

Integración de las actividades forestales con la ganadería extensiva sostenible y la restauración del paisaje

Z. Calle, E. Murgueitio y J. Chará



Z. CALLE

Este ejemplo de intensificación natural ilustra cómo un sistema agrícola mejorado puede crear simultáneamente bienes y servicios ambientales y ayudar a liberar áreas marginales estratégicas pero frágiles donde llevar a cabo la conservación estricta.

Zoraida Calle es Coordinadora de restauración ecológica; **Enrique Murgueitio** es Director Ejecutivo, y **Julián Chará** es Coordinador de investigaciones del Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Cali (Colombia).

El sector agropecuario, con sus actividades de pastoreo y producción de cultivos para pienso, ocupa alrededor del 30 por ciento de la superficie terrestre. Dicho sector es el principal motor de la deforestación, la degradación de la tierra, la contaminación atmosférica, el cambio climático, la sedimentación litoral y la invasión por especies exóticas (FAO y LEAD, 2006). En América Latina, la relación entre producción agropecuaria y deforestación es la más estrecha, ya que es en esta región donde la expansión de las actividades ganaderas ha ocurrido en gran parte a costa de la pérdida de bosques. En América Latina se ha practicado durante siglos una forma de ganadería simplificada basada en monocultivos de pasto. Este tipo de sistema ganadero ha favorecido la degradación ambiental y el

De acuerdo con la nueva imagen propuesta de la explotación agropecuaria extensiva en zonas tropicales, los animales pastan a la sombra en un entorno diversificado, rodeados por una biomasa comestible de elevada calidad. Estos toros pastan bajo un árbol de la lluvia (Albizia saman) en la reserva El Hatico, El Cerrito, Valle del Cauca (Colombia)

cambio climático porque va en contra de la dinámica natural de los ecosistemas forestales tropicales¹ (Wassenaar *et al.*, 2007).

Se da la paradoja de que en América Latina la producción ganadera extensiva,

¹ En los ecosistemas forestales tropicales, la mayor parte de los nutrientes está contenida en las plantas, animales y microorganismos vivos. Los ciclos cerrados de nutrientes son impulsados por una vegetación muy diversificada, dotada de densas redes de raíces finas, y por las asociaciones de micorrizas en combinación con gremios de agentes de descomposición eficaces.



La ganadería puede contribuir al mantenimiento de las complejas redes tróficas en los suelos y a la restauración de la fertilidad de las tierras degradadas, como en este paraje del valle del río Cesar, Cesar (Colombia)

que si bien es en la actualidad la principal forma de uso de la tierra y se desarrolla en una superficie de más de 550 millones de hectáreas, tiene una densidad de pastoreo y una productividad promedio bajas (0,59 animales por hectárea y 19,9 kg de carne de vacuno u 89,7 litros de leche por hectárea por año, respectivamente; FAO, 2008). Salvo algunas excepciones, se logran con este tipo de uso de la tierra índices de producción por animal y por hectárea mínimos y una muy escasa contribución al empleo en la región.

Pese a su ineficiencia y sus múltiples efectos ambientales negativos, la actividad ganadera está muy lejos de disminuir en América Latina. En primer lugar, porque está profundamente arraigada en las costumbres luso-hispánicas que perviven en la región. En segundo lugar, porque todos los productos cárnicos tienen una demanda alta y en aumento. En tercer lugar, porque la ganadería se ha practicado a menudo por reacción al fracaso, causado por limitaciones biofísicas, de las actividades agrícolas (Hernández, 2001; Murgueitio, 2005). Por último, la

ganadería extensiva ha ido desempeñando con el tiempo un papel fundamental en la consolidación del control de la tierra (Murgueitio e Ibrahim, 2008).

No obstante, la ganadería tropical puede ser potenciada y no necesita ser una actividad de efectos destructivos. El ganado tiene el potencial de funcionar como un «convertidor catalítico móvil de energía solar»² y de transformar la celulosa de la biomasa vegetal en hidratos de carbono simples que entran en la composición de las redes tróficas complejas del suelo y contribuyen a restaurar la fertilidad de las tierras degradadas (Patriquin y Moncayo, 1991). Si es manejada de forma sostenible y en el cuadro de sistemas silvopastorales, y si está integrada en corredores de conectividad y áreas protegidas, la ganadería extensiva puede incluso convertirse en una herramienta de restauración a escala del paisaje. La transición masiva de una ganadería de pastoreo con gran intensidad de insumos, practicada en pasturas degradadas, a la implantación de un sistema silvopastoral ambientalmente adecuado podría aumentar la capacidad de recuperación de los suelos frente a la degradación y la pérdida de nutrientes, determinar el secuestro de grandes cantidades de carbono (1,2 a 6,1 toneladas por hectárea por año; Ibrahim *et al.*, 2010; Udawatta y Jose, 2011),

reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Nair *et al.*, 2011) y ayudar a la protección de los recursos hídricos debido a la mejora de las propiedades del suelo y a la reducción de la contaminación (Chará, 2010). Se podrían crear empleos y producir alimentos de calidad y otros productos de manera sostenible.

En el presente artículo se describe cómo aprovechar el potencial que encierran los sistemas ganaderos extensivos tropicales para la puesta en marcha de sistemas silvopastorales intensivos (SSI); se investiga la producción maderera que se lleva a cabo en dichos sistemas, comprendidas las modalidades de selección de ciertas especies y las razones que motivan la selección, y se discuten los incentivos para la aplicación de los SSI.

¿QUÉ SON LOS SISTEMAS SILVOPASTORALES INTENSIVOS?

Es necesario que las acciones de restauración de los bosques y el paisaje tengan como objetivo ir más allá de la forestación, la reforestación y aun la restauración ecológica, para mejorar tanto los medios de vida humanos como la integridad ecológica (Minnemeyer *et al.*, 2011; Laestadius *et al.*, 2011). Los paisajes deberían restaurarse y ordenarse para conseguir una combinación equilibrada de servicios y

² Los convertidores catalíticos transforman los componentes tóxicos de los desechos de la combustión interna de un motor en sustancias menos tóxicas.

En los sistemas silvopastorales intensivos se combina el cultivo de alta densidad de arbustos para pienso con la mejora de los pastos y árboles tropicales. Este sistema silvopastoral, que ha sido puesto en práctica en la hacienda agrícola San Marcos en Tamalameque, Cesar (Colombia), comprende *Brachiaria humidicola* (pasto), *Tithonia diversifolia* (arbusto para pienso) y *Acacia mangium* (árbol maderable)



bienes ecológicos, y no solo una cubierta forestal más extensa.

Se ha propuesto que el incremento de la producción de alimentos puede obtenerse únicamente mediante una agricultura moderna —muy exigente en energía y sustancias químicas— pero que ofrece un hábitat de mala calidad para la flora y fauna silvestres, mientras que la agricultura alternativa está condenada a la baja productividad pese a ser más propicia para la biodiversidad (Perfecto y Vandermeer, 2010). Ahora bien, la intensificación agrícola y el ahorro de tierras no necesariamente son objetivos antinómicos; la *intensificación natural* tiene su lugar en el espectro agrario. Esta agricultura alternativa busca elevar al máximo la eficiencia de procesos biológicos como la fotosíntesis, la fijación de nitrógeno y el reciclado de nutrientes con la finalidad de aumentar la producción de biomasa y producir una materia orgánica del suelo de mejor calidad.

Los insumos de los sistemas intensivos naturales son procesos biológicos y no combustibles fósiles o compuestos sintéticos; y en ellos se aplican conocimientos

científicos modernos con los cuales se manejan y combinan especies de caracteres diferentes. Los SSI constituyen un buen ejemplo de intensificación natural, en la cual los beneficios productivos derivan de los mismos procesos de suministro de servicios del ecosistema.

Los SSI son una forma de agroforestería en la que se conjunta el cultivo de alta densidad (más de 8 000 plantas por hectárea) de arbustos para pienso destinados al pastoreo directo del ganado con los pastos y árboles tropicales mejorados. El estrato vegetal superior puede consistir en árboles o palmeras con densidades que oscilan entre 100 y 600 individuos por hectárea de acuerdo con las condiciones biofísicas y climáticas del agroecosistema. Los productos arbóreos —como la madera y la fruta— pueden ser enviados a mercados locales, destinarse a agronegocios o a la protección de la biodiversidad (Murgueitio *et al.*, 2010).

Los SSI responden a la necesidad cada vez mayor de transformar la ganadería tropical extensiva en una actividad ambientalmente favorable que puede ser rentable a plazo corto y mediano y que es capaz de generar en el medio rural más y mejores empleos, y proporcionar al mismo tiempo alimentos inocuos y de buena calidad (carne, leche y frutas), cueros y maderas. Estos sistemas son apropiados para la producción de carne bovina y leche, la ganadería de doble propósito o especializada o la cría de búfalos, ovejas o cabras.

Los SSI deberían tener como base unos conocimientos científicos y tecnológicos

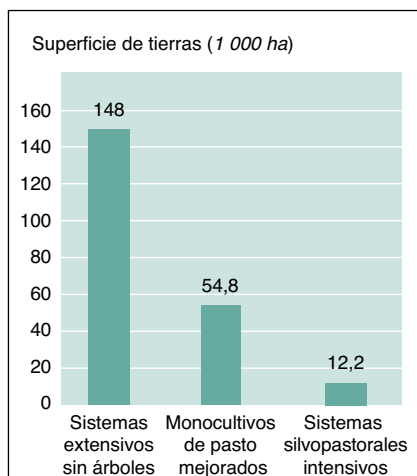
sólidos (Dalzell *et al.*, 2006; Shelton y Dalzell, 2007; Murgueitio *et al.*, 2011; Murgueitio *et al.*, 2012; Mahecha *et al.*, 2012). Se acude siempre más frecuentemente a los SSI en las modernas y rentables explotaciones en Colombia y otros países de América Latina. Debido a la más elevada densidad de pastoreo de los SSI (dos a cinco cabezas por hectárea), el ganadero está en condiciones de liberar tierras donde llevar a cabo la recuperación de suelos y la protección de la biodiversidad (Chará *et al.*, 2011). Estos sistemas se distinguen por una alta producción de biomasa y la calidad nutritiva de los piensos, el pastoreo rotativo con considerable capacidad de carga, y etapas de pastoreo breves seguidas por largos períodos de recuperación vegetal, y una gran productividad por hectárea (véase la figura).

Para el buen funcionamiento de los SSI se requiere:

- un suministro permanente de agua de buena calidad en bebederos móviles y sal mineralizada;
- plantaciones de setos vivos en la periferia y en las divisiones internas de las parcelas;
- cercos o cintas eléctricos, fijos o móviles, para concentrar el pastoreo en fajas estrechas;
- un manejo del ganado libre de constricción o violencia (Ocampo *et al.*, 2011).

En los SSI se combinan algunos elementos del manejo ganadero tradicional, de los bancos de forraje y de las plantaciones madereras, pero los SSI difieren considerablemente de esos tres sistemas de uso de la tierra:

- A diferencia de la ganadería extensiva tradicional, los SSI requieren una gestión rigurosa, controles administrativos y ajustes permanentes basados



El reemplazo de las pasturas extensivas por el monocultivo mejorado o por sistemas silvopastorales intensivos permite obtener la misma producción de carne en el 36 y el 8 por ciento de la superficie de tierras, respectivamente (Murgueitio *et al.*, 2012).

1

Superficie de tierras requeridas para conseguir una producción anual de carne de 10 000 toneladas en la región caribeña estacionalmente muy seca de Colombia

en un seguimiento cuidadoso. Los protocolos de gestión son sencillos pero obligatorios; por ejemplo, una vez establecido el sistema, el fuego y los herbicidas no pueden ser utilizados. En México, los ganaderos que han conseguido los mejores resultados los deben a su experiencia agraria previa y en algunos casos a su formación en técnicas agrícolas de precisión (Solorio-Sánchez *et al.*, 2012).

- A diferencia de los bancos de forraje mixtos u otros sistemas de corta y acarreo, los SSI han sido ideados para tolerar el ramoneo directo del ganado. El cercado eléctrico debe ser manipulado correctamente para garantizar que el pastoreo, intenso pero instantáneo, pueda ocurrir en franjas estrechas en cada parcela. Mediante estas rotaciones breves el impacto del ganado en el suelo se reduce al mínimo y la recuperación de los arbustos y pastos es más fácil. Una vez que el ganado se ha desplazado a una nueva faja forrajera, los escarabajos y gusanos no tardan en enterrar o degradar el estiércol, con lo cual el ciclo vital de los diversos parásitos se interrumpe (Giraldo *et al.*, 2011; Murgueitio y Giraldo, 2009).
- Los SSI difieren de las plantaciones arbóreas en una menor densidad de plantación; en la disposición de los árboles en hileras alternadas con fajas de pasto o arbustos; en la orientación oeste a este (y no norte a sur) de las hileras, y en la fecha e intensidad del aclareo y poda, que se eligen ambas para reducir al mínimo el sombreado de las pasturas.

*Para que un sistema silvopastoral intensivo funcione adecuadamente deben existir algunas formas de control. En la hacienda agrícola El Chaco, Pedras, Tolima (Colombia), se han instalado cintas eléctricas para concentrar el ganado que pastorea en fajas estrechas. Nótese en primer plano los arbustos de *Leucaena leucocephala* ramoneados por el ganado*



M.M. MURQUEITIO

Los sistemas silvopastorales pueden dar lugar a un aumento de la biodiversidad en los parajes agrícolas, tal y como lo ha revelado un análisis de las variaciones en riqueza de las especies de aves tras la puesta en marcha del Proyecto sobre enfoques silvopastorales regionales integrados de gestión del ecosistema en Quindío (Colombia). Al cabo de cinco años, la riqueza total de aves en el área del proyecto había pasado de 146 a 193 especies; el número de especies de aves forestales había aumentado de 74 a 104; las aves migratorias se habían incrementado de 10 a 19 especies, y una especie en peligro había recolonizado la zona (Chará *et al.*, 2011). La diversidad de las especies de hormigas en los sistemas silvopastorales era equivalente a la registrada en los bosques residuales. Los sistemas silvopastorales con una vegetación compleja pueden albergar una gran biodiversidad (Harvey *et al.*, 2005; 2006; Sáenz *et al.*, 2007) y brindar servicios ecosistémicos como la gestión natural de plagas, el secuestro de carbono, la conservación del agua y el suelo,

el reciclado de nutrientes, la protección hidrológica y la polinización de cultivos.

INTRODUCCIÓN DE ÁRBOLES Y PRODUCCIÓN MADERERA EN LOS SISTEMAS SILVOPASTORALES INTENSIVOS

En los SSI es posible combinar los beneficios a corto plazo de la producción de leche y/o carne con las inversiones a largo plazo en madera.

Las especies arbóreas, el beneficio silvícola y los factores ecológicos determinan el índice de producción maderera en los SSI. Los árboles maderables se plantan en hileras dobles o triples separadas por fajas de pastoreo de 15 a 30 cm de ancho. La densidad arbórea inicial en estos sistemas equivale así al 50 por ciento o menos de la de las plantaciones arbóreas homogéneas. Con una intercepción de luz por los árboles maderables que oscila entre el 10 y el 40 por ciento, los SSI permiten que el pastoreo se realice hasta la última cosecha de los árboles. El pastoreo controlado está permitido durante cuatro a ocho meses después de la plantación de pastos o arbustos forrajeros; sin embargo, la penetración del ganado en las hileras de árboles se restringe hasta 18 meses por medio de la instalación de un cercado eléctrico. Tras ese período, los animales tienen acceso a la totalidad de la superficie cubierta por el SSI.



J.E. RIVERA

Los sistemas silvopastorales intensivos pueden determinar el aumento de la biodiversidad, tal y como se observa en este sistema silvopastoral de dos años de edad establecido en suelos degradados en las estribaciones amazónicas. Hacienda agrícola Buenos Aires, El Doncello, Caquetá (Colombia)

Según las especies y la región, el aclareo o la cosecha de los árboles maderables puede comenzar al séptimo año, y las cosechas sucesivas pueden practicarse hasta el 20° a 25° año. Se estima que el volumen total de madera extraída es un 30 por ciento inferior al que se obtiene en plantaciones tradicionales, pero que esta reducción se ve compensada por el mayor precio que alcanza la madera en la cosecha final. En estos sistemas, el aclareo y poda tienen por objeto maximizar los diámetros de los árboles por encima de los 30 cm (para el pino y el eucalipto al cabo de 15 a 16 años) y aumentar el volumen de la madera de alto valor en un 50 por ciento (Esquivel *et al.*, 2010).

Selección de las especies

El componente ganadero de los SSI hace que la selección de las especies esté sesgada en favor de las fijadoras de nitrógeno, los árboles frutales que suplementan la nutrición del ganado y las fuentes madereras para uso en la granja, los mercados locales y la industria.

La arquitectura de la copa es otro aspecto importante para la selección de los árboles. En general, las especies de troncos rectos y copa pequeña y con poda natural, como *Cordia gerascanthus*, se prefieren a los árboles muy ramificados de troncos retorcidos. Sin embargo, los grandes árboles fijadores de nitrógeno con semillas comestibles, tales como *Albizia saman*, *Albizia guachapele* y *Enterolobium cyclocarpum* (todos de la familia Fabaceae), se mantienen normalmente con densidades bajas en los SSI.

Las especies de copa abierta que permiten el paso de suficiente luz hacia el suelo se utilizan en lugar de los árboles de dosel denso, que impiden la filtración de la luz. Los árboles de mango constituyen una excepción debido a los beneficios que derivan de las abundantes cosechas de frutos nutritivos que se obtienen de ellos y el reciclado de nutrientes, ventajas que

compensan la escasa la producción de forraje que es posible realizar debajo de sus copas. Las especies de folíolos pequeños que se descomponen rápidamente se prefieren a las de hojas grandes y gruesas, que forman una hojarasca persistente. *Tectona grandis* es una excepción porque algunas de sus hojas caídas son consumidas por el ganado, al tiempo que por el efecto combinado del pisoteo y la orina se acelera la descomposición de las hojas restantes.

La transición de una ganadería de pasturas abiertas a una ganadería en SSI va a menudo acompañada de una mayor apreciación de la biodiversidad que existe en los sistemas de producción agropecuaria. Por ejemplo, en algunas granjas lecheras en los Andes centrales y orientales de Colombia los monocultivos de *Pennisetum clandestinum* (Poaceae) (hierba Kikuyo) han sido reemplazados por SSI porque en ellos los pastos cespitosos se combinan con pastos estoloníferos, leguminosas reptantes, un estrato intermedio de *Sambucus* sp. y arbustos forrajeros de *Tithonia diversifolia* y el aliso andino fijador de nitrógeno *Alnus acuminata* en la parte superior de la cubierta de copas. Una vez suprimidos los herbicidas, el sistema es colonizado por algunas malezas. Sin embargo, los agricultores han aprendido a valorar las «malas hierbas» tales como *Sida acuta* y *Sida rhombifolia*, que el ganado consume con gusto.

Barreras a la introducción de árboles

Los ganaderos tropicales admitirán que su idea respecto a los árboles que crecen en los pastizales deriva con frecuencia de un prejuicio. En América Latina, se prefieren los monocultivos por razones estéticas, al menos en parte. Los fabricantes de herbicidas han contribuido a reforzar la preferencia que se da a los pastizales abiertos; y algunos institutos de investigación se han concentrado en la mejora de «hierbas milagrosas», fomentando, en lugar de sistemas naturales más complejos, los cultivos en gran escala de unas pocas especies de *Brachiaria*.

Unas cuantas especies madereras exóticas de crecimiento rápido han demostrado ser útiles para debilitar tales barreras. Algunos de los primeros agricultores que adoptaron los SSI decidieron plantar especies conocidas, a saber, *Eucalyptus* spp., *Pinus* spp., *Acacia mangium*, *Gmelina arborea* y *T. grandis*. Sin embargo, los árboles madereros nativos están surgiendo gradualmente como protagonistas en los SSI en diferentes regiones.

Selección acertada de las especies nativas

Así como en la reforestación, la introducción de nuevas especies en un SSI conlleva riesgos. Los proyectos pueden fracasar debido a una selección equivocada de las especies porque el rendimiento de los



La arquitectura de la copa es un aspecto importante en la selección de los árboles. *Cordia gerascanthus*, especie nativa cuya conservación despierta preocupación en todo el mundo, tiene una arquitectura ideal para su inclusión en un sistema silvopastoral intensivo

árboles nativos que crecen en lugares donde imperan condiciones diferentes no era suficientemente conocido. No obstante, un importante acervo de conocimientos se ha ido desarrollando respecto de las especies nativas. Diferentes proyectos nacionales han permitido examinar más de 130 especies neotropicales, y varias de ellas han mostrado buenos índices de crecimiento temprano y capacidad para sobrevivir en zonas degradadas (van Bruegel *et al.*, 2011; Hall *et al.*, 2011; Montagnini y Finney, 2011, y las referencias citadas en estas entradas).

En las estribaciones andinas, un agricultor pionero del departamento de Meta, en Colombia, decidió ensayar en su hacienda la endémica y rara *Mimosa trianae* junto con *A. mangium*, *G. arborea* y otras especies. Esta especie arbórea nativa prácticamente desconocida tuvo un mejor rendimiento que sus competidoras exóticas y registró un crecimiento espectacular. Recolectada por los botánicos solo ocho veces desde 1856, dicha especie fijadora de nitrógeno se convertirá probablemente en uno de los elementos clave de los SSI en las estribaciones andinas donde, paradójicamente, la ganadería podría contribuir a salvarla de la extinción.

Otro ejemplo es el sistema silvopastoral basado en la sucesión ordenada de *Piptocoma discolor* en las estribaciones amazónicas de Caquetá (Colombia). Una vez eliminados los herbicidas como herramienta para el mantenimiento de los pastizales en esta región húmeda, la especie se regenera vigorosamente y es ramoneada por el ganado. *P. discolor* no solo es un excelente arbusto forrajero sino también un árbol maderable de crecimiento rápido que forma postes rectos que son útiles en la construcción. En consecuencia, *P. discolor* proporciona forraje y madera y tiene una arquitectura arbórea que lo convierten en una especie ideal para la confección de cercas vivas y para su integración en sistemas silvopastorales (Hurtado *et al.*, 2011).

En algunos SSI se combinan dos o más especies de árboles maderables nativos. Una zona de la región caribeña seca de Colombia presenta algunas limitaciones estacionales a este respecto debidas a un drenaje insuficiente. En un SSI ganadero de doble propósito se combinaron pastizales mejorados, una capa intermedia formada por el árbol nativo *Guazuma ulmifolia* plantado en elevadas densidades para ramoneo directo y manejado como arbusto

forrajero, y un estrato de dosel en el que se reúnen fajas de las maderables nativas *Cordia gerascanthus* y *Tabebuia rosea*, y la especie en peligro *Pachira quinata* (Galindo *et al.*, 2010; Galindo, Galindo y Blanco, 2010; Calle *et al.*, 2012).

INCENTIVOS PARA LA ADOPCIÓN DE SSI

Quienes manifiestan interés en adoptar los SSI deben hacer frente a dos tipos de barreras:

1. *Barreras financieras.* Los elevados costos iniciales que acarrea el establecimiento de la mayoría de los SSI pone en duda la opinión tradicional de que la ganadería tropical es una actividad de escasas inversiones. Aunque las inversiones pueden recuperarse al cabo de un período relativamente breve (3 a 4 años), la mayor parte de los granjeros, técnicos y banqueros no ha asimilado aún este nuevo planteamiento de la ganadería.
2. *Barreras de conocimiento.* Los SSI son sistemas complejos que exigen conocimientos especializados y asesoramiento técnico (Calle, 2008; Chará *et al.*, 2011).



Un importante acervo de conocimientos se ha ido formando a raíz del éxito que ha tenido la implantación de árboles nativos en los sistemas silvopastorales intensivos. *Mimosa trianae* Benth (Fabaceae) es un árbol endémico prácticamente «desconocido» que ha mostrado rendimientos superiores a sus competidores exóticos en los sistemas silvopastorales en las estribaciones andinas. Hacienda agrícola Andorra, Cubarral, Meta (Colombia)

CUADRO 1. Tipos de incentivos ofrecidos para fomentar la transición de las prácticas tradicionales insostenibles a sistemas silvopastorales y a otras formas de uso sostenible de las tierras

Incentivo	Contexto socioeconómico y escala de aplicación	Limitaciones
Donación de árboles, suministros y equipo	Grupos de agricultores pequeños y grupos de agricultores locales.	Solo son atractivos para los agricultores los árboles de propósitos múltiples que ofrecen beneficios económicos directos y no compiten con los cultivos comerciales. Riesgos: Paternalismo, adopción limitada de los SSI y carencia de cuidados de los árboles una vez que el proyecto ha concluido.
Tramitación de los documentos de propiedad de la tierra	Todas las escalas (propietarios rurales pequeños y grandes), zonas que han sido escenario de conflictos y asentamientos situados en la frontera agrícola.	Este incentivo ha de ser el último paso antes de cerrar la frontera agrícola una vez que se ha logrado la deforestación cero. Para proteger las áreas de conservación, la certificación de una propiedad debe basarse en normas ambientales claramente definidas con el propósito de proteger las áreas de conservación. Riesgos: Corrupción, incentivos perversos que favorecen la deforestación, concentración y adquisición de tierras por compradores internacionales.
Exención del impuesto territorial	Tierras fértiles y tierras de alto precio cercanas a ciudades e infraestructuras, tales como plantas de abastecimiento de agua, presas y carreteras. Escala local (municipio), pero a menudo con vínculos con una política nacional.	Debe disponerse de una información actualizada sobre la propiedad de la tierra. El incentivo debe corresponder al costo de oportunidad de la tierra; es escasamente atractivo en zonas donde se llevan a cabo actividades rentables pero insostenibles como la minería y los monocultivos comerciales.
Financiación de la asistencia técnica y extensión silvopastoral	Necesarias en todas las escalas.	Requiere ofrecer capacitación especializada a extensionistas y técnicos. El costo de la asistencia técnica debe ser apropiado para todas las escalas productivas. La asistencia técnica no debe estar ni completamente subvencionada ni ser demasiado costosa, y exige una disponibilidad permanente de recursos financieros.
Crédito para el establecimiento de SSI	Necesario en todas las escalas, pero debe ajustarse a los requisitos de cada grupo de interesados.	Las principales limitaciones son el acceso de los pequeños agricultores al crédito y los obstáculos burocráticos. El sistema financiero impone barreras (aumento de los tipos de interés y petición de mayores garantías). Existe el riesgo de fracaso si la tecnología no es adecuada para un ecosistema dado. Los planes crediticios se deben diseñar de manera tal que el flujo de pagos esté sincronizado con los aspectos biológicos del sistema.
Incentivos especiales vinculados al crédito silvopastoral (como el Incentivo de capitalización rural en Colombia)	Política nacional y su aplicación en todas las escalas.	El desarrollo tecnológico es necesario para asegurar que los fondos relativos a los incentivos se inviertan adecuadamente. La tecnología debe estar adaptada a condiciones ambientales especiales, tales como los ecosistemas tropicales de montaña, las zonas sujetas a inundaciones, los suelos ácidos y las zonas de escasa fertilidad. Limitaciones debidas a la financiación disponible. Se constatan aquí las mismas limitaciones que para el acceso al crédito. Es necesario generalizar los préstamos colectivos. No se dispone aún de fondos nacionales para realizar cambios a escala del paisaje.
Aplicación de incentivos forestales a los sistemas ganaderos (tales como el Certificado de incentivo forestal en Colombia)	Debería aplicarse en todas las escalas, pero en la práctica los incentivos se concentran en las zonas de alta producción maderera. Puede llegar a aplicarse a escala nacional o regional. Con un mayor desarrollo tecnológico, los beneficios que derivan de los sistemas ganaderos podrían llegar a ser equivalentes a los de las plantaciones forestales.	Se necesitan más conocimientos sobre las especies nativas. Se carece por completo de la tecnología para introducir especies forestales en las haciendas. Las prácticas silviculturales, mercados y técnicas de elaboración para la madera que se produce en los sistemas silvopastorales no se han desarrollado suficientemente.
Pagos por servicios del ecosistema	Los recursos hídricos pueden representar oportunidades para los predios de pequeños propietarios rurales ubicados en las cuencas principales; valoración de la biodiversidad a diferentes escalas; los créditos de carbono son atractivos sobre todo para los grandes propietarios o para proyectos en gran escala. La escala local para el agua, la escala regional para los créditos de carbono y la biodiversidad. Los incentivos a escala nacional existen solo en determinados países.	Necesita de conocimientos de base y de un seguimiento de los servicios del ecosistema ofrecidos. La financiación es muy limitada (p. ej., la que es brindada en el ámbito de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático). La mayor parte de los países carecen de fondos específicos y dependen de la financiación que proviene de la cooperación internacional. Es esencial diferenciar entre pagos a corto plazo y a largo plazo. Debe ofrecerse un incentivo adicional para los árboles nativos.
Incentivos comerciales especializados (incluidos en los precios que se pagan por los productos que provienen de los SSI)	Necesarios en todas las escalas. Los pequeños agricultores necesitan acceder a los mercados y recibir subvenciones durante todo el proceso de certificación. Los productores más grandes y los productores empresariales necesitan incentivos y estímulos y campañas de promoción para ingresar en las cadenas de comercialización.	Los requisitos incluyen: rastreabilidad y certificación de la leche, carne y madera; protocolos de certificación; certificadores imparciales; pago de los costos de la certificación por un tercero, y demanda de productos certificados en mercados especializados (respeto de la biodiversidad, neutralidad en cuanto al carbono, baja huella hídrica o productos del comercio justo). Las campañas intensivas y prolongadas destinadas a los consumidores juegan un papel importante porque incrementan la demanda de productos provenientes de SSI.



E. MURGUIETIO

A pesar de todo, los ganaderos latinoamericanos deben adaptarse rápidamente a unas condiciones climáticas cambiantes y a los retos que suponen los recientes convenios sobre libre comercio y su exigencia de una producción de carne bovina y productos lácteos de alta calidad a menores costos, amén de la observancia de normas ambientales rigurosas. Para ello se necesitan incentivos e instrumentos financieros que fomenten una adopción amplia de los SSI. En el pasado, en la cooperación privada, pública e internacional se recurría a incentivos para promover la aceptación de sistemas silvopastorales y otras prácticas agroecológicas. Las principales herramientas para fortalecer los sistemas silvopastorales son incentivos financieros, el pago por servicios del ecosistema, la asistencia técnica especializada, los premios a la innovación agraria y las preferencias comerciales. En el cuadro (pág. 37) se presentan los incentivos comúnmente ofrecidos, la escala en que han sido aplicados y sus limitaciones.

El costo medio de aplicación de un SSI en la región seca de Colombia es de 2 500 dólares EE.UU.; un cuarto de esta cantidad (625 dólares EE.UU.) corresponde a costos de mano de obra (Solarte *et al.*, 2011). Para el Proyecto RISAEM (Enfoques silvopastorales regionales integrados para el manejo del ecosistema), el ingreso promedio por hectárea derivado de la ganadería extensiva aumentó de 237 dólares EE.UU. a 888 dólares EE.UU.

en Colombia, Costa Rica y Nicaragua a consecuencia de la adopción de prácticas silvopastorales (no únicamente SSI) (Banco Mundial, 2008). En promedio, con los pastizales tradicionales se crea un puesto de empleo rural por 100 ha, mientras que con los sistemas silvopastorales consolidados en la misma superficie de tierras se pueden crear cinco empleos. Durante la fase de establecimiento, con dichos sistemas se puede llegar a crear incluso un empleo por cada 3 ha (CIPAV, datos sin publicar). Estas estadísticas se aplican a granjas ganaderas pequeñas, medianas y grandes, puesto que los sistemas silvopastorales son apropiados para todas ellas, siempre y cuando las barreras financieras y de conocimiento puedan superarse.

Con la implantación de SSI la capacidad de carga puede aumentar de tan solo 0,5 animales por hectárea a 3 animales por hectárea. Con una hectárea de SSI es posible incrementar el ingreso agrícola en al menos 440 dólares EE.UU. por hectárea por año. Por tanto, estos sistemas encierran un considerable potencial de reducción de la pobreza en el medio rural (CIPAV, datos sin publicar).

En 2006, las granjas de doble propósito de los valles áridos de Tepalpatépec y Apatzingán de Michoacán (México) empezaron a reemplazar sus sistemas de ganadería extensiva —grandes consumidores de piensos e insumos— situados en tierras desprovistas de árboles con SSI.

Los incentivos para la realización de inversiones en los sistemas silvopastorales intensivos pueden redundar en un aumento de la productividad agraria y en la creación de bienes y servicios ambientales, y contribuir a la conservación y restauración de las tierras degradadas. Hacienda agrícola El Chaco, Piedras, Tolima (Colombia)

Hasta la fecha se han establecido más de 4 000 ha de SSI. Una evaluación reciente de las repercusiones económicas de este proyecto reveló que cuando se tomaba en cuenta la rentabilidad de la leche, carne y semillas de leucaena la tasa de rentabilidad interna (TRI) de estos sistemas pasaba del 5-11 por ciento al 33,5 por ciento. Los ingresos de los agricultores se han quintuplicado y los gastos de la explotación se han duplicado, con el consiguiente auge de la economía local. Además, tras la implantación de los SSI, el valor de los terrenos se ha incrementado en un 33 por ciento (González-Pérez y Solorio-Sánchez, 2012).

CONCLUSIONES

A menos que consiguiese reforzar manifiestamente la base ecológica de la supervivencia humana, la restauración ecológica resultaría insostenible en algunas regiones de América Latina (Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas, 2004). La restauración debe complementar e incrementar la producción de alimentos (Minnemeyer *et al.*, 2011). Los SSI son un buen ejemplo de un uso de la tierra que puede conducir, simultáneamente, al aumento de la productividad y a la rentabilización del sistema agropecuario; a la intensificación de la producción de bienes y servicios medioambientales, y a la liberación de zonas frágiles, marginales y estratégicas que se destinarán a la conservación estricta. Sin embargo, en América Latina los SSI solo podrán ser agrandados gracias al apoyo nacional e internacional y por conducto de las políticas oficiales, las preferencias comerciales y el acceso a los mecanismos de pagos por servicios del ecosistema.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su gratitud a las siguientes personas que han aplicado o mejorado los sistemas silvopastorales mencionados en este artículo: Fernando Uribe,

Carlos Hernando Molina, Enrique José Molina, Luis Solarte, Adolfo Galindo, Jorge Esquivel y Óscar Tafur. Stefano Pagiola, el Banco Mundial, la Fundación Produce, Michoacán (México) y la Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegán) han contribuido de manera importante al desarrollo de incentivos destinados al fomento de los sistemas silvopastorales intensivos. ♦



Bibliografía

- Banco Mundial.** 2008. Implementation completion and results report (TF-50612) on a grant in the amount of SDR 3.7 million equivalent (US\$4.5 million) to Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) for the Integrated Silvopastoral Approaches to Ecosystem Management Project in Colombia, Costa Rica and Nicaragua. Washington, DC, Banco Mundial.
- Calle, A.** 2008. What makes an early adopter? Transforming landscapes one farmer at a time. *Tropical Resources*, 27: 7–14.
- Calle, Z., Murgueitio, E., Galindo, W., Galindo, V., Uribe, F. y Solarte, L.** 2012. El mónico o solera *Cordia gerascanthus*: un árbol nativo ideal para los sistemas silvopastoriles de la región Caribe y el Magdalena Medio. *Carta Fedegán*, 128: 54–64.
- Chará, J.D.** 2010. Impacto de los sistemas silvopastoriles en la calidad del agua. En M. Ibrahim y E. Murgueitio, eds., *Actas del VI Congreso Latinoamericano Agroforestería para la Producción Agropecuaria Sostenible*. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)-Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria (CIPAV).
- Chará, J., Murgueitio, E., Zuluaga, A. y Giraldo, C.,** eds. 2011. *Ganadería colombiana sostenible*. Cali, Colombia, CIPAV.
- Dalzell, S.A., Shelton, H.M., Mullen, B.F., Larsen, P.H. y McLaughlin K.G.** 2006. *Leucaena: a guide to establishment and management*. Sydney, Australia, Meat & Livestock Australia Ltd.
- Esquivel, J., Lacorte, S., Goldfarb, C., Fassola, H., Colcombet, L. y Pachas N.** 2010. Sistemas silvopastoriles con especies maderables en la República de Argentina. En M. Ibrahim y E. Murgueitio, eds., *Actas del VI Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaría Sostenible*, CATIE-CIPAV.
- FAO.** 2008. *Informe pecuario 2006*. Roma (disponible también en: www.fao.org/docrep/010/a0255s/a0255s00.htm).
- FAO e Iniciativa para Ganadería, Medio Ambiente y Desarrollo (LEAD).** 2006. La larga sombra del ganado: problemas ambientales y opciones, por H. Steinfield, P. Gerber, T. Wassenaar, V. Castel, M. Rosales y C. de Haan. Roma, FAO (disponible también en: www.fao.org/docrep/011/a0701s/a0701s00.htm).
- Galindo, W.F., Galindo, V.A. y Blanco, C.A.** 2010. El guácimo en sistemas silvopastoriles en Sucre. *Carta Fedegán*, 121: 96–99.
- Galindo, W.F., Naranjo, J.F., Murgueitio, M.M., Galindo, V.A., Murgueitio, E. y Tatis, R.** 2010. Producción de carne bovina con sistemas silvopastoriles intensivos basados en *Guazuma ulmifolia* y otras especies en la región del Caribe seco de Colombia. En M. Ibrahim y E. Murgueitio, eds., *Actas del VI Congreso Latinoamericano Agroforestería para la Producción Agropecuaria Sostenible*. Turrialba, Costa Rica, CATIE-CIPAV.
- Giraldo, C., Escobar, F., Chará, J. y Calle, Z.** 2011. The adoption of silvopastoral systems promotes the recovery of ecological processes regulated by dung beetles in the Colombian Andes. *Insect Conservation and Diversity*, 4: 115–122. DOI: 10.1111/j.1752-4598.2010.00112.x.
- González-Pérez, J.M. y Solorio-Sánchez, F.J.** 2012. Indicadores sociales y económicos de los SSPI del valle de Tepalcatepec, Michoacán, México, cinco años de madurez. En F.J. Solorio-Sánchez, C. Sánchez-Brito y J. Ku-Vera, eds., *Memorias IV Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos*. Morelia, México, Fundación Produce Michoacán, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Hall, J.S., Love, B.E., Garen, E.J., Slusser, J.L., Saltonstall, K., Mathias, S., van Bruegel, M., Ibarra, D., Bork, E.W., Spaner, D., Wishnie, M.H. y Ashton, M.** 2011. Tree plantations on farms: evaluating growth and potential for success. *Forest Ecology and Management*, 261(10): 1675–1683.
- Harvey, C.A., Villanueva, C., Villacís, J., Chacón, M., Muñoz, D., López, M., Ibrahim, M., Gómez, R., Taylor, R., Martínez, J., Navas, A., Sáenz, J., Sánchez, D., Medina, A., Vilchez, S., Hernández, B., Pérez, A., Ruiz, F., López, F., Lang, I., y Sinclair, F.L.** 2005. Contribution of live fences to the ecological integrity of agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 111(1–4): 200–230.
- Harvey, C.A., Medina A., Sánchez, D.M., Vilchez, S., Hernández, B., Sáenz, J.C., Maes, J.M., Casanoves, F. y Sinclair, F.L.** 2006. Patterns of animal diversity in different forms of tree cover in agricultural landscapes. *Ecological Applications*, 16(5): 1986–1999.
- Hernández, L., ed.** 2001. *Historia ambiental de la ganadería en México*. Xalapa, México, Instituto de Ecología.
- Hurtado, E., Tafur, O., Calle, Z., Ortiz, L.H., Zambrano, F., Gacharná, N., Cuartas, C. y Murgueitio, E.** 2011. El árbol boca de indio o cenizo: este árbol es forrajero, maderable y de rápido crecimiento para la ganadería del trópico húmedo. *Carta Fedegán*, 126: 64–70.
- Ibrahim, M., Guerra, L., Casasola, F. y Neely, C.** 2010. Importance of silvopastoral systems for mitigation of climate change and harnessing of environmental benefits. En FAO, M. Abberton, R. Conant y C. Batello, eds. *Grassland carbon sequestration: management, policy and economics. Proceedings of the Workshop on the role of grassland carbon sequestration in the mitigation of climate change. Integrated Crop Management*, Vol. 11. Roma, FAO.
- Laestadius, L., Maginnis, S., Minnemeyer, S., Potapov, P., Saint-Laurent, C. y Sizer, N.** 2011. Mapa de oportunidades de restauración del paisaje forestal. *Unasylva*, 62(2): 47–48.
- Mahecha, L., Murgueitio, M., Angulo, J., Olivera, M., Zapata, A., Cuartas, C., Naranjo, J. y Murgueitio, E.** 2012. Ceba de bovinos doble propósito pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos. En F.J. Solorio-Sánchez, C. Sánchez-Brito y J. Ku-Vera, eds., *Memorias del IV Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos*. Morelia, México, Fundación Produce Michoacán, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Minnemeyer, S., Laestadius, L., Sizer, N., Saint-Laurent, C. y Potapov, P.** 2011. *A world of opportunity*. Washington, D.C.,

- Instituto de Recursos Mundiales. Disponible en: www.wri.org/restoringforests
- Montagnini, F. y Finney, C.**, eds. 2011. *Restoring degraded landscapes with native species in Latin America*. Hauppauge, EE.UU., Nova Science Publishers.
- Murgueitio, E.** 2005. Silvopastoral systems in the neotropics. En M.R. Mosquera-Losada, A. Rigueiro-Rodríguez y J. McAdam, eds., *Silvopastoralism and sustainable land management: proceedings of an international congress on silvopastoralism and sustainable management held in Lugo, Spain, in April 2004*, pp. 24–29. Wallingford, Reino Unido, CAB International.
- Murgueitio, E., Cuartas, C., Narango, J.F., Murgueitio, M.M., Córdoba, C.P., Uribe, F., Molina, C.H. y Solarte, L.H.** 2010. *Manual de establecimiento y manejo de los SSPi*. Bogotá, Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegán), Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y CIPAV.
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A. y Solorio, B.** 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*, 261(10): 1654–1663. DOI: 10.1016/j.foreco.2010.09.027.
- Murgueitio, E., Chará, J., Barahona, R., Cuartas, C. y Naranjo, J.F.** 2012. Los sistemas silvopastoriles intensivos, herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. En F.J. Solorio-Sánchez, C. Sánchez-Brito y J. Ku-Vera, eds., *IV Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos* Morelia, México, Fundación Produce Michoacán, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Murgueitio, E. y Giraldo C.** 2009. Sistemas silvopastoriles y el control de parásitos. *Carta Fedegán*, 115: 60–63.
- Murgueitio, E. y Ibrahim, M.** 2008. Ganadería y medio ambiente en América Latina. En E. Murgueitio, C. Cuartas y J.F. Naranjo, eds., *Ganadería del futuro: investigación para el desarrollo*, pp. 19–40. Cali, Colombia, CIPAV (disponible también en: www.cipav.org.co/pdf/noticias/PaginasSSPCIPAV.pdf).
- Nair P.K.R., Tonucci, R.G., Garcia, R., y Nair, V.D.** 2011. Silvopasture and carbon sequestration with special reference to the Brazilian savanna (Cerrado). En B.M. Kumar y P.K.R. Nair, eds., *Carbon sequestration potential of agroforestry systems: opportunities and challenges*. Advances in Agroforestry, Vol. 8, Part 1. Nueva York, Springer. DOI: 10.1007/978-94-007-1630-8_8.
- Ocampo, A., Cardozo, A., Tarazona, A., Ceballos, M. y Murgueitio, E.** 2011. La investigación participativa en bienestar y comportamiento animal en el trópico de América: oportunidades para nuevo conocimiento aplicado. *Revista colombiana de ciencias pecuarias*, 24(3): 332–346.
- Patriquin, D.G. y Moncayo, F.** 1991. Cerrando el ciclo de los nutrientes, conceptos obtenidos de la agricultura orgánica. En A. Zapata y R. Espinel, eds., *Sistemas agropecuarios sostenibles y desarrollo rural para el trópico*. Vol. 1. Cali, Colombia, CIPAV.
- Perfecto, I. y Vandermeer, J.** 2010. The agroecological matrix as alternative to the land-sparing/agriculture intensification model. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(13): 5786–5791. DOI: 10.1073/pnas.0905455107.
- Sáenz, J.C., Villatoro, F., Ibrahim, M., Fajardo, D. y Pérez, M.** 2007. Relación entre las comunidades de aves y la vegetación en agropaisajes dominados por la ganadería en Costa Rica, Nicaragua y Colombia. *Agroforestería en las Américas*, 45: 37–48.
- Shelton, M. y Dalzell, S.** 2007. Production, economic and environmental benefits of leucaena pasture. *Tropical Grasslands*, 41: 174–190.
- Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group (Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas)**. 2004. The SER International primer on ecological restoration, version 2. Tucson, EE.UU., Society for Ecological Restoration International. Disponible en: www.ser.org/content/ecological_restoration_primer.asp
- Solarte, L., Cuartas, C., Naranjo, J., Uribe, F. y Murgueitio, E.** 2011. Estimación de costos de establecimiento para sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*, pasturas mejoradas y árboles maderables en el Caribe seco colombiano. *Revista colombiana de ciencias pecuarias*, 24: 518.
- Solorio-Sánchez, F.J., Solorio-Sánchez, B., Casanova-Lugo, F., Ramírez-Avilés, L., Ayala-Burgos, A., Ku-Vera J. y Aguilar-Pérez, C.** 2012. Situación actual global de la investigación y desarrollo tecnológico en el establecimiento, manejo y aprovechamiento de los sistemas silvopastoriles intensivos. En F.J. Solorio-Sánchez, C. Sánchez-Brito y J. Ku-Vera, eds., *Memorias del IV Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos*. Morelia, México, Fundación Produce Michoacán, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Udawatta, R.P. y Jose, S.** 2011. Carbon sequestration potential of agroforestry practices in temperate North America. En B.M. Kumar y P.K.R. Nair, eds., *Carbon sequestration potential of agroforestry systems: opportunities and challenges*. Advances in Agroforestry, Vol. 8, Part 1. Nueva York, EE.UU., Springer. DOI: 10.1007/978-94-007-1630-8_2.
- Van Bruegel, M., Hall, J.S., Craven, D.J., Gregoire, T.G., Park, A., Dent, D.H., Wishnie, M.H., Mariscal, E., Deago, J., Ibarra, D., Cedeño, N. y Ashton, M.S.** 2011. Early growth and survival of 49 tropical tree species across sites differing in soil fertility and rainfall in Panama. *Forest Ecology and Management*, 261(10): 1580–1589. DOI: 10.1016/j.foreco.2010.08.019.
- Wassenaar, T., Gerber, P., Verburg, P.H., Rosales, M., Ibrahim, M., Steinfeld, H.** 2007. Projecting land use changes in the Neotropics: the geography of pasture expansion into forest. *Global Environmental Change*, 17(1): 86–104. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2006.03.007. ♦