

Cómo financiar la restauración de los bosques tropicales

P.H.S. Brancalion, R.A.G. Viani, B.B.N. Strassburg y R.R. Rodrigues

Quienes defienden la restauración forestal deben asumir el desafío de hacer de ella una actividad financieramente viable.

Pedro Brancalion es Profesor del Departamento Forestal de la Universidad de São Paulo; **Ricardo A.G. Viani** es becario posdoctoral de la Universidad Estatal de Campinas; **Bernardo B.N. Strassburg** es Director del Instituto Internacional para la Sostenibilidad, y **Ricardo R. Rodrigues** es Profesor titular del Departamento de Biología de la Universidad de São Paulo, todos en Brasil.

Durante los últimos siglos, la actividad humana ha modificado espectacularmente muchos bosques tropicales creando paisajes dominados por la agricultura o por el desarrollo urbano (Bradshaw, Giam y Sodhi, 2010). Esta transformación ha generado dificultades dado que no solo se ha perdido biodiversidad, sino también porque ha afectado al suministro de muchos productos forestales y servicios ecosistémicos valiosos.

Sin embargo, la pérdida y la degradación generalizadas de los bosques han creado nuevas oportunidades para la restauración ecológica, la cual debe ahora ir más allá de una lógica meramente conservacionista. Los proyectos de restauración de bosques

tropicales deben no solo contribuir a la recuperación de los ecosistemas degradados, dañados o destruidos (según la definición de restauración ecológica más frecuentemente utilizada – SRE, 2004) en los paisajes que han sido modificados por el hombre en los países en desarrollo, sino también aportar una recompensa económica a los propietarios de las tierras.

Una plantación joven destinada a la restauración del bosque tropical, situada en un pastizal antes utilizado para pastoreo extensivo en el estado de Río de Janeiro (Brasil). En el futuro, mediante este proyecto se volverán a conectar las zonas vegetales residuales aisladas del bosque atlántico amenazado y se mejorará la calidad del abastecimiento hídrico en beneficio de la creciente población de la región



En este artículo se estudian las dimensiones económicas de la restauración ecológica, partiendo de la experiencia de los bosques atlánticos del Brasil, que son uno de los ecosistemas más biodiversificados del planeta y también más ricos en endemismo (Myers *et al.*, 2000).

CREAR UN ESPACIO PARA LA RESTAURACIÓN

Se espera que en los próximos 40 años la población mundial haya de aumentar en un 50 por ciento. Este incremento, combinado con un probable aumento del consumo per cápita, requerirá que la producción de alimentos se duplique o triplique para el año 2050 (Godfray *et al.*, 2010). El consiguiente acrecimiento de las necesidades de combustible, fibras y refugio proyecta una imagen dramática de la futura demanda de tierras (Smith *et al.*, 2010).

La crisis de tierras que nos acecha ha recibido una siempre mayor atención en todo el mundo. En este contexto, la restauración forestal podría ser vista como no más que otro factor de la demanda de tierras y tendría el potencial de reducir la producción de alimentos, determinar el alza de los precios de los alimentos y acarrear otras consecuencias no deseadas. Es más, en zonas donde la tierra escasea, la conservación o restauración de ciertas áreas podría provocar la deforestación de otras. Este efecto, conocido como «efecto de filtración», ha sido tomado en cuenta en la política internacional y en especial en las negociaciones relativas a las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la deforestación y la degradación que se llevan a cabo en el ámbito de la Convención Marco de las Naciones Unidas

sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (Strassburg *et al.*, 2009).

Sin embargo, en varios estudios sobre producción de alimentos se ha argumentado que cuando la tierra escasea la forma de equilibrar la producción de alimentos con las necesidades del ambiente consiste en dar un mejor uso a las tierras desmontadas existentes (Tilman *et al.*, 2002; Herrero *et al.*, 2010; Phalan *et al.*, 2011). Una ordenación más eficiente de los pastizales, en particular, pareciera ser un planteamiento prometedor, en especial porque la superficie que cubren esas tierras en todo el mundo es el doble de la de las tierras agrícolas (Licker *et al.*, 2010). Este razonamiento puede también fundamentar el debate que contraponen la producción de alimentos a la restauración forestal, porque esta última sería vista entonces no como una actividad competidora sino más bien como una medida con la que se ayuda al aumento de la producción de alimentos y a la mejora de los medios de vida, y como un instrumento para proporcionar un rendimiento económico a los propietarios de tierras.

HALLAR LOS BENEFICIOS ECONÓMICOS

Tan solo queda un 12 por ciento del patrimonio de bosques atlánticos del Brasil, y ese porcentaje se concentra sobre todo en la costa (Ribeiro *et al.*, 2009). La región que alberga el bosque atlántico es la zona donde vive el 62 por ciento de la población del país y de donde proviene el 80 por ciento del producto interno bruto nacional; son por tanto muy fuertes las presiones medioambientales que se ejercen sobre ese patrimonio (IBGE, 2012).

En el bosque atlántico una deforestación y degradación secular ha comprometido la provisión de servicios del ecosistema y la producción de bienes forestales. Sin embargo, la región ofrece una enorme oportunidad para la implantación de nuevos enfoques para la restauración ecológica y el establecimiento de la restauración de los bosques como una práctica económicamente viable (Joly *et al.*, 2010). El potencial de aumento de la productividad de los pastizales parece indicar que una iniciativa de restauración en gran escala, como la que propone el Pacto de Restauración del Bosque Atlántico, puede ejecutarse sin menoscabo de la producción de alimentos. El Pacto (al que hoy están afiliados 215 socios) fue lanzado en 2009 por más de 80 organizaciones ambientales, empresas privadas, gobiernos, investigadores y propietarios de tierras, y su objetivo es la restauración, para el año 2050, de 15 millones de hectáreas de bosque por medio del uso de especies nativas.

En los 30,5 millones de hectáreas de pastizales plantados en la región del bosque atlántico (PROBIO, 2009) hay 36 millones de cabezas de ganado (IBGE, 2003); en esos pastizales la densidad de pastoreo es de 0,82 cabezas por hectárea. Esta cifra es muy baja según los estándares

La madera que se cosecha en plantaciones de restauración tiene el potencial de compensar el costo de oportunidad de la menor disponibilidad de tierras ganaderas. Esta plantación de restauración de tres años de edad, en Campinas, São Paulo (Brasil sudoriental), ha sido diseñada para producir madera nativa durante un ciclo de cosecha de 10 años. Se ha demostrado que de este modo los agricultores podrían obtener mayores rendimientos que con la ganadería extensiva





P. BRANCAIOLINI

internacionales, y también lo es en comparación con medios ambientes similares en otros lugares cuando se aplica una tecnología apropiada (FAO, 2012). Si en los próximos 30 años la productividad de esas tierras se duplicara (por ejemplo, gracias al uso de técnicas silvopastorales innovadoras – véase Calle, Murgueitio y Chará, 2012) se liberarían 15,3 millones de hectáreas para la restauración forestal, una superficie equivalente al objetivo de restauración enunciado en el Pacto. Además, los bosques tropicales restaurados pueden contribuir potencialmente al aumento de la productividad de los cultivos ya que encierran polinizadores de los cultivos y enemigos naturales de las plagas. Si se llevaran a cabo actividades complementarias para incrementar la productividad de las actuales tierras agrícolas y se favoreciera —tal y como ya se hace en algunas partes de la Amazonia brasileña (Macedo *et al.*, 2012)— la conversión de los pastizales improductivos en tierras dedicadas a la agricultura, la restauración del bosque tropical podría realizarse sin el riesgo de resultados adversos para la producción de alimentos. Estas medidas ayudarían también a reducir los costos de oportunidad de la tierra, que constituyen una importante barrera para las iniciativas de restauración forestal (o contribuirían a impedir que dichos costos aumentasen). En las siguientes secciones se describen algunas vías que permitirían lograr que la restauración de los bosques sea una actividad rentable.

Madera

El bosque atlántico ha sido explotado hasta el punto de que ya no suministra cantidades significativas de madera. El escaso suministro maderero, combinado con un

aumento de la demanda de maderas nativas, hace que los precios estén al alza.

Por consiguiente, la sobreexplotación ha creado condiciones económicamente favorables para la producción de madera proveniente de especies nativas por medio de la restauración. Otra ventaja económica de la restauración que se vale de especies nativas es que no requiere terrenos planos o suelos de elevada fertilidad, lo que permite que pueda realizarse en tierras que para muchos otros usos serían tierras marginales.

Las plantaciones de restauración tienen también otros propósitos. Muchas especies de árboles que son nativas de la región no han sido domesticadas, y albergan plagas naturales que podrían dificultar la producción maderera en sistemas con escasa diversidad (Rodrigues *et al.*, 2009). El uso de una gama de especies diversificadas permite reducir el riesgo de ataques de plagas devastadores, lo que hace posible alinear los intereses económicos con los intereses ecológicos de la restauración en una escala de proporciones razonables.

La restauración ecológica puede realizarse en pastizales extensivos de baja productividad, y representa una de las principales formas de uso de la tierra en muchos países en desarrollo. Por ejemplo, alrededor del 75 por ciento (211 millones de hectáreas) de todos los terrenos talados del Brasil son usados para la ganadería extensiva (Sparovek *et al.*, 2010). Dado que la rentabilidad media que obtienen los ganaderos en esas áreas es de aproximadamente 100 dólares EE.UU. por hectárea por año, la producción de madera nativa en las plantaciones de restauración podría compensar potencialmente los costos de oportunidad de la menor disponibilidad de las tierras ganaderas.

El uso temporal de especies de eucalipto de crecimiento rápido como «pioneras económicas» puede acelerar la obtención de beneficios en las plantaciones de restauración y contribuir a compensar los costos, generalmente altos, que suponen el establecimiento y los primeros cuidados relacionados con la restauración. Esta plantación de un año de edad de especies arbóreas nativas en hileras, alternadas con eucalipto, en el sur de Bahía ha sido diseñada para que la explotación pueda efectuarse seis años después de la fecha de plantación, cuando todos los eucaliptos se cosechan y sustituyen por especies nativas

Esta hipótesis fue sometida a ensayo en un estudio reciente llevado a cabo en el bosque atlántico del Brasil. Fasiaben (2010) investigó la rentabilidad de una plantación de restauración de 250 ha creada para producción futura de madera nativa. Los resultados fueron alentadores: la rentabilidad se calculó en 250 dólares EE.UU. por hectárea por año partiendo de estimaciones muy conservadoras tanto de los precios de la madera como del crecimiento de los árboles, y del supuesto de que la madera no tuviese valor añadido. El Pacto de Restauración del Bosque Atlántico ha decidido practicar este tipo de reforestación para restaurar cerca de 7 millones de hectáreas de pastizales degradados en terrenos inclinados (Calmon *et al.*, 2011).

Las plantaciones madereras podrían desempeñar un papel fundamental en la intensificación de los esfuerzos tendentes a la restauración de paisajes tropicales dominados por el hombre, en todas las regiones del mundo (Lamb, 1998). Sin embargo, la producción de madera nativa en plantaciones de restauración tropieza con una importante limitación: el tiempo requerido para la obtención de un beneficio económico. La agricultura tiene la ventaja de generar ingresos constantes, y

La producción de semillas nativas —como se ilustra aquí, en Ribeirão Grande, São Paulo (Brasil sudoriental)— destinada a satisfacer la demanda de los viveros podría representar una de las mejores vías de creación de ingresos y empleos derivados de los PFMN en las comunidades locales por medio de la restauración forestal



P. BRANCALION

el horizonte temporal entre la inversión y el beneficio es mucho más breve; en cambio, la rentabilidad de la producción de madera puede a veces tener lugar solo después de algunas décadas. Para hacer frente a esta restricción es posible recurrir a tres métodos:

- establecer plantaciones mixtas, es decir plantar una mezcla de especies de crecimiento lento y de crecimiento rápido con el fin de posibilitar la producción de madera en un plazo aproximado de diez años a partir de la fecha de plantación;
- combinar varias fuentes de ingresos, tales como los productos forestales no maderos (PFNM) y los pagos por servicios del ecosistema, con la finalidad de que los propietarios de las tierras puedan obtener un ingreso regular (véanse las dos secciones siguientes);
- proporcionar crédito a largo plazo a tipos de interés atractivos.

Productos forestales no madereros

Los bosques tropicales proporcionan una enorme variedad de PFMN, tales como alimentos, medicinas y materiales de construcción, cuya cosecha y elaboración representan una fuente importante de ingresos y medios de vida para la población local, especialmente en los países en desarrollo como el Brasil (Wunder, 1998). Hasta cierto punto, los esfuerzos de restauración generan por sí mismos ocupaciones

laborales relacionadas con los PFMN para las comunidades. A medida que dichos esfuerzos se multiplican, aumenta la demanda de semillas nativas; y la cosecha de estas puede entonces realizarse en las áreas que han sido restauradas previamente. En consecuencia, la demanda de semillas nativas se acrecienta, su recolección y ventas se incrementan, y estos factores impulsan la aparición de oportunidades económicas (Brancaion *et al.*, 2011).

Tradicionalmente, en el Brasil la cosecha de PFMN ocurre sobre todo en los bosques nativos remanentes; sin embargo, cuando la demanda supera la oferta es necesario desplegar esfuerzos para cultivar especies de interés. Se pueden citar varios ejemplos de este fenómeno en lo que respecta a las especies nativas del Brasil. En otro tiempo, el Brasil encabezaba la producción de caucho cuando la mayor parte del látex provenía de la cosecha de cauchos nativos (*Hevea brasiliensis*) silvestres. Sin embargo, la producción brasileña terminó siendo inferior a la de Malasia, país donde el cultivo del caucho comenzó a hacerse en gran escala. El caso del castaño del Brasil (*Bertholletia excelsa*), cuya nuez es el PFMN cosechado más importante en los bosques nativos del Amazonas (Peres *et al.*, 2003), es similar. En el Brasil, las nueces se siguen recolectando en el medio silvestre; pero en el Estado Plurinacional de Bolivia se han realizado inversiones destinadas al cultivo y elaboración de ese producto, y el

país figura ahora como el mayor productor y exportador de nuez de Brasil.

Pocas son las inversiones que se han hecho a escala industrial en la cosecha y elaboración de PFMN que provienen de bosques nativos debido, entre otras causas, a un suministro incierto, a la calidad variable de los productos y a dificultades asociadas con la obtención de licencias de explotación de poblaciones silvestres. La producción de PFMN en los proyectos de restauración encierra por consiguiente un potencial enorme de beneficios.

Lo que es más importante es que la producción de PFMN puede ser fundamental para la rentabilidad de la restauración, porque arroja un ingreso temprano y regular para los propietarios de tierras durante el período en el que las plantaciones aún no están listas para ser cosechadas. El caso de *Euterpe edulis*, una palma en peligro, ilustra, en el bosque atlántico del Brasil, el potencial de los PFMN para apoyar la sostenibilidad económica de la restauración del bosque tropical. Esta especie produce un corazón comestible (el meristema apical y las hojas en desarrollo indiferenciadas del tronco de la palma), una exquisitez cara, muy apreciada en el Brasil y en otros lugares. Puesto que la extracción del corazón ocasiona la muerte de la planta, la cosecha excesiva ha reducido drásticamente la población, al punto de que la palma está en riesgo de extinción ecológica (Reis *et al.*, 2000). Las plantaciones de restauración

podrían no solo aumentar las posibilidades de supervivencia de la especie, sino también ser plantaciones muy rentables.

Además, la pulpa de fruta de *E. edulis* ha sido introducida como un equivalente sudoriental del *açaí* amazónico (*E. oleracea*), un concentrado de pulpa rico en lípidos y azúcares que deriva del fruto de la palma y es utilizado para diversos propósitos (Brancalion *et al.*, 2012). Las semillas de la planta se han vendido como subproducto de la producción de pulpa. Dada una población de 100 palmas productivas por hectárea, la producción combinada de pulpa de fruta y semilla podría generar ingresos equivalentes a 2 000 dólares EE.UU. por hectárea por año. Las cooperativas agroforestales han comenzado a realizar inversiones en el cultivo de esta especie y en la comercialización de pulpa de fruta. En el futuro, las empresas que producen alimentos, cosméticos, medicamentos y otros productos derivados de PFNM podrían crear asociaciones comerciales con las cooperativas de agricultores para producir estos PFNM en sus áreas de restauración.

Producción de cultivos en el marco de planes de restauración agrosucesional

Uno de los principales desafíos que encara la plantación de restauración en los

tropicos es el control de los pastos forrajeros invasivos: estos pastos son especies que pueden reducir espectacularmente el crecimiento de los árboles (Campoe, Stape y Mendes, 2010). Puesto que los árboles nativos tardan al menos tres años en sombrear por completo el piso inferior y vencer la competencia de las malezas, es frecuente que en los proyectos de restauración se gasten recursos considerables para el control de malezas. Aunque este problema se debe a la alta intensidad de la incidencia de la luz durante las fases iniciales de la plantación de restauración, la incidencia de la luz también permite establecer cultivos agrícolas entre las hileras de plantación —un sistema forestal que se conoce con el nombre de *taungya*. Entonces, en lugar de dedicar dinero a la compra de herbicidas o al deshierbe mecanizado, sería posible ganar dinero ya durante las etapas tempranas de un proyecto de restauración gracias a la producción de cultivos anuales como frijoles, trigo, yuca y zapallo. Esto es importante para reconciliar los intereses de los agricultores con la restauración ecológica, especialmente en las pequeñas explotaciones en regiones pobres. Tal y como lo indican Vieira, Holl y Peneireiro (2009), la restauración agrosucesional puede contribuir a «prolongar el

período de ordenación en la restauración, compensar algunos costos de la ordenación, garantizar la seguridad alimentaria de los pequeños agricultores, y permitir la participación de estos en el proceso de restauración». Por consiguiente, la restauración agrosucesional es otra fuente potencial de ingresos que puede ayudar a hacer de la restauración forestal tropical una forma rentable del uso de la tierra.

Servicios del ecosistema

Se pueden citar muchos ejemplos en todo el mundo de iniciativas individuales y colectivas, o públicas y privadas, de mantenimiento o recuperación de servicios del ecosistema, tales como los que se relacionan con el agua, la biodiversidad, el carbono y la polinización en zonas degradadas (Stanton *et al.*, 2010). Los pagos que se realizan a los propietarios de tierras por la prestación de estos servicios, por ejemplo por fomentar la restauración forestal en sus terrenos degradados, reciben colectivamente el nombre de pagos por servicios ambientales (PSA).

En muchos países en desarrollo, el número y la superficie cubierta por los proyectos de PSA vinculados al agua van en aumento, en particular en torno a las grandes zonas urbanas (FAO, 2010). Las



Cultivo de la yuca entre árboles de regeneración natural y árboles plantados, en un proyecto de restauración en el bosque atlántico, Brasil nororiental. En un sistema de este tipo, los agricultores controlan las malezas para aumentar el rendimiento de los cultivos, y favorecen indirectamente el desarrollo de especies arbóreas nativas al reducir la competencia entre especies. Los beneficios del proyecto aumentan gracias a la producción de cultivos y a la reducción de los costos de mantenimiento

empresas de aguas y los usuarios finales interesados en mejorar o en asegurar el abastecimiento hídrico están creando programas destinados a pagar a los propietarios de tierras por restaurar sus áreas ribereñas.

En el Brasil, los comités de cuencas hidrográficas, que son colectivos encargados de la gestión de los recursos hídricos de cuencas específicas, también han recurrido a los PSA. Los comités —entidades establecidas por la ley brasileña— cobran por el uso del agua en la zona de cuenca y devuelven parte de los derechos recaudados por conducto del PSA a los propietarios de tierras que ponen en ejecución proyectos de restauración forestal (Veiga y Gavaldão, 2011). En Extrema, Minas Gerais, en el Brasil sudoriental, por ejemplo, el gobierno municipal paga aproximadamente 118 dólares EE.UU. por hectárea por año a más de 100 propietarios rurales, que poseen pastizales escasamente productivos, por sustituir la ganadería extensiva con plantaciones forestales de restauración en pastizales poco productivos en las riberas de ríos y en torno a manantiales naturales. Extrema se encuentra en Cantareira, un sistema de suministro hídrico que comprende varios embalses que juntos abastecen en agua a cerca de 10 millones de personas

en la zona metropolitana de São Paulo. El gobierno local y los agricultores estipulan unos contratos de cuatro años de duración que pueden ser renovados indefinidamente. Dado que el programa cubre todos los costos de la restauración forestal, los pagos sirven para compensar los ingresos que los agricultores hubieran podido obtener si la zona se hubiese mantenido como zona de pastizales (es decir, el costo de oportunidad).

Los proyectos de restauración forestal también pueden crear créditos de carbono, que son negociables bien en el mercado regulado, de acuerdo con las obligaciones del Protocolo de Kyoto, bien en el mercado voluntario, que permite la compra de contrapartidas de carbono para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero. El valor del mercado voluntario del carbono forestal es de millones de dólares por año (Stanton *et al.*, 2010); y el mercado continúa expandiéndose, en parte porque las empresas que tienen interés en compensar sus emisiones de gases de efecto invernadero son siempre más numerosas, y en parte porque los beneficios económicos que pueden resultar de ello son atractivos para los propietarios de tierras. En promedio, las plantaciones mixtas de árboles nativos en el bosque atlántico acumulan

15 toneladas de equivalente de dióxido de carbono (CO₂) por hectárea por año (Miranda, 2008), y por consiguiente unas 450 toneladas de equivalente de CO₂ por hectárea en 30 años (duración habitual de un contrato de créditos de carbono). Después de contabilizar los gases de efecto invernadero emitidos durante la plantación y la ordenación, además de durante la cosecha de la madera y la elaboración (según se plantea más adelante en nuestro modelo), dichas plantaciones podrían quitar alrededor de 300 toneladas de equivalente de CO₂ por hectárea a lo largo de ese mismo período.

El precio que alcanzan los créditos de carbono en los proyectos de reforestación es sumamente variable. En 2011, los créditos de carbono latinoamericanos se negociaban en el mercado voluntario a un precio promedio de 11 dólares EE.UU. por tonelada de equivalente de CO₂ (Peters-Stanley y Hamilton, 2012). Un contrato estipulado bajo estos términos tendría un valor de 3 300 dólares EE.UU. por hectárea durante el período de 30 años (un ingreso anual medio de 110 dólares EE.UU.). Una cantidad de ese monto cubriría todos los costos relativos a los proyectos de regeneración forestal natural asistida, pero quizá no todos los

En Extrema, Minas Gerais (Brasil), los propietarios de tierras están recibiendo 118 dólares EE.UU. por hectárea por año para permitir la restauración de áreas ribereñas que son importantes para la producción de agua, como esta plantación de restauración de elevada diversidad de un año de edad



Costo de oportunidad e ingreso potencial, restauración en la región forestal atlántica

Costo de oportunidad e ingreso potencial, restauración en la región forestal atlántica	Ingreso potencial anual ^a (dólares EE.UU./ha/año)	Calendario (años)																														Ingreso total acumulado (dólares EE.UU./ha)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Costo de oportunidad de la ganadería extensiva^b	-100																															-3 000
Oportunidades de ingreso derivadas de la restauración																																
Cultivos producidos en el marco de planes agrocepcionales ^c	300																															900
Pagos por servicios del ecosistema – agua ^d	118																															1 180
Pagos por servicios del ecosistema – carbono ^e	330																															3 300
PFNM	200																															5 000
Madera – especies de crecimiento rápido ^f	2 500																															2 500
Madera – especies de crecimiento moderadamente rápido ^f	4 000																															4 000
Madera – especies de crecimiento lento ^f	6 000																										6 000					
Ingreso neto																																19 880

a Para las actividades que producen un ingreso anual, el valor anual representa el ingreso medio obtenido durante el período propuesto para la realización de la actividad. En el caso de la madera, el ingreso anual se ha limitado al año de la cosecha (p. ej., 10, 20 y 30 años para las especies de crecimiento rápido, de crecimiento moderadamente rápido y de crecimiento lento, respectivamente).

b De todos los costos, solo los costos de oportunidad se incluyen en este cuadro, puesto que el costo de restauración está sufragado por el Pacto de Restauración del Bosque Atlántico.

c Basado en el ingreso que proviene de los cultivos anuales plantados tradicionalmente en las pequeñas explotaciones, tales como frijoles, trigo, yuca y zapallo. Los autores consideran que estos cultivos pueden ser cultivados intercalándolos entre las hileras de árboles plantados durante un período de tres años, después del cual la sombra puede dificultar la producción comercial.

d Basado en el programa modelo de Extrema, Minas Gerais (Brasil sudoriental) (Veiga y Gavalda, 2011). Aunque estos pagos pueden tener una duración indefinida, su duración se ha limitado aquí a un período de diez años.

e Basado en la acumulación de 300 toneladas de equivalente de CO₂ por hectárea en 30 años, y un precio promedio de 11 dólares EE.UU. por tonelada. El valor total por pagar durante el período de 30 años se concentra en los primeros diez.

f Para los autores, esta es una estimación conservadora.

g Estos valores se basan en una evaluación económica realizada por Fasiaben (2010) en el bosque atlántico del Brasil, y representan estimaciones conservadoras tanto de los precios de la madera como del crecimiento de los árboles, y no contemplan ningún valor agregado.

Nota: Los valores se basan en los valores generales estimados para el bosque atlántico del Brasil y son tan solo indicativos. Pueden variar considerablemente de acuerdo con las especies, el sistema de producción, la respuesta de las plantas a las condiciones específicas del sitio, y el contexto socioeconómico del proyecto.

costos de los proyectos de restauración que contemplan plantación de árboles. Y, lo que es más importante, los pagos por créditos de carbono recibidos en los primeros años de un proyecto de restauración forestal contribuirían a compensar a los propietarios de tierras por la falta de ingresos derivados de la madera, de los PFNM y (anteriormente) de la ganadería extensiva o la agricultura.

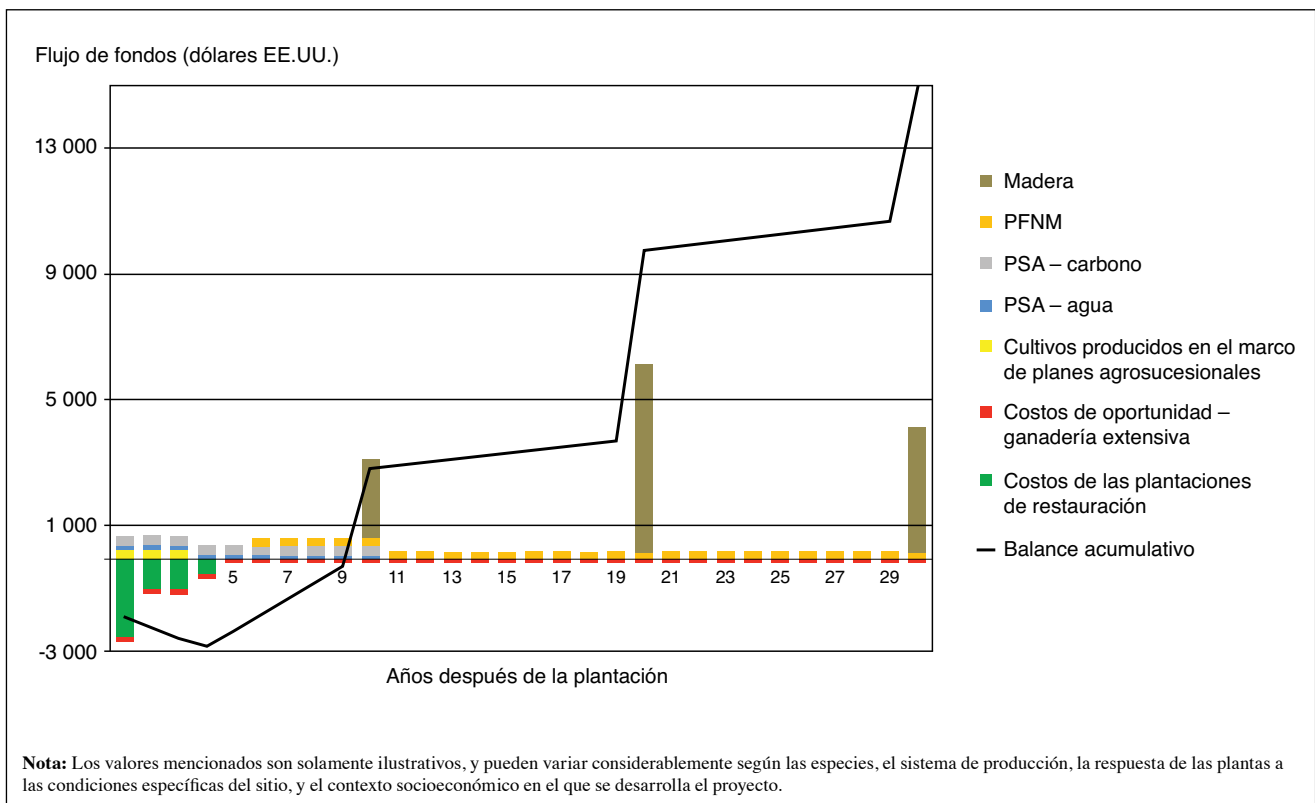
Una limitación de las ganancias que provienen de los créditos de carbono obtenidos de la reforestación con árboles nativos es que el coste de los procesos de certificación y validación es alto; resulta pues tentador utilizar en vez de esos árboles especies

de crecimiento rápido (quizá especies no nativas). Para reducir los costos que recaen sobre los individuos sería necesario implantar estrategias y políticas públicas que inciten a los propietarios de tierras a reunirse en agrupaciones.

Los planes de PSA son planes que pueden crear sinergias (Strassburg *et al.*, 2010); y los que tienen como objetivo un determinado servicio del ecosistema suelen ser útiles para ayudar a la obtención de pagos por otros de esos servicios (Strassburg *et al.*, 2012). Es posible aumentar la magnitud y diversidad del ingreso producido por la restauración forestal cuando varios planes de PSA se conjuntan.

Integración de las fuentes de ingreso

La diversificación de las fuentes de ingreso contribuye a la reducción del riesgo —un factor de decisión muy importante para los propietarios de tierras. El desafío consiste por tanto en crear condiciones en las que se conjugan varias oportunidades de generación de ingresos, de modo que los proyectos de restauración puedan producir cultivos, madera y productos no madereros y uno o más servicios del ecosistema. Un marco conceptual en el que confluyen estas oportunidades podría consistir en tomar los PSA como actividad central en los primeros diez años; explotar los PFNM y, posiblemente, las especies madereras



de crecimiento rápido en una segunda fase, para luego, unos 20 años después de la plantación inicial, dar comienzo a la cosecha de la madera de mayor valor. Si se utiliza el marco y los valores propuestos en el cuadro, y si la reforestación es el principal método de la restauración, mediante la combinación de tres o más de las siete oportunidades de ingreso sugeridas el costo de referencia podría superar fácilmente los 8 000 dólares EE.UU.: esta cantidad incluye el costo de oportunidad de la eliminación de la ganadería extensiva (100 dólares EE.UU. por hectárea por año durante 30 años) y el costo relativo al esfuerzo de restauración (estimado en 5 000 dólares EE.UU. por hectárea). Diez años después del inicio del proyecto, la restauración del bosque tropical podría convertirse en una actividad más rentable que la actual forma de uso de la tierra, es decir, la ganadería extensiva (véase la figura).

EL CAMINO A SEGUIR

A lo largo de la historia, la degradación de los bosques ha estado impulsada por fuerzas económicas, tales como la especulación agraria, las ganancias fáciles provenientes de una explotación maderera depredadora y la liquidación del

capital natural, la expansión de las tierras agrícolas, las ciudades y la minería, y la construcción de caminos. En la mayoría de los casos, las sociedades han dado apoyo a estas actividades mediante la demanda y el pago de productos agrícolas producidos a expensas de los bosques, y las han financiado por conducto de préstamos públicos y privados.

Es lógico que si una sociedad decide colectivamente invertir la degradación de los bosques y la deforestación, y mitigar la enorme deuda medioambiental que se traslada a las generaciones futuras, esas mismas fuerzas económicas deben convertirse en agentes aliados. Siguiendo el modelo económico de la demanda y la oferta, la degradación de las tierras forestales es reductora del capital natural, lo que, por consiguiente, intensifica la demanda de bienes forestales y servicios del ecosistema. Para satisfacer esa demanda en aumento, la oferta debe incrementarse: de este modo se crean las condiciones apropiadas para la restauración forestal en gran escala. Las diversas oportunidades de transformar las tierras marginales en bosques ordenados sosteniblemente —económicamente viables—, que no entran en competencia con la tierra que se destina a la producción de

1 Flujo de fondos indicativo relacionado con varias actividades propuestas para la restauración forestal tropical en el bosque atlántico del Brasil

alimentos, representan, en efecto, oportunidades de ingreso para los empresarios que desean sacar provecho del suministro de los múltiples productos y servicios que provienen de los bosques restaurados.

Para crear una situación de este tipo para la restauración ecológica es necesario:

- reforzar la legislación ambiental, procurando evitar los obstáculos que impiden el cultivo y posterior uso de las especies nativas;
- estimular el consumo de productos que provienen de la ordenación sostenible de especies nativas cultivadas en el ámbito de los proyectos de restauración;
- proporcionar préstamos y líneas de crédito atractivas a los empresarios interesados en la restauración forestal, al tiempo que se ponen obstáculos a las actividades que causan la degradación de los bosques;
- realizar inversiones en investigaciones aplicadas sobre el cultivo, mejora genética y elaboración de las especies nativas;

- fortalecer las capacidades de los organismos de difusión, con el objeto de habilitarlas para transferir técnicas y conocimientos prácticos a los agricultores;
- formular políticas públicas destinadas a la aplicación y el respaldo de estas medidas.

Es probable que si las fuerzas económicas no se incorporan en el diseño y ejecución de los proyectos de restauración, quienes defienden la restauración forestal sigan practicando una suerte de «jardinería ambiental». Es decir que los proyectos se realicen solo en pequeña escala; que su relación costo-eficacia sea baja y no se produzca una integración de los proyectos en el paisaje; que la participación de los propietarios de tierras y la sociedad en general sea insignificante; y que las repercusiones de los proyectos en las acciones tendientes a acabar con la degradación forestal sean leves. El fomento de la restauración de los bosques tropicales es una acción urgente y necesaria; y constituye también, desde el punto de vista económico, una actividad sumamente viable. ♦



Bibliografía

- Bradshaw, C.J.A., Giam, X. y Sodhi, N.S.** 2010. Evaluating the relative environmental impact of countries. *PlosOne*, 5(5): 1–16. DOI: 10.1371/journal.pone.0010440.
- Brancalion, P.H.S., Viani, R.A.G., Aronson, J., Rodrigues, R.R. y Nave, A.G.** 2011. Improving planting stocks for the Brazilian Atlantic Forest restoration through community-based seed harvesting strategies. *Restoration Ecology*. DOI: 10.1111/j.1526-100X.2011.00839.x y (en prensa).
- Brancalion, P.H.S., Vidal, E., Lavorenti, N.A., Batista, J.L.F. y Rodrigues, R.R.** 2012. Soil-mediated effects on potential *Euterpe edulis* (Arecaceae) fruit and palm heart sustainable management in the Brazilian Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management*, 284(1): 78–85. DOI: 10.1016/j.foreco.2012.07.028.
- Calle, Z., Murgueitio, E. y Chará, J.** 2012. Integración de las actividades forestales con la ganadería extensiva sostenible y la restauración del paisaje. *Unasylyva* 239: 31–40 (en este número).
- Calmon, M., Brancalion, P.H.S., Paese, A., Aronson, J., Castro, P., da Silva, S.C. y Rodrigues, R.R.** 2011. Emerging threats and opportunities for large-scale ecological restoration in the Atlantic Forest of Brazil. *Restoration Ecology*, 19(2):154–158. DOI: 10.1111/j.1526-100X.2011.00772.x.
- Campoe, H.C., Stape, J.L. y Mendes, J.C.T.** 2010. Can intensive management accelerate the restoration of Brazil's Atlantic forests? *Forest Ecology and Management*, 259(9): 1808–1814. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.06.026
- FAO.** 2010. *Payment for environmental services: first global inventory of schemes provisioning water for cities*. Roma.
- FAO.** 2012. Base de datos FAOSTAT. Disponible en: faostat.fao.org.
- Fasiabem, M.C.R.** 2010. *Economic impact of Legal Forest Reserves on different types of agricultural land use*. Universidade Estadual de Campinas, Brasil (tesis doctoral).
- Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M. y Toulmin, C.** 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327(5967): 812–818. DOI: 10.1126/science.1185383.
- Herrero, M., Thornton, P.K., Notenbaert, A.M., Wood, S., Msangi, S., Freeman, H.A., Bossio, D., Dixon, J., Peters, M., van de Steeg, V., Lynam, J., Parthasarathy Rao, P., Macmillan, S., Gerard, B., McDermott, J., Seré, C. y Rosegrant, M.** 2010. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. *Science*, 327(5967): 822–825. DOI: 10.1126/science.1183725.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística).** 2003. *Pesquisa pecuária municipal 2002*. Brasília, IBGE.
- IBGE.** 2012. Base de datos. Disponible en: www.ibge.gov.br.
- Joly, C.A., Rodrigues, R.R., Metzger, J.P., Haddad, C.F.B., Verdade, L.M., Oliveira, M.C. y Bolzani, V.C.** 2010. Biodiversity conservation research, training, and policy in São Paulo. *Science*, 328: 1358–1359. DOI: 10.1126/science.1188639.
- Lamb, D.** 1998. Large-scale ecological restoration of degraded tropical forest lands: the potential role of timber plantations. *Restoration Ecology*, 6(3): 271–279. DOI: 10.1046/j.1526-100X.1998.00632.x.
- Licker, R., Johnston, M., Foley, J.A., Barford, C., Kucharik, C.J., Monfreda, C. y Ramankutty, N.** 2010. Mind the gap: how do climate and agricultural management explain the 'yield gap' of croplands around the world? *Global Ecology and Biogeography*, 19(6): 769–782. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2010.00563.x.
- Macedo, M.N., DeFries, R.S., Morton, D.C., Stickler, C.M., Galford, G.L. y Shimabukuro, Y.E.** 2012. Decoupling of deforestation and soy production in the southern Amazon during the late 2000s. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA*, 109(4):1341–1346. DOI: 10.1073/pnas.1111374109.
- Miranda, D.L.C.** 2008. *Modelos matemáticos de estoque de biomassa e carbono em áreas de restauração florestal no sudoeste paulista*. Universidade Federal do Paraná (tesina).
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B. y Kent, J.** 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772): 853–858. DOI: 10.1038/35002501.
- Peres, C.A., Baider, C., Zuidema, P.A., Wadt, L.H.O., Kainer, K.A., Gomes-Silva, D.A.P., Salomão, R.P., Simões, L.L., Francisosi, E.R.N., Valverde, F.C., Gribel, R., Shepard Jr., G.H., Kanashiro, M., Coventry, P., Yu, D.W., Watkinson, A.R. y Freckleton, R.P.** 2003. Demographic threats to the sustainability of Brazil nut exploitation. *Science*, 302 (5653): 2112–2114. DOI: 10.1126/science.1091698.
- Peters-Stanley, M. y Hamilton, K.** 2012. *Developing dimension: state of the voluntary carbon markets 2012*. Washington/Nueva York, Ecosystem Marketplace/Forest Trends.
- Phalan, B., Balmford, A., Green, R.E. y Scharlemann, J.P.W.** 2011. Minimising the harm to biodiversity of producing more food globally. *Food Policy*, 36(Supp. 1): S62–S71. DOI: 10.1016/j.foodpol.2010.11.008.
- PROBIO (Proyecto nacional de biodiversidad).** 2009. *Land use and land cover classification of Brazilian biomes*. Brasília, Ministerio de Medio Ambiente. Disponible en: www.mma.gov.br/probio
- Reis, M.S., Fantini, A.C., Nodari, R.O., Reis, A., Guerra, M.P. y Mantovani, A.** 2000. Management and conservation of natural populations in Atlantic Rain Forest: the case study of palm heart (*Euterpe edulis* Martius). *Biotropica*, 32(4b): 894–902. DOI: 10.1111/j.1744-7429.2000.tb00627.x.

- Ribeiro, M.C., Metzger, J.P., Martensen, A.C., Ponzoni, F.J. y Hirota, M.M.** 2009. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forests distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, 142(6): 1141–1153. DOI: 10.1016/j.biocon.2009.02.021.
- Rodrigues, R.R., Lima, R.A.F., Gandolfi, S. y Nave, A.G.** 2009. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experiences in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation*, 142(6): 1242–1251. DOI: 10.1016/j.biocon.2008.12.008.
- SRE (Sociedad para la Restauración Ecológica).** 2004. *The SER International primer on ecological restoration*. Disponible en: www.ser.org/content/ecological_restoration_primer.asp.
- Smith, P., Gregory, P.J., van Vuuren, D., Obersteiner, M., Havlík, P., Rounsevell, M., Woods, J., Stehfest, E. y Bellarby, J.** 2010. Competition for land. *Philosophical Transactions of the Royal Society B – Biological Sciences*, 365(1554): 2941–2957. DOI: 10.1098/rstb.2010.0127.
- Sparovek, G., Berndes, G., Klug, I.L.F. y Barretto, A.G.O.P.** 2010. Brazilian agriculture and environmental legislation: status and future challenges. *Environmental Science y Technology*, 44(16): 6046–6053. DOI: 10.1021/es1007824.
- Stanton, T., Echavarria, M., Hamilton, K. y Ott, C.** 2010. *State of watershed payments: an emerging marketplace*. Ecosystem Marketplace. Disponible en: www.foresttrends.org/documents/files/doc_2438.pdf
- Strassburg, B., Turner, R.K., Fisher, B., Schaeffer, R. y Lovett, A.** 2009. Reducing emissions from deforestation: the “combined incentives” mechanism and empirical simulations. *Global Environmental Change*, 19(2): 265–278. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2008.11.004.
- Strassburg, B.B.N., Kelly, A., Balmford, A., Davies, R.G., Gibbs, H.K., Lovett, A., Miles, L., Orme, C.D.L., Price, J., Turner, R.K. y Rodrigues, A.S.L.** 2010. Global congruence of carbon storage and biodiversity in terrestrial ecosystems. *Conservation Letters*, 3(2):98–105. DOI: 10.1111/j.1755-263X.2009.00092.x.
- Strassburg, B.B.N., Rodrigues, A.S.L., Gusti, M., Balmford, A., Fritz, S., Obersteiner, M., Turner, R.K. y Brooks, T.M.** 2012. Impacts of incentives to reduce emissions from deforestation on global species extinctions. *Nature Climate Change*. DOI: 10.1038/nclimate1375.
- Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R. y Polasky, S.** 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898): 671–677. DOI: 10.1038/nature01014.
- Veiga, F.A. y Gavalvão, M.** 2011. Iniciativas de PSA de conservação dos recursos hídricos na Mata Atlântica. En F.M Guedes y S.E. Seehusen, eds., *Pagamento por serviços ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios*. Brasília, Ministerio de Medio Ambiente.
- Vieira, D.L.M., Holl, K.D. y Peneireiro, F.M.** 2009. Agro-successional restoration as a strategy to facilitate tropical forest recovery. *Restoration Ecology*, 17(4):451–459. DOI: 10.1111/j.1526-100X.2009.00570.x
- Wunder, S.** 1998. *Value determinants of plant extractivism in Brazil*. Rio de Janeiro, Brasil, Instituto de Investigación Económica Aplicada. ♦