árboles y arbustos que se establecen en los SSP, generan sitios adecuados para el crecimiento de musgos, líquenes, lianas y plantas epífitas que colonizan las ramas y troncos de los árboles, lo cual aumenta la complejidad estructural de los potreros ganaderos (Chará et al. 2011). Los micrositios específicos que generan estas plantas acompañantes, sirven como sitio de refugio, alimentación y reproducción para gran cantidad de organismos (aves, murciélagos, insectos, arañas, entre otros), que en conjunto, contribuyen a aumentar la biodiversidad en los sistemas de reconversión ganadera.

1.2.2. Avifauna en los Sistemas Silvopastoriles

En Colombia 50 especies de aves se encuentran en peligro de extinción a causa de la deforestación y la simplificación de los sistemas ganaderos (Renjifo et al. 2002). Por esta razón, lograr su recuperación en los SSP, es de vital importancia para diseñar estrategias de conservación y conectividad que permitan el flujo de especies entre sistemas naturales y productivos y minimicen el riesgo de extinción de poblaciones locales.

En el monitoreo realizado durante cinco años en las fincas ganaderas de la cuenca del río La Vieja en diferentes usos del suelo, se encontraron 193 especies, 19 órdenes y 49 familias de aves. Con los resultados se demostró que los SSP tienen una alta riqueza y abundancia de aves que no están presentes en las pasturas sin árboles y que, junto con los ecosistemas naturales (bosques, guaduales, bosques ribereños), albergan una gran cantidad de aves que encuentran en ellos sitios de refugio, alimento y reproducción (Fajardo et al. 2009; Fajardo & Neira, 2008).





Durante los cinco años de monitoreo se detectó un incremento del 32.2% en el número total de especies que pudieron llegar y recolonizar los sistemas ganaderos después del aumento de la cobertura vegetal. La integración de árboles nativos y arbustos forrajeros ofrecieron una mayor complejidad de hábitat y por lo tanto, fue posible el flujo de especies entre los bosques y la matriz ganadera favoreciendo la conectividad entre ambos sistemas. Además, en los SSP se encontraron 61 aves de interés para la conservación que habían sido desplazadas por la simplificación de los sistemas ganaderos en la región, incluyendo especies claves que están amenazadas y en peligro de extinción (Fajardo et al., 2009). Los cambios temporales de la avifauna se registran en la Tabla 3.

Tabla 3.
Monitoreo de avifauna en el proyecto enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas en la cuenca del río La Vieja, Colombia.

	Línea base	Año 5	Porcentaje variación
Total especies	146	193	32,2%
Especies amenazadas	6	7	16,7%
Especies dependientes de fragmentos de bosque	74	104	40,5%
Migratorias	10	19	90,0%

El aumento progresivo de las aves en los sistemas silvopastoriles, es importante desde el punto de vista de conservación, debido a que con una mayor complejidad estructural del sistema, se favorece la llegada y el establecimiento de especies claves y se promueve la conectividad. Sin embargo, desde el punto de vista productivo, el incremento de las aves en los potreros permite aumentar los servicios ambientales relacionados con la polinización, la dispersión de semillas y control biológico de insectos plaga. De esta manera, las aves que se recuperan en los sistemas de reconversión ganadera pueden contribuir a mejorar la belleza escénica y algunos servicios de regulación importantes para el productor.



Foto 6. Carpintero buchipecoso, (*Colaptes punctigula-Picidae*) Foto: David Fajardo.

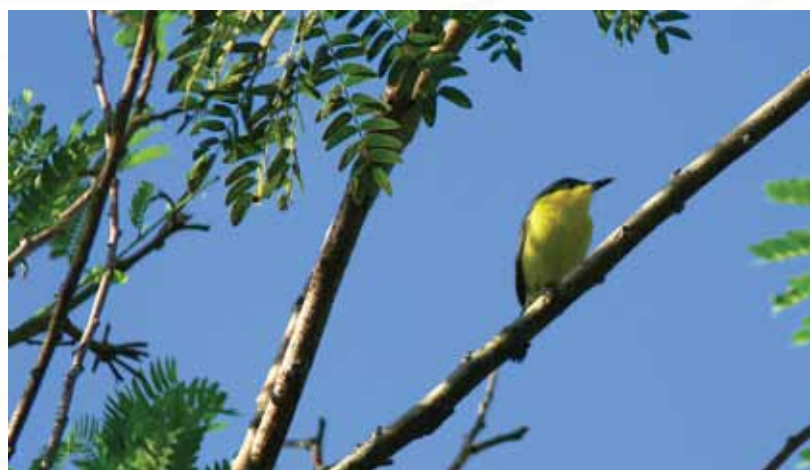


Foto 7. Atrapamoscas - Espatulilla común (*Todirostrum cinereum- Tyrannidae*) Foto: David Fajardo.

1.2.3. Hormigas

Por sus cualidades como indicadores de biodiversidad y de perturbación, las hormigas han sido utilizadas para monitorear el impacto de diversas actividades humanas como la ganadería y la agricultura en los ecosistemas. Por su gran diversidad de hábitos, las hormigas son indicadores de la recuperación de funciones ecológicas en los sistemas rehabilitados. Por esta razón, en el proyecto enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas, se

llevó a cabo una investigación con el propósito de evaluar el cambio de las comunidades de hormigas después del establecimiento de los SSP, en diferentes usos del suelo contrastantes en la cuenca del río La Vieja.

En el proyecto se registraron 232 morfoespecies, pertenecientes a 46 géneros. Los bosques presentaron el mayor porcentaje de especies y la diversidad más alta (53% de las especies) seguidos por aquellos usos de la tierra con mayor cobertura vegetal, como pastura natural con árboles, frutales, bosques de guadua y cercas vivas (Rivera 2009). Al igual que las aves, el número de especies presente en los sistemas arbolados fue superior que en las pasturas sin árboles, y se incrementó a lo largo del proyecto a medida que se incrementaba la cobertura arbórea.

Las hormigas, por su diversidad de hábitos alimenticios y estrategias de forrajeo, son importantes para el funcionamiento de los ecosistemas, principalmente porque se relacionan con el reciclaje de nutrientes, la descomposición de hojarasca, la dispersión de semillas y la regulación natural de insectos indeseados. Por esta razón, el incremento de las poblaciones de hormigas en los potreros ganaderos permite recuperar las funciones ecológicas y los servicios ambientales que prestan estos organismos en los sistemas naturales y productivos.

1.2.4. Escarabajos estercoleros

En otros estudios realizados en fincas ganaderas de la cuenca media del río La Vieja, se encontró que en los silvopastoriles se favorece el establecimiento de los escarabajos estercoleros en comparación con las pasturas sin árboles. La mayor cantidad de árboles en los potreros y la disponibilidad de hojarasca ofrecen sitios especiales de refugio para los escarabajos, que movilizan el estiércol bovino y lo entierran rápidamente en el suelo durante el proceso de construcción de las galerías que utilizan para anidar (Giraldo et al. 2011). Adicionalmente, en los silvopastoriles se presenta una reducción del 40% de las moscas hematófagas (*Hematobia irritans*) que están presentes en las potreros convencionales y que usan las boñigas para su reproducción (Giraldo et al. 2011). Esto ocurre como resultado de la competencia que ejercen los escarabajos al reducir de manera eficiente los sitios de anidamiento de las moscas (Giraldo et al. 2011).

El aumento de los escarabajos estercoleros en los sistemas de reconversión ganadera permite recuperar las funciones ecológicas relacionadas con el reciclaje de nutrientes, la degradación de estiércol y el control biológico de moscas y parásitos gastrointestinales como se describe más adelante.

1.3. Servicios ambientales de la biodiversidad en los Sistemas Silvopastoriles

Existen numerosas evidencias de servicios ambientales aportados por los sistemas agroforestales y silvopastoriles. En los sistemas de producción convencionales, estos servicios se reducen a causa de la simplificación de los sistemas y la pérdida de la biodiversidad. Sin embargo, por medio de cambios en el uso de la tierra hacia sistemas de producción en donde se incorpora el componente arbóreo, es posible revertir esta situación.

Los árboles en los potreros contribuyen a mejorar el funcionamiento de los sistemas ganaderos, al promover la recuperación de los suelos (por el control de la erosión, la fijación de Nitrógeno atmosférico y el reciclaje de nutrientes), incrementar la biodiversidad asociada y regular la humedad y la temperatura, entre otros factores. Gracias a esto se logra mejorar la regulación de insectos plaga, preservar el recurso hídrico e incrementar la captura de carbono. Varios de estos servicios ambientales prestados redundan en beneficios económicos que pueden ser valorados por los costos evitados en el mantenimiento de las fincas ganaderas





(incremento en la producción, reducción de costos de fertilizantes o plaguicidas, mejoramiento del suelo, entre otros).

Además, el incremento de la cobertura arbórea favorece la llegada o reintroducción de especies nativas de escarabajos, aves, mamíferos y otros organismos, contribuyendo a mejorar la calidad de los productos y haciendo menos vulnerable la producción en los periodos de sequía o lluvia intensos.

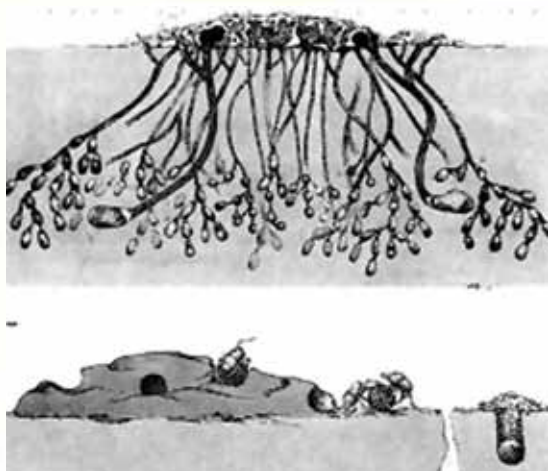
De esta forma, las prácticas ganaderas que involucran arreglos amigables con la naturaleza como protección de bosques y rastrojos, establecimiento de cercas vivas, corredores ribereños, cultivos diversificados y sistemas silvopastoriles, se han convertido en una herramienta importante para contribuir al mejoramiento del paisaje, protección del medio ambiente, e incremento en la provisión de servicios ambientales.

Los principales beneficios o servicios ambientales de los SSP se describen a continuación:

1.3.1. Degradación del estiércol

Diversos grupos de invertebrados intervienen directamente en la degradación del estiércol bovino. Sin embargo, los escarabajos estercoleros y las lombrices de tierra son los principales organismos implicados en el proceso.

En los sistemas ganaderos se producen grandes cantidades de estiércol que debe ser degradado rápidamente. Si las poblaciones de macrofauna edáfica son bajas, el estiércol tarda mucho en desintegrarse y se pierde una cantidad importante de pastos que no crece o que el ganado evita consumir con lo que se reduce el área efectiva de los potreros.



Los escarabajos estercoleros tienen diferentes hábitos de nidificación. Los "tuneleros" construyen las galerías debajo de las bostas para enterrar el estiércol.

Los rodadores hacen bolas de estiércol y las entierran en lugares distantes. De esta manera, las diferentes especies logran dispersar el excremento por el potrero y lo introducen en el suelo contribuyendo a su aireación y fertilidad.

Figura 1. Hábitos de nidificación de los escarabajos estercoleros. superior: escarabajos "tuneleros" e inferior: escarabajos "rodadores".

En el proceso de reproducción, la hembra de los escarabajos elabora una bola y pone los huevos en su interior para garantizar el alimento para su descendencia. Por esta razón, al levantar una boñiga es común observar una gran cantidad de orificios construidos por los escarabajos al enterrar las bolas. Si se siguen con cuidado estas galerías, es posible encontrar hasta 80 bolas nido enterradas entre 12- 35cm de profundidad dependiendo de la especie. En este proceso de construcción de las galerías, los escarabajos incrementan la aireación y porosidad del suelo, y disminuyen la compactación.



Foto 8, 9 y 10. Galerías de nidificación y bolas nido de los escarabajos estercoleros.
Fotos: Carolina Giraldo.

En el SSP, los macroinvertebrados del suelo, especialmente las lombrices y escarabajos, son más abundantes y diversas. Por su actividad, el estiércol es desintegrado rápidamente y puede desaparecer completamente de la superficie del suelo en menos de 10 días. Así, cuando el ganado ingresa al próximo ciclo de pastoreo, encuentra la pastura libre de bostas y su efecto inhibitor del pastoreo.

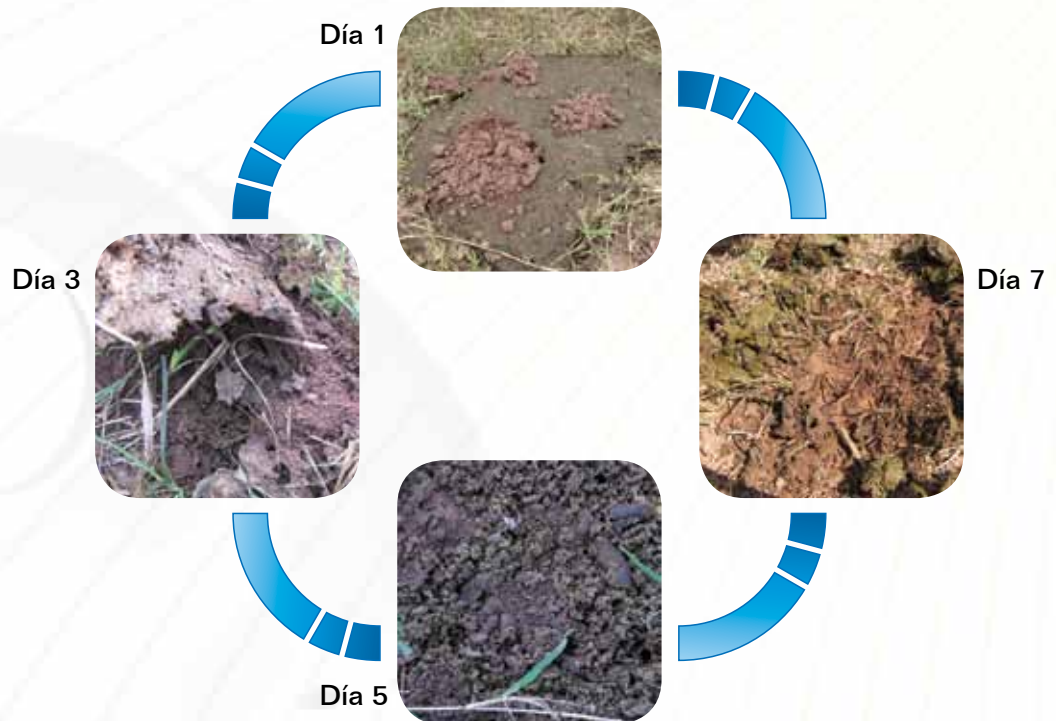


Figura 2. Tiempo de incorporación del estiércol en los SSP del valle del río Cesar





En las pasturas mejoradas o degradadas sin árboles la macrofauna del suelo es poca y por esta razón, el estiércol permanece expuesto durante más de 45 días y es común que el ganado esté en continuo contacto con el estiércol seco, lo cual incrementa la posibilidad de infestación con endo y ectoparásitos.



Foto 11. Estiércol endurecido con más de 45 días de exposición. Foto: Carolina Giraldo.



Foto 12. SSPi con falso yopo *Mimosa trianae* y botón de oro *Tithonia diversifolia*. Cubarral, Meta. Foto: Adolfo Galindo

La incorporación del estiércol en los sistemas silvopastoriles y en las plantaciones forestales, representa un aporte constante de nutrientes al suelo, que podría disminuir costos al productor, por la reducción en el uso de fertilizantes químicos. Así mismo, una menor cantidad de estiércol en el sistema productivo puede representar una mayor eficiencia en el proceso de descomposición por parte de la coprofauna asociada y una mayor sanidad de las pasturas.

1.3.2. Descompactación y aireación del suelo

En los sistemas de ganadería convencional se presenta una alta compactación del suelo por factores asociados al pisoteo constante del ganado, el sobrepastoreo, la poca cantidad de plantas asociadas al sistema y el deterioro de la capa orgánica. Además, el uso indiscriminado de productos químicos (fertilizantes e insecticidas) afecta drásticamente la macrofauna del suelo y reduce sus funciones ecológicas.



Foto 13 y 14. Suelo compactado por efecto del sobrepastoreo en pastura mejorada del valle del río Cesar.
Fotos: Carolina Giraldo.

Por el contrario, en los sistemas de ganadería sostenible que integran árboles y se hace pastoreo rotacional, se recupera la condición del suelo, se disminuye la compactación, principalmente por la recuperación de los organismos benéficos, la producción de hojarasca y la reducción de insumos químicos.



Foto 15. SSPi con maderables, algarrobo *Prosopis juliflora*, Reserva Natural El Hatico, El Cerrito, Valle del Cauca

La acción conjunta de las lombrices, los escarabajos y los milpiés en los SSP contribuye a mejorar la calidad de los suelos debido a que participan en la degradación de hojarasca y materia orgánica y durante este proceso, remueven grandes cantidades de suelo, lo cual permite mejorar las condiciones físicas de los potreros.

Las lombrices de tierra tienen funciones específicas importantes para el mejoramiento de la calidad del suelo. Algunas habitan las capas superiores y participan en la circulación de nutrientes al descomponer la materia orgánica. Otras que habitan en sustratos más profundos, modifican la estructura del suelo con su actividad cavadora y producción de heces. En los potreros ganaderos con diferentes estratos de vegetación, se promueve el establecimiento de lombrices en los diferentes estratos, lo cual mejora los procesos de descomposición, aireación y descompactación del suelo, con importantes repercusiones para la producción de pasto y la capacidad de filtración y retención de agua.





Por su parte, los milpiés, también son importantes en el suelo debido a que se asocian a la materia orgánica y a ambientes con buena cobertura vegetal. Su presencia en un sistema es indicadora de fertilidad y disponibilidad de nutrientes. Por esta razón, conservar y promover los milpiés en los SSP, es una estrategia para mejorar las condiciones de los suelos.



Foto 16. Milpiés asociados a SSPi en el Valle del río Cesar. Foto: Carolina Giraldo.

Los escarabajos estercoleros son los mayores responsables de la remoción del suelo en los sistemas ganaderos durante el proceso de enterramiento del estiércol bovino. Desde el tiempo inicial de deposición de la bosta, se asocian gran cantidad de escarabajos adultos, los cuales inician su proceso de apareamiento y reproducción. La actividad de los escarabajos estercoleros es alta durante los primeros dos días y empieza a decaer a partir del día cuatro porque ya han terminado su proceso de apareamiento. En esta etapa, es común encontrar sobre los residuos de las boñigas, una gran cantidad de suelo removido como producto de la construcción de las galerías de nidificación.

En los SSP, los escarabajos estercoleros pueden remover hasta 1500 gramos de suelo por bosta. Por el contrario, en las pasturas mejoradas, los escarabajos estercoleros no logran penetrar en el suelo compactado y muy pocos individuos anidan entre la bosta y la parte superficial del suelo, sin poder construir las galerías características de estos escarabajos. En estas pasturas la remoción de suelo no supera los 10 gramos por bosta.



Foto 17 y 18. Suelo removido por los escarabajos durante la construcción de galerías para enterrar la bola nido. Fotos: Carolina Giraldo.

La construcción de túneles y galerías durante el proceso de enterramiento de la bola nido, permiten mejorar las condiciones físicas de los suelos, evitar la compactación y aumentar la permeabilidad. Por lo tanto, la presencia de escarabajos en las fincas ganaderas, contribuye a recuperar los servicios ambientales que se relacionan con la descompactación y aireación del suelo en los sistemas productivos.

En los SSP, la macrofauna edáfica actúa como cincel y rastrillo natural al participar en la remoción y descompactación del suelo. De esta manera, los ganaderos se evitan los costos relacionados con la preparación del terreno (subsolada, rastrillada) que hacen frecuentemente para remover la tierra en los potreros ganaderos.

Estos beneficios de los escarabajos estercoleros sólo pueden lograrse al promover condiciones adecuadas para ellos en las fincas (sombrio, hojarasca, sanidad del sistema, reducción de químicos y antiparasitarios). La provisión de estas condiciones garantiza una recuperación de la macrofauna del suelo, la cual se vuelve una aliada importante de la producción ganadera.



Foto 19. Galería de nidificación. Foto: Carolina Giraldo.

1.3.3. Reciclaje de nutrientes

El reciclaje de nutrientes en el suelo depende de la actividad de un número importante de organismos y microorganismos que atacan la materia orgánica, la fragmentan, descomponen y mineralizan para liberar los elementos esenciales para las plantas. El reciclaje de nutrientes en los potreros es fundamental para la producción forrajera que depende de que las heces, la hojarasca y las plantas muertas sean procesadas hasta hacer disponibles sus nutrientes de nuevo para los pastos y otros forrajes.

En los sistemas silvopastoriles, se brindan mejores condiciones para incrementar las poblaciones y actividad de micorrizas, fijadores de nitrógeno y macroinvertebrados como lombrices, escarabajos, hormigas, colémbolos, entre otros, que actúan conjuntamente para mineralizar la materia orgánica y solubilizar los nutrientes que serán aprovechados por las plantas para incrementar la producción de biomasa. De esta manera, se disminuyen las pérdidas de nutrientes por inmovilización, volatilización o lixiviación.

1.3.4. Control biológico

El control biológico es un servicio ambiental que está directamente relacionado con la biodiversidad en los sistemas productivos. La presencia de organismos depredadores, parasitoides y descomponedores, así como la de microorganismos es necesaria para la regulación de artrópodos indeseados asociados al ganado, pastos, arbustos y árboles en los potreros.

Los organismos benéficos son altamente dependientes de cobertura vegetal, sombra, humedad y requieren sitios específicos de alimentación y anidamiento. Por esta razón, en los SSP se encuentran gran cantidad de controladores biológicos que son los encargados de mantener reguladas las plagas de manera natural sin que sea necesaria la aplicación frecuente de insecticidas químicos.

1.3.4.1. Moscas

Los escarabajos estercoleros tienen un efecto indirecto en la regulación de moscas y parásitos gastrointestinales que anidan en el estiércol bovino. Diversas investigaciones han demostrado que los escarabajos reducen los sitios de anidamiento de la mosca de los cuernos *Haematobia irritans*, un importante ectoparásito del ganado en Colombia.





En los SSP, los escarabajos descomponen rápidamente el estiércol y disminuyen su disponibilidad para la reproducción de las moscas con lo que se regulan sus poblaciones y se mejora la sanidad y bienestar del ganado. En estos sistemas, se minimiza y en algunos casos, se elimina el uso de productos químicos mosquicidas, lo cual tiene importantes repercusiones económicas y ambientales. Por el contrario, en las fincas ganaderas de manejo convencional las poblaciones de moscas son muy altas y los productores recurren al uso de insecticidas químicos aplicados semanal o quincenalmente para intentar controlarlas.

Recientes investigaciones llevadas a cabo por CIPAV, han demostrado que en las fincas ganaderas con sistemas silvopastoriles se encuentran organismos de diferentes grupos asociados al estiércol que participan en el control biológico de la mosca a través de tres mecanismos complementarios: (1) Escarabajos estercoleros (Coleóptera: *Scarabaeinae* y *Aphodinae*), fuertes competidores por recurso y espacio; (2) Escarabajos estafilínidos e hidrófilidos (Coleoptera: *Staphylinidae* e *Hidrophylidae*), reconocidos por ser depredadores de huevos y larvas de moscas; y (3) Avispas pequeñas o Microhymenopteros (Hymenoptera: *Figitidae*), parasitoides de pupas de moscas.

Las avispas parasitoides nativas se asocian al estiércol en busca de estados inmaduros de las moscas, sobre las que ponen sus huevos. Éstos eclosionan dentro de las larvas o pupas de las moscas y se alimentan de ellas hasta causarles la muerte. De esta manera, se incrementan las poblaciones de los parasitoides benéficos y se disminuyen las moscas en los potreros.

La presión que ejercen los escarabajos por la competencia con las moscas por los sitios de anidamiento, y las avispas por parasitismo, se convierten en una interesante estrategia de regulación natural de poblaciones de moscas en los sistemas ganaderos, lo cual puede ser valorado como un servicio ambiental de la biodiversidad en los sistemas ganaderos.

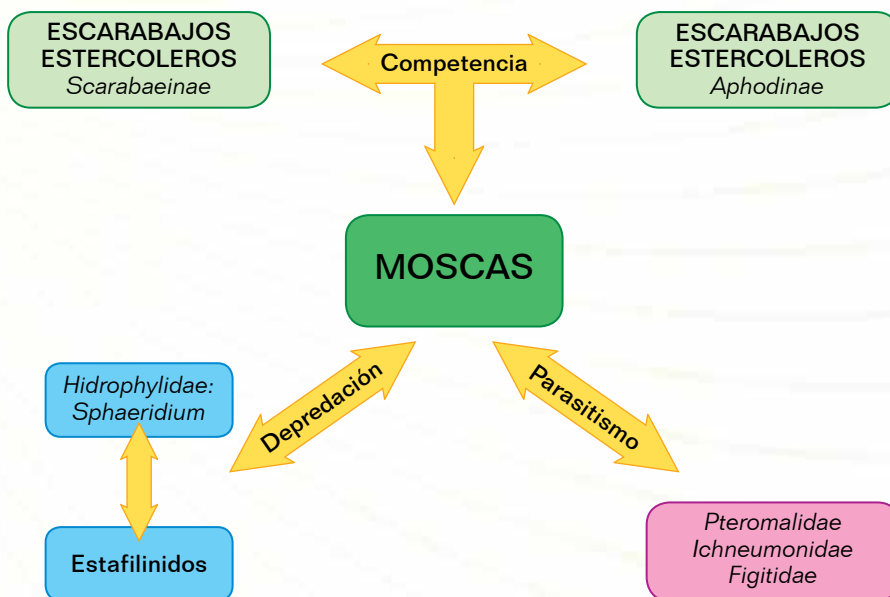


Figura 3. Organismos asociados al estiércol bovino que participan en el control biológico de moscas.

1.3.4.2. Parásitos gastrointestinales

En los silvopastoriles, la alta eficiencia de la descomposición del estiércol, tiene también repercusiones importantes en la regulación de los parásitos gastrointestinales del ganado. Debido a que el estiércol se degrada en pocos días, se reducen los sitios de reproducción de protozoos, nemátodos y demás parásitos que anidan en las boñigas. Cuando el ganado en la siguiente rotación regresa a los lotes de pastoreo, encuentran los potreros con menor cantidad de parásitos en estados infectivos. Por esta razón, en estos sistemas se puede reducir

la frecuencia de la desparasitación. Sin embargo, es importante eliminar el uso de productos con base en avermectinas que afectan los organismos descomponedores del estiércol y pasar a usar productos orales menos dañinos para la macrofauna asociada como el albendazole o fenbendazole, entre otros. El nuevo manejo no sólo permite un mayor eficiencia en la descomposición de excretas y reducción de parásitos en potreros, sino que además evita costos al productor relacionados con insumos y mano de obra.

1.3.4.3. Garrapatas

Las garrapatas son artrópodos de importancia veterinaria por su efecto directo y su capacidad para transmitir enfermedades al ganado bovino. La cobertura vegetal y el manejo adecuado de los sistemas silvopastoriles, permite el establecimiento de organismos depredadores como aves y hormigas, y microorganismos entomopatógenos (principalmente hongos), que participen conjuntamente en la regulación natural de las poblaciones de garrapatas.

De esta manera, al reducirse la población de estos ectoparásitos en los SSP, también se minimizan las posibilidades de infección por hemoparásitos, principalmente babesia y anaplasma, y se reduce la necesidad de usar acaricidas con los costos y problemas de toxicidad que estos implican.

1.4. Mejoramiento de la regulación y calidad del agua

Como es bien conocido los bosques desempeñan un papel fundamental en la preservación de suelos y la regulación hídrica en las cuencas. Las funciones hidrológicas más importantes de los bosques son:

- Disminución de la ocurrencia de eventos de crecientes e inundaciones aguas abajo en épocas lluviosas y de disminución excesiva del caudal en épocas secas.
- Mejora de la infiltración de aguas lluvias gracias al efecto de las raíces, la presencia de hojarasca y la reducción de la compactación del suelo.
- Reducción de la cantidad de escorrentía y erosión.

Estos efectos se dan directamente por acción de los árboles, pero en su gran mayoría ocurren gracias a que los bosques contribuyen a la conservación de las propiedades de los suelos que ayudan, a su vez, a mantener una adecuada regulación hídrica. Los árboles juegan un papel fundamental al reducir la escorrentía pues capturan parte de la precipitación en hojas y troncos, y liberan agua a la atmósfera mediante la evapotranspiración. Además, contribuyen a mantener la humedad del suelo gracias a que reducen la temperatura, con la consecuente disminución de las pérdidas por evaporación y la tasa de descomposición de materia orgánica.

Con el avance de la ganadería y la agricultura, extensas áreas de bosques andinos y de zonas bajas han sido remplazados por cultivos y pasturas. Con la sustitución de los bosques de estructura compleja por pasturas uniformes, se pierde en gran parte la capacidad amortiguadora de las lluvias. Adicionalmente, los suelos en los potreros sin árboles tienden a compactarse y a perder su capacidad de infiltración, por lo cual se incrementa la escorrentía, arrastrando con ella el suelo fértil e incrementando la posibilidad de crecientes después de los eventos lluviosos (Chará, 2004). Debido a la reducción de la infiltración y de la retención de humedad, disminuye la recarga de acuíferos y el agua disponible para liberar en épocas secas, por lo que muchos nacimientos y quebradas disminuyen drásticamente su caudal o se secan por completo en estas épocas con efectos negativos para el ganado y los usuarios en las fincas y aguas abajo.

La ganadería también contribuye a deteriorar la calidad del agua por el incremento de la erosión, y el depósito de heces por el ganado o la aplicación de fertilizantes y pesticidas que





van a parar a las quebradas, ríos y humedales arrastrados por la escorrentía. Adicionalmente, con la entrada del ganado a las quebradas y ríos para tomar agua y en su paso entre potreros, se genera deterioro de los cauces por pisoteo y se aporta materia fecal directamente al agua.

A pesar del efecto negativo que tiene la ganadería sobre la regulación hídrica y la calidad del agua, si se aplican algunas estrategias y se hace una adecuada planeación del predio, se puede contribuir a generar servicios ambientales hídricos que incluyen mejor regulación de caudales, mejor calidad del agua y protección de los hábitats acuáticos (Chará, 2004).

Para lograr esto, desde cada predio se debe trabajar en tres estrategias complementarias:

- Restauración y protección de los corredores ribereños para aprovechar sus funciones en la protección de los nacimientos y cursos de agua.
- Recuperación y conservación de las propiedades del suelo mediante la implementación de sistemas silvopastoriles en el área de captación para mejorar la regulación hídrica.
- Control de la erosión y la contaminación por fertilizantes, pesticidas y heces.

1.4.1. Corredores ribereños

Los corredores ribereños son franjas de vegetación nativa que se dejan crecer a lo largo de ríos, quebradas y en la margen de nacimientos, lagos y humedales. Por las funciones y efectos positivos que cumplen, estos corredores son muy importantes tanto para los organismos terrestres como para la protección de los ambientes acuáticos y para mantener una buena cantidad y calidad de agua (Chará, 2004).

Los corredores ribereños contribuyen a reducir el impacto de la erosión y la contaminación por sedimentos y nutrientes pues filtran la escorrentía y retienen parte de estos elementos, impidiendo que lleguen a las fuentes de agua (Weigel et al., 2000). Estas zonas tienen una importancia desproporcionada sobre las fuentes de agua, con respecto al área que ocupan por su influencia inmediata sobre el transporte de agua, nutrientes y sedimentos. Actúan como un filtro natural reduciendo la cantidad de materia orgánica, sedimentos y nutrientes que llegan a la quebrada. Adicionalmente, los árboles a lo largo de quebradas y ríos reducen la temperatura del agua y proveen sombra y otros elementos que facilitan el procesamiento de contaminantes y mejoran su calidad.

Por estas razones, la protección de los nacimientos y cauces con corredores ribereños en predios ganaderos garantiza la provisión de agua de buena calidad para consumo humano y del ganado en el predio y para otros usuarios aguas abajo.

Desde el punto de vista de la conservación de la diversidad, las franjas de vegetación ribereña permiten el establecimiento y conservación de especies vegetales y animales terrestres y de anfibios. La zona ribereña es un lugar esencial para la vida silvestre terrestre y acuática, y es importante como reservorio de biodiversidad. Además los corredores ribereños son fundamentales en la conexión de parches de bosque, humedales y otros hábitats naturales pues son efectivamente usados por mamíferos, aves y otros organismos como rutas migratorias. Por esta razón, la protección de estos corredores es un elemento fundamental para la conservación de la biodiversidad desde la producción ganadera.

1.4.2. Protección del suelo y sus propiedades hídricas

El impacto negativo de la ganadería sobre las propiedades del suelo puede ser reducido con el establecimiento de sistemas silvopastoriles que además contribuyen a mejorar la producción en el predio.

El incremento de árboles en las pasturas y sistemas productivos puede ser logrado en diferentes arreglos tales como bancos de proteína y energía (sistemas de corte y acarreo), cercas vivas, barreras rompevientos, sistemas de control de erosión y silvopasturas de alta densidad, entre otros (Calle et al., 2001).

Desde el punto de vista de la protección del agua, el incremento de los árboles en las pasturas busca restablecer parcialmente las funciones de los bosques que previamente ocuparon las áreas de pastoreo. De particular importancia es su función reduciendo el impacto de la lluvia, protegiendo y mejorando la estructura del suelo, lo cual incrementa su capacidad de infiltración y retención de agua y disminuye la escorrentía.

El tipo de sistema silvopastoril a ser implementado depende de la topografía, tipo de suelo y la presencia de áreas estratégicas para la conservación de agua, suelo y biodiversidad. En un proceso de zonificación de fincas, habrá áreas para proteger debido a su fragilidad o importancia para la conservación de la diversidad o el agua, áreas donde el pastoreo deba ser evitado pero que pueden ser usadas para la producción de forrajes y áreas de pasturas con baja y alta densidad de árboles. Este enfoque implica un mejoramiento e intensificación de la producción en algunas áreas de la finca (Murgueitio & Ibrahim, 2001).

Los árboles asociados a los potreros contribuyen a reducir la erosión con su sistema radicular. La variedad de especies es muy importante, pues las diferentes longitudes y estructuras del sistema radicular ayudan a retener el suelo más efectivamente (Calle, 2003). Además, el uso de árboles leguminosos reduce la necesidad de fertilización nitrogenada evitando la contaminación provocada por la aplicación de nitrógeno a las pasturas.

Los bancos de proteína y energía pueden ser establecidos en zonas pendientes donde el acceso directo del ganado no es recomendado pues incrementa la erosión. La introducción de diferentes árboles forrajeros en los bancos crea agro-ecosistemas que se asemejan a los bosques en su función protectora del agua.

Las cercas vivas, las barreras rompevientos y los árboles en las pasturas tienen además un efecto positivo indirecto sobre el agua, pues proveen leña, madera, postes y otros productos y reducen la necesidad de talar los bosques nativos para obtenerlos.

Mediante esta estrategia se tiene el beneficio directo del componente arbóreo en la regulación hídrica y su efecto positivo en la formación y protección del suelo. Además, las prácticas de labranza mínima para el establecimiento de las pasturas, el manejo de una carga animal adecuada de acuerdo a la pendiente, la rotación de potreros, la prevención del sobrepastoreo y el uso racional de agroquímicos contribuyen a mantener en mejor estado el suelo.

Con estas prácticas, la producción ganadera contribuye a mejorar la calidad del agua en las quebradas y ríos, y a regular el ciclo hidrológico a escala local.

1.5. Regulación de gases de efecto invernadero GEI

Los gases de efecto invernadero (GEI) son aquellos componentes de la atmósfera que absorben y remiten radiación infrarroja, por lo que contribuyen al efecto invernadero y al calentamiento de la tierra. Algunos de estos gases se han incrementado anormalmente en las últimas décadas como consecuencia del uso de combustibles fósiles, la deforestación, el uso de fertilizantes, la degradación del suelo y la fermentación ruminal, entre otros.

En la naturaleza, las plantas son las encargadas de fijar el carbono para disminuir la concentración de dióxido de carbono de la atmósfera y de esta manera regular la temperatura del planeta. Cuando ocurre deforestación y pérdida de ecosistemas naturales, se reducen las





posibilidades de fijar estos gases y por lo tanto, su concentración se aumenta, causando una alteración importante de la temperatura y los regímenes de precipitación, entre otros.

En la emisión de GEI (dióxido de carbono, metano y óxido nitroso) por la ganadería en Colombia participan los siguientes procesos o actividades:

- Cambios en el uso del suelo para la producción de pasturas o cereales destinados a producción de alimentos concentrados (ganado lechero).
- Proceso de fermentación ruminal, en especial de forrajes fibrosos de mala calidad nutricional.
- Manufactura y aplicación de fertilizantes nitrogenados en sistemas ganaderos intensivos o producción de cereales para concentrados (lechería de altiplanos).
- Establecimiento de la actividad ganadera en zonas degradadas o no aptas para la actividad, especialmente frontera de las selvas.
- Utilización de energías fósiles para transporte, procesamiento y refrigeración de los productos de origen animal y transporte de los insumos.
- Descomposición de residuos sólidos y líquidos sin manejo apropiado.

La actividad ganadera, a través de estos procesos es una de las más importantes aportantes al problema del cambio climático a nivel local, pero por su cobertura a nivel nacional, su ubicación en zonas con tendencia a la desertificación, a la degradación de suelos, o a la reducción en la disponibilidad de agua, presenta también una alta vulnerabilidad a este fenómeno y será altamente impactada si no se toman las medidas adaptativas. Según los escenarios construidos por IDEAM (2010) entre 2011 y 2040 la precipitación decrecerá entre el 10 y el 30% con principal incidencia en las zonas andina y de la costa.

A pesar de ser una causante importante del cambio climático la ganadería tiene un gran potencial para disminuir esa tendencia a través de diferentes medidas de mitigación que incrementen la captura de carbono y reduzcan las emisiones (Neely et al., 2009).

A través del establecimiento de sistemas silvopastoriles y buenas prácticas de manejo se puede transformar el sector en forma rentable y al mismo tiempo reducir las emisiones y aminorar la vulnerabilidad de esta actividad ante el cambio climático.

Los sistemas silvopastoriles contribuyen a que la actividad ganadera reduzca las emisiones de GEI mediante los siguientes mecanismos: i) directamente, a través de la captura de carbono en los árboles que se introducen al sistema y en los suelos que incrementan su materia orgánica; ii) por la reducción de la emisión de metano gracias a una mejora en el patrón de fermentación ruminal al contar con forrajes de mejor calidad (hojas de árboles y pastos más exuberantes) y iii) indirectamente por medio de la reducción de uso de fertilizantes nitrogenados, pesticidas y otros insumos; iv) por la reducción de la presión sobre los bosques al tener leña y postes que son generados en los propios sistemas productivos arborizados.

El servicio ambiental relacionado con la regulación de gases de efecto invernadero puede ocurrir a nivel local, también tiene implicaciones a nivel global. A nivel regional, los productores agrícolas y pecuarios, deben promover la protección de bosques primarios y secundarios, corredores de conectividad, rastrojos altos, plantaciones forestales y el establecimiento de sistemas de producción sostenibles, con el propósito de obtener los beneficios que las plantas proveen a la sociedad al contribuir a la reducción del CO₂. De esta manera, pueden también obtener beneficios económicos directos por los servicios ambientales que les proveen las plantas en los ecosistemas naturales y productivos.

En la tabla 4 se resumen los principales servicios ambientales que se recuperan en los sistemas sostenibles de producción ganadera y los posibles impactos económicos que éstos tienen para el productor.

Tabla 4.
Servicios ambientales que se recuperan en los sistemas sostenibles de producción ganadera

Proceso recuperado	Impacto ambiental	Importancia económica y ambiental
Remoción de suelo, descompactación	Recuperación de las propiedades físicas del suelo. Capacidad de retención de agua. Reducción de sedimentos.	Costos evitados en la preparación frecuente del terreno. Aumento de la productividad en épocas secas por mayor disponibilidad de agua en el suelo. Reducción en la aplicación de riego.
Descomposición de la materia orgánica y reciclaje de nutrientes	Nutrientes disponibles en el suelo, incremento de la fertilidad.	Reducción de la necesidad de fertilizantes, disminución de la contaminación de las fuentes de agua. Aumento en la producción.
Regulación de caudales y mejoramiento de la calidad del agua.	Hábitats acuáticos en mejor estado, menor ocurrencia de crecientes y aumento del caudal en épocas secas.	Mayor producción a lo largo del año, agua de buena calidad en el predio, menor necesidad de riego.
Control biológico de artrópodos indeseados	Regulación natural de artrópodos indeseados. Incremento de enemigos naturales.	Disminución en el uso de insecticidas químicos, mejoramiento de la calidad del suelo y el agua. Disminución de enfermedades animales





2. INCENTIVOS Y ESQUEMAS DE COMPENSACIÓN POR LA GENERACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES EN AGROECOSISTEMAS

En los últimos años se ha avanzado en la construcción de propuestas que promueven sistemas sostenibles de producción agrícola y pecuaria, además de la conservación y uso sostenible de los recursos naturales y, en algunos casos, la restauración de ecosistemas de gran importancia biológica.

Para este propósito se han diseñado políticas, propuestas de incentivos económicos, incentivos para la asistencia técnica, para la conversión ecológica y reconversión ganadera, esquemas de compensación por la generación de servicios ambientales, exenciones y deducciones tributarias e iniciativas locales que buscan promover sistemas amigables con el medio ambiente.

A continuación se describen algunos instrumentos que pueden hacer parte de un menú de opciones para utilizar en la promoción de sistemas de producción que generen beneficios sociales y ambientales desde los enfoques productivo y de conservación:

2.1. Esquemas de pago por servicios ambientales

El pago por servicios ambientales es una estrategia económica para promover la implementación de sistemas más amigables con el medio ambiente. Puede definirse como una transacción voluntaria donde el aumento, mantenimiento o provisión de un servicio ambiental definido es reconocido económicamente por al menos un comprador de ese servicio a uno o varios proveedores del mismo, sólo si se genera el servicio o se adoptan usos de la tierra o prácticas que lo producen (Wunder 2006).

Como un instrumento económico el PSA busca compensar a los productores por los costos adicionales en que incurren, o por el dinero que dejan de percibir, al conservar o usar de manera sostenible la diversidad y el ecosistema.. La simple lógica del Pago por Servicios Ambientales (PSA) es que compensando a los propietarios rurales por los servicios ambientales que un determinado uso de la tierra provee, es más probable que elijan ese uso en vez de otro menos benéfico para el ambiente y la sociedad (Pagiola et al., 2004).



Foto 20. Sistemas silvopastoriles multiestrato. Foto: Luis H. Solarte.



Foto 21. Sistemas silvopastoriles multiestrato. Foto: Luis H. Solarte.

El PSA es también una herramienta de cambio cultural de los propietarios y productores rurales ya que los incentiva e involucra en la protección de los ecosistemas y la biodiversidad, y en la provisión de servicios ambientales que benefician a la sociedad. Además, en varios contextos el PSA puede convertirse en una herramienta que contribuye a la equidad entre quienes se sirven de los servicios ambientales para generar beneficios económicos y los proveedores de los servicios ambientales con menos oportunidades. Es importante resaltar que los programas de PSA no involucran únicamente la conservación de bosques y ecosistemas naturales estratégicos, sino que pueden incluir áreas rurales productivas que por su manejo amigable con el ambiente contribuyen a su protección y a la oferta de servicios ambientales (Chará et al., 2011).

La importancia del PSA como herramienta novedosa para la conservación y el mejoramiento del estado de los recursos naturales en sitios con intervención humana ha sido reconocida a nivel mundial y durante la última década se calcula que se han puesto en funcionamiento al menos 300 esquemas que van desde estrategias nacionales como el caso de Costa Rica y México hasta acuerdos locales en diferentes países de Europa y América (OECD 2010).

En Colombia se encuentra en construcción la política nacional de Pago por Servicios Ambientales. Sin embargo, la herramienta ha sido ya reconocida en diferentes leyes y decretos del Gobierno. El artículo 210 de Ley 1450 de 2011 que modifica el artículo 111 de la Ley 99 de 1993, determina que los municipios y departamentos deben dedicar mínimo el 1% de sus ingresos corrientes para la adquisición y mantenimiento de áreas de interés para acueductos municipales o regionales, o para financiar esquemas de Pago por Servicios Ambientales.

De igual manera, este artículo determina que las autoridades ambientales deben definir las áreas en dónde se deben implementar los esquemas de PSA de acuerdo con la reglamentación que el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial expida para el efecto y que las autoridades territoriales garantizarán la inclusión de los recursos dentro de sus planes de desarrollo.

De acuerdo con Wunder (2007) un esquema de PSA “puro” involucra los siguientes componentes o condiciones:

- Al menos un proveedor o vendedor del servicio ambiental.
- Al menos un comprador del servicio ambiental.
- Un servicio ambiental definido o un uso de la tierra que asegure la provisión del mismo.





- Una transacción voluntaria entre las partes que consiste en el reconocimiento económico (en efectivo o en especie) condicionado a que se dé la provisión del servicio ambiental o el uso del suelo que lo genera.

En la tabla 5 se presentan los posibles participantes como compradores en la operación de esquemas de pago por servicios ambientales.

Tabla 5.
Operaciones comunes en el mercado de bienes y servicios ambientales

Tipo de Servicio Ambiental	Agentes pagadores	
	Local/Nacional	Mercado Mundial
Mitigación de gases con efecto invernadero	Empresas eléctricas, petroleras y mineras	Países industrializados y empresas eléctricas y petroleras
Conservación de biodiversidad	Laboratorios y consumidores individuales	Donantes interesados en proteger especies o ecosistemas, empresas de bioprospección, farmacéuticas y consumidores.
Protección de recursos hídricos	Empresas hidroeléctricas - usuarios agua potable y de riegos	
Belleza paisajística	Operadores turísticos, turistas	Turistas
Prevención de desastres	Residentes del área y gobiernos locales	

Además de los componentes implícitos en la definición, los esquemas de PSA incluyen los siguientes elementos o actividades:

2.1.1. Medición de línea de base

Es importante establecer un punto de partida o línea de base sobre el estado del servicio ambiental en cada predio participante lo cual a) sirve como punto de referencia para medir el impacto del programa, b) da valor y reconocimiento a quienes han protegido más los recursos naturales antes de iniciar el esquema y c) es la base para definir las mejoras o retrocesos en cada predio participante y el nivel de pago que reciben en años subsecuentes.

2.1.2. Mecanismo de verificación

Se debe establecer un mecanismo de medición periódica del servicio ambiental o usos de la tierra en el área de interés. Esta medición incluye la verificación directa en el campo del servicio ambiental o de los cambios realizados en los usos de la tierra pactados, y el cumplimiento con las características especificadas en el acuerdo en cuanto al tipo de arreglos, densidad de árboles, especies incluidas y ausencia de actividades o prácticas que puedan afectar el servicio ambiental.

La medición periódica del servicio ambiental permite determinar la efectividad del esquema y es la base para establecer la remuneración económica o en especie que cada predio o propietario recibe.

2.1.3. Menú técnico

El Menú Técnico es el listado de usos de la tierra, arreglos y prácticas que desde cada predio pueden garantizar el aumento o mantenimiento del servicio ambiental generado. Estas opciones deben ser adecuadas y probadas para las condiciones en las cuales se va a aplicar el esquema, y deben ser promovidas con una adecuada orientación técnica para garantizar su adopción exitosa.

2.1.4. Operación del esquema de pago

Para la operación de un esquema de PSA deba existir un arreglo institucional, y un mecanismo de monitoreo, verificación y pago debidamente acordados y conocidos por los participantes. Este mecanismo debe establecer específicamente los medios y frecuencia de la verificación, así como la forma y periodicidad del pago. Estos arreglos quedan formalizados en acuerdos o contratos entre quienes aportan el servicio y quienes hacen el pago.

Uno de los casos exitosos de aplicación de esquemas de PSA fue el proyecto GEF – Banco Mundial “Enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas” el cual estableció un mecanismo de compensación a los productores ganaderos que generaran servicios ambientales de interés global en sus fincas, mediante un incentivo económico en tres zonas ganaderas de Colombia, Costa Rica y Nicaragua, a través del establecimiento de sistemas silvopastoriles; el proyecto fue desarrollado por CIPAV, CATIE y NITLAPÁN, respectivamente.

El proyecto hizo un pago por la contribución que hacen los usos de la tierra en paisajes agropecuarios a los servicios ambientales globales que genera, considerando para tal propósito la conservación de la biodiversidad y la fijación de carbono. En Colombia se llevó a cabo en la vertiente occidental de la cordillera central, en los departamentos del Quindío (Armenia, Circasia, Montenegro, Quimbaya, La Tebaida) y del Valle del Cauca (Alcalá, Cartago, Ulloa) cubriendo un área total de 3.694 hectáreas. El proyecto tuvo una duración de cinco años con un total de 110 productores participantes, 80 con pago por servicios ambientales y 30 fincas control que no recibieron pago ni asistencia técnica.

A través de este proyecto se logró inducir cambios importantes en la cobertura arbórea de las fincas participantes. Las pasturas sin árboles se redujeron en casi 700 ha a lo largo del proyecto lo que equivale a una disminución del 60% de su área, a favor de los sistemas ganaderos con cobertura arbórea que se incrementaron en 802 ha. A esto se suma el cambio en las cercas vivas que pasaron de 2.1 a 357 km en la vida del proyecto.

El pago tuvo una importante influencia en la generación de servicios ambientales. Los productores que recibieron pago por servicios ambientales cambiaron el uso de tierra en un 44% del área de sus fincas, con lo cual generaron un incremento de 49% del índice de servicios ambientales. Estos resultados son mucho más altos que los de los productores que no recibieron pago por servicios ambientales, que cambiaron el 13% de sus fincas, y generaron sólo 7% más servicios ambientales (Ruiz et al., 2011).

2.2. Incentivos para la reconversión de sistemas productivos

Para los casos en que los sistemas productivos deben ser transformados para poder generar beneficios para la sociedad y el productor, pero que no pueden ser implementados por los costos iniciales, o por el lucro cesante mientras se establece el sistema, es importante evaluar el potencial de líneas de crédito blandas que permitan cubrir estos costos iniciales mientras el sistema entra en pleno funcionamiento.

En la actualidad en Colombia existe el Incentivo a la Capitalización Rural – ICR, que es una política diseñada con el propósito de incentivar o promover proyectos de inversión orientados a modernizar y mejorar la competitividad y sostenibilidad de la producción agropecuaria. Este incentivo consiste en un abono directo que se da a los productores que lo soliciten mediante un crédito otorgado con recursos del Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario – FINAGRO, a través de intermediarios financieros.

Los campos de inversión que son objeto del Incentivo a la Capitalización Rural - ICR son: (i) Adecuación de tierras y manejo del recurso hídrico, (ii) Obras de infraestructura para la producción, (iii) Desarrollo de Biotecnología y su incorporación en procesos productivos, (iv) Maquinaria y





equipos para la producción agrícola, (v) Equipos pecuarios y acuícolas, (vi) Equipos para la pesca artesanal y de pesca de medianos productores, (vii) Transformación primaria y comercialización de bienes de origen agropecuario, (viii) Plantación, mantenimiento y renovación de cultivos de tardío rendimiento (ix) Adquisición de ganado puro (para pequeños productores), (x) Sistema de producción silvopastoril e (xi) Infraestructura de servicios de apoyo a la producción.

A través del ICR para Sistemas Silvopastoriles, los productores ganaderos de los diferentes núcleos en el proyecto Ganadería Colombiana Sostenible, pueden recibir no sólo apoyo financiero, sino un incentivo que puede alcanzar hasta el 40% del valor del proyecto productivo a través de un redescuento con recursos Finagro.

Para el caso de los SSPi podrán tener acceso a este incentivo, proyectos ejecutados por pequeños y medianos productores para la siembra de especies forrajeras no maderables y especies forestales maderables, asociadas a la producción ganadera. En los casos en los cuales se reconoce el ICR a la siembra de especies forrajeras no maderables asociadas a la producción ganadera, los proyectos deben contar con mínimo 7000 árboles forrajeros por hectárea y se reconocerá un ICR del 40%, independientemente del tipo de productor, para proyectos de hasta 100 hectáreas. Para proyectos que contemplen más de 100 hectáreas el ICR será del 30%, independiente del tipo de productor y sin límite de área.

Se podrá también acceder al ICR del 40%, independientemente del tipo de productor, demostrando densidades de siembra donde exista una relación de un árbol maderable por cada diez árboles forrajeros, sin que la población de árboles maderables sea inferior a 500 por hectárea.

El monto del incentivo se “abona” al saldo de capital del crédito adquirido con la entidad financiera, una vez el Sistema Silvopastoril haya sido establecido en los plazos definidos por Finagro y se haya cumplido con la documentación exigida en el manual de servicios de esta entidad.

Otro incentivo de interés para el proyecto Ganadería Colombiana Sostenible, es el Incentivo a la productividad para el fortalecimiento de la Asistencia Técnica – IAT, el cual es un apoyo económico que otorga el gobierno nacional, destinado a sufragar una parte del total de los gastos en los que incurren los productores con ocasión de la contratación del servicio de asistencia técnica para el desarrollo de un proyecto productivo agropecuario.

Este incentivo cubre hasta el 80% del valor total de los gastos de contratación del servicio de asistencia técnica, por un período no mayor a tres años, y consiste en un abono que se realizará al saldo del crédito a través de Finagro.

2.3. Incentivos para el establecimiento de mercados especializados

Existen diferentes propuestas para masificar tanto la producción como la comercialización de productos agropecuarios bajo diferentes modalidades de sellos ecológicos. En todos los casos, un incentivo adicional es el referente a la búsqueda de mercados diferenciales que permitan obtener mejores precios por los productos generados por sistemas que cuidan el ambiente. La comercialización de productos orgánicos o ecológicos y la búsqueda de mercados especializados hacen parte de esta estrategia que trata de aprovechar la mayor demanda actual de estos productos que provienen de sistemas productivos amigables con el medio ambiente.

Esta estrategia incluye la creación de canales de comercialización y mercado que diferencien estos productos y los dirijan hacia sectores interesados y dispuestos a pagar un precio especial por ellos. En muchos casos no existe un sobreprecio, pero puede garantizarse el mercado por existir compradores que prefieren estos productos a los convencionales. De igual forma se ha avanzado en el establecimiento de góndolas en supermercados de grandes superficies y mercados campesinos que contribuyen con la comercialización de este tipo de productos.



Foto 22. Los árboles son un componente indispensable en los sistemas de producción sostenibles.
Foto: Andrés Felipe Zuluaga

En lo que se refiere a la Certificación Ecológica, en Colombia existe una legislación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Resolución 074 de abril 4 de 2002), la cual fue reemplazada por la resolución 187 del 31 de julio de 2006, que establece el “Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaclado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de productos agropecuarios ecológicos”. Allí se define la Ganadería Ecológica como “Ganadería criada y mantenida respetando las necesidades biológicas y de comportamiento de los animales, procurando la no participación de productos químicos de síntesis ni de aguas contaminadas, en sitios adecuados y lo más naturales posibles”. Por tal razón los predios en donde se han implementado sistemas silvopastoriles tienen una gran posibilidad de participar en este tipo de propuestas.

Igualmente el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR en el marco del Programa Nacional de Agricultura Ecológica (PNAE), en asocio con el IICA y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, desarrolló el “Marco regulatorio para la implementación de un sistema de incentivos para el fomento de la producción Agropecuaria Ecológica” PAE – ECOS como un instrumento económico para promover las actividades productivas ecológicas que contribuyan con la generación de servicios ambientales (MADR, 2007).



Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
ALIMENTO ECOLÓGICO

Figura 4. Sello Alimento Ecológico MADR





LECTURAS RECOMENDADAS

Calle, Z., Méndez, L. E. 2008. Estructura y composición de la vegetación arbórea en el agropaisaje del río La Vieja. Informe final proyecto GEF – Banco Mundial “Enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas”. Cali, Colombia. p. 198 – 212

Calle & Méndez. 2009. Estructura y composición de la vegetación en el agropaisaje del río La Vieja. En: Rodríguez, J.M., Camargo, J.C. Niño, J., Pineda; A.M., Arias, L.M., Echeverri, M.A. Rincón, C.L. (eds). Valoración de la biodiversidad en la ecorregión del eje cafetero. Ciebreg, Pereira.

Chará, J. D., Pedraza, G., Giraldo, L. P. 2008. Monitoreo de quebradas en la zona ganadera del río La Vieja. Informe final proyecto GEF – Banco Mundial “Enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas”. Cali, Colombia. p. 271 – 293

Chará, J. D., Zuluaga, A. F. 2006. Servicios ambientales e incentivos a la conservación en la zona del proyecto enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas. Centro de Investigaciones y Estudios en Biodiversidad y Recursos Genéticos, CIEBREG. Informe final. Pereira, Risaralda. 20 p.

Chará J. D., Giraldo C., Caro M. 2011. Servicios ambientales de la biodiversidad en paisajes agropecuarios. CIPAV, Cali. 76 p.

CIFOR, 2006. Pago por servicios ambientales. ¿Qué son los servicios ecosistémicos? http://www.cifor.cgiar.org/pes/_ref/sp/sobre/ecosystem_services.htm

Echavarría, M. 2002. Water user associations in the Cauca Valley, Colombia. Land-Water linkages in rural watersheds: Case study series. FAO, Rome.

Fajardo D., Johnston-González, R., Neira, L., Chará, J. & Murgueitio, E. 2009. Influencia de los sistemas silvopastoriles en la diversidad de aves en la cuenca del río La Vieja, Colombia. Revista Recursos Naturales y Ambiente, 58:9-16.

Fajardo, D., Neira, L. 2008. Monitoreo de la Avifauna en los departamentos del Quindío y Valle del Cauca: Colombia. Informe final proyecto GEF – Banco Mundial “Enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas”. Cali, Colombia. p. 140-149

Gobbi, J. 2002. Conferencia – Taller: Servicios ambientales: Valoración y formas de pago. Reserva Natural El Hatico, Valle del Cauca Colombia. Agosto de 2002.

Harvey C. A. 2001. La conservación de la biodiversidad en sistemas silvopastoriles. Simposio Internacional sobre sistemas silvopastoriles y segundo congreso sobre Agroforestería y Producción de Ganadeo en América Latina, San José, Costa Rica, p. 80-87.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2010. Pago por servicios ambientales: Una alternativa de conservación rentable para las comunidades rurales. Junio de 2010. En: <http://www.humboldt.org.co/2010colombia/index.php/the-news/417-pago-por-servicios-ambientales-una-alternativa-de-conservacion-rentable-para-las-comunidades-rurales>

Kaimowitz D., Angelsen, Arild. 1999. ¿Ayudará la intensificación ganadera a salvar los bosques tropicales de América latina? En: Taller sobre “Cambio Tecnológico en la Agricultura y la Deforestación Tropical”. Turrialba, Costa Rica.

Méndez, L. E. & Calle, Z. 2007. Árboles y arbustos de la cuenca media del río La Vieja – Guía de Campo. Cali, Colombia. 192p.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR, 2007. La agricultura ecológica en Colombia. Bogotá, marzo de 2007. http://graeco.iespana.es/biblioteca/LA_agricultura_ecologica_en_colombia.pdf

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA, Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt IAvH. 2004. Proyecto “Diseño del marco regulatorio nacional para la implementación de un sistema de incentivos a la agricultura ecológica –ECOS- resumen ejecutivo. Bogotá, Colombia.

MEA. 2005. Evaluación de los ecosistemas del milenio. Vida más allá de nuestros medios. Valores naturales y el bienestar humano. En: <http://www.maweb.org/en/Global.aspx>

OECD 2010. Paying for biodiversity: Enhancing the cost-effectiveness of payment for ecosystem services. Organisation for economic co-operation and development. www.oecd.org/publishing.

Pagiola S., Agostini P., Gobbi J., de Hann C., Ibrahim M., Murgueitio E., Ramírez E., Rosales M. y Ruiz J. 2004. Pago por servicios de conservación de la biodiversidad en paisajes agropecuarios. EnvironmentalEconomy Series, Paper No 96. FAO, Rome

Renjifo, L.M., A.M. Franco-Maya, J.D. Amaya-Espinel, G.W. Kattan, B. López-Lanús. (Eds.). 2002. Libro rojo de aves de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia.

Rivera, L., Armbrrecht, I. 2008. Diversidad de Hormigas en sistemas silvopastoriles de los andes colombianos. Informe final proyecto GEF – Banco Mundial “Enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas”. Cali, Colombia. p. 246 - 270

Rosa, Herman., Kandel, Susan., Dimas, Leopoldo. 2003. Compensación por servicios ambientales y comunidades rurales. Lecciones de las américas y temas críticos para fortalecer estrategias comunitarias. Prisma, San Salvador, El Salvador. 87p.

Ruiz J.P., Murgueitio E., Ibrahim M., Zuluaga A. 2011. Proyecto Regional Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas. En: Chará J., Murgueitio E., Zuluaga A. Giraldo C. (eds). Ganadería Colombiana Sostenible. Fundación CIPAV. 158p.

Santilli, M., P. Moutinho, S. Schwartzman, D Nepstad, L. Curran, and C. Nobre. 2005. Tropical Deforestation and the Kyoto Protocol, an Editorial Essay, Climatic Change, 71: 267-76.

Wunder S. 2007. The efficiency of payments for environmental services in tropical conservation. Conservation Biology 21: 48-58.

