

INCREMENTO DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES EN AMÉRICA DEL SUR



**Catalogación en la fuente proporcionada
por la Biblioteca Felipe Herrera
del Banco Interamericano de Desarrollo**

Braun, Andrea.

Incremento de los sistemas silvopastoriles en América del Sur / Andrea Braun, Suzanne Van Dijk, Markus Grulke; edición: Katalin Solymosi. p. cm. — (Monografía del BID; 461)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Silvopastoral systems-South America. 2. Agroforestry-South America. 3. Land use-Environmental aspects-South America. I. Dijk, Suzanne van. II. Grulke, Markus. III. Solymosi, Katalin. IV. División de Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Administración de Riesgos por Desastres del Banco Interamericano de Desarrollo. VI. Serie. IDB-MG-461

Autor

Andrea Braun, Suzanne Van Dijk y
Markus Grulke, UNIQUE forestry and land use GmbH

Editor

Katalin Solymosi, Banco Interamericano de Desarrollo

Palabras clave:

Silvopastoril, silvicultura, carne bovina, Paraguay, estudio de caso, biodiversidad, capital natural, América Latina, Interamericano, desarrollo, CO

Agradecimientos:

El presente estudio se basa en importantes esfuerzos de coordinación y experiencia técnica de parte de Duncan Gromko, quien junto con Katalin Solymosi dirigió este proyecto de asistencia técnica en el BID. Agradecemos también a Luis Enrique Arréllaga, Director General de Paraguay Agricultural Corporation (PAYCO), quien apoyó generosamente el proyecto y brindó esclarecedores comentarios a esta publicación. Por último, se agradece a Carmen del Río Paracolls, la experta en comunicaciones que preparó esta publicación.

Clasificación JEL:

D2 Producción y organizaciones en Microeconomía
O54 América Latina; El Caribe
O11 Análisis macroeconómico del desarrollo económico
Q14 Finanzas agrarias
Q15 Uso del suelo
Q23 Silvicultura
Q24 Tierra
Q5 Economía ambiental
R14 Patrones de uso del suelo

Publicado en octubre de 2016

Diseño y diagramación:

Cecilia Reifschneider, cica@pigmentd.com
Vero Gorri, www.verogorri.com

[Http://www.iadb.org](http://www.iadb.org)

Copyright © 2016 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO BY-NC-ND 3.0 IGO) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/le-galcode>) y puede reproducirse para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI. El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



**PARA MAYOR INFORMACIÓN, O PARA ACCEDER AL INFORME COMPLETO,
SÍRVASE CONTACTAR A: CARMEN DEL RÍO PARACOLLS | CDELRIO@IADB.ORG**



INTRODUCCIÓN

Se estima que la población mundial aumentará desde cerca de 2.500 millones en 1950 a casi 10.000 millones al año 2050, lo cual refleja una de las mayores tasas de crecimiento demográfico de la historia. Garantizar el suministro de madera y de productos madereros a partir de fuentes sostenibles evitando competir por la tierra agrícola y la producción de alimentos ya se ha convertido en un desafío en gran parte del mundo.

América del Sur tiene la ventaja de ser un continente de gran tamaño cuya población es relativamente pequeña, y mucha de la cual vive en áreas urbanas. Históricamente, dichas condiciones han permitido la implementación de sistemas ineficientes de uso de la tierra como el pastoreo extensivo de ganado para la producción de carne. Sin embargo, en las últimas décadas la agricultura industrial de exportación se ha convertido en el principal motor de los patrones de uso de la tierra en América del Sur, lo cual ha aumentado la presión por contar con sistemas de producción más eficientes e intensivos. La especialización e intensificación en el sector del uso de la tierra han generado beneficios económicos y productivos a cambio de un costo: la destrucción masiva de ecosistemas naturales y que las economías nacionales dependan considerablemente de una reducida cantidad de productos de exportación. De allí surge la necesidad de considerar oportunidades de intensificación en tierras de pastoreo extensivo, así como en otros usos ineficientes de la tierra (a menudo en tierras marginales). Especialmente en tiempos de drásticos cambios ambientales mundiales y relaciones comerciales cada vez más complejas, la intensificación del uso de la tierra debe tomar en cuenta objetivos económicos, ambientales y sociales, y aumentar la resiliencia del sistema en su conjunto. El silvopastoreo se refiere a la relación complementaria entre árboles y pasturas dentro de un sistema de producción de productos forestales y ganaderos. El resultado del silvopastoreo, cuando los animales pastan en áreas parcialmente cubiertas por arbustos o bosques, o usan el bosque para descansar, se practica desde

hace siglos; pero la optimización de este sistema con miras a la producción de árboles y productos arbóreos, y de forraje y ganadería no se ha estudiado en profundidad. En América del Sur, donde la producción extensiva de carne de vacuno ofrece oportunidades para la implementación de sistemas de producción más intensivos mientras que la escasez de madera y de biomasa continúa en aumento, los sistemas silvopastoriles (SSP) podrían ofrecer una solución atractiva tanto para los productores de carne como para el sector forestal. Si bien los beneficios económicos, ambientales y sociales de los sistemas silvopastoriles se han detallado en la literatura, la adopción de dichos sistemas en América del Sur sigue siendo marginal, lo cual puede atribuirse en parte a la falta de conocimiento técnico, especialmente en cuanto a las interacciones entre los diferentes componentes del sistema.

En dicho contexto, esta publicación de dos partes evalúa las sinergias y los trade-offs de integrar la producción ganadera y maderera en los sistemas de producción silvopastoriles.

La primera parte presenta una visión general de los sistemas silvopastoriles, resumiendo los hallazgos de un análisis profundo de la literatura relacionada, así como la experiencia práctica y las observaciones realizadas durante las visitas en terreno en Argentina, Brasil y Paraguay.

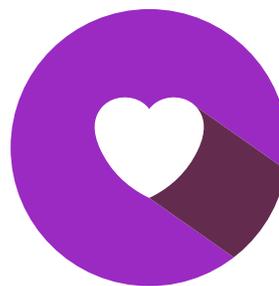
Sobre la base de un estudio de caso en Paraguay, la segunda parte evalúa y compara los sistemas silvopastoriles con aquellos sistemas de producción que abarcan solo la producción de carne o solo silvicultura de plantaciones, a través de tres perspectivas de rendimiento:



económica



ambiental



social y cultural

También se analizan las repercusiones para los productores, la posible contribución a la protección de los bosques, y el potencial de incremento.

DESEMPEÑO

Desde un punto de vista económico, los sistemas silvopastoriles permiten producir diferentes bienes en diferentes lapsos de tiempo, lo cual aumenta la estabilidad económica. También los SSP bien manejados pueden generar más ingresos que los sistemas ganaderos tradicionales. Desde el punto de vista técnico y productivo, estos sistemas son más complejos y hacen más necesario contar con conocimientos técnicos en comparación con los sistemas puramente de producción forestal o de carne. El aspecto de manejo más importante es la disponibilidad de luz solar ya que el sombreado de los árboles se convierte en un factor restrictivo para la producción de forraje, aunque los árboles introducen humedad y nutrientes en el suelo que pueden mejorar la calidad del pasto. Por otro lado, el sombreado puede dar bienestar a los

animales y generar así un efecto positivo en la producción del animal. Por su parte, el ganado puede causar efectos negativos directos o indirectos en los árboles debido a la compactación del suelo y el daño a los árboles, pero contribuye al control de malezas e incendios forestales.

Desde un punto de vista ambiental, al compararse con la producción puramente de carne, se ha comprobado que los sistemas silvopastoriles aportan al control de la erosión, la protección de cuencas y el secuestro de dióxido de carbono. Tienen la capacidad también de contribuir a la conservación de la biodiversidad, aunque ello depende en gran medida de las condiciones locales y del uso previo de la tierra. En este sentido, el estudio de caso en Paraguay ilustra algunos beneficios específicos para los servicios ecosistémicos que proporcionan los SSP en términos de secuestro de dióxido de carbono, así como de conservación del suelo y la biodiversidad.

Los impactos sociales de los sistemas silvopastoriles reciben un apalancamiento considerable de parte del componente silvícola, ya que la silvicultura de plantaciones proporciona entre 20 a 80 puestos directos de tiempo completo cada 1.000 hectáreas en comparación con 1 a 3 puestos de tiempo completo que proporciona la producción de carne bovina.

MANEJO Y MEJORES PRÁCTICAS

Uno de los aspectos técnicos más importantes que se debe tener en cuenta radica en que el régimen silvícola sea compatible con la producción de carne. La producción de productos madereros de calidad se ha destacado como la meta productiva más adecuada ya que requiere menores densidades y aplicación de tratamientos silvícolas (raleos y podas) que mejoran la insolación. Muchas variedades de eucaliptos y pinos, así como Araucaria, Corymbia y Grevillea, son adecuadas para los sistemas silvopastoriles por la arquitectura del dosel, y los arreglos espaciales que se pueden aplicar son principalmente espaciamientos homogéneos en densidades bajas o hileras dobles entre callejones anchos—este último arreglo permite una mayor densidad arbórea, pero su impacto sobre la calidad de la madera aún no se conoce. Entre las especies herbáceas adecuadas para SSP (por su tolerancia a la sombra y su valor nutricional) se incluyen variedades de Brachiaria, Tanzania, Panicum, Axonopus y pasto elefante, así como pasturas naturales de *Axonopus Compressus* en Argentina. Para mantener buenas pasturas y evitar la compactación del suelo y la erosión, los productores deben hacer ajustes a la carga animal. El desafío más importante en la práctica es realizar raleos y podas a tiempo, y mantener una carga animal y rotaciones adecuadas, sobre todo en las pasturas naturales.

EN VISTA AL FUTURO

Aunque los sistemas silvopastoriles son aún intrascendentes en términos de hectáreas establecidas en comparación con la producción puramente ganadera o forestal en Paraguay, el sistema de producción integrado probablemente ganará importancia gracias a que el Gobierno busca aumentar considerablemente su hato productor de carne bovina y también la producción forestal, y se ha comprometido a reducir las emisiones de carbono. Los SSP constituyen una opción muy inteligente de uso de la tierra, principalmente para que los productores de carne a gran escala mejoren sus rendimientos a largo plazo y diversifiquen sus flujos de fondos, ya sea de forma independiente o en asociación con empresas de manejo forestal y compradores offtakers. En suma, los SSP encontrarán su lugar entre la agricultura, los bosques de plantación, las pasturas y los bosques naturales como una opción para lograr paisajes productivos y sostenibles.





PANORAMA GENERAL DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES

Los sistemas silvopastoriles se establecen en todo el mundo en respuesta a diferentes motivaciones y objetivos de manejo; pueden estar orientados a la producción lechera o de carne de vacuno en combinación con productos madereros, leña o productos forestales no madereros. Dependiendo del objetivo productivo que tengan, pueden adoptar diversas formas en cuanto a arreglos espaciales, integración de bosques naturales o plantaciones forestales, especies arbóreas y forrajeras, tipos de animales, razas y aspectos de manejo involucrados.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

La competitividad y las sinergias que resultan al combinar silvicultura y ganadería pueden generar efectos positivos o negativos en cualquiera de estos dos componentes productivos, por ello las conocidas ventajas y desventajas de los SSP varían mucho dependiendo del uso inicial de la tierra (“escenario de referencia”) de la zona en que se implementen, y de las perspectivas sectoriales de los productores forestales o de carne.



Desde una perspectiva económica, los SSP permiten producir bienes variados en diferentes lapsos de tiempo. Los árboles aportan a la producción de carne un ingreso seguro a largo plazo, y la carne aporta ingresos a corto plazo haciendo que la producción forestal sea más asequible, en especial para los productores pequeños o medianos. Muchos estudios demuestran que los SSP bien manejados son atractivos económicamente, y que generan más ingresos que los sistemas ganaderos tradicionales (Grado y Husak, 2004; Santos y Grzebieluckas, 2014; Vale, 2004). Sin embargo, también requieren mayores inversiones. Al comparar los SSP con los sistemas forestales, los resultados son diversos. Algunos autores indican que el valor de la tierra aumenta al introducir ganado (Grado et al., 2001; Esquivel et al., 2004), y que la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) disminuye levemente (Esquivel et al., 2004); otros consideran que la silvicultura es mucho más atractiva en términos de TIR, Valor Presente Neto (VPN) y análisis de costo-beneficio (Santos & Grzebieluckas, 2014; do Vale, 2004).



Desde una perspectiva técnico productiva, los SSP son más complejos y requieren mayor conocimiento técnico en comparación con los monocultivos, razón por la cual, en general, los productores prefieren los últimos, en especial los grandes productores. Por eso es que es un desafío manejar la competitividad entre los diversos componentes y potenciar al mismo tiempo las ventajosas sinergias que nacen de tal combinación. En este contexto, el principal aspecto por considerar es la disponibilidad de luz solar: los árboles introducen sombra al sistema, factor restrictivo para la producción de forraje que ocurre a partir de un cierto grado de cobertura de dosel que varía normalmente entre 20

y 60%. Por otro lado, los árboles introducen humedad y nutrientes en el suelo, mejorando así la calidad de la hierba, especialmente en condiciones normalmente áridas, pero cuando los árboles son jóvenes aún, la hierba compite con ellos por nutrientes y humedad.

La sombra de los árboles puede mejorar el bienestar de los animales y por tanto aumentar la producción animal en un 8 a 20%, dependiendo del sistema de manejo y la raza usada (contacto personal con Alfredo Fossali). Varios estudios demuestran los beneficios del sombreado para los animales y un consecuente aumento de la producción de leche en un 12 a 15% y de la tasa de concepción en un 20%, y reduce la cantidad de servicios veterinarios por concepción en casi un 50% (Pires & Carvalho, 2002).

Sin embargo, el ganado puede tener efectos negativos directos o indirectos sobre los árboles. Daños indirectos puede causar la compactación del suelo, y daños directos puede causar las roeduras a la corteza o el impacto físico directo de los animales en los árboles jóvenes o las ramas nuevas. Aunque en algunos casos los daños directos e indirectos son marginales (Couto et al., 1988, Almeida, 1991), otros estudios indican que los daños pueden afectar profundamente el sistema dependiendo de las condiciones del suelo y de las especies arbóreas (Couto et al. 1994, Bezkorowajnyj et al., 1993). Aún no se sabe por qué el ganado roe la corteza; algunos señalan que los animales tratan de compensar la falta de nutrientes o fibra (Baxter y Hansson, 2001), y otros lo adscriben a comportamiento social y aburrimiento (según contacto personal con los productores). Lo que sí se sabe es que roer la corteza es un comportamiento selectivo y depende de la especie y dimensiones del árbol en cuestión (Guerreiro et al., 2015; da Silva, 2010; Ashton, 2005).

Introducir ganado en los sistemas de producción forestal ayuda al control de malezas e incendios forestales y reduce los costos asociados, lo cual reconocen muchos productores forestales en Argentina y Uruguay, donde el ganado tiene específicamente ese propósito en tierras forestales. Almeida (1991) demostró que introducir animales en ricos pastos de Tanzania redujo los costos de plantación y mantenimiento de 52 a 93%, según la carga animal.

Desde una perspectiva ambiental, se ha demostrado que los SSP contribuyen al control de la erosión y pueden ser más eficaces en términos de protección de las cuencas que los sistemas puramente ganaderos y forestales (García y Andrade, 2001), efecto que cobra especial importancia cuando se introduce la silvicultura en áreas tradicionales de pastoreo. También la silvicultura captura carbono e incluso puede llegar a compensar las emisiones generadas por el ganado. En cuanto a biodiversidad, el impacto depende en gran medida del escenario de referencia. Por ejemplo, en tierras previamente agrícolas o de pastos implantados, los SSP ofrecen oportunidades de mejoras, como se ha demostrado en Colombia (Rivera et al., 2014), pero en praderas naturales, el pastoreo extensivo de ganado es probablemente el uso más beneficioso de la tierra.

En cuanto a impacto social, el sector forestal proporciona más empleo que el sector productor de carne. Variadas experiencias en todo el mundo corroboran que una plantación forestal tradicional de 1.000 has ofrece entre 20 a 80 puestos a tiempo completo en todo el ciclo de producción, mientras que la ganadería en un área de similar tamaño ofrece entre 1 a 3 puestos a tiempo completo. El impacto social es considerable al introducir silvicultura en tierras de pastoreo, y el sector forestal está ligado a una industria de productos madereros con gran potencial para generar más empleo (Esquivel et al., 2004).

Por último, al adoptar sistemas silvopastoriles se deben considerar los aspectos culturales; por ejemplo, un aspecto negativo importante tiene relación con la complejidad de dichos sistemas y lo poco que saben de ellos los productores más tradicionales.

CUADRO 1: RESUMEN DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES

	 VENTAJAS	 DESVENTAJAS
 ECONÓMICAS	<ul style="list-style-type: none"> Combinación de la producción de bienes en diferentes lapsos de tiempo. Rendimientos más atractivos que aquellos sistemas puramente ganaderos. 	<ul style="list-style-type: none"> Mayores inversiones iniciales en comparación con la producción de carne bovina.
 TÉCNICAS Y PRODUCTIVAS	<ul style="list-style-type: none"> Aumento del bienestar y productividad animal gracias al sombreado. Mayor retención de humedad y mejor calidad del pasto. El ganado proporciona control de malezas y de incendios forestales, reduciendo así los costos de la producción forestal 	<ul style="list-style-type: none"> Mayor complejidad en comparación con los monocultivos. Volúmenes menores de producción forestal y animal combinados, en comparación con los sistemas tradicionales. Competitividad entre los árboles y la hierba. El ganado puede causar daño a los árboles.
 AMBIENTALES	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de los beneficios del carbono en comparación con los sistemas puros de ganadería Control de la erosión y mayor protección de las cuencas en comparación con la ganadería y a veces con sistemas puros de plantaciones. 	
 SOCIALES Y CULTURALES	<ul style="list-style-type: none"> El sistema combinado proporciona más empleo cuando se compara con los sistemas de producción de carne. 	<ul style="list-style-type: none"> La complejidad y la falta de familiaridad son una desventaja para los productores tradicionales.

MANEJO Y MEJORES PRÁCTICAS

Especies arbóreas y arreglos espaciales

Uno de los aspectos técnicos más importantes que se debe considerar es hacer que el régimen forestal sea compatible con la producción animal. Dado que la densidad de los árboles debiera permitir la entrada de suficiente luz solar para que crezca el pasto, la producción de madera de calidad se ha identificado como el objetivo de producción más adecuado, tanto en los libros como en la práctica. La producción de madera de calidad requiere densidades menores y tratamientos forestales como raleo y poda, lo cual mejora la insolación.

Se ha descubierto que muchas variedades de eucaliptos y pinos son adecuadas para los sistemas silvopastoriles debido a la arquitectura del dosel. En el terreno, los sistemas silvopastoriles que se observaron incluyen Pino (tales como *pinus taeda* y *Pinus elliottii*), Eucalyptus (*E. grandis x urophylla*, *E. dunnii*), Araucaria (*Araucaria angustifolia*), *Corymbia* (*Corymbia maculata*) y *Grevillea* (*Grevillea robusta*). Las plantaciones forestales y el ganado se pueden combinar en diferentes arreglos espaciales (Dias Filho, 2006), como se muestra en el Cuadro 2.



Los arreglos espaciales que se observaron en el terreno fueron principalmente hileras simples y dobles. Las hileras dobles entre callejones anchos fueron especialmente comunes en Argentina, y es un espaciamiento que permite mayores densidades arbóreas y una mayor producción de pastos en comparación con árboles dispersos de manera uniforme. Sin embargo, el impacto de tal distribución sobre la calidad de los productos madereros, considerando la posible existencia de tensiones irregulares en la madera, todavía es desconocido.

Producción de forraje y manejo del ganado

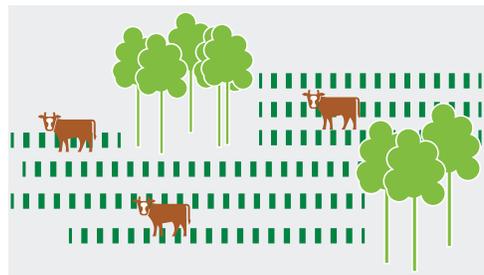
Entre las variedades de hierba aptas para los sistemas de producción silvopastoriles, tanto por su tolerancia al sombreado como por su valor nutricional, se encuentran diferentes tipos de *Brachiaria* (*Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens* y otras) *Panicum* (*Panicum maximum*), *Axonopus* (*Axonopus catharinensi*) así como variedades de Tanzania y pasto elefante. En Paraguay y en Argentina, la producción de carne de vacuno aumenta diez veces cuando se sustituyen praderas naturales con pastos mejorados, y es por ello que la mayoría de las especies herbáceas son exóticas, aunque se han obtenido muy buenos resultados con pasturas naturales de *Axonopus Compressus* en Argentina.

El ganado se introduce al sistema una vez que los árboles son lo suficientemente fuertes como para resistir las roeduras de los animales, es decir, entre 6 meses a 4 años después de que se hayan plantado, según la especie arbórea en cuestión.

Normalmente, en las plantaciones de eucaliptos los animales se mantienen fuera de la zona durante un año. Se han reportado buenas experiencias con razas de ganado europeo, que, aunque son más productivas y menos resistentes, se adaptan mejor cuando tienen sombreado, así también como con la raza Brahman, mezcla entre el cebú indio y razas americanas.

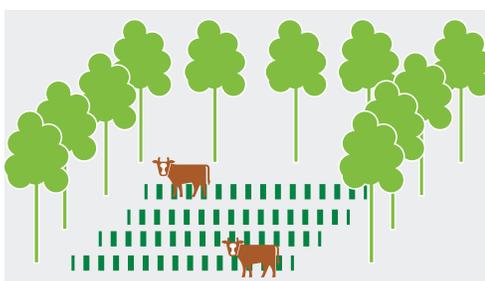
Los productores deben adaptar la carga animal para mantener una buena pastura, y evitar la compactación del suelo y la erosión. Lemus (2009) recomienda instalar potreros cuadrados con una capacidad similar de carga, instalados de acuerdo con las condiciones del paisaje, la topografía y los caminos para los animales. El pastoreo rotatorio debiera practicarse de acuerdo con una secuencia planificada y ajustarse a las condiciones de crecimiento. En tiempos de crecimiento acelerado, el período de descanso puede ser más breve, se puede aumentar la carga animal o alargar el período de permanencia, y lo opuesto se debe hacer cuando el crecimiento es lento. Beretta et al. (2013) reportan que los animales sometidos a un menor tiempo de pastoreo por razones de ajustes a la carga, pero que tenían acceso a sombreado, aumentaron su rendimiento en un 14% en comparación con los animales en pastoreo continuo sin sombreado.

CINCO ARREGLOS DE SISTEMAS SILVOPASTORILES



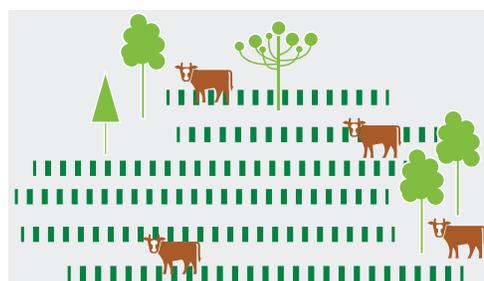
PARCHES BOSCOSOS

Pequeños grupos de árboles que se pueden plantar con un espaciamiento de 3x2 m, 3x3 m o mayor.



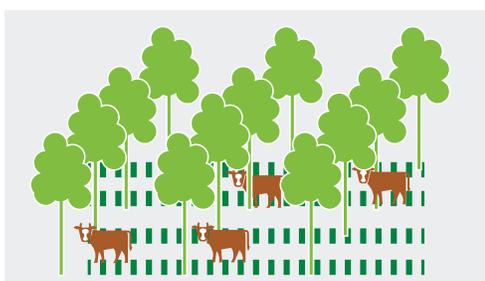
CERCAS

Los árboles se plantan a lo largo de las cercas y se pueden utilizar como postes que dan forma a lo que se denomina cercas vivas.



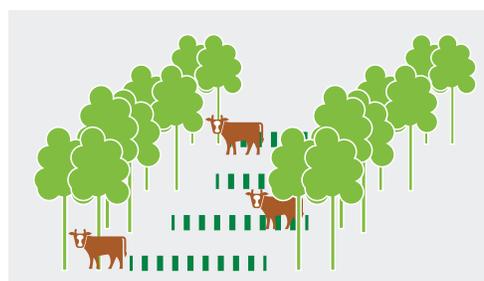
DISPERSOS

Los árboles se plantan de manera aleatoria en la pastura. El objetivo principal es proteger el suelo del sombreado y un mejor reciclaje de nutrientes, pero los árboles también se usan para la producción de biomasa y otros productos arbóreos.



HILERA SIMPLE

Los árboles se distribuyen a distancias regulares entre sí con una separación de 5x10 m, 10x10 m ó 5x20 m. La distancia entre los árboles depende de la especie, las características del dosel, la altura del árbol y la meta productiva principal. Con el fin de contribuir a la producción forrajera, las densidades arbóreas son mucho menores que en los sistemas puramente forestales.



DOBLE HILERA

Se plantan dos hileras de árboles cerca de sí, generalmente en separaciones de 3x2 m ó 3x3 m, entre callejones más anchos de 10 a 20 m. Las densidades arbóreas son mayores que en los sistemas de una hilera, y permiten que el pasto reciba luz del sol en los callejones. Algunos autores indican que las densidades desiguales podrían generar impactos negativos en la calidad de la madera; el sombreado excesivo entre las hileras dobles puede perjudicar el desarrollo de los pastos o fomentar el desarrollo de malezas. Por ello, Dias-Filho (2006) propone combinar estos sistemas con leguminosas que tienen la capacidad de tolerar la sombra.

Resumen de las mejores prácticas

Se realizó un análisis de brecha entre las mejores prácticas descritas en la literatura y las prácticas observadas en el terreno; los resultados generales fueron positivos, ya que muchas de las mejores prácticas están presentes en las fincas ubicadas en el área de estudio. Los resultados se presentan en forma resumida en el Cuadro 4.

El mayor desafío en cuanto a buen manejo sigue siendo el raleo y la poda oportunos; desde el punto de vista forestal, se deben realizar en el momento justo para producir madera de calidad, y desde el punto de vista ganadero, el raleo introduce más luz al sistema, lo cual es vital para que las pasturas crezcan adecuadamente. A menudo no se realiza el raleo y la poda por la falsa noción de que implican

una pérdida en producción e ingresos, o por los altos costos de dichos tratamientos, o a la especulación sobre los precios de los productos madereros, pero en muchos casos en que no se hizo raleo ni poda, la producción ganadera se vio interrumpida en el tercer o cuarto año.

Se registraron algunas dificultades en torno al manejo apropiado del suelo en los sistemas ganaderos; muchos productores no mantuvieron un buen control de la carga animal y algunos terrenos mostraron señales de compactación del suelo. Asimismo, aunque se puso en práctica la rotación y se monitoreó en las pasturas implantadas, los pastizales naturales no se manejaron ni conservaron bien, ya que no representan una inversión para los productores.

CUADRO 3: ANÁLISIS DE LAS MEJORES PRÁCTICAS EN EL TERRENO

 MEJORES PRÁCTICAS	 APLICACIÓN EN EL TERRENO
No ingresar ganado al inicio del proyecto de sistema silvopastoril con el fin de proteger a los árboles jóvenes	Todos los productores aplicaron esta práctica
La plantación se hace según la topografía del terreno	Todos los productores aplicaron esta práctica
Poda y raleo son oportunos	Aspecto de suma importancia: Muchos productores no realizaron podas ni raleos oportunos, debido principalmente a la falta de conocimiento y experiencia, o a la falta de recursos.
Fertilización y control de hormigas	Todos los productores aplicaron esta práctica
Manejo de la competitividad entre los árboles y la hierba (por ejemplo, manteniendo una franja limpia a lo largo de la línea de siembra para evitar dicha competitividad)	La mayoría de los productores aplicó esta práctica, pero uno de ellos no monitoreó la competitividad en una parcela donde los árboles tuvieron un crecimiento lento y mostraron falta de nitrógeno.
Selección de especies herbáceas tolerantes a la sombra	Todos los productores aplicaron esta práctica, pero también porque en algunos casos las pasturas implantadas más comúnmente son también tolerantes a la sombra, como <i>P. maximum</i> en Paraguay.
Control de la carga animal y su rotación	Los productores aplicaron esta práctica parcialmente: Muchos productores hicieron rotación sólo en pastos implantados; y aunque la mayoría de ellos sabía del tiempo necesario para que se recuperen las pasturas, aplicaron un tiempo de descanso menor. En algunos establecimientos se detectaron signos de sobrepastoreo.
Potreros de tamaño similar	Se aplicó parcialmente: El tamaño de los potreros presentó grandes variaciones en muchos establecimientos.
Los potreros y los caminos para los animales se planifican en atención a la topografía.	Se aplicó parcialmente: En algunos establecimientos se observaron señales de erosión.
La planificación del uso de la tierra respeta los fragmentos de bosque nativo	Todos los productores aplicaron esta práctica parcialmente: La mayoría de los productores dejaron fragmentos de bosque en las zonas más bajas y a lo largo de arroyos y ríos, pero en algunos casos la entrada del ganado causó que el bosque se degradara en forma muy elevada.

Los hallazgos presentados en esta sección se basan en el análisis bibliográfico y las visitas en el terreno que se realizaron en las provincias de Misiones y Corrientes en el norte de Argentina (6 productores), en la provincia de Paraná al sur de Brasil (2 productores) y en el

Departamento de San Pedro en Paraguay Oriental (2 productores). A continuación, se detalla la ubicación y los perfiles de las fincas visitadas.

GRÁFICO 1: RESEÑA DE LAS EMPRESAS VISITADAS



CUADRO 4: PERFIL DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS VISITADOS

TAMAÑO	Nº	PERFIL	SISTEMAS PRODUCTIVOS
10-100 has	1	Empresa familiar	Producción de leche y productos madereros
100-1.000 has	2	Empresa familiar o productores locales	Carne de vacuno y productos madereros, parcialmente en sistemas silvopastoriles, y agricultura en los mejores suelos
>1.000 has	7	5 empresas familiares tradicionales 1 empresa con inversionistas extranjeros 1 centro de investigaciones	



BRECHAS EN INVESTIGACIÓN

Cabe señalar que se progresa mucho cuando la investigación se combina con servicios de extensión. Sin embargo, muchos aspectos e interacciones entre los diferentes componentes de los SSP aún no se conocen completamente, tales como los efectos de los árboles en la calidad de la hierba, las razones por las que el ganado roe la corteza de los árboles, el efecto del espaciamiento desigual sobre la calidad de los productos madereros y la curva de producción forrajera a lo largo del ciclo forestal en diferentes arreglos espaciales. Este último aspecto cobra especial importancia cuando se analiza el flujo de fondos de todo el ciclo de producción maderera. Por su parte, las incertidumbres

sobre los volúmenes de producción de carne todavía presentan una barrera para la modelación exacta de los flujos de fondos de los sistemas silvopastoriles. En Argentina se conoce bastante sobre la producción forrajera de un ciclo forestal al usar especies de pino en diferentes arreglos, pero no se sabe mucho a ese respecto en cuanto al eucalipto y otras especies.

Se necesita más investigación y desarrollo para abordar estos asuntos, así como para ampliar el horizonte y aumentar la diversidad de opciones en cuanto a especies arbóreas, especies forrajeras, arreglos espaciales y razas de ganado en los sistemas silvopastoriles.





ESTUDIO DE CASO DE PARAGUAY

El río Paraguay divide al país en Región Oriental y Región Occidental. La Región Oriental constituye el 40% de todo el país y abarca un área de aproximadamente 5,8 millones de hectáreas aptas para establecer sistemas silvopastoriles en suelos que son adecuados para la agricultura mecanizada, y sin afectar los bosques naturales ni la agricultura.

Con el fin de evaluar y comparar el desempeño económico, ambiental y social de los sistemas silvopastoriles y de los sistemas tradicionales de producción ganadera o forestal, se ha utilizado una empresa agroindustrial paraguaya a gran escala como caso referencial para el análisis y modelización de escenarios.

POTENCIAL PARA EL SILVOPASTOREO EN PARAGUAY

Con altitudes que ascienden a 600 m en el extremo noreste y que descienden a 55 m en el suroeste, Paraguay Oriental es una región húmeda de ondulantes colinas cubiertas de suelos ferralíticos y en gran parte ácidos ubicados sobre rocas antiguas cristalinas.

Una reciente evaluación de Paraguay Oriental muestra que la agricultura y las pasturas cubren más del 80% de la región; la ganadería ocupa unos 8 millones de hectáreas, de lo cual mucho no se utiliza en su total capacidad. No obstante, gran parte de la producción tradicional de carne de vacuno en esta vasta área ocurre en las tierras bajas que no son aptas para la producción forestal. La agricultura también es crucial; abarca 5 millones de hectáreas, y la producción de soja es predominante (FCPF, 2014¹).

Según los diferentes gradientes de calidad del suelo y dependiendo de las condiciones actuales del mercado, existe para cada sitio un uso de la tierra óptimo en términos económicos. De acuerdo con esta lógica, en Paraguay, los llamados “suelos premium” se destinan a la agricultura, que es el uso de suelo más exigente en términos de calidad del suelo, requiere altas inversiones, pero también genera altos rendimientos. Los suelos que presentan ciertas restricciones para la agricultura pero

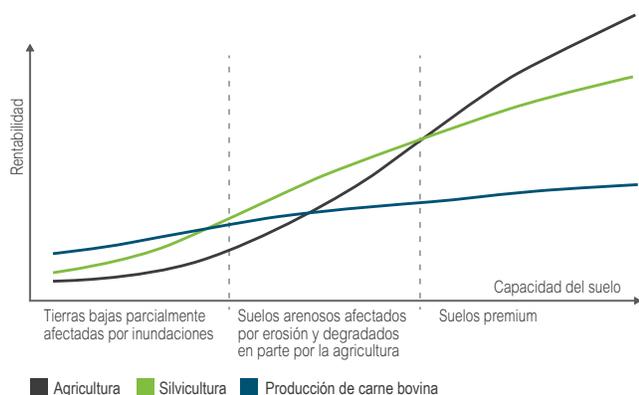
que cuentan con buen drenaje suelen ser óptimos para la silvicultura, mientras que el uso de la tierra más eficiente para los terrenos bajos parcialmente anegados es el ganado tradicional. Este análisis se ilustra en el Gráfico 3. No obstante, el uso ideal de la tierra puede sufrir cambios dependiendo de las condiciones del mercado.

Considerando las condiciones biofísicas actuales y los patrones de uso de la tierra en Paraguay Oriental, un área de aproximadamente 5,8 millones de hectáreas es idónea para poner en marcha sistemas silvopastoriles sin afectar los bosques naturales o la agricultura. Cerca de 1,9 millones de hectáreas en esta área ya están cubiertas con pasturas implantadas (Asociación Rural del Paraguay, 2010).

Cabe señalar que este análisis considera únicamente las condiciones biofísicas y económicas, y la definición de “uso óptimo del suelo” depende de valores sociales, los cuales cambian en virtud de acontecimientos políticos, económicos y culturales. En forma ideal, se debiera tener en cuenta otros criterios cuando se analiza el uso óptimo del suelo, tales como la producción de alimentos, la seguridad alimentaria, la diversificación, así como aspectos ambientales y sociales.

1- Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques FCPF (2014). Readiness Preparation Proposal for Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation. Versión 2 de Borrador de Trabajo

GRÁFICO 3: USO ÓPTIMO DE LA TIERRA SEGÚN CALIDAD DE SUELO EN PARAGUAY ORIENTAL DESDE UN PUNTO DE VISTA ECONÓMICO



Al analizar los patrones actuales del uso de la tierra en Paraguay Oriental, un área de aproximadamente 5,8 millones de hectáreas es idónea para poner en marcha SSP sin afectar los bosques naturales o la agricultura. Cerca de 1,9 millones de hectáreas en esta área ya están cubiertas con pasturas implantadas.

La definición de “uso óptimo del suelo” depende de valores sociales, los cuales cambian en virtud de acontecimientos políticos, económicos y culturales. El análisis presente se basa únicamente en consideraciones económicas, pero idealmente se debiera tener en cuenta otros criterios cuando se analiza el uso óptimo del suelo, tales como la producción de alimentos, la seguridad alimentaria, la diversificación, así como aspectos ambientales y sociales.

ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE CASO

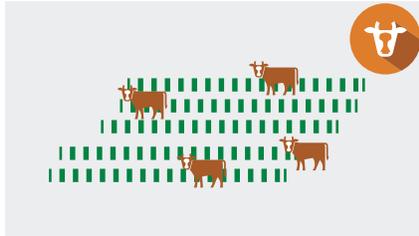
PAYCO (Paraguay Agricultural Corporation) es una empresa a gran escala que invierte en agricultura, producción ganadera de carne y silvicultura en Paraguay. Se inició en la silvicultura de plantaciones en 2011, con la idea de expandir sus plantaciones forestales adquiriendo nuevas tierras, pero cuando los precios de la tierra aumentaron drásticamente, una nueva estrategia surgió, aquella de sistemas silvopastoriles en cooperación con productores locales de carne en tierras arrendadas.

Desde 2011, PAYCO ha implementado con éxito SSP en Paraguay Oriental combinando plantaciones de eucalipto con diferentes pasturas de *Brachiaria* y *P. maximum*. La compañía espera expandir sus operaciones invirtiendo de 60 a 70 millones de USD en los próximos 10 años, y llegar a abarcar un área entre 20.000 a 25.000 has, para lo cual está evaluando opciones. Por ello, PAYCO se ha utilizado como caso de referencia para el análisis y modelización de escenarios.



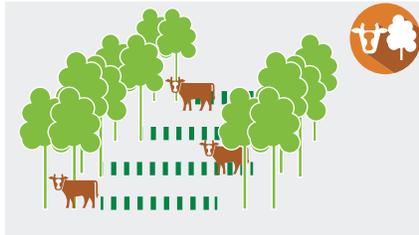
POTENCIAL DE SILVOPASTOREO EN PARAGUAY

Se desarrollaron y modelaron cuatro escenarios para este estudio, con el fin evaluar el desempeño económico, ambiental y social de cuatro sistemas productivos diferentes basados en el caso e información de PAYCO.



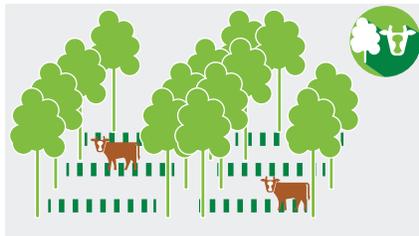
1: SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CARNE BOVINA

El escenario 1 es un sistema típico de producción de carne de vacuno en Paraguay Oriental, en el cual el productor compra ganado a la edad de 9-10 meses, los engorda durante 17 meses y luego los vende para matanza. Los piensos se suplementan con maíz sólo en el invierno durante un período de 120 días, y se cultivan pasturas de *P. maximum* en la tierra, lo cual mejora la pastura natural. Se supone una carga animal media de 1,2 cabezas por hectárea, es decir, alrededor de 550 kg en verano y 380 kg en invierno.



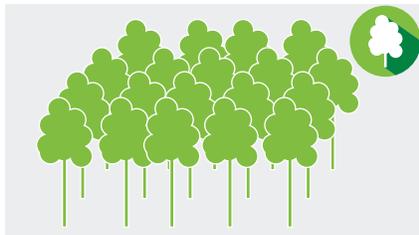
2: SISTEMA SILVOPASTORIL CON ÉNFASIS EN LA PRODUCCIÓN DE CARNE

El escenario 2 es un sistema de producción silvopastoril en el que un productor de carne bovina invierte en árboles, pero la producción de carne es el objetivo central de su negocio. Se establecen plantaciones de *E. grandis x urophylla* para la producción de madera de calidad con manejo de un ciclo de 12 años; se plantan árboles con una densidad baja de 320 árboles por ha en hileras dobles con espaciamiento de (5 x 2,5) x 20 m. Se aplica solo un raleo en el año 3, cuando se corta el 50% de los árboles. Se implantan pasturas de *P. maximum* en el 90% de la tierra, ya que el 10% de la superficie se pierde en las franjas donde se implantan los árboles. Por esto, y debido a la remoción del ganado en el primer año y al sombreado, la carga animal promedio es de 0,68 cabezas por hectárea durante el ciclo productivo. Para evitar daños a los árboles después de plantarlos, el ganado no pastorea allí hasta el segundo año. Durante el primer año, se produce maíz entre las hileras dobles, y se subcontratan todas las prácticas productivas del maíz, incluyendo la siembra, la aplicación de fertilizantes y pesticidas, así como la cosecha.



3: SISTEMA SILVOPASTORIL CON ÉNFASIS EN PRODUCTOS MADEREROS

En el escenario 3, se pone en marcha un sistema silvopastoril con un claro énfasis en productos madereros. Se plantan árboles de eucalipto (*E. grandis x urophylla*) en una densidad de 714 árboles por ha para producir madera de calidad en un ciclo de 12 años. Se aplican dos raleos en los años 3 y 6, lo cual reduce la densidad arbórea en un 30% y 60% respectivamente (y genera una densidad final de 200 árboles por ha). Los árboles se plantan en hileras dobles con espaciamiento de (5 x 2) x 9 m. Se implantan pasturas de *P. maximum* en el 80% de las áreas debido a la pérdida de área efectiva para pastoreo. En general, la carga animal promedio es de 0,51 cabezas por hectárea en todo el ciclo de producción forestal. No se permite que el ganado pastoree en las pasturas hasta el segundo año.



4: SISTEMA FORESTAL

Se plantan árboles de *E. grandis x urophylla* en una densidad de 1.000 árboles por hectárea en un espaciamiento homogéneo de 5 x 2 m. En los años 3 y 6 del ciclo de 12 años, se realizan dos raleos y tres podas, llegando a 200 árboles por hectárea al final del ciclo.

METODOLOGÍA

Se analizaron todos los escenarios usando el modelo de una hectárea a lo largo de un período de rotación con el fin de poder incrementar los resultados a diferentes tamaños de proyecto. El período de rotación fue de 12 años para la producción forestal, que es el período de rotación promedio para un ciclo productivo con árboles de eucalipto en Paraguay, y de 15 años para la producción de carne², que es el tiempo promedio necesario para la depreciación de las inversiones (cercas, instalaciones de suministro de agua, instalaciones para suplementación animal, pastos mejorados). Para los sistemas de producción silvopastoril, se consideró el período de rotación de 12 años. Otros supuestos se resumen en el apéndice.

En el Cuadro 5 se detallan los indicadores de desempeño económico, ambiental y social, y la metodología utilizada.

Los indicadores económicos se han analizado en virtud de dos condiciones diferentes:

- El caso operativo: Sólo se consideran costos operativos (con y sin costo o valoración);
- Arrendamiento de tierras: Se consideró un arancel anual por hectárea por concepto de arriendo.

Por último, el modelo considera un escenario de incremento a 6.000 hectáreas hasta 2017, lo cual coincide con los planes inmediatos de PAYCO para los próximos dos años.

CUADRO 5: INDICADORES DE RENDIMIENTO Y METODOLOGÍA UTILIZADOS

INDICADORES	METODOLOGÍA DE CÁLCULO
 DESEMPEÑO ECONÓMICO	
Flujos de fondos anuales y acumulativos	Ingresos anuales menos costos anuales; suma de todos los flujos de fondos anuales
Valor presente neto (VPN)	Se usó una tasa de descuento del 9,7% para determinar el valor actual de los flujos de fondos
Tasa interna de rendimiento (TIR)	Tasa de interés que resulta cuando el VPN es 0.
Ratio de los rendimientos por hora de insumo de trabajo	División de los rendimientos totales por el total de insumo de trabajo
 DESEMPEÑO AMBIENTAL	
Emissiones de gas de efecto invernadero	Las emisiones se calcularon usando CoolfarmTool (Versión beta en línea de CFT) Copyright 2013-2015 Cool Farm Alliance. Todos los derechos reservados.
Potencial de secuestro de dióxido de carbono	Herramienta metodológica de forestación y reforestación A/R tool 14 "Estimation of carbon stock and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities" (Versión 4.1) y Guidance for ARR calculating Long-Term Average Carbon Stock (Marzo 2011)
Costos sociales del carbono	Costos sociales descritos en la metodología del Grupo de Trabajo Interinstitucional sobre el Costo Social del Carbono del Gobierno de los Estados Unidos.
Área de producción necesaria para la suplementación animal	La producción promedio de maíz por hectárea en Paraguay se usó para determinar el área necesaria para la suplementación animal.
Aspectos de biodiversidad y erosión del suelo	Análisis cualitativo
 DESEMPEÑO SOCIAL	
Empleo generado (Equivalentes a tiempo completo)	Proporción del número total de horas pagadas durante un período dividido por la cantidad oficial de horas de trabajo en dicho período.
Calidad del empleo entregado e implicaciones de la diversificación de las actividades agrícolas	Análisis cualitativo

²- En el modelo, el período de rotación para la producción forestal y de carne se establece en 13 y 16 años, respectivamente, y la siembra se realiza en el año 1.

Análisis de sensibilidad para los escenarios 1 y 4

A continuación, se analizan y presentan los principales factores de rendimiento para la producción forestal y de carne de vacuno. En Paraguay, los principales factores de rendimiento de la producción de carne son los precios de la carne.

Si bien para la producción de carne los cambios en los precios de la tierra no son tan significativos como lo son los precios de la carne, aquéllos afectan más a la producción de carne que a la producción forestal, lo cual se ilustra claramente en el gráfico 4.

En el caso de los sistemas puramente forestales de Paraguay (escenario 4), el gráfico 5 muestra los principales factores de rendimiento, y refleja claramente la importancia de los precios de los productos madereros primero y de los rendimientos en segundo lugar (expresados en Incremento Medio Anual o IMA) en el desempeño económico de un modelo productivo forestal.

GRÁFICO 4: SENSIBILIDAD DE LA TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR) A LOS PRECIOS DE ALIMENTOS, CARNE Y TIERRA EN EL ESCENARIO 1

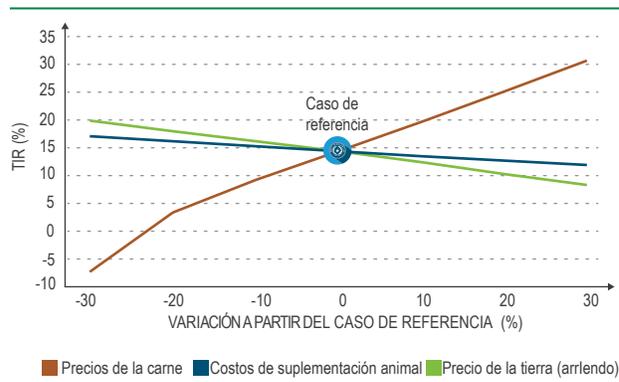


GRÁFICO 5: INFLUENCIA DE LOS COSTOS DE LA TIERRA EN LAS TIR DE LOS DIFERENTES ESCENARIOS

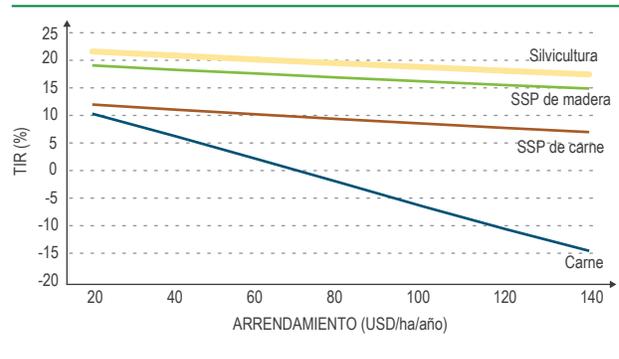
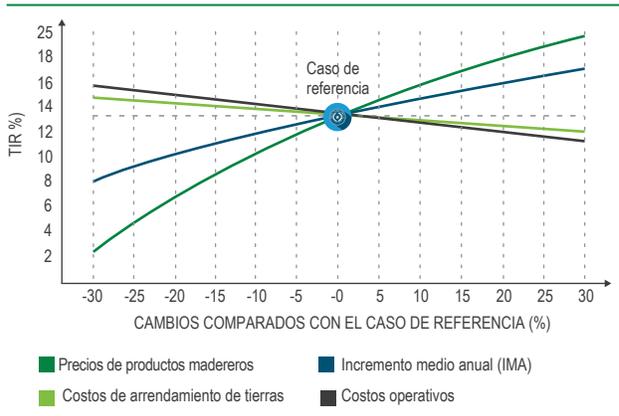


FIGURE 6: RETURN DRIVERS IN PLANTATION FORESTRY IN PARAGUAY



RESULTADOS



DESEMPEÑO ECONÓMICO

Producción

En el sistema productivo puramente de carne se producen 240 kilogramos por hectárea y año, frente a 140 kg/ha/año en el sistema silvopastoril con énfasis productivo en la carne y 102 kg/ha/año en el sistema silvopastoril orientado a los productos madereros.

Tales diferencias pueden darse por las cargas variadas y la menor disponibilidad de pasturas en los SSP. En el SSP de carne, se producen 2,7 toneladas adicionales de maíz por hectárea durante el primer año. En el cuadro 6 se presentan los volúmenes de producción de los productos madereros de calidad por hectárea y por ciclo.

CUADRO 6: VOLÚMENES DE PRODUCCIÓN DE CARNE (KG/AÑO) Y PRODUCTOS MADEREROS (M3/HA) DURANTE UNA ROTACIÓN

ESCENARIOS	 CARNE	 SSP DE CARNE	 SSP MADERERO	 SILVICULTURA
CARNE (KG/AÑO)	240	140	102	0
BIOMASA	0	26,7	54,5	66,1
CALIDAD DEL TRONCO I	0	29,9	142,2	182,4
CALIDAD DEL TRONCO II	0	79,6	65,5	113,9
CALIDAD DEL TRONCO III/IV	0	29,7	114,9	190,6

Análisis económico

En el cuadro siguiente se presenta el resumen del análisis económico.

CUADRO 7: ANÁLISIS DE INDICADORES ECONÓMICOS DE CADA ESCENARIO CON Y SIN COSTO DE LA TIERRA Y CONSIDERANDO IMPUESTOS (10%)

ESCENARIOS	 CARNE	 SSP DE CARNE	 SSP MADERERO	 SILVICULTURA
SIN COSTO DE LA TIERRA				
Volumen de inversión (USD/ha)	829	1.513	1.906	2.040
Ingreso anual neto (USD/ha/año)	93	362	753	926
Primer año con flujo de fondos positivo	2	2	4	7
Primer año con flujo de fondos acumulativo positivo	8	13	7	7
Tasa interna de rendimiento (%)	15,7%	13,7%	19,9%	22,4%
Valor presente neto (USD)	291	623	2,277	2,994
CON COSTO DE ARRENDAMIENTO DE 140 USD/HA/AÑO				
Volumen de la inversión (USD/ha)	1.122	3.156	2.746	2.880
Ingreso anual neto (USD/ha/año)	-21	236	627	802
Primer año con flujo de fondos positivo	2	13	7	7
Primer año con flujo de fondos acumulativo positivo	---	13	13	13
Tasa Interna de Rendimiento (%)	-3,0%	7,8%	15,0%	17,4%
Valor presente neto (USD/ha)	-719	-332	1.322	2.052

Cabe destacar que utilizando una tasa de descuento del 9,7%, la producción de carne es rentable cuando no se consideran los costos de arrendamiento de tierras. Al introducir dichos costos, el sistema de producción de carne se torna inviable con una tasa interna de rendimiento (TIR) del -3%, mientras que los sistemas silvopastoriles con énfasis en la producción de carne exhiben una TIR baja de 7,8%. La rentabilidad aumenta en relación con el volumen de producción forestal, y alcanza una TIR de 22,4% en el escenario operativo y de un 17,4% cuando se consideran los costos de arrendamiento. Los resultados son similares a los reportados por Santos & Grzebieluckas (2014) y do Vale (2004), que revelaron que las plantaciones forestales

eran más atractivas que la producción de carne y que los sistemas silvopastoriles en términos de tasa interna de rendimiento, valor presente neto (VPN) y análisis de costo y beneficio.

El cuadro también ilustra claramente que el sistema de producción forestal genera ganancias al final de un ciclo de producción, mientras que la ganadería genera ganancias en una etapa inicial. Los flujos de fondos anuales y acumulativos se calcularon para cada escenario utilizando el modelo de una hectárea. Los gráficos 7 y 8 muestran dichos flujos de los sistemas de producción modelados sin considerar los costos de arrendamiento de tierras y después de deducir los impuestos.

GRÁFICO 7: FLUJO DE FONDOS ANUAL Y ACUMULATIVO EN EL ESCENARIO 1 SIN CONSIDERAR COSTOS DE LA TIERRA Y DESPUÉS DE DEDUCIR IMPUESTOS (PRODUCCIÓN DE CARNE)

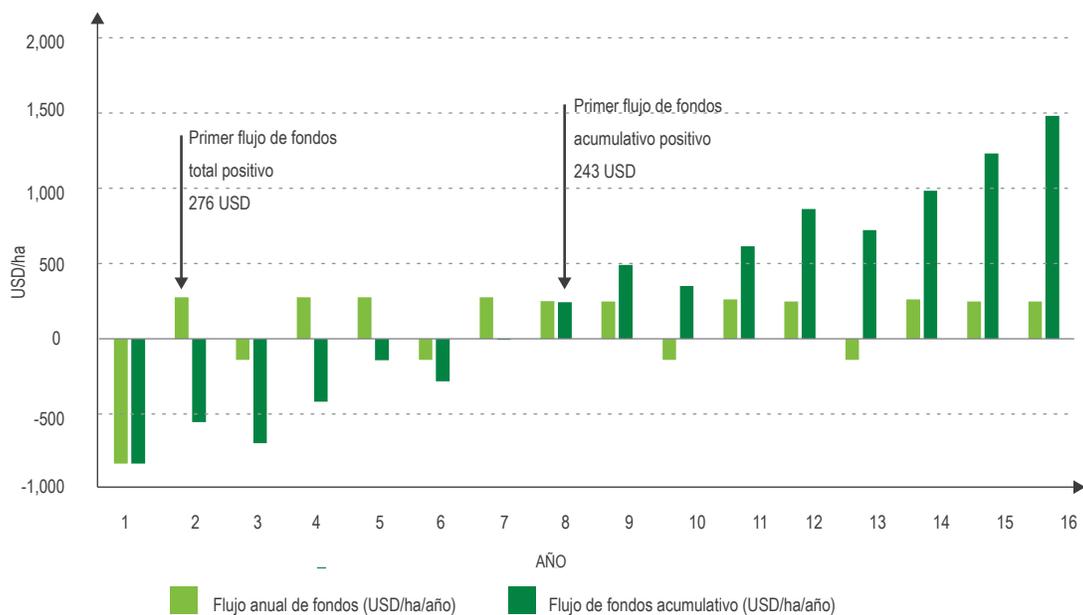
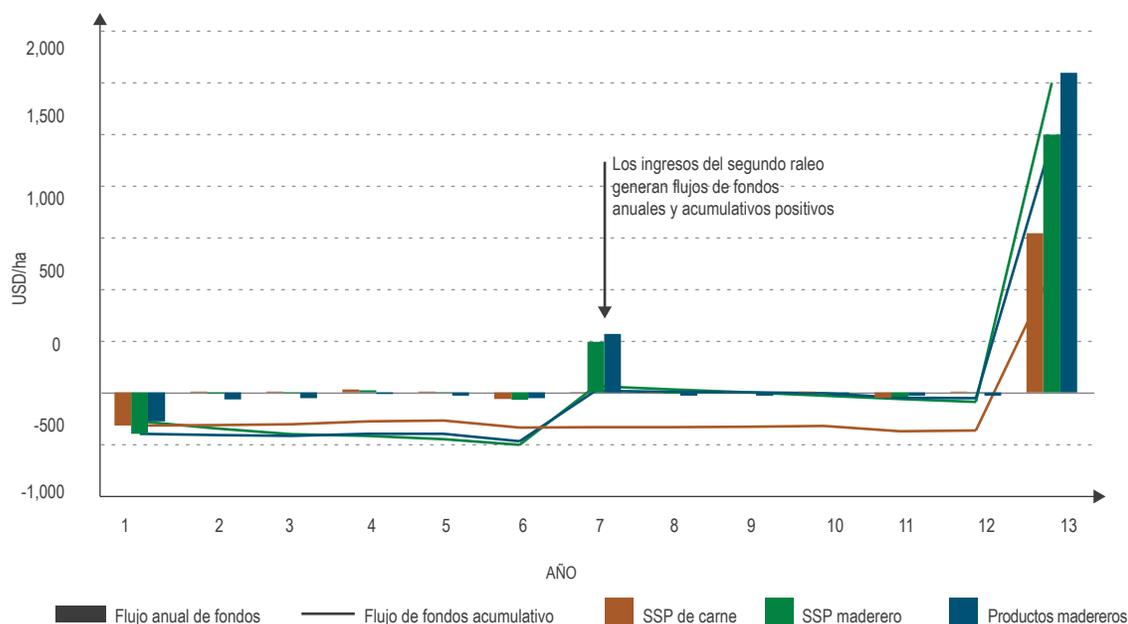


GRÁFICO 8: FLUJO DE FONDOS ANUAL Y ACUMULATIVO DE LOS ESCENARIOS 2, 3 Y 4 SIN CONSIDERAR COSTOS DE LA TIERRA Y DESPUÉS DE DEDUCIR IMPUESTOS (SISTEMAS SILVOPASTORILES Y SISTEMA PURAMENTE FORESTAL)



El sistema productivo de carne genera rendimientos positivos ya en el segundo año de producción, y el flujo acumulativo de fondos se torna positivo a partir del año 8 en adelante, lo que genera 1.481 USD al final de un ciclo de 16 años después de deducir los impuestos. El ingreso anual de la compra y venta de ganado cada 16 meses genera un ingreso neto de 93 USD/ha/año; y las fluctuaciones en el flujo de fondos son propias del ciclo de vida de la compra y venta de animales durante un período de 16 meses en el modelo de una hectárea. En áreas productivas de mayor tamaño, este ciclo de vida es más continuo, lo que genera flujos de fondos anuales estables y positivos. Por lo demás, aunque los costos de inversión iniciales son realistas, la mayoría de los productores de carne harían inversiones iniciales menores, ya que trabajan en tierras con infraestructura instalada.

Los sistemas silvopastoriles con énfasis productivo de carne muestran un flujo anual de fondos levemente positivo desde el año 2 a 5, mientras que los sistemas silvopastoriles con énfasis en la producción de

productos madereros exhiben un primer ingreso bajo en el año 4, aunque las ganancias son considerablemente mayores en el año 7, debido al segundo raleo, y en el corte final, tal como sucede con los sistemas puramente forestales. Al considerar el flujo acumulativo de fondos, las ganancias sólo son altas en el año 13 después del corte final, y generan 4.705 USD/ha para los sistemas silvopastoriles con énfasis en la carne, 9.791 USD/ha para los sistemas silvopastoriles con énfasis forestal y 12.043 USD/ha para los sistemas puramente forestales.

La producción de maíz en el escenario 2 aumenta el flujo de fondos anual en el año 1 sólo en forma marginal con ganancias de 27 USD/ha, tomando como supuesto que el 60% de una hectárea se pueda destinar a la producción de maíz. Las ganancias bajas se deben a los precios actuales bajos del maíz y son señal de que la producción de maíz se debiera usar para la suplementación animal directa.

El análisis muestra claramente que las inversiones forestales son más rentables; pero los rendimientos positivos toman un largo tiempo, lo que puede constituirse en un obstáculo para los productores. En el sistema silvopastoril, el componente ganadero permite a los productores financiar parcialmente la producción forestal.

Ratio de rendimiento por insumo de trabajo

Aunque la tierra y el capital son los factores restrictivos más comunes a las inversiones en el sector del uso de la tierra, la mano de obra está en disminución en muchas partes del mundo, y por ello el ratio de

rendimiento por insumo de trabajo puede ser un indicador clave para productores con acceso limitado a mano de obra, en particular los pequeños.

Se determinó el rendimiento económico del insumo de trabajo dividiendo el flujo de fondos acumulativo al final de un período de rotación por el número total de horas de trabajo. La silvicultura presenta los rendimientos más altos por insumo de trabajo con 18,3 USD/ha; los SSP con énfasis maderero son 15,9 USD/ha, y los SSP con énfasis de carne son 10,0 USD/ha. La producción de carne genera 16,6 USD/ha/hora de trabajo invertida (Cuadro 10), que es menor solo en comparación con el escenario forestal.

CUADRO 8: RATIO DE RENDIMIENTOS POR HORA DE INSUMO DE TRABAJO (SIN COSTOS DE ARRENDAMIENTO DE TIERRAS)

ESCENARIOS	 CARNE	 SSP DE CARNE	 SSP DE PRODUCTOS MADEREROS	 SILVICULTURA
Rendimientos por hora de insumo de trabajo (USD/hora)	16,6	10,0	15,9	18,3



RENDIMIENTO AMBIENTAL

Emisiones de gas de efecto invernadero (GEI)

Las emisiones generadas por la producción ganadera bovina para cada escenario se calcularon con la herramienta CoolfarmTool (versión en línea)³. Considerando una ganancia de peso vivo de 200 kg/ha/año por cabeza de ganado y una fracción del peso de la canal (PC)⁴ de 59% del peso vivo, las emisiones de GEI por kilogramo de PC por hectárea son de 15 kg de carbono equivalente (CO₂e) en los sistemas productivos puramente de carne (escenario 1), de 14 kg de CO₂e en SSP con énfasis productivo de carne (escenario 2) y de 13 kg de CO₂e en SSP con énfasis productivo maderero (escenario 3). El 85% de estas emisiones se debe a la fermentación entérica, parte natural del proceso digestivo del animal, y el 15% se debe a la producción de suplementación animal.

Las emisiones en los escenarios son bajas al compararse con la literatura. De acuerdo con el análisis de ciclo de vida global de Opio et al. (2013), en el año 2005 las emisiones mundiales promedio de GEI por kg de PC fueron de 46,2 kg CO₂e, con intensidades de emisión desde 14 kg de CO₂e por kg de PC en Europa del Este y Rusia, hasta 76 kg de CO₂e por kg de PC en el sur de Asia (Opio et al., 2013). América del Sur generó un promedio de 72 kg de CO₂e por kg de PC. Los promedios mundiales incluyen el manejo del estiércol, el transporte y el cambio de uso de la tierra, lo cual causa 40% de las emisiones de la producción especializada de carne en Sudamérica debido a la deforestación causada para expandir las áreas de pastoreo. La porción no productiva del hato (los animales reproductores) genera también una cantidad inmensa de emisiones (debido a la fermentación entérica). Las emisiones calculadas se aplican

3- <http://www.coolfarmtool.org/CoolFarmTool>

4- El peso de la canal (PC) es el peso de la res muerta parcialmente faenada y que se expresa generalmente en términos del peso total de la res.

solo al animal productivo y no incluyen otras emisiones indirectas que se generan a lo largo de la cadena de valor.

Las emisiones de la producción forestal por el uso de fertilizantes (nitrógeno y piedra caliza) también se calcularon con la herramienta Coolfarm, con resultado de 0,62 kg de CO₂e/ha/año en la producción puramente forestal (escenario 4), 0,59 kg de CO₂e en los SSP madereros (escenario 3) y 0,54 kg de CO₂e en los SSP de carne (escenario 2). Es posible que la diferencia se deba a las variadas densidades arbóreas en los escenarios, pero las emisiones son muy bajas, tal como se esperaba. De acuerdo con la metodología del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)⁵ para la forestación, se consideran sin relevancia y por tanto tienen un valor cero aquellas emisiones de GEI producidas por la eliminación de vegetación herbácea, la combustión de combustibles fósiles, la aplicación de fertilizantes, el uso de la madera, la descomposición de hojarasca y raíces finas de árboles fijadores de nitrógeno, la construcción de vías de acceso dentro de los límites del proyecto y el transporte imputable a la actividad del proyecto.

Potencial de secuestro de dióxido de carbono

El potencial promedio a largo plazo de dióxido de carbono de la biomasa, sin considerar el almacenamiento de carbono en el suelo, se calculó para todos los escenarios usando los moderados valores por defecto de la Herramienta metodológica 14 de forestación y reforestación de la CMNUCC (Versión 02.1.0)⁶, lo cual dio como resultado 90 toneladas de dióxido de carbono (tCO₂) por ha para los SSP de carne, 137 tCO₂/ha para los SSP madereros y 166 tCO₂/ha para el sistema forestal. Estos valores son similares a los resultados que obtuvo Juntheikki (2014), quien calculó un promedio a largo plazo de 92.2 tCO₂/ha para plantaciones de eucalipto orientadas a la pulpa en Uruguay. Por ello, si los árboles se plantan en áreas usadas previamente como praderas o en tierras degradadas y aumenta la biomasa aérea es posible también aumentar el dióxido de carbono del suelo.

El cálculo de la huella de carbono para cada escenario (emisiones menos potencial de secuestro) da lugar a

emisiones netas de carbono de 1,8 tCO₂e/ha/año en la producción de carne y un potencial de secuestro de carbono de 2,8 tCO₂e/ha/año para los SSP de carne, 5,3 tCO₂e/ha/año para los SSP madereros, y de 8,2 tCO₂e/ha/año para la producción puramente forestal. La huella de carbono de cada escenario se resume en el cuadro siguiente. El incremento de los diferentes sistemas de producción hacia 6.000 hectáreas da como resultado un potencial total de secuestro de carbono de 264.874 tCO₂e en SSP de carne; de 509.504 CO₂e en SSP madereros y 788.854 tCO₂e en silvicultura, durante un ciclo.

Costos sociales del carbono

El costo social del carbono es un cálculo de los daños financieros asociados a los incrementos anuales de emisiones de dióxido de carbono (Gobierno de los Estados Unidos, 2015); es una estimación generalizada que cubre los cambios en la productividad agrícola neta, la salud humana, los daños a la propiedad (como inundaciones) y los servicios ecosistémicos.

Para estimar los costos sociales del carbono en todos los escenarios, se dio por supuesto que el potencial de secuestro de carbono se vendería con certificados, a 5 USD/tCO₂e. En el primer escenario, no se vendió ningún certificado, así que los costos sociales del carbono son los más altos, de 672 USD/ha. Para los SSP de carne, los costos sociales del carbono se mantienen altos a 648 USD/ha, y el ingreso neto total por carbono⁷ es 79 USD/ha. Aunque el saldo es positivo en este escenario, los ingresos por certificados de carbono no son suficientes para cubrir los gastos. Cuando los sistemas incluyen silvicultura, los costos sociales disminuyen y los ingresos por certificados de carbono aumentan. Para el tercer escenario (SSP madereros), los costos sociales se estiman en 584 USD/ha; si bien la disminución de los costos sociales es moderada en comparación con los otros dos escenarios, el aumento de los ingresos por certificados de carbono es considerable y da como resultado un ingreso neto por carbono de +281 USD/ha. El sistema puramente forestal (escenario 4) presenta el menor costo social del carbono, con un total de 50 USD/ha, lo que genera un ingreso neto por carbono de 996 USD/ha.

5- https://cdm.unfccc.int/filestorage/T/H/N/THNRJC15IW4K89UBE6DFZYX23OVPOQ/EB75_repan30_AR-ACM0003_ver02.0.pdf?U=U0h8bzRqaGk4fDC428bGnMnSNgnMstfNDYp_

6- <https://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/tools/ar-am-tool-14-v2.1.0.pdf>

7- Ingresos netos de dióxido de carbono = [Costo social de las emisiones] - [Ingresos por la venta de certificados de carbono]

Área de producción necesaria para la alimentación suplementaria y efecto de área de fuga

El ganado recibe una suplementación en el invierno de un promedio de 4,7 kg de maíz por cabeza de ganado al día. Para calcular el área necesaria para la producción de dicha alimentación suplementaria, se calculan los rendimientos promedio actuales de maíz en Paraguay a 4,5 toneladas/ha/año. Utilizando el modelo de una hectárea, se necesita un área de 0,3 has de maíz para el escenario 1, de 0,2 has para el escenario 2 y de 0,1 has de maíz para el escenario 3. Al incrementar los diferentes sistemas productivos a 6,000 hectáreas, se necesitan 1.800 has de maíz para la producción puramente de carne, 1.200 has para los sistemas silvopastoriles con énfasis en producción de carne y 600 has para los sistemas silvopastoriles con énfasis en producción maderera debido al número reducido de ganado por hectárea en cada sistema respectivo.

Suponiendo el reemplazo de producción tradicional de carne por otras áreas (área de fuga) para compensar por la menor producción de carne en escenarios silvopastoriles, esto equivaldría a 0,13 has por cada hectárea en la que se ha instalado SSP con énfasis productivo de carne y a 0,23 has de sistemas silvopastoriles con énfasis productivo maderero, lo cual da como resultado 1.380 has y 780 has para sistemas silvopastoriles con enfoques productivos en la madera y la carne, respectivamente, cuando se incremente a 6.000 has.

Los valores mencionados no son muy altos, aunque a medida que aumenta la tendencia hacia la intensificación incluso en países en los que el ganado depende tradicionalmente de pastoreo extensivo, es importante reconocer el impacto integral de una hectárea de cualquier modelo de producción.

CUADRO 9: RESUMEN DE RESULTADOS EN TÉRMINOS DE HUELLA AMBIENTAL (CARBONO Y TIERRA) POR HECTAREA DEL SISTEMA PRODUCTIVO

ESCENARIOS	UNIDADES				
		CARNE	SSP DE CARNE	SSP DE MADERA	SILVICULTURA
Emisiones de carbono (ganado)	kg CO ₂ e/kg PC/ha	15	14	13	0
Emisiones de carbono (fertilizante)	tCO ₂ e/ha/año	0	0,54	0,59	0,62
Secuestro de carbono ^I	tCO ₂ e/ha	0	90	137	166
Huella de carbono (saldo)	tCO ₂ e/ha/año	1,8	-2,8	-5,3	-8,2
Costos sociales del carbono	USD/ha	672	648	584	50
Ingresos del carbono ^{II}	USD/ha	0	568	865	1.046
Área de fuga ^{III}	ha	0	0.13	0.23	0
Área para suplementación	ha	0.3	0.20	0.10	0
Área total afectada ^{IV}	ha	0.3	0.33	0.33	0

^I Considerando sólo la biomasa aérea. ^{II} Considerando el ganado tradicional desplazado por sistemas silvopastoriles.

^{III} Considerando la venta de créditos de carbono por 5 USD/tonelada. ^{IV} Suma del área de fuga y área de suplementación

Biodiversidad

El impacto en la biodiversidad de los bosques cultivados depende del uso de la tierra que hayan reemplazado; si se usan en lugar de vegetación natural, es típico que generen pérdidas en biodiversidad, pero si se establecen en praderas previamente boscosas, ahora antropogénicas, pueden ser beneficiosos para la biodiversidad.

Paraguay Oriental tiene un paisaje muy fragmentado que se deforestó hace décadas y se convirtió en pasturas y tierra agrícola; por ello el escenario de referencia es agrícola. Todos los escenarios parecen promover una mayor biodiversidad que el escenario de referencia, ya que se usan menos insumos químicos (pesticidas, fertilizantes) y menos mecanización, por lo que los hábitats de animales y plantas tienen más oportunidades para desarrollarse.

Los impactos detallados en el cuadro 9 muestran que los SSP pueden contribuir más a la conservación de la biodiversidad que los sistemas de producción puros de carne o forestal. Cada vez hay más pruebas del impacto positivo de los paisajes diversos y cómo contribuyen a una mayor biodiversidad en comparación con los monocultivos (Glatzle, 2008), lo cual respalda nuestra evaluación. Para promover la biodiversidad de los diferentes ecosistemas, es necesario considerar salvaguardias, como proteger los bosques nativos que bordean los arroyos y ríos y evitar el uso de bosques nativos como refugio para el ganado.

Protección del suelo y erosión

Cuando se establecen plantaciones forestales de alta densidad en condiciones de monocultivo, es probable que ocurra erosión durante la preparación y cosecha del suelo. Los sistemas silvopastoriles disminuyen los efectos de la erosión debido a la limitada cantidad de suelo que queda al descubierto durante dichas actividades, particularmente cuando la siembra de árboles se realiza en franjas despejadas en pasturas ya existentes. Por otra parte, la introducción de árboles reduce los efectos de la erosión generada por el pisoteo del hato, especialmente cuando los caminos no obedecen la topografía del terreno. Aunque en las regiones montañosas el ganado tiende a moverse en la dirección que le es más fácil, formando caminos de suelo desnudo en las pendientes, establecer árboles en virtud de la topografía evita ese tipo de movimiento. Entre las buenas prácticas de manejo debe incluirse entonces el establecer cercas y potreros respetando la topografía, evitando así que el hato provoque erosión.

Por lo tanto, si se considera la agricultura como una línea de base de referencia, la práctica de la silvicultura en sistemas silvopastoriles puede mejorar la conservación del suelo y reducir la erosión. Por otro lado, con el fin de mantener la productividad, los pastizales cultivados requieren, incluso más que los pastizales nativos, un ajuste correcto de la carga animal.

CUADRO 10: EVALUACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD DE LOS DIFERENTES ESCENARIOS CONSIDERANDO LA AGRICULTURA COMO REFERENCIA

EVALUACIÓN DE BIODIVERSIDAD	PRODUCCIÓN DE CARNE BOVINA	SISTEMA SILVOPASTORIL DE CARNE Y MADERA	SILVICULTURA
Impacto positivo	<ul style="list-style-type: none"> Los insumos químicos son prácticamente inexistentes; El estiércol atrae lombrices de tierra; Se puede dejar arbustos, ramas o árboles individuales para generar nichos. 	<ul style="list-style-type: none"> El estiércol atrae gusanos y biodiversidad relacionada; Los árboles generan materia orgánica de la hojarasca en el suelo y de ramas lo cual promueve la biodiversidad Los árboles pueden constituirse en corredores y refugio entre variados ecosistemas Los árboles plantados pueden impedir al productor entrar ganado al bosque nativo (revierte degradación del bosque) Mayor creación de nichos al vincularse elementos herbáceos, arbóreos y animales 	<ul style="list-style-type: none"> Los árboles pueden ser corredores y refugio entre variados ecosistemas Los árboles proporcionan materia orgánica gracias de la hojarasca que se recicla en el suelo, así como de ramas, lo cual contribuye a la biodiversidad
Impacto negativo	<ul style="list-style-type: none"> Implantación de pasturas exóticas El ganado obstaculiza la regeneración y sotobosque 	<ul style="list-style-type: none"> Uso de herbicidas y pesticidas para el control de hormigas; Las especies exóticas no promueven gran diversidad en comparación con las especies nativas El ganado obstaculiza la regeneración y sotobosque 	<ul style="list-style-type: none"> Uso de herbicidas y pesticidas para el control de hormigas Las plantaciones de mayor densidad no dan vida a sotobosque
Evaluación general en comparación con la agricultura	 Mejorada	 Mejorado considerablemente	 Mejorada



El impacto social de los diferentes sistemas productivos se ha calculado a partir de información de los productores forestales y de carne de las áreas productivas de PAYCO. Para la siembra, el insumo de trabajo se calcula por árbol, mientras que para el raleo y la cosecha se calcula por metro cúbico. En el cuadro 11 se presentan los resultados expresados en equivalente a un puesto de tiempo completo (FTE) y también el insumo de trabajo diario por hectárea por año. Todos los escenarios incluyen un puesto a tiempo completo en un puesto directivo y proveedores de servicios para el trabajo por temporada, pero los demás puestos en la cadena de valor (por ejemplo, en procesamiento, aserraderos, etc.) no se incluyeron en estos cálculos.

Se identifica un gradiente en el que el insumo de trabajo aumenta según cantidad de labor forestal, coincidiendo con puntos de referencia internacionales que dicen que

la producción de carne da empleo a 2 o 3 personas por 1.000 cabezas de ganado (similar a 1.000 has cuando la carga es cercana a 1/ha como en Paraguay) y a entre 20 a 80 en silvicultura, dependiendo del nivel de mecanización.

Los sistemas forestales suelen implicar labor intensiva sólo en años de siembra, raleo y cosecha. En Paraguay, donde el sector forestal es muy incipiente, no hay proveedores de servicios profesionales, generando mano de obra barata para los productores, pero también un trabajo ineficiente, malas prácticas de manejo, mayores tasas de accidentes y de riesgos relativos a la reputación.

Aunque los sistemas de producción de carne ofrecen menos empleo, los puestos son permanentes. En Paraguay, sin embargo, el sector es conocido por salarios más bajos que otros sectores para los trabajadores del campo⁷.

CUADRO 11: EVALUACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD DE LOS DIFERENTES ESCENARIOS CONSIDERANDO LA AGRICULTURA COMO REFERENCIA

ESCENARIO	FTE TOTAL POR 1.000 HAS/CICLO	INSUMO DE TRABAJO MEDIO DIARIO/HA/AÑO
1 Producción de carne	3	1
2 Sistema silvopastoril de carne	18	4
3 Sistema silvopastoril de madera	24	5
4 Silvicultura	26	6



POSIBLES CONTRIBUCIONES A LA PROTECCIÓN DEL BOSQUE

Más que generar ingresos y diversificar la economía, la introducción e incremento de la silvicultura de plantaciones en Paraguay podría contribuir a reducir la producción insostenible de productos forestales en el país.

Durante las últimas décadas, más de 6 millones de hectáreas de bosques nativos se han perdido en Paraguay Oriental, y la región ha quedado con menos del 10% de su cobertura boscosa original, por lo que el país ha pasado de ser exportador neto a importador neto de madera. A pesar de ello, la degradación forestal continúa, en gran parte debido a la producción informal de biomasa que proviene de los bosques nativos. La biomasa corresponde a alrededor del 45% de la matriz energética nacional. Resultados preliminares de un estudio que se está llevando a cabo en el mercado de biomasa en Paraguay⁸ muestran que existe una gran brecha entre oferta y demanda de biomasa de fuentes sostenibles. En 2015 fueron necesarios entre 10,4 a 14,2 millones de toneladas métricas adicionales de biomasa sostenible, y la brecha ascenderá de 12,0 a 15,3 millones de toneladas métricas al año 2020 (véase el Cuadro 12).

Así surge la pregunta de si la producción sostenible de biomasa de la madera con certificación, como la realizada por PAYCO en sistemas puramente forestales y sistemas silvopastoriles, puede causar impacto en la protección del bosque nativo en Paraguay, al proporcionar una alternativa sostenible al mercado.

Al considerar el estudio de caso, es realista asumir el establecimiento de 18.000 has en los próximos 12 años a una tasa de plantación de 1.500 has por año. El potencial de producción de biomasa como subproducto del raleo en estos escenarios es entre 8.000 y 9.000 toneladas al año hasta 2020, de aproximadamente 28.000 toneladas al año desde 2020 hasta 2026, llegando a una producción estable de alrededor de 62.000 toneladas al año a partir de 2027, que es el primer año de cosecha.

Si bien el volumen hasta 2020 no es trascendental en comparación con la brecha de mercado, la producción de 60.000 toneladas al año de parte de un productor podría ejercer impactos significativos, especialmente en nichos de mercado. Tal volumen podría aumentarse si los sistemas silvopastoriles se orientan principalmente a la producción de biomasa en áreas marginales. Si los esfuerzos actuales del gobierno nacional⁹ para formalizar el sector de la biomasa se cristalizan en los próximos años, se podrían establecer incentivos adecuados para aumentar los volúmenes de producción. Mientras tanto, la producción sostenible de biomasa podría entrar igualmente en los mercados y potencialmente iniciar un efecto cascada hacia otras industrias más pequeñas o más informales. Los selectos mercados nicho son puntos de entrada interesantes para el sector productor de biomasa, dadas varias consideraciones, en especial en cuanto a hacer corresponder la localización y el tamaño de la demanda con los productores.

CUADRO 12: ANÁLISIS DE BRECHA A PARTIR DE LA DEMANDA Y SUMINISTRO EN EL MERCADO DE LA BIOMASA

AÑO	VOLUMEN (LÍMITE INFERIOR EN TON.)	VOLUMEN (LÍMITE SUPERIOR EN TON.)
2015	(10.422.065,6)	(14.206.275,7)
2016	(10.274.890,4)	(12.841.722,2)
2017	(10.603.207,9)	(13.334.390,1)
2018	(11.011.507,4)	(13.901.287,0)
2019	(11.491.398,3)	(14.568.806,2)
2020	(12.044.116,3)	(15.345.444,7)

8- Este trabajo es la base de la Tesis de Maestría "Análisis del mercado de biomasa en Paraguay al 2015 y estudio del potencial impacto de los Sistemas Silvopastoriles", que será presentada por Josefina Maiztegui ante la Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales de Buenos Aires, Argentina.

9- Según el decreto 4056/2015 sobre el establecimiento de mecanismos de certificación de biomasa con fines energéticos, los consumidores deben obtener el 30% de su biomasa de fuentes legales y certificadas por

- Almidón de mandioca: Paraguay se ha convertido en el quinto exportador mundial de almidón de mandioca (Trade Economy 2014), y cinco empresas exportan el 99% de su volumen. Las plantas industriales se concentran en los departamentos de Caaguazú, San Pedro, Canindeyú e Itapúa.
- Lácteos y carne bovina: Las industrias lecheras y de carne están creciendo en Paraguay, y el 99% de la producción nacional de carne se exporta desde 2013 (SENACSA, 2015). Más del 50% de la producción lechera se concentra en Caaguazú, y las instalaciones de producción de carne de exportación están en los departamentos Central, Itapúa y Villa Hayes.
- Tabaco: Las plantaciones de tabaco se ubican en San Pedro y Canindeyú.
- Cerveza y otras bebidas: Dos grandes empresas operan en el mercado, ambas en el departamento Central.
- Cemento: Existen dos empresas productoras de cemento en Paraguay: Cementos Yguazú e Industria Nacional de Cemento (INC, que pertenece al gobierno). Actualmente, ésta última está actualizando su horno de clinker para abandonar el fuel oil y empezar a utilizar combustibles mixtos, entre ellos biomasa.

Es vital crear correspondencia en términos de ubicación: por los bajos precios actuales de la biomasa, la rentabilidad depende en gran medida de los costos de transporte; no debe transportarse la biomasa más de 100 km por tierra y las plantaciones forestales debieran estar idealmente cerca de los grandes consumidores de biomasa. Las industrias productoras de biomasa se detallan en el siguiente gráfico.

GRÁFICO 9: INDUSTRIAS QUE CONSUMEN BIOMASA EN PARAGUAY



ANÁLISIS FODA

Se realizó un análisis FODA para cada escenario, el cual se detalla a continuación.

CUADRO 13: ANÁLISIS FODA DE CADA ESCENARIO

	ESCENARIO 1 Producción tradicional de carne bovina en Paraguay	ESCENARIOS 2 Y 3 Producción silvopastoril combinada centrada en carne o madera	ESCENARIO 4 Plantación pura
Fortalezas	<ul style="list-style-type: none"> Bajas inversiones (considerando los productores tradicionales) Uso de tierras marginales que no son adecuadas para otros usos Sistema de bajos insumos 	<ul style="list-style-type: none"> La diversificación de productos (carne, madera y oportunidades agrícolas entre hileras durante el primer año o primeros años) disminuye los riesgos económicos y productivos Aumento de los ingresos en comparación con la producción puramente de carne Mejor resiliencia al cambio climático (contenido mejorado de nutrientes del suelo, menor riesgo de erosión del suelo) Reduce la presión sobre los bosques naturales Generación directa e indirecta de empleo 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de la presión sobre los bosques naturales Muy rentable Generación directa e indirecta de empleo
Debilidades	<ul style="list-style-type: none"> Alta dependencia del mercado y de los precios de la tierra Sistema ineficiente de uso de la tierra Baja rentabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> Riesgo de daño a los árboles por insumos agrícolas en el primer año Riesgo de mal manejo por falta de conocimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Altas inversiones iniciales Los ingresos se perciben después de largo tiempo Falta de técnicos especializados y buen proveedor de servicios
Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> Demanda creciente de productos de carne bovina en todo el mundo Demanda creciente de carne de sistemas productivos extensos y "sostenibles" Potencial de intensificación 	<ul style="list-style-type: none"> Creciente demanda de productos de carne y madera en todo el mundo Creciente demanda de carne de vacuno desde sistemas de producción extensos y "sostenibles" Mercados del carbono: Precio premium por productos de la carne y madereros 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento constante del mercado debido al agotamiento de las reservas forestales naturales Mercados del carbono
Amenazas	<ul style="list-style-type: none"> Globalización y cambio climático: Aumento del riesgo de enfermedades o infecciones animales Caídas repentinas de los precios de la carne 	<ul style="list-style-type: none"> Globalización y cambio climático: Aumento del riesgo de enfermedades o infecciones animales Riesgos a la reputación cuando se plantan especies exóticas Riesgo de plagas y enfermedades, especialmente cuando la producción se basa en clones Inseguridad jurídica para inversiones a largo plazo en países inestables 	<ul style="list-style-type: none"> Elevados riesgos a la reputación cuando se plantan especies exóticas Alto riesgo de plagas y enfermedades, especialmente cuando la producción se basa en clones Riesgo de incendios forestales. Inseguridad jurídica en países inestables para inversiones a largo plazo

Los sistemas silvopastoriles permiten que la silvicultura se expanda hacia tierras de uso mixto frente a una generalizada escasez de tierras y escasez mundial de madera causada por la deforestación y degradación del bosque. Los sistemas combinados también favorecen una producción extensiva de carne y proporcionan beneficios adicionales, como la diversificación de productos y de ingresos para el productor así como beneficios ambientales y sociales. La falta de conocimientos técnicos en silvicultura podría obstaculizar la puesta en marcha de los SSP; también el ciclo productivo a largo plazo de la silvicultura podría acentuar los riesgos en inseguridades jurídicas y eventos imprevisibles como plagas y enfermedades o incendios forestales. Por último, los SSP permiten al productor que cuente con productos que pueden acceder a diferentes tipos de certificación, por ejemplo, carne bovina sostenible o productos de madera certificada FSC®.



CONSIDERACIONES FINALES

Este estudio demuestra que los sistemas silvopastoriles son un prometedor sistema de uso de la tierra en América del Sur, tal como lo comprueban muchos estudios realizados en la región y también una serie de empresas exitosas. Se ha comprobado que los SSP son superiores en términos económicos, ambientales y sociales en comparación con sistemas de producción de carne en tierras que cuentan con condiciones biofísicas adecuadas para la silvicultura de plantaciones. Si bien los SSP son menos rentables que las plantaciones forestales, al integrar un componente productivo a corto y largo plazo generan un perfil de flujo de fondos más equilibrado, y así son más asequibles financieramente para los productores. Además, la integración de dos componentes productivos reduce mucho los riesgos productivos y económicos, lo cual aumenta la resiliencia de los productores en tiempos de crisis. También los SSP ofrecen beneficios en cuanto a diversificación del uso de la tierra, oportunidades de conservación de la biodiversidad, control de la erosión y beneficios en torno al carbono, al mismo tiempo que reducen la presión sobre los bosques naturales y permiten continuar la producción de leche o carne que es tradicional en muchas regiones de Sudamérica. Los SSP también pueden hacer contribuciones significativas en el ámbito social, no sólo dando empleo sino también fomentando una industria de procesamiento asociada con la producción de productos madereros de calidad.

Al experimentar los beneficios del SSP en el terreno, muchos productores cambian de opinión y dejan de considerarlo como un medio para un fin, como es: 1) reducir los costos de inversión inicial en silvicultura; (2) poder continuar produciendo carne aunque no sea tan rentable como otras actividades; o (3) expandir la producción forestal al arrendar las tierras de los productores de carne de vacuno por los altos precios de la tierra; y, por el contrario, llegan a ver al sistema silvopastoril como un fin en sí mismo. La creciente adopción de sistemas silvopastoriles podría dar pie a una tendencia hacia adoptar sistemas más complejos en los que la producción de alimento se combina con la producción forestal. De esta forma, la integración de los sistemas silvopastoriles al paisaje productivo de Sudamérica puede ayudar a afrontar los desafíos que plantean los cambios ambientales mundiales que exigen formas de producción innovadoras.

A pesar de todos los beneficios asociados con los sistemas silvopastoriles que se describen en los textos y que han experimentado los productores, el nivel de adopción es todavía bajo. La falta de experiencia con los sistemas silvopastoriles es la principal barrera técnica para incrementar su puesta en práctica. Los productores suelen exhibir cierta renuencia a probar modelos innovadores, lo que se ve reforzado por la falta de personas que desarrollen e implementen esquemas productivos innovadores, razón por la cual no existen proyectos piloto exitosos que pudieran expandirse. Esto mismo también influye en los valores sociales. En Paraguay, por ejemplo, un establecimiento dedicado a la producción de carne bovina puede valer más que un establecimiento con bosques implantados, a pesar de que la producción forestal es más rentable. Todo esto demuestra que la implementación de los sistemas silvopastoriles necesita más apoyo de parte de la investigación y desarrollo combinadas con programas de extensión.

Otra razón de la baja implementación de estos sistemas es la falta de experiencia en producción forestal, como es el caso de Paraguay. Una característica propia de la producción forestal es que requiere tiempo, lo cual implica que la inversión inicial se recupera en un período de mediano a largo plazo, pero los productores suelen esperar beneficios a corto plazo y pierden interés al considerar los costos de oportunidad asociados con la silvicultura, sin importar que el resultado económico final sea muy atractivo. En este sentido, tal como ya se mencionó anteriormente, el componente de producción de carne cobra relevancia porque hace que la producción forestal sea más asequible cuando se usa el sistema silvopastoril e incrementa los ingresos totales del sistema de producción. Sin embargo, para las inversiones a mayor escala, mecanismos financieros adecuados podrían apalancar en forma considerable la adopción más amplia de los sistemas silvopastoriles. De hecho, los proyectos silvopastoriles podrían financiarse exitosamente con inversiones de capital y estructuras de fondos mezzanine, o podrían ser una opción interesante para los inversionistas de impacto, también llamados inversionistas de “triple resultado”. Cuando se recurre a préstamos, éstos deben incluir condiciones compatibles con el componente forestal, como mayores períodos de gracia y menores tasas de interés. En tiempos de crisis financieras e incertidumbre en este sector, las inversiones a largo plazo basadas en los recursos también pueden proporcionar más estabilidad al mundo financiero.

El impacto positivo de los programas de extensión es visible en el norte de Argentina, donde existen más de 90.000 has de sistemas silvopastoriles, y donde el nivel de adopción de este sistema es considerablemente más alto que en otras regiones. Allí, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y asesores independientes regionales competentes prestan servicios de extensión; y los Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola, plataforma de intercambio regional para productores, fomenta la transferencia de conocimiento y tecnología. En Brasil, la adopción de los sistemas silvopastorales sigue estando limitada a un pequeño número de productores; el caso más exitoso de sistemas silvopastoriles ha estado sirviendo de finca modelo para técnicos de la Empresa Estatal Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA). Esta agencia invierte en una estrecha colaboración con el productor, organiza eventos de capacitación y exhibición y genera estudios y publicaciones. Sin embargo, está por verse si tal nivel de compromiso es factible a mayor escala.

También es necesario desarrollar más investigación y desarrollo con el fin de establecer parámetros productivos para las formas ya conocidas de sistemas silvopastoriles, al mismo tiempo que se diversifica la práctica de estos sistemas hacia nuevos arreglos espaciales, especies arbóreas y forrajeras, razas ganaderas y prácticas de manejo.

A pesar de que los sistemas silvopastoriles siguen siendo intrascendentes en términos de hectáreas establecidas, especialmente en comparación con la producción puramente de carne o puramente forestal, es el momento adecuado para apoyar altos niveles de adopción de este esquema de producción combinada. Los sistemas silvopastoriles han demostrado ser una opción muy inteligente de uso de la tierra no sólo para los sistemas agroforestales a pequeña escala, sino también para que los ganaderos a gran escala mejoren sus rendimientos a largo plazo. Los productores pueden hacer tales inversiones por sí mismos o en iniciativas conjuntas de negocio con empresas forestales. Ya existe una serie de estrategias a través de las cuales los sistemas silvopastoriles pueden encontrar su lugar entre la agricultura, los bosques de plantación, las pasturas y los bosques naturales como un bloque unificado orientado a contar con paisajes más productivos y sostenibles.

A herd of brown and white cows is grazing in a lush green field. The field is filled with tall, vibrant green grass. In the background, there is a dense forest of tall, thin trees with green foliage. The sky is visible through the trees, showing a mix of blue and white. The overall scene is a peaceful rural landscape.

REFERENCIAS

REFERENCIA

BIBLIOGRAFÍA

- Almeida (n.d). Geografía do Paraná. AMF.
- Balbino, L. C.; Barcellos, A., O.; Stone, L. F. (2011). Documento de referencia: Crop-Livestock Forestry Integration. Embrapa.
- Bertoni, M. & Gorham, J. R. (1973) Paraguay: Ecological Essays. Editado por J. R. Gorham. Miami, Florida. Academy of Arts and Sciences.
- Cabrera, A.L. (1976) Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo II. ACME. Buenos Aires. 85 pp
- Carlini, A.A., H. Povedano, D. Glaz y G. Marateo (1999) Estudio de la biodiversidad en pasturas. Vertebratos en pasturas desmontadas con diferentes métodos. Estación Experimental Chaco Central, Cruce de los Pioneros, Paraguay, 59 pp.
- Dawson, I.K., Carsan, S., Franzel, S., Kindt, R., van Breugel, P., Graudaul, L., Lillesø, J.-P.-B., Orwa, C. and R. Jamnadass (2014) Agroforestry, livestock, fodder production and climate change adaptation and mitigation in East Africa: issues and options. ICRAF Working Paper No. 178. Nairobi, World Agroforestry Centre.
- Fasolo, P. J.; Potter, R. O.; Sturion, J.A. (1998) CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS DE TESTES DE PROGÊNIES DE ERVAMATE (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). Embrapa: Comunicado Técnico: No 29, dez./98, p.1-4
- Fassola H. E.; Lacorte S. M.; Pachas A. N.; Goldfarb C.; Esquivel J.; Colcombet L., Crechi E. H., Keller A. & Barth S. R. (2009) Los sistemas silvopastoriles en la región subtropical del NE argentino. XIII Congreso Forestal Mundial Buenos Aires, Argentina, 18-23 Octubre 2009.
- Fassola, H.; Keller, A.; Pachas, N.; Colcombet, L. (s.f). El sistema silvopastoril y la nueva generación empresarial. INTA Montecarlo.
- Frey, G. E.; Fassola, H.; Pachas N.; Colcombet L.; Lacorte S.; Cabbage F.; Pérez O. (2008) Perceptions of silvopasture systems in northeastern Argentina. XIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UnaM – EEA Montecarlo, INTA. Eldorado, Misiones, Argentina.
- Friends of the Earth (2008) What's feeding our food? Disponible en www.foe.co.uk
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. (2013) Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma.
- Glatzle, A. & Stosiek, D. (2006) Country Pasture / Fodder Resource Profile: Paraguay. FAO Disponible en: www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counproff/Paraguay/paraguay.htm
- Glatzle, A. (1999) Compendio para el Manejo de Pasturas en el Chaco. Edición El Lector, Asunción, Paraguay
- Glatzle, A. (2008) Extensive cattle ranching in the Paraguayan Chaco and its environmental impacts. INTAS.
- Howarth, R.B., Gerst, M.D., Borsuk, M.E. (2014) Risk mitigation and the social cost of carbon. *Global Environmental Change*, 24: 123-131.
- Hu Du, Fuping Zeng, Wanxia Peng, Kelin Wang, Hao Zhang, Lu Liu and Tongqing Song (2015). Carbon Storage in a Eucalyptus Plantation Chronosequence. In *Southern China. Forests* 2015, 6, 1763-1778; doi:10.3390/f6061763.
- Jactel, H.; Barbaro, L. & Brockerhoff, E. G. (2006) Keynote: Contribution of plantation forests to biodiversity conservation: the landscape perspective. International Congress on Cultivated Forests_ Planted Forests and Sustainable Development, with a Scientific Forum on Ecosystem Goods and Services from Planted Forests. Bilbao, España; Octubre 3-7.
- Juntheikki, J. (2014). Estimation of eucalyptus forest plantations carbon sequestration potential in Uruguay with the CO2fix model. UNIVERSIDAD DE HELSINKI, FACULTAD DE AGRICULTURA Y SILVICULTURA, DEPARTAMENTO CIENCIAS FORESTALES. Tesis de maestría en economía del bosque. Mayo 2014.
- Lacorte, S. M.; Esquivel, J. I. (2009) Sistemas silvopastoriles em La Mesopotamia Argentina. Reseña del conocimiento, desarrollo y grado de adopción. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. p 70-82. Posadas. Misiones. Argentina.
- Opio, C., Gerber, P., Mottet, A., Falcucci, A., Tempio, G., MacLeod, M., Vellinga, T., Henderson, B. and H. Steinfeld (2013) Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains – A global life cycle assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma.
- Paquette A, Messier C (2010) The role of plantations in managing the world's forests in the Anthropocene. *Front Ecol Environ* 8(1):27–34. doi:10.1890/080116.
- Pawson, S. M.; Brin, A.; Brockerhoff, E., G.; Lamb, D.; Payn, T. W.; Paquette A.; Parrotta, J. A. (2013) Plantation forests, climate change and biodiversity. *Biodivers Conserv* 2013 22:1203– 1227 DOI 10.1007/s10531-013-0458-8.
- United States Government (2015) Documento de apoyo técnico: - Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis- Under Executive Order 12866. Technical Support Document, Interagency Working Group on the Social Cost of Carbon, Washington DC, USA.
- VCS Association (2011) VCS Guidance: AFOLU Guidance: Example for Calculating the Long- Term Average Carbon Stock for ARR Projects with Harvesting.
- Weiner, J., Berntson, G. M. and Thomas, S. C. (1990) Competition and growth form in a woodland annual. *Journal of Ecology* 78: 459-469.

APÉNDICE

SUPOSICIONES DEL MODELO

Se utilizó información productiva de PAYCO; y las suposiciones y cálculos clave se enumeran a continuación.

Capacidad de carga animal

Se han estimado los efectos del sombreado sobre el crecimiento de las pasturas y las resultantes cargas animales (Cuadro). En el escenario 1, la carga animal promedio es de 1,2 cabezas por hectárea, en el escenario 2 es de 0,7 cabezas por hectárea y en el escenario 3 es de 0,5 cabezas por hectárea. La reducción de la carga animal se supuso en función de observaciones en el terreno y cálculos de los productores, pero hasta la fecha no hay pruebas empíricas sólidas al respecto. El primer año, no se permite que el ganado entre a las áreas de producción con el fin de proteger los árboles, por tanto, la carga animal es cero; las cargas más bajas se aplican durante los años 6 a 8 porque el sombreado inhibe el crecimiento de las pasturas. Posteriormente, cuando surge una mayor incidencia de luz solar lateral, cuando los árboles son más altos, se aumenta la carga animal de nuevo.

Escenario / Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2 SSP de carne	0%	95%	85%	70%	70%	55%	55%	55%	65%	68%	68%	68%	68%
3 SSP maderero	0%	90%	80%	75%	60%	40%	40%	40%	50%	50%	50%	50%	50%

Mortalidad de los árboles

El supuesto de mortalidad de los árboles es del 6%, que es la tasa promedio de mortalidad que se calculó para las plantaciones de PAYCO durante los dos últimos inventarios.

40 m³/ ha/año para el sistema puramente forestal (escenario 4).

Calidad de los productos madereros

Las densidades de plantación y los regímenes de raleo son parte integral de un sistema forestal y pueden determinar en gran medida la calidad de la madera. La competitividad entre los árboles influye en el crecimiento del diámetro y la calidad del tronco con respecto a las tensiones en la madera, el crecimiento longitudinal y las ramas. Por lo tanto, en el sistema puramente forestal, el 50% de la producción maderera en el corte final se clasifica como madera de la más alta calidad (calidad I), seguida por el 45% y el 15% en los sistemas silvopastoriles con énfasis productivo maderero y de carne, respectivamente. En los sistemas silvopastoriles con énfasis en la carne, la mayor parte de la producción maderera se clasifica de menor calidad (el 40% de la producción

se clasifica como categoría II) debido a los arreglos de siembra, suponiendo que los callejones anchos entre las hileras dobles en densidades bajas puedan generar tensiones desiguales en la madera (Weiner et al., 1990) y un crecimiento desigual de las ramas.

Producción de madera y carne

Utilizando datos actuales de inventario de las inversiones de PAYCO y la experiencia de productores de la región, se calcularon las producciones de carne y forestal:

- Ganado: Ganancia de peso de 200 kg/ha/año;
- Silvicultura: El incremento medio anual depende del sistema que se haya establecido, y se fija en 18 m³/ha/año para los SSP orientados a la carne (escenario 2), en 33 m³/ha/año para los SSP con enfoque maderero (escenario 3) y en

Tasa de descuento

Para la evaluación financiera se utilizó un modelo de flujo de fondos descontado (DCF en inglés), método de actualización de flujos de fondos que usa una determinada tasa de descuento que considera no sólo el valor temporal del dinero, sino también el riesgo o la incertidumbre de flujos de fondos futuros y determina la tasa de rendimiento necesaria para que la inversión valga la pena. Para el modelo, se estableció una tasa de descuento del 9,7% de acuerdo con el cálculo de la prima de riesgo de patrimonio por país del Arbaro Fund (documento interno de Arbaro Fund, 2015).

Síguenos en Twitter @BIDEcosistemas
blogs.iadb.org/naturalcapital/

