



Desafíos para una agricultura con bajas emisiones de carbono y conservación forestal en Brasil

Britaldo Soares-Filho, Letícia
Lima, Maria Bowman, and
Letícia Viana

Banco
Interamericano de
Desarrollo

Unidad de
Salvaguardias
Ambientales
(VPS/ESG)

NOTAS TÉCNICAS

BID-TN-385

Febrero 2012

Desafíos para una agricultura con bajas emisiones de carbono y conservación forestal en Brasil

Britaldo Soares-Filho, Letícia
Lima, Maria Bowman, and
Letícia Viana



Banco Interamericano de Desarrollo

2012

<http://www.iadb.org>

Las Notas Técnicas y Presentaciones del Banco Interamericano de Desarrollo son preparadas para los eventos por personal tanto interno como externo como materiales de apoyo y suelen confeccionarse en un plazo muy corto de publicación, sin edición ni revisión formal. La información y las opiniones que se presentan en estas publicaciones son exclusivamente de los autores y no expresan ni implican el aval del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representan.

Britaldo Soares-Filho es profesor titular y coordinador del Centro de Detección Remota de la Universidad Federal de Minas Gerais en Brasil. Letícia Lima y Letícia Viana son investigadoras asociadas de dicho Centro. Maria Bowman es doctoranda en la Facultad de Recursos Naturales de la Universidad de California–Berkeley. Christophe Gouvello se desempeña como especialista *senior* en energía en el Banco Mundial.

Este documento puede reproducirse libremente.

SIGLAS

AP	Área protegida
ARPA	Áreas Protegidas de las Región del Amazonas
BLUM	Modelo Brasileño de Uso del Suelo
CCBA	Alianza por el Clima, la Comunidad y la Biodiversidad
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO ₂	Dióxido de carbono
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GCF	Grupo de Trabajo de Gobernadores sobre Clima y Bosques
GHG	Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
LULUCF	Uso del Suelo y Cambios en el Uso del Suelo y los Bosques
MRV	Medición, Publicación y Verificación
NCCP	Plan Nacional para el Cambio Climático
PAS	Plan Amazonia Sustentable
PPCDAM	Plan de Acción para la Prevención y el Control de la Deforestación en la Amazonia
PROAMBIENTE	Programa para el Desarrollo Socio-Ambiental de la Producción Rural Familiar en la Amazonia
REDD	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques

ÍNDICE

Siglas

Preliminares	1
Impacto directo e indirecto de la expansión agropecuaria	3
Retroalimentación entre cambio climático, deforestación y agricultura	7
Posibles escenarios de expansión agrícola en Brasil para la satisfacción de la demanda de biocombustibles y cultivos.....	13
Camino hacia la agricultura de baja emisión de carbono	20
Cómo alcanzar las metas de la agricultura de baja emisión de carbono y de la conservación medioambiental de amplio alcance.....	23
El papel de los acuerdos bilaterales	28
Referencias.....	31

1. PRELIMINARES

Brasil está bajo la lupa, justo en el punto en el que se centra la mirada internacional, por ser tanto uno de los mayores emisores de dióxido de carbono (CO₂) por cambios en la utilización de la tierra, como el custodio de la mayor selva tropical del mundo. Los recientes esfuerzos realizados por el gobierno de Brasil para poner freno a la deforestación en tierras de propiedad privada, tomar medidas contra la tala ilegal¹ y decretar vastas extensiones de selva nativa como áreas protegidas (más de 790.000 km² decretados desde 2002, que ya ponen a cubierto el 46% del bioma de la Amazonia brasileña),² junto con la reciente caída en la actividad del sector agropecuario, ayudaron a reducir la deforestación en un 68 por ciento en 2011 con respecto al piso histórico de 19.600 km² por año entre 1996 y 2005, lo que tuvo como resultado una reducción del CO₂ de más de mil millones de toneladas, cifra equivalente al doble de las metas del Protocolo de Kyoto para el periodo 2008-2012.³ Asimismo, los registros voluntarios que promueven una administración responsable del suelo por parte de los ganaderos y los cultivadores de soja,⁴ así como la percepción, entre los agricultores y ganaderos de la Amazonia, de que los bosques existentes pronto incrementarán su valor a través de un mercado del carbono,⁵ están motivando aún mayores reducciones de la deforestación.⁶ Estas percepciones y las iniciativas voluntarias han sido reforzadas por los sistemas internacionales de certificación de commodities, así como por las moratorias sobre cultivo de soja y producción de carne sobre tierras recientemente deforestadas, que intentan excluir a los taladores ilegales del mercado internacional de commodities.

En Copenhague, en 2009, Brasil informó de una gran reducción de la deforestación del Amazonas –su mayor fuente de emisiones de carbono– y anunció su objetivo oficial de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GHG) en un 36-39 por ciento para 2020.⁷ En la actualidad, Brasil es líder mundial tanto en su compromiso como en el logro de reducciones de GHG, y es además un exportador líder de productos agropecuarios. Brasil es el principal

¹ Serviço Florestal Brasileiro & Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia 2010.

² Soares-Filho y otros 2010.

³ Nepstad y otros 2011.

⁴ Nepstad y otros 2009.

⁵ Nepstad y otros 2009; Soares-Filho y otros 2010.

⁶ Nepstad y otros 2011.

⁷ Brasil 2009.

exportador, por volumen, de carne, café y azúcar, está preparado para convertirse en el mayor exportador de soja en 2012, y solo está detrás de Estados Unidos en exportaciones de maíz y etanol. En buena medida, este éxito proviene del papel que desempeña la empresa de investigación y desarrollo agronómica financiada a nivel federal, EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), que ha llevado adelante una campaña revolucionaria para mejorar el rendimiento de las cosechas en tierras tropicales. Actualmente, el rendimiento de la soja en Brasil es más alto que en los Estados Unidos,⁸ y las políticas agropecuarias, como el programa nacional de etanol, han contribuido al éxito del negocio agropecuario brasileño, que en general prospera pese a recibir subsidios o compensaciones menores que el negocio agropecuario en los Estados Unidos o la Unión Europea.

Por lo tanto, el debate actual sobre el destino del Código Forestal está impulsado por el dilema que rodea a la cuestión de cómo conservar las vastas selvas brasileñas y al mismo tiempo expandir la producción agropecuaria para cubrir la creciente demanda local y global. El poderoso sector agropecuario brasileño espera duplicar la producción agrícola y ganadera para 2020, lo cual atenta contra los objetivos del Plan Nacional para el Cambio Climático (NCCP).⁹ Por ejemplo, el Plan de Aceleración del Crecimiento, un plan gubernamental, es un programa interministerial fuertemente capitalizado, que tiene pocas salvaguardias medioambientales y que incrementará la rentabilidad de las actividades dependientes de la deforestación al reducir los costos de transporte, almacenamiento y energía.

Se ha sugerido que la adopción de técnicas intensivas en la industria ganadera podría ser una manera de reducir la presión sobre los márgenes de los bosques y preservar tierras para la producción de porotos de soja o caña de azúcar,¹⁰ y esta es la piedra angular del plan brasileño para reducir las emisiones de GHG. El NCCP y el plan de Acciones de Mitigación Apropriadas para el País propuesto por Brasil apuntan a restringir el área de tierras destinadas a ganadería extensiva por medio de la producción intensiva. Con este fin, los programas con financiación federal, como el programa de agricultura baja en carbono,¹¹ y las actividades de I+D en Brasil se alinean en el apoyo a las metas de intensificación, pero no existen garantías de que ello reduzca

⁸ Nass y otros 2007.

⁹ Brasil, 2009.

¹⁰ Gouvello y otros 2010.

¹¹ MAPA y MDA 2011.

la demanda de tierras en los márgenes de los bosques, en particular si las cuestiones relativas a la tenencia de tierras no son resueltas a conciencia por medio de un programa de amplio alcance de titulación y zonificación, y si en las regiones fronterizas no se hacen cumplir en forma consistente las leyes medioambientales existentes.¹² Por otra parte, el ataque al Código Forestal Brasileño, así como las inversiones federales y privadas en infraestructura siguen amenazando el progreso hacia los objetivos del NCCP. Así, al igual que muchos países en desarrollo, Brasil enfrenta un inmenso desafío al sopesar cómo incentivar el desarrollo y a la vez reducir las emisiones de GHG.

En este sentido, hay una necesidad acuciante de desarrollar políticas que sean compatibles con el plan de Brasil de expansión de la producción agropecuaria y su meta de reducir el total de emisiones de CO₂ del país. En este contexto, en este artículo se examina la retroalimentación que existe entre cambio climático, deforestación y expansión agropecuaria, y presenta escenarios relativos a la demanda agropecuaria y a las políticas de conservación y recuperación forestal en Brasil. Asimismo, se examinan las implicancias de estos escenarios para el abastecimiento de alimentos y carne, la provisión de servicios de los ecosistemas, y la mitigación del cambio climático. Modelar estos escenarios permite realizar una evaluación integrada de caminos posibles para lograr las metas del Plan Nacional para el Cambio Climático, para ofrecer una fuente disponible de información objetiva para el debate sobre el Código Forestal, y para apoyar el plan brasileño de expansión de tierras cultivables, así como para prevenir potenciales conflictos.

2. IMPACTO DIRECTO E INDIRECTO DE LA EXPANSIÓN AGROPECUARIA

La capacidad de nuestro planeta para sustentar la vida está decreciendo debido al creciente uso antropogénico de recursos naturales.¹³ En este contexto, los cambios en el uso y cobertura del suelo en Brasil se han convertido en una preocupación global, dada su contribución histórica a

¹² Bowman y otros 2012.

¹³ Brown 2011.

las emisiones globales de carbono.¹⁴ La Amazonia brasileña perdió alrededor del 20 por ciento de su selva entre 1970 y 2011,¹⁵ y se ha producido una conversión de la vegetación del Cerrado en más del 40% del bioma y prosigue a una tasa de 4.000 km² anuales.¹⁶ Solo se conserva entre un 12 y un 16 por ciento de la sumamente fragmentada selva atlántica,¹⁷ la cual continúa siendo deforestada a una tasa anual de 562 km² (periodo 1995-2005).¹⁸

En Brasil la conversión de bosques en tierras de pastoreo, de cultivo de cereales y áreas urbanas está impulsada por diversas causas, incluidos los programas gubernamentales que ofrecen incentivos perversos para la expansión de las fronteras, la especulación con la tierra ante la falta de gobernanza y titulación de la tierra, la tala y la expansión de las tierras de cultivo y de las cabezas de ganado como respuesta a la demanda creciente de biocombustibles y alimentos, expansión que por otra parte está impulsada por los avances en agricultura tropical. La migración interna asociada a los asentamientos espontáneos y a los programas de asentamiento de minifundistas en áreas boscosas, el incremento de infraestructuras y la extensión de las áreas urbanas, entre otros factores,¹⁹ también exacerban la expansión y la conversión de los bosques hacia otros usos.

Estas causas de la deforestación son complejas y frecuentemente están interrelacionadas.²⁰ En tiempos pasados, por ejemplo, los incentivos fiscales y los proyectos de asentamientos estatales, junto con la apertura derivada de la construcción de grandes carreteras, ocasionaron un gran influjo migratorio hacia la región amazónica, y estos inmigrantes siguen despejando tierras en los márgenes de la selva, en busca de nuevas oportunidades.²¹ La expansión de los grandes latifundios agrícolas y ganaderos fue fogoneada por los progresos en la agricultura tropical, lo que permitió una rápida deforestación del Cerrado centro-occidental.²² Estas propiedades rurales han sido responsables de una parte importante de la deforestación en los últimos años,²³ mientras que la reciente deforestación de los bosques de la zona atlántica está

¹⁴ Houghton 2008; Leite et al en reseña.

¹⁵ INPE 2011a.

¹⁶ Ferreira y otros 2011.

¹⁷ Ribeiro y otros 2009.

¹⁸ SOS MA 2011.

¹⁹ Soares-Filho y otros 2005; 2008a.

²⁰ Soares-Filho y otros 2008a.

²¹ García y otros 2007.

²² Jepson y otros 2010.

²³ Ferreira y otros 2011.

impulsada sobre todo por la especulación inmobiliaria alrededor de los grandes centros urbanos²⁴ y por la producción de carbón vegetal destinada a la siderurgia en las regiones más remotas (principalmente, en Minas Gerais).

Actualmente, la soja y la caña de azúcar ocupan amplias franjas del Cerrado brasileño sur y centro-occidental, y se han expandido hacia la región amazónica pese a la prohibición oficial de cultivar caña de azúcar en esa zona,²⁵ lo que suscita serias preocupaciones con respecto a las consecuencias medioambientales y sociales. Además del impacto directo de las prácticas tradicionales de administración de la tierra relativas a la fertilidad del suelo y a las emisiones de carbono, el consumo de agua y la contaminación debida a fertilizantes y herbicidas, la conversión de la vegetación nativa en cultivos está asociada con pérdida de la biodiversidad y la pérdida de los servicios de absorción del carbono al ser talada la vegetación nativa.²⁶ Esto último, en conjunción con las emisiones de carbono debidas a la deforestación, agrava aún más el calentamiento global. Asimismo, la deforestación modifica el clima regional y los regímenes fluviales²⁷ debido a los cambios en el albedo de la superficie,²⁸ la temperatura y la evapotranspiración²⁹, y el ciclo del agua.³⁰ Así, la conversión de la selva en tierra agrícola en la Amazonia tiene serias implicancias en el clima global y en la provisión de un amplio rango de servicios de los ecosistemas.³¹

Aunque el 80 por ciento de la deforestación de la Amazonia está asociada a la ganadería,³² se desconoce su impacto directo sobre la deforestación. Solo entre un 13 y un 18% de la deforestación es causada por la conversión a cultivo de soja,³³ del cual menos del 6% puede atribuirse al biodiesel.³⁴ Sin embargo, hay una creciente preocupación de que la expansión de la soja impulse la deforestación en otros lugares, al desplazar a los ganaderos hacia el interior de las fronteras de la Amazonia,³⁵ donde la tierra todavía es barata.³⁶ Ello incrementa la especulación y

²⁴ Texeira y otros 2009.

²⁵ Manzatto y otros 2009.

²⁶ Foley y otros 2007.

²⁷ Coe y otros 2009.

²⁸ Costa y otros 2007.

²⁹ Loarie y otros 2011.

³⁰ Bruijnzeel 2004.

³¹ Costanza y otros 1997; Turner y otros 2007; Stickler y otros 2009.

³² Wassenaar y otros 2007.

³³ Morton y otros 2006; Lima y otros 2011.

³⁴ Lima y otros 2011.

³⁵ Nepstad y otros 2006; Arima y otros 2011.

la concentración de la tierra entre los latifundistas más capacitados y con mayor capital, que hace que se desplacen así los taladores que han aprovechado las altas tasas de retorno a escala de la agricultura, y estimula la emigración del campo a la ciudad a medida que incrementan los precios de la tierra.³⁷

Se desconoce aún la magnitud de estos impactos indirectos de la expansión de la agricultura sobre la deforestación del Amazonas, pese a los intentos de modelar los fenómenos.³⁸ Sin embargo, está claro que las altas tasas de retorno de la agricultura incrementan los costos de oportunidad de la conservación,³⁹ así como los costos de aplicación de las leyes,⁴⁰ y suponen una mayor presión sobre el gobierno brasileño para que suavice las leyes medioambientales, como el proyecto de reforma del Código Forestal Brasileño. Incluso la presidenta Dilma Rousseff ha firmado una serie de decretos que disminuyen el tamaño de áreas protegidas creadas recientemente.⁴¹ Estos ataques a las leyes medioambientales brasileñas constituyen un contragolpe dirigido a una agenda medioambiental que ha avanzado sobre todo sobre la base de leyes que restringen los usos de la tierra y que a veces desprecian a los granjeros y latifundistas, pero que no han logrado ofrecerles a los terratenientes incentivos para su cumplimiento ni reconocer y premiar a los administradores de las tierras.

A la luz de estos acontecimientos, se avecina un cambio a toda velocidad en la tendencia hacia la disminución de la deforestación.⁴² La rentabilidad de la deforestación está en aumento y podría permanecer en un nivel alto por muchos años o décadas, dado el panorama global de aumento continuo de los precios de las commodities agropecuarias.⁴³ Al aumentar la demanda de productos agrícolas, puede debilitarse el compromiso de los compradores de commodities de excluir a los taladores ilegales de las cadenas de suministro. Además, los granjeros y latifundistas comprometidos con una sensata administración de la tierra⁴⁴ todavía no han obtenido beneficios económicos por sus esfuerzos y por el alto costo de cumplir con las certificaciones de los foros

³⁶ Bowman y otros 2012.

³⁷ Soares-Filho y otros 2005; Garcia y otros 2007.

³⁸ Lapola y otros 2010, 2011; Gouvello y otros 2010.

³⁹ Soares-Filho y otros 2010.

⁴⁰ Nepstad y otros 2009.

⁴¹ Brasil 2011.

⁴² Metzger y otros 2010.

⁴³ Grantham 2011.

⁴⁴ Nepstad y otros 2009.

internacionales. Por último, las cada vez menores perspectivas de un mercado internacional de REDD tal vez desalienten aún más la participación de los terratenientes.⁴⁵

3. RETROALIMENTACIÓN ENTRE CAMBIO CLIMÁTICO, DEFORESTACIÓN Y AGRICULTURA

Los bosques del mundo entero extraen de la atmósfera 2,4 Pg (1 Petagramo equivale a mil millones de toneladas) de carbono (1 kg de carbono equivale a 3,666 kg de CO₂) por año⁴⁶ - cantidad equivalente a casi un tercio de las emisiones anuales de combustibles fósiles.⁴⁷ Asimismo, entre 1990 y 2007, los árboles que volvieron a crecer en tierras previamente deforestadas en los trópicos absorbían otros 1,6 Pg de carbono por año.⁴⁸ De este modo, siendo la selva tropical más grande del mundo (5,4 millones de km²), la Amazonia desempeña un papel central en el mantenimiento del equilibrio global del carbono.⁴⁹

La selva amazónica alberga alrededor del 20 por ciento de las especies terrestres conocidas,⁵⁰ contiene un décimo del carbono mundial de los ecosistemas terrestres (86±17 Pg de carbono)⁵¹ y representa un décimo de la producción primaria neta mundial,⁵² al capturar 0,49±0,18 Pg de carbono en un año promedio.⁵³ La selva amazónica también juega un papel fundamental en los regímenes climáticos regionales; su vegetación enfría el aire al bombear aproximadamente 7 billones de toneladas de agua por año a la atmósfera a través de la evotranspiración.⁵⁴ Esencialmente, la selva funciona como un gigantesco aire acondicionado que mantiene húmedo y lluvioso al clima regional, al hacer circular el agua atmosférica en la forma de ríos aéreos que se dirigen hacia el sudeste y el centro del continente sudamericano.⁵⁵

⁴⁵ Nepstad y otros 2011.

⁴⁶ Pan y otros 2011.

⁴⁷ Van der Werf y otros 2009.

⁴⁸ Pan y otros 2011.

⁴⁹ Ma lhi y otros 2008.

⁵⁰ Raven 1988.

⁵¹ Saatchi y otros 2007.

⁵² Melillo y otros 1993.

⁵³ Phillips y otros 2008.

⁵⁴ Moutinho y Schwartzman 2005.

⁵⁵ Fearnside 2003.

Asimismo, la selva amazónica influye sobre los climas regionales de zonas tales como el medio oeste de los Estados Unidos a través de teleconexiones climáticas.⁵⁶

Pese a estos importantes papeles que desempeña la Amazonia, la deforestación tropical ha liberado cantidades significativas de carbono a la atmósfera. Durante los años 90, se emitieron entre 0,8 y 2,2 Pg de carbono por año por la deforestación tropical, lo que representa entre un 10 y un 35 por ciento de los GEI globales.⁵⁷ En la actualidad, esta proporción se ha reducido al 12 por ciento, sobre todo debido al incremento de las emisiones de combustibles fósiles, pero también como resultado de la caída de las tasas de deforestación mundial.⁵⁸ Las reservas de carbono de la Amazonia también son sensibles a las variaciones climáticas. En la grave sequía de 2005, la selva amazónica perdió alrededor de 1,2-1,6 Pg de biomasa de carbono,⁵⁹ y en 2010, una sequía aun mayor tuvo como consecuencia una pérdida de aproximadamente 2,2 Pg de carbono.⁶⁰

Además de la deforestación, los incendios forestales también influyen en el calentamiento global. Alencar y otros⁶¹ calcularon que las emisiones de carbono anuales debidas a incendios en la Amazonia brasileña pueden ascender a $0,094 \pm 0,070$ Pg durante los años de El Niño - Oscilación del Sur. Sin embargo, esta cifra puede llegar a ser mucho mayor en los años más intensos de El Niño, como ocurrió en 1997-1998, cuando las emisiones por incendios forestales en México, la Amazonia e Indonesia totalizaron 1,6 Pg de carbono⁶² -lo que equivale al 18 por ciento de las emisiones de combustibles fósiles actuales del mundo.⁶³ Los incendios forestales no solo alteran la composición atmosférica; también interrumpen la formación de nubes de lluvia,⁶⁴ reduciendo por lo tanto la cantidad de precipitaciones⁶⁵ e incrementando el tiempo promedio de permanencia de los aerosoles en la atmósfera.⁶⁶ A su vez, estos efectos tienen un significativo impacto negativo en la salud humana.⁶⁷ Por ejemplo, durante la extrema sequía de 2005 en el

⁵⁶ Avissar y Werth, 2003.

⁵⁷ Achard y otros 2002; DeFries y otros 2002; Houghton, 2005; IPCC 2007.

⁵⁸ Van der Werf y otros 2009.

⁵⁹ Phillips y otros 2009.

⁶⁰ Lewis y otros 2011.

⁶¹ Alencar y otros 2006.

⁶² Page y otros. 2003; Cairns y otros 2000; Phulpin y otros 2002.

⁶³ JRC 2009.

⁶⁴ Ackerman y otros. 2000.

⁶⁵ Andreae y otros. 2004.

⁶⁶ Ramanathan y otros. 2001.

⁶⁷ Mendonça y otros. 2004.

sudoeste de la Amazonia -vinculada probablemente con el calentamiento anormal del Atlántico Norte tropical-,⁶⁸ en el estado de Acre más de 40.000 personas requirieron atención médica debido a una persistente columna de humo que provenía de los múltiples incendios en los que se quemaron 300.000 hectáreas de selva en la región.⁶⁹ Por otra parte, las pérdidas económicas directas ocasionadas por los incendios generalizados de 2005 ascendieron a USD50 millones.⁷⁰

En resumen, los incendios en las selvas tropicales liberan cantidades globalmente significativas de carbono a la atmósfera y su importancia puede aumentar como consecuencia del cambio climático. Entre los escenarios del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) que no tienen en cuenta los esfuerzos por la mitigación, el escenario A2 se considera actualmente muy plausible, dado el constante incremento de las emisiones antropogénicas de carbono.⁷¹ En este escenario, se prevé que las temperaturas aumenten entre 2° y 5,4°C.⁷² En consecuencia, los modelos climáticos predicen un reemplazo de gran parte de la selva amazónica por ecosistemas tipo sabana para fines del siglo XXI, convirtiendo a las actuales selvas de sumideros netos en fuentes de carbono atmosférico.⁷³ A ello se suma que la deforestación extendida puede reducir las precipitaciones sobre la Amazonia⁷⁴ e incrementar la duración de la estación seca,⁷⁵ aumentando el riesgo de gran parte de la selva por incendios provocados por el cambio climático ya hacia 2020.⁷⁶

Por lo tanto, la sinergia entre la deforestación, que podría ser exacerbada por la creciente demanda global de productos agropecuarios y biocombustibles,⁷⁷ y las inversiones en infraestructura en la Amazonia,⁷⁸ la degradación de la selva por el desmonte y los incendios, las prácticas de administración de la tierra asociadas a incendios, y un clima cada vez más seco, puede convertirse en un acicate para la acción de los incendios en la Amazonia, llevando al resto de la selva a un círculo vicioso de empobrecimiento⁷⁹ -un punto crítico que puede llegar a

⁶⁸ Marengo y otros. 2008.

⁶⁹ Brown y otros. 2006; Aragão y otros. 2007.

⁷⁰ Brown y otros. 2006.

⁷¹ Van der Werf y otros. 2009.

⁷² IPCC 2007.

⁷³ Cox y otros. 2000, 2004; Botta y Foley 2002; Oyama y Nobre 2003; Collins 2005; Li y otros 2006; Salazar y otros 2007; Nobre y otros. 2010.

⁷⁴ Sampaio y otros 2007; Ramos da Silva y otros 2008.

⁷⁵ Costa y Pires 2010.

⁷⁶ Golding y Betts 2008; Silvestrini y otros. 2011.

⁷⁷ Nepstad y otros. 2006.

⁷⁸ Soares-Filho y otros. 2006.

⁷⁹ Nepstad y otros. 2001.

alcanzarse en el transcurso de las próximas dos décadas.⁸⁰ El grado en que este proceso afectará a la selva amazónica todavía es incierto y depende de otros efectos conjuntos del cambio climático, como la fertilización potencial de la vegetación ocasionada por las altas concentraciones atmosféricas de CO₂⁸¹ y la capacidad de recuperación del resto de la selva.⁸²

En el mapa de Bali, la 13ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) propuso disminuir drásticamente la deforestación tropical con el fin de mantener la concentración de CO₂ atmosférico por debajo de 450 ppm (en la actualidad es de 389 ppm (climate.nasa.gov/keyIndicators)) y de reducir las emisiones globales entre un 2 y un 3 por ciento por año, comenzando en 2010. Ello limitaría el aumento de las temperaturas globales en un rango de 2°C hasta 2100, con el objetivo de evitar una peligrosa perturbación climática mundial.⁸³ Brasil desempeña un papel esencial en este esfuerzo global, dada su enorme extensión de vegetación nativa (el 60 por ciento de la selva amazónica está en su territorio), cuya reserva total de carbono es de 92 Pg.⁸⁴

Brasil ya ha tenido éxito tanto en sus compromisos como en sus logros relativos a la reducción de emisiones de carbono derivadas de la deforestación. Sin embargo, corre el riesgo de perder esos importantes resultados en la conservación de la selva debido a los ciclos de sequías y a los incendios forestales. La sequía extrema de 2005 fue eclipsada por un episodio de sequía aun más severo en 2010, durante el cual se quemaron vastas extensiones de selva en Brasil, Perú y Bolivia.⁸⁵ La desaparición de grandes extensiones de selva amazónica debida a razones climáticas, que se anticipa que comenzará a mediados de siglo, tal vez ya haya comenzado, como consecuencia de procesos de retroalimentación entre sequía, usos de la tierra dependientes del fuego e incendios forestales.⁸⁶ Una estrategia de conservación de amplio alcance para la Amazonia requiere, por lo tanto, una estimación cuidadosa de las interacciones entre cambio climático, deforestación e incendios, y es esencial que se apoye en esfuerzos internacionales de mitigación del calentamiento global.

⁸⁰ Nepstad y otros. 2008; Golding y Betts 2008.

⁸¹ Rammig y otros. 2010.

⁸² Soares-Filho y otros, en proceso de revisión.

⁸³ O'Neill y Oppenheimer, 2002; Elzen y Meinshausen 2005.

⁸⁴ Leite y otros, en proceso de revisión.

⁸⁵ Lewis y otros 2011.

⁸⁶ Nepstad y otros 2011.

Las actuales predicciones del impacto del cambio climático en el nordeste brasileño son desalentadoras. En esta región semiárida, donde llueven menos de 600 milímetros anuales, el cambio climático podría generar un desierto⁸⁷ y provocar pérdidas económicas, desempleo y vulnerabilidad a enfermedades transmitidas por vectores.⁸⁸ Semejante cambio también daría lugar a un flujo migratorio proveniente de áreas rurales de bajos ingresos hacia otras zonas de Brasil, ya en 2035.⁸⁹ Así, las tendencias medioambientales del cambio climático amenazan el progreso global de los pobres.⁹⁰

Con respecto a la agricultura, el cambio climático puede causar grandes desplazamientos geográficos en la productividad, reduciendo así hasta en un 40% el área productiva de granos (especialmente la soja, debido a la creciente frecuencia prevista de fenómenos de falta de agua) en las zonas centro y sudeste del Brasil.⁹¹ Asimismo, la mandioca -un cultivo básico de los agricultores de subsistencia- puede llegar a desaparecer en el nordeste, y las plantaciones de café resultarán sumamente dañadas a lo ancho del sudeste. Por otra parte, el sur de Brasil se tornará más apropiado para los cultivos tropicales, como la mandioca y la caña de azúcar. Probablemente, como consecuencia del cambio climático, en Brasil se produzca un aumento neto de las tierras de cultivo solamente para la caña de azúcar; la predicción es que las tierras apropiadas para su cultivo se incrementarán en un 100 por ciento. En general, teniendo en cuenta nueve cultivos evaluados por Assad y otros.,⁹² se prevé que las pérdidas económicas ocasionadas por el cambio climático serán de unos USD 4.000 millones hacia 2020, y podrían alcanzar los USD 14.000 millones hacia 2070, de acuerdo con el escenario IPCC-A2.⁹³ Incluso podrían ser mayores, ya que fenómenos climáticos más extremos y más frecuentes impondrán una enorme exigencia a la seguridad alimentaria y podrían provocar una mayor expansión de las tierras de cultivo.

El sector agropecuario es responsable por el 15 por ciento de las emisiones globales de GEI, sobre todo debido a las emisiones de metano y óxido nitroso.⁹⁴ Si continúa la tendencia

⁸⁷ CEDEPLAR y FIOCRUZ 2008.

⁸⁸ Domingues y otros 2008.

⁸⁹ CEDEPLAR y FIOCRUZ 2008.

⁹⁰ UNDP 2011.

⁹¹ Assad y otros 2008.

⁹² Ibid.

⁹³ Ibid.

⁹⁴ Popp y otros 2010.

global de crecimiento del consumo, habrá un significativo incremento de las emisiones de GEI distintos al CO₂, que también aumentarán debido a la transición de las conductas globales de consumo hacia alimentos de alto valor como la carne y la leche.⁹⁵ Por lo tanto, existe una retroalimentación positiva entre el cambio climático, la disminución del rendimiento de las cosechas, la deforestación adicional necesaria para contener esos desplazamientos geográficos, y la expansión de los cultivos derivada de la mejora de los niveles y los patrones de consumo global de alimentos. Para contrarrestar esta tendencia, se ha sugerido el uso de una agricultura más intensiva. Por ejemplo, Burney y otros⁹⁶ investigaron el efecto de la intensificación de la agricultura sobre las emisiones históricas de carbono entre 1961 y 2005, y concluyeron que las emisiones relacionadas con el uso de fertilizantes aumentaron, pero que el efecto neto de la aplicación de tecnologías para la intensificación de la agricultura contribuyó a evitar emisiones de hasta 161 Pg de carbono desde 1961. De acuerdo con sus estimaciones, cada dólar invertido en rendimiento agrícola ha tenido como resultado una disminución de emisiones de carbono de 68 kg en comparación con la tecnología de 1961.

Así, la intensificación de la agricultura parece ser un factor clave para alcanzar los objetivos de producción de alimentos y de mitigación del clima. Pero las realidades locales y regionales requieren estrategias específicas⁹⁷, como así también grandes inversiones.⁹⁸ La intensificación agrícola también trae aparejado un costo para el medioambiente, ya que las tierras cultivadas liberan cantidades significativas de nitrógeno y fósforo provenientes de los fertilizantes y de la materia orgánica, y contaminan los ecosistemas locales y regionales mediante la liberación de nitritos, nitratos y pesticidas en las vías fluviales, lo que puede provocar eutrofización de los ecosistemas de agua dulce y una pérdida asociada de la biodiversidad acuática, así como la contaminación del agua subterránea.⁹⁹ Asimismo, la agricultura de regadío consume un 70 por ciento del agua dulce utilizada a nivel mundial, de la cual entre un 15 y un 35 por ciento se considera no sostenible.¹⁰⁰

⁹⁵ Ibid.

⁹⁶ Burney y otros 2010.

⁹⁷ DeFries y Rosenzweig 2010; Foley y otros 2011.

⁹⁸ Leite y otros 2009; Gouvello y otros. 2010.

⁹⁹ Tilman 1999.

¹⁰⁰ Rosegrant y otros. 2009.

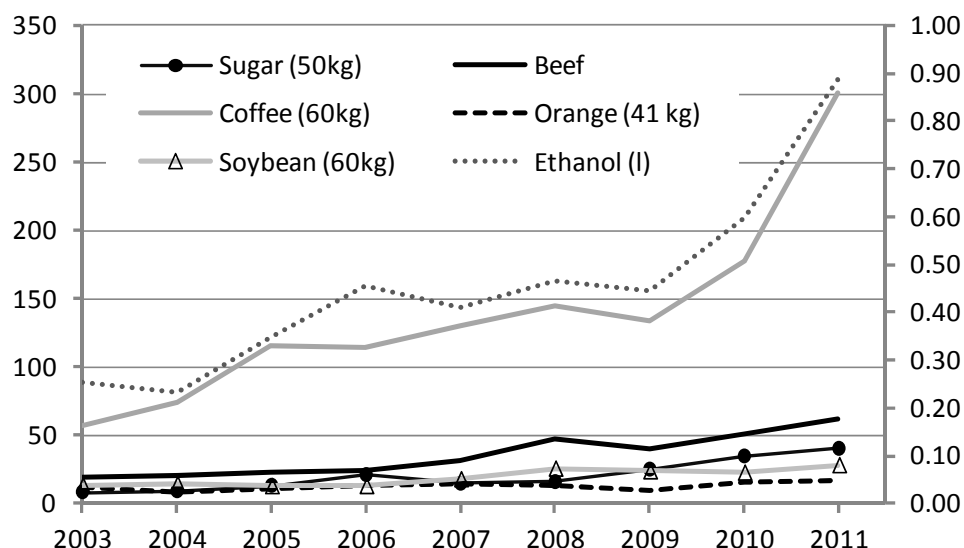
4. POSIBLES ESCENARIOS DE EXPANSIÓN AGRÍCOLA EN BRASIL PARA LA SATISFACCIÓN DE LA DEMANDA DE BIOCOMBUSTIBLES Y CULTIVOS

Si bien en la práctica la mejora de la productividad agropecuaria le permitirá a Brasil conciliar la conservación de la selva con la expansión de los cultivos, cediendo tierras a la producción agropecuaria a medida que aumente la demanda de alimentos y biocombustibles producidos en el país (ver Figura 1), no se trata de una estrategia sencilla. Más que grandes inversiones en la intensificación de la ganadería, tal como sugieren Gouvello y otros,¹⁰¹ esta estrategia requerirá la aplicación de la mejor ciencia para desarrollar soluciones eficaces que satisfagan los principios o las metas de una estrategia de desarrollo rural de baja emisión de carbono. Las soluciones técnicas, institucionales y de políticas pueden ser abordadas en el contexto de una estrategia nacional que contemple una expansión cuidadosamente planificada de la caña de azúcar, la soja y otros cultivos, la reforestación de tierras que ya hayan sido víctimas de desmonte para ser utilizadas como pasturas para ganado y la titulación de la tierra en los márgenes de la selva.¹⁰² Ello debe ir acompañado de un programa de baja emisión de carbono que ponga el énfasis en invertir en el diseño y la implementación de soluciones tanto para desarrollar las mejores prácticas de uso del suelo como para mantener o recuperar las selvas con el fin de mantener la estabilidad climática y todos los servicios medioambientales provistos por los sistemas forestales.

¹⁰¹ Gouvello y otros. 2010.

¹⁰² Bowman y otros. 2012.

Figura 1. Tendencia de precios de las commodities más importantes de la agricultura brasileña



Fuente: CEPEA (2011).

[Referencia: Azúcar, Café, Frijol de soja, Carne, Naranjas, Etanol]

Por consiguiente, la ciencia debe ser la base de un proceso que establezca una estrategia integral de uso del suelo con baja emisión de carbono, orientada a informar y a comprometer de modo efectivo a un amplio espectro de partes interesadas. Una plataforma científica llamada SimBrasil se dedica a hacer precisamente eso (www.csr.ufmg.br/simbrasil); esta plataforma recopila los mejores datos y conocimientos sobre uso del suelo, cultivo, ganadería y silvicultura, sobre modificaciones en la biomasa de carbono de la selva y en la cobertura del suelo, y sobre emisiones por uso del suelo, con el fin de brindar una herramienta que permita explorar una variedad de estrategias nacionales orientadas a conciliar la expansión del cultivo y la conservación de la selva en Brasil.

SimBrasil se desarrolló originalmente para el Estudio de Caso de Baja Emisión de Carbono por País del Banco Mundial dedicado a Brasil.¹⁰³ Este estudio abarca los cuatro mayores sectores emisores de Brasil: la energía, el transporte, los residuos y el uso del suelo y los cambios en el uso del suelo y la silvicultura (LULUCF). Para esto último, el estudio

¹⁰³ Gouvello y otros. 2010.

desarrolló dos escenarios: un escenario de referencia y un escenario alternativo de baja emisión de carbono. En el escenario de referencia, se requieren 20 millones de hectáreas de tierras adicionales para albergar la expansión de todas las actividades hacia 2030, incrementando el área total dedicada a la agricultura en un 7 por ciento (de las actuales 257 millones de hectáreas a 276 millones de hectáreas). Se estima que la mayor parte de esta expansión tendrá lugar en la región amazónica (24 por ciento) y de modo secundario en los estados de Maranhão, Piauí, Tocantins y Bahia. Se prevé que las tierras de pastoreo ocuparán la mayor parte de estas áreas (207 millones de hectáreas hacia 2030), y que será necesaria una mayor deforestación para abordar esta expansión. (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Comparación de los resultados del uso del suelo para los escenarios de referencia y de baja emisión de carbono

Uso del suelo	2008	Escenario de Referencia en 2030	Escenario de Baja Emisión de Carbono en 2030	Diferencia en 2030
(millones de hectáreas)				
Granos (cosecha)	37,79	47,92	47,86	-0,57
Caña de azúcar	8,24	12,70	19,19	6,49
Forestación	5,87	8,45	11,17	2,72
Tierras de pastoreo	205,38	207,06	137,82	-69,24
Área total para agricultura y ganadería	257,28	276,13	216,04	-60,08
Rebrote	—	—	44,34	44,34
(por 1000 cabezas)				
Ganado	201.410	234.460	208.000	-26.460

Fuente: Gouvello y otros. (2010).

En el escenario de baja emisión de carbono, se prevé que las tierras de cultivo de granos se expandan en un 26 por ciento. Asimismo, los cultivos previstos de caña de azúcar se expandirán en 6,4 millones de hectáreas, de manera que Brasil podrá reemplazar el 80 por ciento de su consumo de gasolina por etanol y aun así llegar a cubrir el 10 por ciento de la demanda global estimada de etanol, para alcanzar un promedio mundial de mezcla de gasolina con 20 por ciento de etanol hacia 2030. Este escenario también presupone la expansión de las plantaciones

forestales comerciales en 2,7 millones de hectáreas, para eliminar la deforestación debida a la producción de carbón vegetal hacia 2017 y compensar el 46 por ciento del carbón utilizado por la siderurgia en 2030. Por último, en el escenario de baja emisión de carbono, una recuperación forestal de 44 millones de hectáreas, a lo largo y a lo ancho del país, tendría lugar hacia 2030 para hacer que las zonas riparianas deforestadas ilegalmente y las reservas legales cumplan con el Código Forestal.

Todo esto sumará 70,4 millones de hectáreas, pero en contraste con el escenario de referencia, no tendrá lugar ninguna deforestación directa, ya que una parte de las tierras de pastoreo cultivables, que ocupan por sí solas más de 90 millones de hectáreas en el Cerrado y la selva atlántica, serán utilizadas para albergar la expansión agrícola, y las tierras de pastoreo degradadas o de baja productividad serán utilizadas para reforestación. Aunque las tierras de pastoreo disminuyen de 208 millones a 137 millones de hectáreas en el escenario de baja emisión de carbono, la cantidad de cabezas de ganado aumenta ligeramente de 205 millones a 208 millones. De este modo, el principal supuesto del escenario de baja emisión de carbono es que es posible liberar tierras de pastoreo para la expansión de cultivos mediante un incremento de la productividad ganadera, y que sería viable la expansión simultánea de las tierras destinadas a cultivo y las plantaciones forestales en un 50 por ciento y la recuperación de 44 millones de hectáreas de selva, si se pudiera intensificar la ganadería brasileña llevando la actual cifra de 1,1 cabezas por hectárea a 1,5 cabezas por hectárea. (Ver figura 2).

En el Estudio de Caso de Baja emisión de carbono por País dedicado a Brasil, SimBrasil aparece vagamente ligado al BLUM (Modelo Brasileño de Uso del Suelo; iconebrasil.org.br), que estima la demanda de tierras cultivables basándose en la competencia entre los mayores cultivos. Así, el BLUM utiliza una canasta de seis cultivos para calcular la cantidad de tierras asignadas a cada uno de ellos: soja, caña de azúcar, maíz, algodón, frijoles y arroz, además de plantaciones forestales y tierras de pastoreo, para cada microrregión brasileña. Y le transfiere estas cifras a SimBrasil. Operando a una resolución espacial de 1 km², SimBrasil realiza entonces una distribución espacial explícita de esas tierras, teniendo en cuenta las rentas potenciales de cosechas en función de una agrozonificación específica,¹⁰⁴ la aptitud del suelo, y

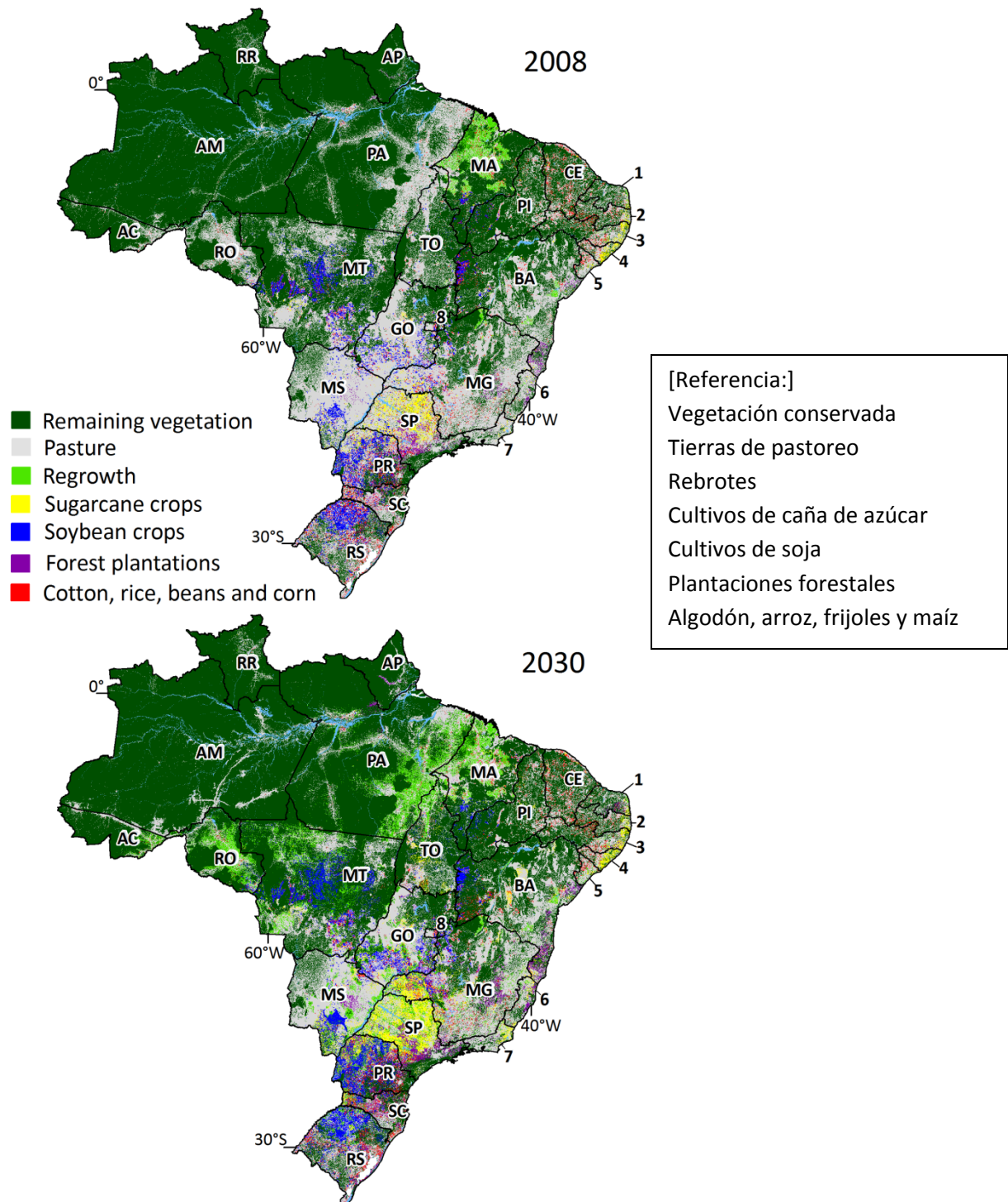
¹⁰⁴ Assad y otros. 2008.

la logística. Si una microrregión no contiene suficientes tierras cultivables o adecuadas para pastoreo, aptas para la expansión o bien SimBrasil deforesta la vegetación nativa disponible o “exporta” la demanda residual a las microrregiones vecinas, creando una cascada de cambios en el uso del suelo que atraviesa todo el país. SimBrasil realiza también simulaciones de la deforestación de la Amazonia como resultado indirecto de la expansión de los cultivos y la ganadería utilizando un modelo econométrico.¹⁰⁵

En el escenario de baja emisión de carbono, los resultados de SimBrasil indican que la deforestación a lo largo y a lo ancho de Brasil podría disminuir en un 68 por ciento hacia 2030, en comparación con el escenario de referencia. En la Mata Atlántica, esta reducción llegaría al 90 por ciento; en la Amazonia, al 68 por ciento y en el Cerrado, al 64 por ciento. Por otra parte, la deforestación en la Amazonia caería abruptamente hasta el 17 por ciento del promedio histórico anual de 19.500 km² correspondiente al periodo comprendido entre 1996 y 2005, cumpliendo, por lo tanto, con la meta del IPCC del 20 por ciento de referencia hacia 2020.

¹⁰⁵ Soares-Filho y otros. 2010.

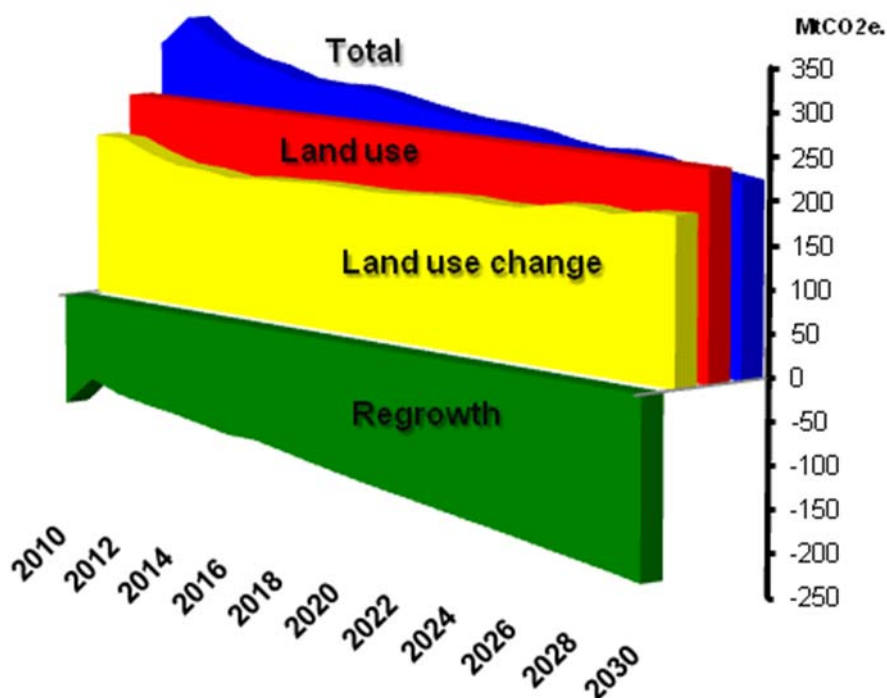
Figura 2. Uso del suelo en Brasil en 2008 y en 2030 en el escenario de baja emisión de carbono



Referencias - Estados:: 1 - Rio Grande do Norte, 2 - Paraíba, 3 - Pernambuco, 4 - Alagoas, 5 - Sergipe, 6 - Espírito Santo, 7 - Rio de Janeiro, 8 - Distrito Federal, AC - Acre, AM - Amazonas, AP - Amapá, BA - Bahia, CE - Ceará, GO - Goiás, MA - Maranhão, MG - Minas Gerais, MS - Mato Grosso do Sul, MT - Mato Grosso, PA - Pará, PI - Piauí, PR - Paraná, RO - Rondônia, RR - Roraima, RS - Rio Grande do Sul, SP - São Paulo, SC - Santa Catarina, TO - Tocantins.

La Figura 3 representa el total de emisiones de CO₂ debidas al LULUCF, así como el balance total del escenario de baja emisión de carbono, de 2010 a 2030. Las emisiones anuales debidas al LULUCF en Brasil, que ya son responsables de la reducción del 68 por ciento de la deforestación en la Amazonia registrada desde 2004, son aproximadamente 350 megatoneladas de CO₂. Si prevalece un escenario de baja emisión de carbono, reducciones mayores podrán ocasionar una caída de las emisiones anuales debidas al LULUCF de Brasil a solamente $\approx$ 200 megatoneladas de CO₂ hacia 2030. A lo largo de este periodo, las emisiones provenientes de la ganadería en este escenario terminarán por superar a las derivadas de los cambios en el uso del suelo, lo que pone de manifiesto la necesidad de mejorar la productividad ganadera con el fin de reducir las emisiones entéricas de metano.

Figura 3. Balances totales y por sector para el uso de la tierra, cambios en el uso de la tierra y silvicultura en el escenario de baja emisión de carbono



[Referencia: Total - Uso del suelo - Cambios en el uso del suelo - Rebrotos]

Fuente: Gouvello y otros (2010).

Los resultados del modelo revelan, por lo tanto, que Brasil tiene una oportunidad única de alcanzar sus metas de expansión agropecuaria hacia 2030, y al mismo tiempo acometer un gran programa de restauración forestal que permitiría recuperar 44 millones de hectáreas de selva y potencialmente capturaría ≈ 5 Pg de carbono. Pero para cosechar frutos del abanico entero de oportunidades de mitigación de las emisiones de GEI, es esencial que Brasil coordine políticas y medidas que atraviesen simultáneamente a los sectores medioambientales y agropecuarios, conciliando el objetivo del Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de incrementar la producción agropecuaria con las metas del NCCP y el cumplimiento del Código Forestal.

5. CAMINOS HACIA LA AGRICULTURA DE BAJA EMISIÓN DE CARBONO

A la luz de los resultados presentados en la sección precedente, queda claro que Brasil tiene el potencial de realizar una contribución sustancial a la mitigación del cambio climático, y al mismo tiempo desarrollar una economía rural de baja emisión de carbono. Sin embargo, este esfuerzo no es trivial y demandará diversas iniciativas políticas e incentivos financieros. Por ejemplo, la propuesta clave del estudio sobre baja emisión de carbono -la intensificación de la ganadería brasileña- puede ser viable en términos de disponibilidad de tierras, pero será difícil de implementar. De acuerdo con Gouvello y otros.,¹⁰⁶ será necesario subsidiar a los ganaderos con USD 280.000 millones (a valor actual neto, entre 2010 y 2030), con el fin de intensificar la producción hasta obtener 1,5 cabezas por hectárea hacia 2030. Este es el talón de Aquiles de este plan, ya que la ganadería ofrece, por lo general, bajas tasas de retorno.¹⁰⁷ Muchos ganaderos de zonas donde será necesaria la intensificación han invertido poco en capital y nuevas tecnologías. Por eso se prevé que estos emprendimientos serán liderados por la industria agropecuaria y solo tendrán lugar en regiones en las que las condiciones sean altamente favorables para la intensificación. Estas regiones podrían caracterizarse por la proximidad a los mercados y a los proveedores de insumos agropecuarios (como fertilizantes y cal), la proximidad a las zonas cerealeras de alta productividad, y la disponibilidad de suelo cultivable, pero que no resulte

¹⁰⁶ Gouvello y otros. 2010.

¹⁰⁷ Bowman y otros. 2012.

apropiado para cultivos de mayor rentabilidad como la soja o la caña de azúcar. Por lo tanto, comprender la geografía de la intensificación será clave para su éxito.¹⁰⁸

Entre las iniciativas que apuntan a la intensificación de la producción de carne, la recuperación de las praderas se menciona como un asunto central.¹⁰⁹ De acuerdo con Gouvello y otros.,¹¹⁰ el 60 por ciento de las praderas del Cerrado están degradadas. La recuperación de las praderas incrementa su rendimiento, aumentando así su capacidad, y además fija el carbono del suelo y previene la erosión. Sin embargo, no todas las praderas degradadas pueden o deben ser recuperadas debido a la aptitud marginal; estas áreas deben apartarse para la recuperación forestal, o usarse para plantaciones forestales o de palma aceitera. Además de los desafíos planteados por los elevados costos de los insumos y el transporte, la recuperación de las praderas puede resultar prohibitiva debido a una caída en picada del rendimiento luego de tres o cinco años de uso (Alysson Paulinelli, comunicación personal).

Teniendo esto en mente, adoptar sistemas que combinan agricultura y ganadería, asociados o no a sistemas de corrales de engorde, puede ser una opción más viable. Sin embargo, estos sistemas demandan inversiones iniciales, y por lo tanto, capital -además de los conocimientos agronómicos y la habilidad comercial- y tierras adecuadas. Si se dan estas condiciones, dichos sistemas pueden lograr en la ganadería densidades de 3 animales por hectárea o más,¹¹¹ y al mismo tiempo contribuir a la fijación del carbono por medio de, por ejemplo, la rotación de la *Brachiaria* y el maíz.

Entre los esfuerzos adicionales se pueden mencionar la mejora en la calidad de los forrajes, algo que está todavía relativamente falto de investigación, y la mejora genética del ganado. Esto último es particularmente importante para Brasil, ya que tiene el doble de cabezas de ganado que los EE.UU., pero produce menos carne. Parte de esta diferencia se debe a los sistemas de producción, que son extensivos en Brasil y extensivo-intensivos en los Estados Unidos, donde la mayor parte de los animales se tienen en corrales de engorde. Asimismo, el ganado brasileño tiene un ciclo de vida más largo, lo cual limita la productividad y añade

¹⁰⁸ Ibid.

¹⁰⁹ Sá y otros. 2010.

¹¹⁰ Gouvello y otros. 2010.

¹¹¹ Sá y otros. 2010.

emisiones de metano por unidad de carne producida. Acortar el ciclo de vida del ganado por medio de mejoras en la productividad parece ser una forma prometedora de reducir sustancialmente las emisiones entéricas de metano debidas al gran número de cabezas de ganado en Brasil, dado que el factor de emisiones de los sistemas intensivos es solamente ≈ 13 por ciento más bajo que el de los sistemas extensivos (el equivalente a 1,0 frente a 1,15 toneladas de CO₂ por cabeza por año).¹¹²

Las medidas complementarias para lograr un sector de baja emisión de carbono en el uso del suelo deberían centrarse también en varias otras iniciativas: cultivos con labranza cero, lo que ayudaría a controlar la temperatura del suelo, mejorar la estructura del suelo, mejorar la capacidad de almacenamiento del suelo, reducir la pérdida de suelo, y aumentar la retención de nutrientes de las plantas; promoción del uso de los residuos de la caña de azúcar para generar energía en las plantas de etanol y azucareras; expansión de las plantaciones forestales comerciales para reemplazar el carbón vegetal proveniente de la deforestación, por ejemplo a través de sistemas que combinen ganadería y forestación;¹¹³ técnicas de agricultura orgánica que mejoren los nutrientes del suelo;¹¹⁴ y poner fin a la deforestación¹¹⁵ a la vez que se acomete un proyecto de recuperación de las selvas a nivel nacional para cumplir con el Código Forestal Brasileño.¹¹⁶ (El programa de agricultura de baja emisión de carbono incluyó el sistema mixto de ganadería y forestación como alternativa a la reducción de GEI;¹¹⁷ este programa prevé incrementar el área de este sistema mixto en 4 millones de hectáreas hacia 2020.) El proyecto de recuperación forestal constituye un captador potencial de la mayor importancia que podría capturar ≈ 5 Pg de carbono.

¹¹² Bustamante y otros. 2009.

¹¹³ Oliveira y otros. 2010.

¹¹⁴ Pimentel y otros. 2005.

¹¹⁵ Nepstad y otros. 2009.

¹¹⁶ Gouvello y otros. 2010.

¹¹⁷ MAPA y MDA 2011.

6. CÓMO ALCANZAR LAS METAS DE LA AGRICULTURA DE BAJA EMISIÓN DE CARBONO Y DE LA CONSERVACIÓN MEDIOAMBIENTAL DE AMPLIO ALCANCE

En líneas generales, la reducción de emisiones por deforestación ofrece la opción de más bajo costo para la mitigación del calentamiento global en Brasil.¹¹⁸ Aunque el estudio sobre baja emisión de carbono mostró que en Brasil la expansión de la agricultura puede llevarse a cabo sin continuar deforestando, no es posible llevarla a cabo de manera que ello resulte beneficioso para todas las partes involucradas, debido a los impactos indirectos del crecimiento del sector agropecuario sobre la deforestación, ya que capitaliza la actividad de los deforestadores y aumenta los precios de la tierra. Por lo tanto, para reducir la deforestación en Brasil son necesarias medidas adicionales. Una de ellas es la consolidación de las áreas protegidas (AP) en la Amazonia, sobre todo por medio del apoyo al programa ARPA¹¹⁹, así como la creación de nuevas AP a lo largo de la frontera activa de la deforestación.¹²⁰

Asimismo, es necesario poner a trabajar a las AP modernizando las cadenas de extracción productiva en las reservas de uso sostenible, para bajar los costos de producción y estabilizar un precio mínimo en el mercado. Los sistemas de certificación internacional y las mejoras en las cadenas de suministro también son necesarias para obtener un precio diferencial en las actividades sostenibles, como la recolección de nueces amazónicas¹²¹ y la extracción de caucho en Acre (www.csr.ufmg.br/map/publication/folder_borracha_eng.pdf) y en cualquier otro lugar de la Amazonia. Otras medidas serían la promoción del ecoturismo en las AP más accesibles¹²² y el apoyo al papel que desempeñan las concesiones forestales en el suministro de madera certificada por medio de la tala de impacto reducido.¹²³ En apoyo a esta meta, la Ley 11.284, promulgada en 2006, creó el Servicio Forestal Brasileño y el Fondo Nacional para el Desarrollo Forestal. Aunque la red de AP cubre el 46 por ciento de la Amazonia brasileña, las AP de los otros biomas brasileños todavía son escasos, y cubren, respectivamente, solo el 7 por ciento y el 2,6 por ciento del bioma del Cerrado y del Atlántico, lo cual está muy por debajo del 15 por

¹¹⁸ Nepstad y otros. 2009.

¹¹⁹ Soares-Filho y otros. 2008b.

¹²⁰ Soares-Filho y otros. 2010.

¹²¹ Nunes y otros, en prensa.

¹²² Kirby y otros. 2011.

¹²³ Merry y otros. 2009.

ciento recomendado por la Décima Conferencia de las Partes del Convenio sobre Diversidad Biológica.

Entre las iniciativas para hacer cumplir las normas se pueden mencionar el Plan de Acción para la Prevención y el Control de la Deforestación en el Amazonas (PPCDAM), que se centra en campañas de titulación de la tierra, de monitoreo y de control sobre el campo del cumplimiento de las normas, en las que colaboran agencias federales y de los estados, y los programas PRODES y DETER, cuyos objetivos, respectivamente, son el monitoreo anual de la deforestación y la detección de la deforestación casi en tiempo real.¹²⁴ En la actualidad estos sistemas están siendo ampliados, mejorados, y aplicados a los biomas del Cerrado (por ejemplo, SIAD; ver www.lapig.iesa.ufg.br) y de la Mata Atlántica.¹²⁵ Asimismo, un sistema de detección de incendios permite la detección de incendios por todo el país casi en tiempo real (sigma.cptec.inpe.br/queimadas). Aun así, las brigadas de prevención de incendios y de bomberos (por ejemplo, www.aliancadaterra.org.br) deben ser en buena medida ampliadas para poder dominar los incendios forestales que contribuyen a las emisiones de carbono y a la degradación de la selva en Brasil.¹²⁶ Ello resulta particularmente importante para los programas de mitigación del cambio climático, ya que los escapes de carbono forestal hacia la atmósfera causados por incendios representan una amenaza para la “permanencia” de las reducciones de emisiones de carbono por deforestación.

Por otra parte, los programas para el uso sostenible de los recursos naturales, como el PAS (Plan Amazonia Sustentable)¹²⁷ y las iniciativas de los estados para la zonificación del uso del suelo¹²⁸ representan esfuerzos complementarios que pueden ser ampliados y consolidados con el fin de combinar el desarrollo sostenible con la conservación de los recursos naturales. En este sentido, resulta crucial lograr un compromiso efectivo de los responsables de la deforestación con una estrategia de desarrollo rural con baja emisión. Los foros de commodities sobre aceite de palma, soja y azúcar/etanol han desarrollado estándares y criterios de certificación internacionales para las cadenas de suministro, que están incentivando la

¹²⁴ INPE 2011a, b.

¹²⁵ SOS MA 2011.

¹²⁶ Silvestrini y otros. 2011.

¹²⁷ Gobierno de Brasil, sin fecha.

¹²⁸ Gobierno del Estado de Acre 2006; Gobierno del Estado de Amazonas, sin fecha.

participación de los productores y la industria. Los criterios de certificación incluyen la prohibición de la producción sobre suelo deforestado ilegalmente y el cumplimiento de las leyes locales. Un resultado de ello es que los granjeros y latifundistas están uniando sus fuerzas para formar registros voluntarios de propiedad, en los cuales los propietarios se comprometen a mejorar su actuación socio-medioambiental (puede verse un ejemplo del Registro de Responsabilidad Socio-Medioambiental en www.whrc.org/ecosystem/registry.html).

Hay muchas iniciativas en marcha, sustanciadas en proyectos, que intentan aprovechar los mecanismos del mercado o implementar pagos por los servicios de los ecosistemas¹²⁹, con el fin de proporcionar valor económico a la selva existente. Tal vez la iniciativa más importante que está siendo estudiada sea REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques en los países en desarrollo), y el papel que desempeña en la conservación, la administración sostenible de las selvas, y el aumento de las reservas de carbono forestal. REDD+ se centra en la creación tanto de un marco institucional como de los incentivos económicos necesarios en los países en desarrollo para la reducción de las emisiones de CO₂ debidas a la deforestación y a la degradación forestal.

Pese al lento progreso en la estructuración de REDD+ dentro de la CMNUCC, el programa ya ha gatillado la puesta en marcha de múltiples proyectos individuales, a menudo financiados por organizaciones no gubernamentales, y que representan las “primeras iniciativas” de REDD.¹³⁰ Entre ellos, el proyecto Juma fue pionero en Brasil,¹³¹ y merece ser mencionado un conjunto de 12 proyectos individuales en Madre de Dios, Perú.¹³² Los documentos de diseño de los proyectos intentan que cada proyecto demuestre sus efectos sobre la reducción de la deforestación. La mayoría adopta modelos de simulación (por ejemplo csr.ufmg.br/dinamica) para establecer puntos de partida según previsiones a futuro con el fin de medir la adicionalidad del proyecto en la reducción de futuras deforestaciones. Con este fin, se han desarrollado varias metodologías para la medición, la realización de informes y la verificación (MRV) de las reservas de carbono y de las reducciones, así como estándares para la certificación internacional (por ejemplo, el Estándar CCBA -Alianza por el Clima, la Comunidad y la Biodiversidad, en

¹²⁹ Wunder, 2008.

¹³⁰ Cerbu y otros. 2009.

¹³¹ CCBA 2008.

¹³² Hajek y otros. 2011.

climate-standards.org). No obstante, los criterios para el establecimiento de puntos de partida a los fines de acreditar los propósitos son borrosos y no tienen en cuenta que los puntos de partida según previsiones a futuro son cuestionables, porque las trayectorias de la deforestación pueden ser drásticamente alteradas como consecuencia de un complejo conjunto de circunstancias.¹³³ Por otra parte, es muy difícil aislar el efecto local de un proyecto con respecto a la trayectoria total de la deforestación, y también lo es la evaluación de las filtraciones surgidas de la instauración de los proyectos,¹³⁴ y en ninguno de estos proyectos se ha intentado realizar tales análisis. Por lo tanto, para que REDD+ tenga éxito, REDD+ y sus planes de pago asociados deben ser negociados e implementados en un marco más amplio, de nación-estado, en lugar de hacerlo a nivel de los proyectos individuales tomados de a uno.¹³⁵ Desde esta perspectiva, REDD+ debería ser parte de una estrategia de planificación rural de amplio alcance que contribuya al desarrollo sostenible de los medios de subsistencia rurales.

En este sentido, vale la pena destacar las iniciativas que buscan crear fondos nacionales e internacionales para la conservación de las selvas, como el Fondo de la Amazonia, para el cual Noruega ya ha comprometido USD 1.000 millones si Brasil tiene éxito en la reducción de la deforestación.¹³⁶ Asimismo, como resultado del PPCDAM, los estados de Brasil (especialmente en la Amazonia) están creando sus propios programas de mitigación del cambio climático, que incorporan planes específicos para la prevención de la deforestación. Dichos programas les permiten a los estados de la Amazonia participar y tener voz en tanto miembros del comité de dirección del Fondo de la Amazonia. En la actualidad, los estados de la Amazonia se encuentran en diferentes etapas de la construcción de sus programas estatales. Amazonas, Pará, Mato Grosso, Acre, Amapá y Rondônia ya han concluido sus planes; solo Tocantins no ha publicado todavía su plan. Amazonas, Pará, Mato Grosso y Acre ya han establecido metas voluntarias de reducción, en el contexto del Plan Nacional para el Cambio Climático, y Acre y Amazonas son los primeros estados que han recibido recursos del Fondo de la Amazonia.¹³⁷ De este modo, los recursos del Fondo de la Amazonia les permitirán a los estados consolidar REDD+ mediante el desarrollo de una serie de iniciativas que incluyan el registro de la propiedad, la consulta a las

¹³³ Soares-Filho y otros. 2010.

¹³⁴ Ibid.

¹³⁵ Nepstad y otros. 2009.

¹³⁶ Soares-Filho y otros. 2010.

¹³⁷ CGEE 2011.

partes interesadas, el análisis de políticas, la reestructuración institucional, el desarrollo de un sistema MRV que incorpore sistemas de monitoreo por detección a distancia y de mapeo de la biomasa de carbono, el establecimiento de pagos por los servicios de los ecosistemas, y el apoyo financiero a la sociedad civil para la convocatoria, el sostenimiento y la participación en el proceso de “Reddificación”.

Ejemplos de pagos por servicios de los ecosistemas son la Bolsa Floresta -una prestación establecida por una ley estatal (número 3.135, del 05/06/2007)¹³⁸- en Amazonia, que realiza mensualmente pagos de BRL 50 (USD 30) a las familias registradas que viven en las unidades de conservación del estado, en las cuales las comunidades han firmado un acuerdo colectivo para detener la deforestación. Un programa similar, Proambiente (Programa para el Desarrollo Socio-Medioambiental de la Producción Rural Familiar en la Amazonia), vincula créditos rurales con el comportamiento medioambiental de los minifundistas.¹³⁹

Fuera de la región amazónica, el programa Bolsa Verde, llevado a cabo por el estado de Minas Gerais, representa una iniciativa pionera en lo relativo a pagos por servicios de los ecosistemas (ief.mg.gov.br/bolsa-verde). Este programa tiene como objetivo financiar la conservación de la vegetación nativa del estado por medio de pagos regulares a los propietarios que preserven o se hayan comprometido a recuperar la vegetación nativa de sus tierras. La prioridad del programa son los minifundistas y las propiedades que estén dentro de las unidades de conservación. El programa comenzó en 2011, año en que invirtió USD 3 millones en pagos de USD 100 por año por hectárea de vegetación preservada.

Por último, toda una serie de otras iniciativas podrían ser colocadas también bajo el paraguas de los pagos por los servicios de los ecosistemas. Estas incluyen la compensación medioambiental a los propietarios privados con un plus forestal confiscado a los que han deforestado rebasando los límites establecidos por el Código Forestal, y pagos y otros incentivos para acometer la recuperación forestal. Mientras que lo primero podría promover un mercado de tierras forestadas, valorizando de este modo a la selva existente, lo segundo podría alentar a los propietarios de tierras a cumplir con el Código Forestal Brasileño, que es mucho más avanzado que la realidad rural brasileña. Sin embargo, mientras los costos programáticos de la

¹³⁸ Amazonas Sustainable Foundation, sin fecha.

¹³⁹ MMA 2004.

conservación forestal son bajos (USD 21-54 por hectárea en un periodo de 20 años),¹⁴⁰ la recuperación forestal requerirá como mínimo 20 veces más inversiones.¹⁴¹ (Los costos de la recuperación forestal pueden oscilar entre USD 750 por hectárea (intervención mínima) y USD 4.000 por hectárea.)¹⁴² En este sentido, un mercado del carbono que pague tan solo USD 10 por tonelada de CO₂ capturado por medio del rebrote forestal proveería $\approx$ USD 4.000 por hectárea para financiar un esfuerzo de recuperación forestal en todo el país, generando así múltiples beneficios socioeconómicos y medioambientales. En tanto nuevo modelo de desarrollo rural, REDD+ y otros pagos por los servicios de los ecosistemas deben por tanto ser integrados dentro de un programa de agricultura de baja emisión de carbono para permitirle a Brasil el desarrollo de una cultura de administración forestal y de responsabilidad medioambiental que iguale la prominencia del país como exportador de commodities agropecuarias.

7. EL PAPEL DE LOS ACUERDOS BILATERALES

Hasta la fecha, la mayor parte del progreso dentro de las negociaciones en la CMNUCC se ha centrado en la estructuración del régimen de REDD+ como parte de un nuevo protocolo climático que sucederá al de Kioto. Sin embargo, la Conferencia de las Partes que se celebró en Durban en diciembre de 2011 pospuso la promulgación de un nuevo protocolo climático hasta 2015, con responsabilidades que serían efectivas en 2020. Aunque este acuerdo será un importante paso adelante, ya que representará un compromiso vinculante para todas las naciones, también representa una década perdida para la mitigación del cambio climático.

A la luz de ello, actualmente quedan solo dos opciones para avanzar con REDD+: los proyectos individuales y las iniciativas federales o de los estados. Los proyectos individuales de REDD+ han desempeñado un papel crítico, sirviendo de lecciones para los programas estatales y federales de REDD+, pero deben considerarse programas piloto. A la inversa, el progreso de los programas de mitigación del cambio climático en los estados de Brasil ha sido especialmente importante para REDD+.¹⁴³ En particular, el Grupo de Trabajo de Gobernadores sobre Clima y

¹⁴⁰ Nepstad y otros. 2009.

¹⁴¹ Gouvello y otros. 2010.

¹⁴² Ibid.

¹⁴³ Boyd y otros. 2010.

Bosques (GCF) ha avanzado en el desarrollo de políticas y acuerdos para conservar los bosques por medio de proyectos REDD+, los que finalmente podrían generar créditos para compensar parte de las emisiones industriales y de otros sectores en un sistema de topes y comercialización de los derechos de emisión.¹⁴⁴

Lanzado en noviembre de 2008 por el estado de California, el GCF tiene como integrantes a cinco estados brasileños (Mato Grosso, Acre, Amazonas, Pará y Amapá), cuatro provincias indonesias (Aceh, Papua, Kalimantan Oriental y Kalimantan Occidental), tres estados norteamericanos (California, Illinois y Wisconsin), un estado mexicano (Chiapas), y un estado Nigeriano (Cross River). Las perspectivas de que las compensaciones californianas fluyan hacia los estados de la Amazonia han impulsado un proceso de convergencia entre los mencionados estados para el diseño de una arquitectura de REDD+ que vinculará los programas brasileños a nivel de los estados individuales con las regulaciones sobre compensaciones y con el protocolo de conteo de carbono forestal de California y de otros estados de los Estados Unidos, que todavía están en evolución. Este marco innovador permitirá, por ejemplo, que las compañías eléctricas de los Estados Unidos e incluso las de Brasil que se enfrenten a la obligación de reducir sus emisiones de gas de efecto invernadero compensen parte de sus emisiones a través de créditos de programas REDD+ de los estados de la Amazonia y de cualquier otro lugar.¹⁴⁵ En consecuencia, este alineamiento de políticas e innovación permitirá que se desarrolle un mercado del carbono a partir de las interacciones entre los sectores medioambientales, agropecuarios e industriales, entre otros, atravesando estados y países.

Es importante fortalecer el impulso político apoyando el desarrollo de programas REDD+ federales y estatales, por medio de los cuales los países tropicales lograrán grandes reducciones de deforestación y degradación forestal. Al respecto, Brasil está bien posicionado, dadas sus condiciones técnicas, políticas y sociales y su creciente gobernanza de las regiones de fronteras forestales. Sin embargo, Brasil no solo necesita participar en la arena global de REDD+, sino que debe ser un líder, porque si así no fuera podría perder una gran oportunidad de recompensar sus formidables esfuerzos para reducir la deforestación. Brasil debe aprovechar la oportunidad de desarrollar acuerdos bilaterales intranacionales e internacionales que garanticen las operaciones

¹⁴⁴ CGEE 2011.

¹⁴⁵ Nepstad y otros. 2009.

de pagos por los servicios de los ecosistemas, especialmente REDD+. Ello será crucial para ayudar a Brasil –un país con acuciantes necesidades tanto sociales como de desarrollo– a alcanzar la meta de conciliar la expansión agropecuaria con la conservación y recuperación forestales a lo largo y a lo ancho del país.

Los desafíos aquí presentados son compartidos por muchos países de América Latina y el Caribe, especialmente aquellos que tienen un gran potencial para la expansión de la agricultura comercial, como Argentina, Bolivia, Perú, Chile, México y Paraguay. En este artículo se ofrece entonces un ejemplo, para esos países, de diseño de planes nacionales propios para la conciliación de la producción agropecuaria con la conservación medioambiental.

REFERENCIAS

- Achard, F., H. D. Eva, H. Stibig, P. Mayaux, J. Gallego, T. Richards, y J. P. Malingreau. 2002. "Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests". *Science*. 297: 999–1002.
- Ackerman, A. S., O. B. Toon, D. E. Stevens, A. J. Heymsfield, V. Ramanathan, y E. J. Welton. 2000. "Reduction of tropical cloudiness by soot". *Science*. 288: 1042–47.
- Alencar, A., D. Nepstad, y M. C. Vera Diaz. 2006. "Forest understory fire in the Brazilian Amazon in ENSO and Non-ENSO years: Area burned and committed carbon emissions". *Earth Interactions*. 10(6): 1–17.
- Amazonas Sustainable Foundation. Sin fecha. "Programa Bolsa Floresta". Disponible en www.fas-amazonas.org/pt/secao/programa-bolsa-floresta.
- Andreae, M. O., D. Rosenfeld, P. Artaxo, A. A. Costa, G. P. Frank, K. M. Longo, y M. A. F. Silva-Dias. 2004. "Smoking rain clouds over the Amazon". *Science* 303 (5662): 1337–42.
- Aragão, L-C., Y. Malhi, R. M. Roman-Cuesta, S. Saatchi, L. O. Anderson, y Y. E. Shimabukuro. 2007. "Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts". *Geophysical Research Letters* 34: L07701.
- Arima, E. Y., P. Richards, R. Walker, M. M. Caldas. 2011. "Statistical confirmation of indirect land use changes in the Brazilian Amazon". *Environmental Research Letters* 6. doi:10.1088/1748-9326/6/2/024010.
- Assad, E. D., H. S. Pinto, J. Zullo Junior, F. R. Marin, G. Q. Pellegrino, S. R. Evangelista, y A. F. Otaviano. 2008. "Aquecimento Global e a Nova Geografia da produção Agrícola no Brasil". 1ª ed. (Embajada Británica, Brasília), v. 1.
- Avissar, R., y D. Werth. 2003. "Teleconnections between tropical deforestation and midlatitude precipitation". *Eos. Trans. AGU*. 84(46), Fall Meet. Suppl., Abstract, 2003.
- Botta, A., y J. A. Foley. 2002. "Effects of climate variability and disturbances on the Amazonian terrestrial ecosystem dynamics". *Global Biogeochemical Cycles* 16(4): 1070.
- Bowman, M., B. S. Soares-Filho, F. Merry, D. Nepstad, H. Rodrigues, y O. Almeida. 2012. "Persistence of cattle ranching in the Brazilian Amazon: A spatial analysis of the rationale for beef production". *Land Use Policy* 29: 558–68.
- Boyd, W., A. Brunello, M. Cenamo, A. Cattaneo, J. Embiricos, M. Jenkins, T. Johns, y otros. 2010. *REDD+ in the Post-Copenhagen World: Recommendations for Interim Public Finance*. Brasil, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia.

- Brasil. 2009. Lei n. 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Disponible en www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L12187.htm.
- . 2011. Medida Provisória 542, 12 de agosto de 2011. Brasília: DOU (Diário Oficial da União). Disponible en www.in.gov.br/imprensa/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=44&data=15/08/2011.
- Brown, I. F., W. Schroeder, A. Setzer, M. R. Maldonado, N. Pantoja, A. Duarte, y J. Marengo. 2006. Monitoring fires in Southwestern Amazonia rain forests. *Eos, Transactions* 87: 253–64.
- Brown, L. R. 2011. *World on the Edge: How to Prevent Environmental and Economic Collapse*. New York: W. W. Norton & Company.
- Bruijnzeel, L. A. 2004. “Hydrological functions of tropical forests: Not seeing the soil for the trees?” *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104: 185–228.
- Burney, J. A., S. J. Davis, y D. B. Lobell. 2010. “Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification”. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 107: 12052–57.
- Bustamante, M. M. C., C. A. Nobre, R. Smeraldi, A. P. D. Aguiar, L. G. Barioni, L. G. Ferreira, K. Longo y otros. 2009. *Estimating Recent Greenhouse Gas Emissions from Cattle Raising in Brazil*. São Paulo: Friends of the Earth, Brazilian Amazon.
- Cairns, M. A., W. M. Hao, E. Alvarado, y P. Haggerty. 2000. En L. F. Neuenschwander, K. C. Ryan, G. E. Gollberg, y J. D. Greer (eds.). Vol. 1: *Proc. Joint Fire Science Conf. and Workshop: Crossing the Millennium: Integrating Spatial Technologies and Ecological Principles for a New Age in Fire Management*, 242–47. Moscow, ID: University of Idaho and the International Association of Wildland Fire.
- CCBA (Climate, Community & Biodiversity Alliance). 2008. *The Juma Reserve, in the Amazon, Is the First One in Brazil to Receive International Certification for Avoided Deforestation*. Arlington, VA.
- CEDEPLAR/UFGM (Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional) y FIOCRUZ (Fundação Oswaldo Cruz). 2008. *Mudanças climáticas, migrações e saúde: Cenários para o Nordeste Brasileiro, 2000–2050*.
- CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada). 2011. *Prices Indicators*. Disponible en www.cepea.esalq.usp.br. Consultado en octubre de 2011.
- Cerbu, G., P. A. Minang, B. Swallow, y V. Meadu. 2009. *Global Survey of REDD Projects: What Implications for Global Climate Objectives?* ASB Policy Brief No. 12. Nairobi: ASB Partnership for the Tropical Forest Margins.

- CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos). 2011. *REDD no Brasil: um enfoque amazônico: Fundamentos, critérios e estruturas institucionais para um regime nacional de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal – REDD*. Brasília, CGEE, IPAM, SAE/PR.
- Coe, M. T., M. H. Costa, y B. S. Soares-Filho. 2009. “The influence of historical and potential future deforestation on the stream flow of the Amazon river – Land surface processes and atmospheric feedbacks”. *Journal of Hydrology* 369: 165–74.
- Collins, M. 2005. “El Niño- or La Niña-like climate change?” *Climate Dynamics* 24(1): 89–104.
- Costa, M. H., S. N. M. Yanagi, P. J. O. P. Souza, A. Ribeiro, y E. J. P. Rocha. 2007. “Climate change in Amazonia caused by soybean cropland expansion, as compared to caused by pastureland expansion”. *Geophysical Research Letters*, 34, L07706, doi:10.1029/2007GL029271.
- Costa, M. H., y G. F. Pires. 2010. “Effects of Amazon and Central Brazil deforestation scenarios on the duration of the dry season in the arc of deforestation”. *International Journal of Climatology* 30: 1970–79.
- Costanza, R., R. d’Arge, R. Groot, S. Farberk, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg y otros. 1997. “The value of the world’s ecosystem services and natural capital”. *Nature* 387: 253–60.
- Cox, P. M., R. A. Betts, C. D. Jones, S. A. Spall, y I. J. Totterdell. 2000. “Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model”. *Nature* 408: 184–87.
- Cox, P. M., R. A. Betts, M. Collins, P. P. Harris, C. Huntingford, y C. D. Jones. 2004. “Amazonian forest dieback under climate-carbon cycle projections for the 21st century”. *Theor. Appl. Climatol.* 78: 137–56.
- DeFries, R., y C. Rosenzweig. 2010. “Toward a whole-landscape approach for sustainable land use in the tropics”. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107: 19627–32.
- DeFries, R. S., R. A. Houghton, M. C. Hansen, C. B. Field, D. Skole, y J. Townshend. 2002. “Carbon emissions from tropical deforestation and regrowth based on satellite observations for the 1980s and 1990s”. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99 (22): 14256–61.
- Domingues, E. P., A. S. Magalhães, y R. M. Ruiz. 2008. *Cenários de Mudanças Climáticas e Agricultura no Brasil: Impactos Econômicos na Região Nordeste*. Texto para Discussão n. 340. Belo Horizonte: CEDEPLAR/UFMG.

- Elzen, M.-J., y M. Meinshausen. 2005. *Meeting the EU 2°C Climate Target: Global and Regional Emission Implications*. Report 728001031/2005. Bilthoven: Netherlands Environmental Assessment Agency.
- Fearnside, P. M. 2003. *A Floresta Amazônica nas Mudanças Globais*. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia–INPA.
- Ferreira, N. C., L. G. Ferreira, M. E. Ferreira, M. Bustamante, y J. Ometto. 2011. “Assessing deforestation related carbon emission in the Brazilian savanna based on moderate resolution imagery”. En *Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS* (IEEE International, Vancouver), pp. 748–51.
- Foley, J. A., G. P. Asner, M. H. Costa, M. T. Coe, R. DeFries, H. K. Gibbs, E. A. Howard y otros. 2007. “Amazonia revealed: Forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin”. *Forest Ecology Environment* 5(1): 25–32.
- Foley, J. A., N. Ramankutty, K. A. Brauman, E. S. Cassidy, J. S. Gerber, M. Johnston, N. D. Mueller y otros. 2011. “Solutions for a cultivated planet”. *Nature* 478: 337–42.
- Garcia, R. A., B. S. Soares-Filho, y D. O. Sawyer. 2007. “Socioeconomic dimensions, migration, and deforestation: An integrated model of territorial organization for the Brazilian Amazon”. *Ecological Indicators* 7(3): 719–30.
- Golding, N., y R. Betts. 2008. “Fire risk in Amazonia due to climate change in the HadCM3 climate model: Potential interactions with deforestation”. *Global Biogeochemical Cycles* 22, GB4007.
- Gouvello, C., B. Soares-Filho, A. Nassar, R. Schaeffer, F. Jorge, y W. Nogueira. 2010. *Brazil Low-carbon Country Case Study*. Washington, DC: World Bank.
- Gobierno de Brasil. Sin fecha. “Avança Brasil. Programa Amazônia Sustentável”. Disponible en www.abrasil.gov.br/nivel3/index.asp?id=224&cod=PAMBI.
- Gobierno del Estado de Acre. 2006. “Zoneamento Ecológico Econômico”. Disponible en www.bibliotecadafloresta.ac.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=159&Itemid=58.
- Gobierno del Estado de Amazonas. Sin fecha. “Proposta de Zoneamento Ecológico Econômico da Sub-região do Purus”. Disponible en www.sds.am.gov.br/index.php/proposta-zee.html.
- Grantham, J. 2011. “Time to wake up: Days of abundant resources and falling prices are over forever”. *GMO Quarterly*, p. 19.

- Hajek, F., M. J. Ventresca, J. Scriven, y A. Castro. 2011. "Regime-building for REDD+: Evidence from a cluster of local initiatives in south-eastern Peru". *Environmental Science & Policy* 14: 201–15.
- Houghton, R. A. 2005. "Aboveground forest biomass and the global carbon balance". *Global Change Biology* 11(6): 945–58.
- . 2008. "Carbon flux to the atmosphere from land-use changes: 1850-2005". En *TRENDS: A Compendium of Data on Global Change*. Oak Ridge, TN: Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy.
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). 2011a. *PRODES: Assessment of Deforestation in Brazilian Amazonia*. Disponible en www.obt.inpe.br/prodesdigital/metodologia.html.
- . 2011b. "DETER: Detecção do Desmatamento em Tempo Real". Disponible en www.obt.inpe.br/deter.
- IPCC (International Panel on Climate Change). 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.
- Jepson, W., C. Brannstrom, y A. Filippi. 2010. "Access regimes and regional land change in the Brazilian cerrado, 1972–2002". *Annals of the Association of American Geographers* 100 (1): 1–25.
- JRC (Netherlands Environmental Assessment Agency). 2009. "Emissions Database for Global Atmospheric Research 4.0". Disponible en edgar.jrc.ec.europa.eu.
- Kirby, C., R. Giudice, B. Day, K. Turner, B. Soares-Filho, H. Rodrigues, y D. Yu. 2011. "Closing the ecotourism-conservation loop in the Peruvian Amazon". *Environmental Conservation* 38(1): 6–17.
- Lapola, D. M., R. Schaldach, J. Alcamo, A. Bondeau, J. Koch, C. Koelking, y J. A. Priess. 2010. "Indirect land-use changes can overcome carbon savings from biofuels in Brazil". *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 107: 3388–93.
- Lapola, D. M., R. Schaldach, J. Alcamo, A. Bondeau, S. Msangi, J. A. Priess, R. Silvestrini y otros. 2011. "Impacts of climate change and the end of deforestation on land use in the Brazilian Legal Amazon". *Earth Transactions* 15(16): 1–29.
- Leite, R-C., M-V. Leal, L-B. Cortez, W. M. Griffind, y M. I. G. Scandiffio. 2009. "Can Brazil replace 5% of the 2025 gasoline world demand with ethanol?" *Energy* 34(5): 655–61.

- Leite, C., M. Costa, B. Soares-Filho, y L. Hissa. En preparación. "Historical land use change and associated carbon emissions in Brazil from 1940 to 1995". *Global Biogeochemical Cycles*.
- Lewis, S. L., P. M. Brando, O. L. Phillips, G-F. van der Heijden, y D. Nepstad. 2011. "The 2010 Amazon drought". *Science* 331: 554.
- Li, W., R. Fu, y R. E. Dickinson. 2006. "Rainfall and its seasonality over the Amazon in the 21st century as assessed by the coupled models for the IPCC AR4". *Journal of Geophysical Research* 111, D02111.
- Lima, M., M. Skutsch, y G. M. Costa. 2011. "Deforestation and the social impacts of soy for biodiesel: Perspectives of farmers in the south Brazilian Amazon". *Ecology and Society* 16(4): 4.
- Loarie, S. R., D.B. Lobell, G. P. Asner, Q. Mu, y C. B. Field. 2011. "Direct impacts on local climate of sugar-cane expansion in Brazil". *Nature Climate Change* 1: 101–09.
- Malhi, Y., J-R. Roberts, R. A. Betts, T. J. Killeen, W. Li, y C. A. Nobre. 2008. "Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon". *Science* 319: 169–72.
- Manzatto, C. V., E. D. Assad, J-M. Bacca, M. J. Zaroni, y S-M. Pereira (org.). 2009. *Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar*. Documentos 110. Río de Janeiro: Embrapa Solos.
- MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) y MDA (Ministério do Desenvolvimento Agrário). 2011. *Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura*. Brasília: Casa Civil, MAPA, y MDA (org.). Versión preliminar en portugués disponible en www4.planalto.gov.br/consea/noticias/imagens-1/plano-abc.
- Marengo, J. A., C. A. Nobre, J. Tomasella, M. D. Oyama, G. S. Oliveira, R. Oliveira, H. Camargo y otros. 2008. "The drought of Amazonia in 2005". *Journal of Climate* 21: 495–516.
- Melillo, J. M., A. D. McGuire, D. W. Kicklighter, B. Moore, C. J. Vorosmarty, y A. L. Schloss. 1993. "Global climate change and terrestrial net primary production". *Nature* 363: 234–40.
- Mendonça, M-C., M-V. Diaz, D. C. Nepstad, R. S. Motta, A. A. Alencar, J. C. Gomes, y R. A. Ortiz. 2004. "The economic costs of the use of fire in the Amazon". *Ecological Economics* 49: 89–105.
- Merry, F., B. S. Soares-Filho, D. C. Nepstad, G. Amacher, y H. Rodrigues. 2009. "Balancing conservation and economic sustainability: The future of the Amazon timber industry". *Environmental Management* 44: 395–407.

- Metzger, J. P., T. M. Lewinsohn, C. A. Joly, L. M. Verdade, L. A. Martinelli, y R. R. Rodrigues. 2010. "Brazilian law: full speed in reverse?" *Science* 329: 276–77.
- MA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). 2004. "Programa de Desenvolvimento Sustentável para a Produção Familiar Rural (Proambiente)". Disponible en www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=33.
- Morton, D. C., R. S. DeFries, Y. E. Shimabukuro, L. O. Anderson, E. Arai, F. Espirito-Santo, R. Freitas y otros. 2006. "Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon". *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 103: 14637–41.
- Moutinho, P., y S. Schwartzman (eds). 2005. *Tropical Deforestation and Climate Change*. Belém and Washington, DC: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia and Environmental Defense.
- Nass, L. L., P. A. A. Pereira, y D. Ellis. 2007. "Biofuels in Brazil: An overview". *Crop Science Society of America* 47: 2228–37.
- Nepstad, D., G. Carvalho, A. C. Barros, A. Alencar, J. P. Capobianco, J. Bishop, P. Moutinho, P. Lefebvre, U. L. Silva Jr, y E. Prins. 2001. "Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests". *Forest Ecology and Management* 154: 395–407.
- Nepstad, D. C., C. M. Stickler, O. T. Almeida. 2006. "Globalization of the Amazon soy and beef industries: Opportunities for conservation". *Conservation Biology* 20: 1595–603.
- Nepstad, D. C., C. M. Stickler, B. S. Soares Filho, y F. Merry. 2008. "Interactions among Amazon land use, forests and climate: Prospects for a near-term forest tipping point". *Philosophical Transactions of the Royal Society* 363: 1737–46.
- Nepstad, D., B. S. Soares-Filho, F. Merry, A. Lima, P. Moutinho, J. Carter, M. Bowman y otros. 2009. "The end of deforestation in the Brazilian Amazon". *Science* 326: 1350–51.
- Nepstad, D.C., D. G. McGrath, y B. Soares-Filho. 2011. "Systemic conservation, REDD, and the future of the Amazon Basin". *Conservation Biology* 25(6): 1113–16.
- Nobre, C. A., G. Sampaio, y L. F. Salazar. 2010. "Cenários de mudança climática para a América do Sul para o final do Século XXI". En: *Amazonía y agua: desarrollo sostenible en el siglo XXI*. H. B. Zamudio, C. H. S. Hernando, M. A. Tarancón, y M. O. Olalde (eds). Unesco Etxea. pp. 39–58.

- Nunes, F., B. Soares-Filho, R. Giuduce, H. Rodrigues, M. Bowman, R. Silvestrini, y E. Mendoza. En prensa. "Economic benefits of forest conservation: Assessing the potential rents from Brazil nut concessions in Madre de Dios, Peru, to channel REDD+ investments". *Environmental Conservation*.
- Oliveira, F. L. R., J. A. Lazo, L. D. T. Santos, V. D. Machado, y M. V. Santos. 2010. "Integração lavoura-pecuária-floresta: conceitos, componentes e possibilidades". En L. D. T. Santos y otros. (org.) *Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Alternativa para Produção Sustentável nos Trópicos*. Montes Claros: ICA/UFMG.
- O'Neill, B.C., y M. Oppenheimer. 2002. "Dangerous climate impacts and the Kyoto Protocol". *Science* 296: 1971–72.
- Oyama, M. D., y C. A. Nobre. 2003. "A new climate-vegetation equilibrium state for Tropical South America". *Geophysical Research Letters* 30(23): 2199.
- Page, S. S., F. Siegert, J. O. Rieley, H. V. Boehm, y A. Jaya. 2003. "The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997". *Nature* 420: 61–65.
- Pan, Y., R. Birdsey, J. Fang, R. Houghton, P. Kauppi, W. A. Kurz, O. L. Phillips y otros. 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science* 333: 988–93.
- Phillips, O. L., S. L. Lewis, T. R. Baker, K. J. Chao, y N. Higuchi. 2008. "The changing Amazon forest". *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363: 1819–27.
- Phillips, O. L., L. E. O. C. Aragão, S. L. Lewis, J. B. Fisher, J. Lloyd, G. López-González, Y. Malhi y otros. 2009. "Drought sensitivity of the Amazon rainforest". *Science* 323: 1344–47.
- Phulpin, T., F. Lavenu, M. F. Bellan, B. Mougenot, y F. Blasco. 2002. "Using SPOT-4 HRVIR and vegetation sensors to assess impact of tropical forest fires in Roraima, Brazil". *International Journal of Remote Sensing* 23: 1943–66.
- Pimentel, D., P. Hepperly, J. Hanson, D. Douds, y R. Seidel. 2005. "Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems". *BioScience* 55(7): 573–82.
- Popp, A., H. Lotze-Campen, y B. Bodirsky. 2010. "Food consumption, diet shifts and associated non-CO₂ greenhouse gases from agricultural production". *Global Environmental Change* 20: 451–62.
- Ramanathan, V., P. J. Crutzen, J. T. Kiehl, y D. Rosenfeld. 2001. "Aerosols, climate and the hydrological cycle". *Science* 294: 2119–24.

- Ramming, A., T. Jupp, K. Thonicke, B. Tietjen, J. Heinke, S. Ostberg, W. Lucht, W. Cramer, y P. Cox. 2010. "Estimating the risk of Amazonian forest dieback". *The New Phytologist* 187 (3): 694–706.
- Ramos da Silva, R., D. Werth, y R. Avissar. 2008. "Regional impacts of future land-cover changes on the Amazon Basin wet-season climate". *Journal of Climate* 21: 1153–70.
- Raven, P. H. 1988. "Our diminishing tropical forests". En E. O. Wilson y F. M. Peter (eds.). *Biodiversity*. Washington, DC: National Academic Press.
- Ribeiro, M. C., J. P. Metzger, A. C. Martensen, F. Ponzoni, y M. Hirota. 2009. "Brazilian Atlantic forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation". *Biological Conservation* 142: 1141–53.
- Rosegrant, M. W., C. Ringler, y T. Zhu. 2009. "Water for agriculture: Maintaining food security under growing scarcity". *Annual Review of Environmental Resources* 34: 205–22.
- Sá, C. P. de, C. M. S. de Andrade, y J. F. Valentim. 2010. *Análise Econômica para a Pecuária de Corte em Pastagens Melhoradas no Acre*. Rio Branco, AC: EMBRAPA.
- Saatchi, S. S., R. A. Houghton, R. Alvala, J. V. Soares, y Y. Yu. 2007. "Distribution of aboveground live biomass in the Amazon basin". *Global Change Biology* 13(4): 816–37.
- Salazar, L. F., C. A. Nobre, y M. D. Oyama. 2007. "Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America". *Geophysical Research Letters* 34: L09708.
- Sampaio, G., C. Nobre, M. H. Costa, P. Satyamurty, B. S. Soares-Filho, y M. Cardoso. 2007. "Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion". *Geophysical Research Letters* 34: L17709.
- Serviço Florestal Brasileiro y Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. 2010. *A atividade madeireira na Amazônia brasileira: Produção, receita e mercados*. Belém, Pará.
- Silvestrini, R. A., B. S. Soares-Filho, D. Nepstad, M. Coe, H. O. Rodrigues, y R. Assunção. 2011. "Simulating fire regimes in the Amazon in response to climate change and deforestation". *Ecological Applications* 21(5): 1573–90.
- Soares-Filho, B. S., D. C. Nepstad, L. Curran, G. C. Cerqueira, R. A. Garcia, C. A. Ramos, E. Voll y otros. 2005. "Cenários de desmatamento para Amazônia". *Estudos Avançados* 19(54): 138–52.
- . 2006. "Modelling conservation in the Amazon basin". *Nature* 440: 520–23.
- Soares-Filho, B. S., R. A. Garcia, H. Rodrigues, M. Sueli, y D. Nepstad. 2008a. *Nexos entre as dimensões socioeconômicas e o desmatamento: a caminho de um modelo integrado*. En

- M. Batistella, D. Alves, y E. Moran (org.). *Amazônia. Natureza e Sociedade em Transformação*. 1ª ed. San Pablo: Edusp., pp. 1–304.
- Soares-Filho, B. S., L. Dietzsch, P. Mountinho, A. F. Suarez, H. Rodrigues, E. Pinto, C. Maretti y otros. 2008b. *Redução de emissões de carbono associadas ao desmatamento no Brasil: o papel do Programa Áreas Protegidas da Amazônia (Arpa)*. Brasília: IPAM.
- Soares-Filho, B. S., P. Moutinho, D. Nepstad, A. Anderson, H. Rodrigues, R. Garcia, L. Dietzsch y otros. 2010. “Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation”. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107: 10821–26.
- Soares-Filho, B. S., R. A. Silvestrini, D. Nepstad, P. Brando, H. O. Rodrigues, A. Alencar, M. Coe y otros. En preparación. “Forest fragmentation, climate change and understory fire regimes on the Amazonian landscape of the Xingu headwaters”. *Landscape Ecology*.
- SOS MA (Mata Atlântica). 2011. *Atlas dos municípios da Mata Atlântica*. Disponible en www.sosmatatlantica.org.br.
- Stickler, C. M., D. C. Nepstad, M. T. Coe, D. G. McGrath, H. O. Rodrigues, W. S. Walker, B. S. Soares-Filho y otros. 2009. “The potential ecological costs and cobenefits of REDD: A critical review and case study from the Amazon region”. *Global Change Biology* 15(12): 2803–24.
- Texeira, A., B. Soares-Filho, S. Freitas, y J. Metzger. 2009. “Modeling landscape dynamics in the Atlantic rainforest domain: Implications for conservation”. *Forest Ecology and Management* 257: 1219–30.
- Tilman, D. 1999. “Global environmental impacts of agricultural expansion: The need for sustainable and efficient practices”. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 96: 5995–6000.
- Turner, W. R., K. Brandon, T. M. Brooks, R. Costanza, G-B. Fonseca, y R. Portela. 2007. “Global Conservation of Biodiversity and Ecosystem Services”. *BioScience* 57(10): 868–73.
- UNDP (United Nations Development Programme). 2011. *Human Development Report 2011. Sustainability and Equity: A Better Future for All*. New York: Palgrave Macmillan.
- Van der Werf, G. R., D. C. Morton, R. S. DeFries, J. G. J. Olivier, P. S. Kasibhatla, R. B. Jackson, G. J. Collatz y otros. 2009. “CO₂ emissions from forest loss”. *Nature Geoscience* 2: 737–39.
- Wassenaar, T., P. Gerber, P. H. Verburg, M. Rosales, M. Ibrahim, y H. Steinfeld. 2007. “Projecting land use changes in the Neotropics: The geography of pasture expansion into forest”. *Global Environmental Change* 17: 86–104.

Wunder, S. 2008. "Payments for environmental services and the poor: Concepts and preliminary evidence". *Environment and Development Economics* 13: 279–97.