

MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

Emisiones de gases de efecto invernadero y mitigación en el sector de uso del suelo, cambio en el uso del suelo y silvicultura

Economía del cambio climático
en la Argentina

Héctor Daniel Ginzo



NACIONES UNIDAS



MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

Emisiones de gases de efecto invernadero y mitigación en el sector de uso del suelo, cambio en el uso del suelo y silvicultura

Economía del cambio climático
en la Argentina

Héctor Daniel Ginzo



NACIONES UNIDAS



Este documento fue preparado por Héctor Daniel Ginzo, consultor de la Unidad de Políticas para el Desarrollo Sostenible de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Este documento fue elaborado en 2009, en el marco del estudio nacional de la economía del cambio climático en la Argentina, bajo la coordinación de Osvaldo Girardín a nivel nacional. Además, este documento es parte de los estudios sectoriales preparados en el marco del Estudio Regional de la Economía del Cambio Climático (ERECC) en América del Sur —iniciativa encabezada por la CEPAL y coordinada por Joseluis Samaniego, Carlos de Miguel, Mauricio Pereira y Karina Martínez. El ERECC contó con el apoyo y la colaboración financiera de los Gobiernos de Alemania, Dinamarca, España y el Reino Unido, así como de la Unión Europea y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización.

Las denominaciones empleadas en los mapas de esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contienen no implican, de parte de la Secretaría de las Naciones Unidas, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

Publicación de las Naciones Unidas

ISSN 1564-4189

LC/L.4088

Copyright © Naciones Unidas, octubre de 2015. Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile

S.15-00968

Los Estados miembros y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a las Naciones Unidas de tal reproducción.

Índice

Resumen	7
Introducción	9
I. Estado del arte en la temática	11
A. Mitigación mediante la captura de CO ₂ en montes dedicados.....	11
1. Caso referencial - RE	12
2. Caso de limitación hídrica - LH	12
3. Caso de adaptación - AD	13
4. Aspectos económicos comparados de los casos vistos	14
B. Mitigación de las emisiones de GEI y adaptación al cambio global mediante la evitación y la prohibición del desmonte de los montes nativos	16
1. Una aproximación a las posibilidades de aplicar la propuesta REDD en la Argentina..	16
C. Revisión del inventario nacional de emisiones /absorciones de GEI para el sector	18
D. Elaboración de las proyecciones de las emisiones/ absorciones de gases de efecto invernadero para el sector	18
1. Escenario referencial - ER	19
2. Escenario de mitigación - EM.....	20
3. Comparación de los escenarios	20
II. Metodología	21
A. Mitigación mediante la captura de CO ₂ en montes dedicados.....	21
1. Propuesta de un esquema de plantación multi-específica, destinada a la mitigación del calentamiento global y adaptada a las repercusiones del mismo.....	21
2. Las curvas de crecimiento de las especies A y B	22
3. El esquema tipo de las plantaciones.....	23
4. Caso referencial.....	23

5.	Caso de limitación hídrica.....	24
6.	Caso de adaptación.....	25
B.	Mitigación de las emisiones de GEI y adaptación al cambio global mediante la evitación y la prohibición del desmonte de los montes nativos	26
1.	Una aproximación a las posibilidades de aplicar la propuesta REDD en la Argentina.....	27
C.	Revisión de un inventario nacional de emisiones/absorciones de GEI para el sector	36
D.	Elaboración de las proyecciones de las emisiones/absorciones de GEI para el sector.....	37
1.	Ambos escenarios	37
2.	Escenario referencial.....	39
3.	Escenario de mitigación - EM referencial.....	39
	Bibliografía	41
	Serie Medio Ambiente y Desarrollo:números publicados	44

Cuadros

Cuadro 1	Existencias de carbono y cantidades netas de CO ₂ removido de la atmósfera y cantidades de rollizos extraídos de una plantación multi-específica en distintos años.....	13
Cuadro 2	Producción de biomasa aérea, rollizos y secuestro de CO ₂ en la biomasa aérea en plantaciones mixtas sometidas a escasez de agua desde 2050 en adelante.....	13
Cuadro 3	Producción de biomasa aérea, rollizos y secuestro de CO ₂ en la biomasa aérea en plantaciones mixtas de cultivares adaptados a escasez de agua	14
Cuadro 4	Ingresos o quebrantos por la venta de títulos de reducción de emisiones de CO ₂ y de rollizos por una plantación multi-específica para los escenarios RE, LH y AD.....	15
Cuadro 5	Ingresos brutos generados por diversos sistemas productivos que podrían implementarse en superficies forestales aptas para la producción de rollizos o de leña.....	17
Cuadro 6	Desembolsos acumulados hasta los años indicados, como resultado de un préstamo recibido en 2009 y destinado a conservar los montes nativos	18
Cuadro 7	Escenario referencial de las emisiones/absorciones de GEI del sector uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y la silvicultura	19
Cuadro 8	Escenario de mitigación de las emisiones/absorciones de GEI del sector uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y la silvicultura	20
Cuadro 9	Valores de los parámetros de la ecuación de crecimiento para cada una de las especies A y B, en el caso referencial	23
Cuadro 10	Valores de los parámetros de la ecuación de crecimiento para cada una de las especies A y B, en el caso de un efecto de limitación hídrica a partir de 2050.....	24
Cuadro 11	Parámetros y condiciones para la aplicación de la ecuación de crecimiento a cultivares sensibles o adaptados a la escasez de agua durante el crecimiento	26
Cuadro 12	Superficies y tipos de tierras forestales de los bosques nativos argentinos	28
Cuadro 13	Participación relativa de la producción de rollizos y de leña en la producción de productos de la madera de una región forestal	29
Cuadro 14	Proporción de la producción total de madera, representada por las fuentes más importantes del Parque Chaqueño.....	29
Cuadro 15	Proporción de la producción total de madera, representada por las fuentes más importantes de la Selva Misionera	30
Cuadro 16	Pobladores indígenas que habitaban la Selva Misionera en 2004-2005	31
Cuadro 17	Proporción de la producción total de madera, representada por las fuentes más importantes de la Selva Tucumano-Boliviana	32
Cuadro 18	Proporción de la producción total de madera, representada por las fuentes más importantes del Bosque Andino-Patagónico	33
Cuadro 19	Participación relativa de las principales fuentes de productos de la madera en el total producido en el Monte	33
Cuadro 20	Participación relativa de las principales fuentes de productos de la madera en el total producido en el Espinal durante 2001-2006	34

Cuadro 21	Ingreso bruto de la exportación de madera aserrada obtenida de una hectárea de la Selva Misionera	35
Cuadro 22	Plantación modelo de diversas especies de pino en la Selva Misionera.....	35
Cuadro 23	Evolución del ingreso bruto del productor de soja de la provincia de Santa Fe.....	36
Cuadro 24	Esquema económico para una explotación ganadera de producción de carne y terneros bajo dos condiciones tecnológicas, en la región centro-sur de la provincia de Corrientes (Espinal)	36

Gráficos

Gráfico 1	Evolución temporal de la biomasa aérea total de las especies A y B, en 5.000 hectáreas del caso referencial	24
Gráfico 2	Cantidad de biomasa total producida en una parcela de 5.000 hectáreas de una plantación mixta de A y B, plantada en 2010, 2020, 2030, 2050 o en 2070.....	25
Gráfico 3	Cantidad de biomasa neta total producida en una parcela de 5.000 hectáreas de una plantación mixta de A y B, plantada en 2010, 2030, 2050 o en 2070.....	25

Diagramas

Diagrama 1	Esquema de la distribución de las especies A y B en una plantación mixta hipotética	22
------------	---	----

Resumen

El sector de uso del suelo, cambio en el uso del suelo y silvicultura (USCUSS) tiene una particular relevancia para la evolución futura de las emisiones netas de gases de efecto invernadero (GEI) de la Argentina porque: (a) hay superficie apta para plantar montes destinados a la captura de CO₂ y (b) hay una decreciente superficie de montes nativos como consecuencia de su talado.

Se desarrollan tres escenarios —(referencial (ER), de limitación hídrica (LH) a partir de 2050 y de adaptación genética (AD) a partir de 2030)— para una plantación de dos especies hipotéticas: una destinada a generar títulos de reducción de emisiones y la otra especie para proveer una renta con la cual sufragar los costos de implantación y gestión de la plantación de la especie destinada a la acumulación de carbono. Entre 2010 y 2100, la cantidad total de CO₂ absorbida y los ingresos anuales por hectárea en cada escenario se ordena ER > AD > LH.

Como la aplicación de la ley de conservación de los montes nativos¹ no alcanzaría para erradicar el desmonte de esos montes, la implementación de una propuesta REDD² sería un instrumento complementario apto para lograr ese objetivo en los próximos 20 años. Se estima en 210 dólares por hectárea y por año la mínima renta que justificaría la sustitución de la tala del monte nativo por la explotación una plantación de pino.

Se ofrece una estimación de las emisiones/absorciones de GEI del sector desde 1990 hasta 2100. Asimismo se proyectan las emisiones netas de GEI del sector bajo un escenario referencial (ER) y otro de mitigación del cambio climático (EM) mediante la interrupción del desmonte de los bosques nativos. En 2100 el escenario ER habrá acumulado 26.600 Gg CO₂ eq y el escenario EM 31.070 Gg CO₂ eq.

¹ Ley 26.331

² Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation.

Introducción

El sector de uso del suelo, cambio en el uso del suelo y silvicultura (USCUSS) tiene una particular relevancia para la evolución futura de las emisiones netas de gases de efecto invernadero (GEI) de la Argentina porque, y esencialmente: (a) hay una relativa abundante superficie apta para plantar montes destinados a la captura de CO₂ de la atmósfera como acción de mitigación del calentamiento global prioritaria; y (b) hay una decreciente superficie de montes nativos como consecuencia del desmonte —independientemente de que éste esté acompañado por un cambio en el uso de la tierra— que se podría atenuar hasta detenerlo sea mediante la aplicación de la legislación específica existente, sea mediante el eventual recurso a la ampliación del enfoque REDD³, una vez que sus procedimientos y modalidades estuvieren plenamente definidos, como acciones de mitigación —(a) y (b)— como adaptación —(b)— al cambio climático.

Existen en principio otras acciones plausibles de mitigación —por ejemplo, la gestión de los espacios verdes de los grandes centros urbanos (EPA, 2009)— y de adaptación al cambio climático —como la creación de cultivares o eventos genéticos leñosos adaptados a las temperaturas elevadas o a la sequía, y a la salinidad de los suelos (Herschbach y Kopriva, 2002)— que no se han explorado en la Argentina, si bien en el país se cuenta con organizaciones u organismos públicos⁴ con la capacitación necesaria para hacerlo.

Son también partes integrales del estudio presente: (a) la actualización del Inventario Nacional de Emisiones de GEI, sobre la base del último dato oficial disponible en la Segunda Comunicación Nacional (RA, 2007) y (b) la elaboración y/o revisión de las proyecciones de emisiones de GEI para el Sector correspondientes al período 1990-2030, junto con la formulación de los lineamientos y las estimaciones del comportamiento de las emisiones de aquél, tanto en un escenario referencial como en uno de mitigación, para el período 2030-2100 y con énfasis en los siguientes años “de corte”: 2020; 2030; 2050; 2070 y 2100.

³ *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation*. Ver: http://unfccc.int/methods_science/redd/items/4531.php

⁴ En el caso de la gestión de los espacios verdes, la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires cuenta con algunos centros que podrían estudiar las emisiones de GEI del sector USCUTS urbano. En el caso de la aplicación de la biotecnología, las capacidades se podrían canalizar a través del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación.

I. Estado del arte en la temática

El estado presente del arte en el Sector es débil en cuanto a la información que ha brindado y brinda. Por un lado, se da el caso de la relativamente baja precisión de las mediciones de las emisiones y capturas de CO₂ —que es el principal gas de efecto invernadero— informadas en los inventarios nacionales de GEI. Así es que las proyecciones futuras de las emisiones de CO₂ estarán condicionadas por la incertidumbre presente de ellas, valor que no es fácil de estimar, pero que provisoria y conservadoramente se podría asimilar a 75% - 100% de cualesquier de los valores promedios de las categorías del Sector. Por el otro lado, hay huecos en las series de datos de algunas actividades, los que se han tenido que llenar con recurso a conjeturas plausibles.

En cuanto a algunas de las medidas de mitigación que se podrían implementar en el sector, y se consideran en este estudio, se eligieron las que a priori son las que serían de implementación más expeditiva desde el punto de vista técnico y regulatorio.

A. Mitigación mediante la captura de CO₂ en montes dedicados

- En la Segunda Comunicación Nacional se propone la alternativa de secuestrar CO₂ atmosférico, mediante plantaciones forestales, como un servicio ambiental brindado por montes mono-específicos destinados a la producción de fibra (RA, 2007). No hay ninguna experiencia en la Argentina en esa dirección, si bien la legislación⁵ vigente la estimularía.
- El esquema de utilizar montes mono-específicos para producir fibra y secuestrar carbono no es necesariamente el más apto para optimizar ambas actividades. Las condiciones esperadas de calentamiento del aire y estrés hídrico previstas para el país (RA, 2007) hacen aconsejable la implantación de montes multi-específicos, los que mediante una juiciosa gestión silvícola —por ejemplo, selección de especies y genotipos, mezclas de especies, raleos y cosechas, estructura cronológica (Locatelli et. al., 2008)— se pueden adaptar a las condiciones climáticas esperadas en el futuro. Con este tipo de montes se lograría una estructura espacial del dosel, tal que favorezca el desacoplamiento de la transpiración de los árboles de las

⁵ Ley 25.080 de inversiones para bosques cultivados.

condiciones micro-meteorológicas reinantes sobre aquél, para reducir la relativamente elevada transpiración en los bordes de las plantaciones (Vanclay, 2009). No menos importante es que esos montes podrán generar con el tiempo una biodiversidad propia (ver Barlow et al., 2007) dentro de un esquema productivo que contemple turnos de corta más prolongados; el ajuste de los tamaños de los rollizos cosechados; la creación de un mosaico de estands de diversas edades y la evitación o disminución de la frecuencia de prácticas de limpieza de la vegetación del sotobosque son algunas de las medidas apropiadas para aquella finalidad (Watson et al., 2000).

- En virtud de lo afirmado precedentemente, la Fundación Bariloche propuso el desarrollo de un programa de plantación de montes multi-específicos destinados particularmente al secuestro de CO₂ atmosférico, como una alternativa sostenible para mitigar las repercusiones del cambio climático en la Argentina (FB, 2008). Esa propuesta es un programa de forestación de 5.000 ha de terrenos degradados por año, con un costo de 31.000.000 dólares y 43.000.000 dólares en los periodos 2010-2020 y 2020-2030, respectivamente. Estas estimaciones no incluían rentas derivadas de la producción de fibra ni los efectos posibles del aumento de la temperatura y del estrés hídrico sobre el crecimiento de los montes.
- El esquema de plantaciones que se desarrollará en lo que sigue se basa en la plantación de 5.000 ha de monte mixto en todos y cada uno de los años comprendidos entre 2010 y 2100 (inclusive).

Para los casos posibles que se presentan en lo que sigue —referencial, de limitación hídrica y adaptación— el procedimiento de modelado empleado tiene las características siguientes, comunes a todos ellos:

Cada caso consiste de un programa anual de plantación de dos especies arbóreas —A y B— consociadas en una misma parcela de 5.000 ha; el programa comienza en 2010. La última plantación de 5.000 ha se hace en 2100; en consecuencia, habrá 455.000 plantadas en 2100 o aproximadamente el 23% de la superficie forestal potencial de la Argentina.

Las especies A y B difieren tanto en la cantidad máxima de biomasa que cada una puede producir como en el tiempo que cada una tarda en realizar esa cantidad de biomasa máxima. La gestión silvícola de la plantación consiste en extraer rollizos de la especie B y utilizar la especie A para absorber CO₂; y eventualmente, vender ese CO₂ absorbido en un mercado de títulos de reducción de emisiones de CO₂.

1. Caso referencial - RE

El crecimiento de la plantación bi-específica no es afectado por repercusiones plausibles del cambio climático en el periodo 2010-2100 (cuadro 1). En el cuadro se muestra que se acumula un total neto de 65,6Tg CO₂ y a la vez se producen 3,1Tg de rollizos.

2. Caso de limitación hídrica - LH

El efecto de la limitación hídrica se manifiesta desde 2050 en adelante, porque se espera una gran variabilidad en las precipitaciones y en la frecuencia de eventos extremos (inundaciones o sequías) hacia fines del Siglo 21. En un escenario como el SRES A1b es plausible esperar en la Argentina crecientes estreses hídricos como resultado de la disminución de la precipitación (IPCC, 2008).

Ese efecto repercute sobre la cantidad de biomasa máxima (la disminuye) que cada una de las especies componentes de la plantación es capaz de producir y sobre el tiempo que cada especie requiere para lograr esa cantidad de biomasa máxima (lo prolonga). En este escenario, la absorción total de CO₂ en 2010-2100 es de aproximadamente 21,2 Tg y la producción total de rollizos es de 1,96 Tg (cuadro 2).

Cuadro 1
Existencias de carbono y cantidades netas de CO₂ removido de la atmósfera y cantidades de rollizos extraídos de una plantación multi-específica en distintos años^a

Año	Existencias netas de biomasa ^b	Cantidades de CO ₂ removido de la atmósfera ^c	Cantidad de rollizos producidos ^d	Superficie plantada ^e
	<i>(giga toneladas)</i>			<i>(hectáreas)</i>
2010	0,26			5 000
2020	218,78	400,63		55 000
2030	1 837,67	3 051,19	9,01	105 000
2050	9 133,47	13 292,40	218,08	205 000
2070	18 849,22	17 812,22	1 007,06	305 000
2100	35 761,75	31 006,29	3 122,08	455 000
Total		65 562,74		

Fuente: Elaboración propia.

^a La plantación multi-específica está compuesta por dos especies, A y B, cada una de las cuales crece acorde con la expresión general $M_a = M_0 + M^*e^{-k/a}$. Parcelas de 5.000 ha, cada una, se plantan anualmente desde 2010 hasta 2100.

^b Cantidad acumulada de biomasa hasta el año calendario indicado.

^c La cantidad de CO₂ removido en la biomasa se obtuvo de la diferencia entre la biomasa existente en un año calendario y la existente en el año calendario precedente, multiplicada por 0,5 (concentración estándar de carbono en la materia seca leñosa) y por 44/12 (factor de conversión para obtener el CO₂ removido en base al carbono presente en la materia leñosa).

^d La cantidad de rollizos es igual a la mitad de la biomasa seca extraída (estimación usual en la práctica silvícola) y acumulada hasta el año calendario indicado. Las emisiones de CO₂ derivadas de la extracción de estas cantidades de rollizos ya están descontadas en la cantidad neta de CO₂ removido de la atmósfera.

^e Superficie total plantada hasta el año calendario indicado.

Cuadro 2
Producción de biomasa aérea, rollizos y secuestro de CO₂ en la biomasa aérea en plantaciones mixtas sometidas a escasez de agua desde 2050 en adelante^a

Año	Existencias netas de biomasa ^b	Cantidades de CO ₂ removido de la atmósfera ^c	Cantidad de rollizos producidos ^d	Superficie plantada ^e
	<i>(giga toneladas)</i>			<i>(hectáreas)</i>
2010	0,26			5 000
2020	218,78	400,63		55 000
2030	1 882,58	3 050,18	9,01	105 000
2050	8 698,59	12 496,13	223,66	205 000
2070	11 482,36	5 103,58	915,24	305 000
2100	11 577,51	174,45	1 958,98	455 000
Total		21 224,97		

Fuente: Elaboración propia.

^a La plantación multi-específica está compuesta por dos especies, A y B, cada una de las cuales crece acorde con la expresión general $M_a = M_0 + M^*e^{-k/a}$ (ver expresión [b]). Parcelas de 5.000 ha, cada una, se plantan anualmente desde 2010 hasta 2100.

^b Cantidad existente en el año calendario de referencia.

^c Cantidad removida de la atmósfera entre el año calendario de referencia y el precedente. Su valor se obtiene del supuesto de 0,5 t de carbono por t de biomasa aérea seca y del factor de conversión para obtener el CO₂ removido en base al carbono presente en la materia leñosa, que es 44/12.

^d La cantidad de rollizos es igual a la mitad de la biomasa seca extraída (estimación usual en la práctica silvícola) y acumulada hasta el año calendario indicado.

^e Superficie total plantada hasta el año calendario indicado.

3. Caso de adaptación - AD

La creación de cultivares o eventos genéticos adaptados a condiciones de estrés hídrico, que se comienzan a plantar a partir de 2030, resulta en una absorción total neta de CO₂ de la atmósfera de 59,4 Tg en el periodo 2010-2100 (cuadro 3). Las plantaciones producen en ese mismo periodo, 2,3 Tg de rollizos.

Cuadro 3
Producción de biomasa aérea, rollizos y secuestro de CO₂ en la biomasa aérea en plantaciones mixtas de cultivos adaptados a escasez de agua^a

Año	Existencias netas de biomasa ^b	Cantidades de CO ₂ removido de la atmósfera ^c	Cantidad de rollizos producidos ^d	Superficie plantada ^e
	<i>(giga toneladas)</i>			<i>(hectáreas)</i>
2010	0,26			5 000
2020	218,78	400,63		55 000
2030	1 882,52	3 050,18	9,01	105 000
2050	7 743,60	10 745,31	214,54	205 000
2070	12 053,32	18 646,47	795,47	305 000
2100	26 517,41	26 517,49	2 270,54	455 000
Total		59 360,09		

Fuente: Elaboración propia.

^a La plantación multi-específica está compuesta por dos especies, A y B, cada una de las cuales crece acorde con la expresión general $M_a = M_0 + M^*e^{-k/a}$ (ver expresión [2]). Parcelas de 5.000 ha, cada una, se plantan anualmente desde 2010 hasta 2100.

^b Cantidad existente en el año calendario de referencia.

^c Cantidad removida de la atmósfera entre el año calendario de referencia y el precedente. Su valor se obtiene del supuesto de 0,5 t de carbono por t de biomasa aérea seca y del factor de conversión para obtener el CO₂ removido en base al carbono presente en la materia leñosa, que es 44/12.

^d La cantidad de rollizos es igual a la mitad de la biomasa seca extraída (estimación usual en la práctica silvícola) y acumulada hasta el año calendario indicado.

^e Superficie total plantada hasta el año calendario indicado.

4. Aspectos económicos comparados de los casos vistos

El cuadro 4, construido con los casos investigados, resalta sobre todo el valor económico potencial del mejoramiento genético como recurso para obtener plantaciones forestales, que sirvan para mitigar el calentamiento global en un escenario plausible de creciente escasez de agua para el crecimiento vegetal.

En el cálculo económico que se ha hecho no se incluyen costos de oportunidad derivados de la utilización de tierras que habitualmente se destinan a diversas actividades agrícolas. Probablemente, un esquema como éste requiera de políticas de fomento oficial porque, como se verá más adelante, el ingreso bruto por unidad de superficie a lo largo del tiempo podría tener una rentabilidad comparativamente reducida con respecto a otras actividades agrícolas.

Si bien las especies no adaptadas al fenómeno de estrés hídrico (caso de escasez de agua) produjeron, al cabo del período de 90 años, un ingreso neto por la venta de rollizos de alrededor de 9% más que el programa de adaptación progresiva a ese estrés (caso de adaptación), el producido por la venta de títulos de reducción de emisiones en el primer caso fue solamente el 57% del producido en este último caso. Es decir que el proceso de adaptación modelado en el presente ejercicio condujo a favorecer la captura de CO₂ atmosférico respecto de la producción industrial de la plantación bi-específica, lo que es un resultado promisorio desde el punto de vista de la mitigación del cambio climático como fin ambiental, y no un mero negocio económico.

Finalmente, se merece destacar que una alternativa al enfoque de adaptación propuesto en esta contribución es la búsqueda de especies nativas reconocidas o potencialmente adaptadas a la escasez de agua, entre los recursos genéticos de un país.

Cualesquier sea el enfoque, los procesos de obtención y prueba de organismos genéticamente mejorados, en uno o más caracteres, que brindan adaptación a una repercusión del cambio ambiental, o la búsqueda y prueba de especies nativas, van a ser tareas por naturaleza prolongadas. Es muy probable que, en ambos enfoques, las mejorías que se obtengan en el comportamiento ambiental sean fraccionalmente pequeñas. Por ello, es urgente comenzar ambas o algunas de esas tareas destinadas al mejoramiento de la adaptación de las plantaciones forestales cuanto antes, porque los resultados se verán recién entre el mediano y el largo plazos. Esto es también lo que el presente ejercicio intenta comunicar.

Cuadro 4
Ingresos o quebrantos por la venta de títulos de reducción de emisiones de CO₂ y de rollizos
por una plantación multi-específica para los escenarios RE, LH y AD

	Período					Promedio [±d.e.]
	2010-2020	2021-2030	2031-2050	2051-2070	2071-2100	
Precio promedio de los títulos de reducción de emisiones (dólares/t CO ₂) ^a	9,62 [±0,76]	15,08 [±0,941]	24,96 [±1,848]	28,93 [±1,844]	39,38 [±3,028]	
Superficie plantada (hectáreas) ^b	50 000	50 000	100 000	100 000	150 000	
Ingreso unitario por la venta de títulos de reducción de emisiones de CO ₂ (dólares*ha ⁻¹ *a ⁻¹) ^c						
Referencial (RE)	3,90	50,3	86,8	147,0	150,0	87,63 [±62,92]
Limitación hídrica(LH)	3,82	47,4	55,7	66,6	41,2	43,00 [±23,89]
Adaptación a la limitación hídrica(AD)	3,82	43,2	64,4	95,0	82,9	57,87 [±36,02]
Ingreso por la venta de rollizos (dólares*ha ⁻¹ *a ⁻¹) ^d						
Referencial (RE)			2,96	74,18	103,10	60,1 [±51,5]
Limitación hídrica (LH)			3,63	62,44	42,90	36,3 [±29,9]
Adaptación a la limitación hídrica (AD)			2,53	48,62	67,26	39,5 [±33,3]

Fuente: Elaboración propia.

^a Se trata del promedio de fluctuaciones aleatorias del valor de referencia aplicado cada período considerado (ver más abajo). Los valores de las fluctuaciones se obtuvieron del supuesto de que ellas pertenecían a un universo normal de media $z = 0$ y $\sigma^2 = 1$. Así se generaron valores de z aleatorios entre $-0,333$ y $0,333$ (desvíos equivalentes a $\pm 1\sigma$). A continuación se calculó la probabilidad de cada uno de esos valores, a la que se le sustrajo $0,5$ (que es la probabilidad acumulada de la media de la distribución empleada) y se le sumó 1 , con lo que se obtuvo el factor multiplicador del valor de referencia para un cierto año calendario, y luego un valor para la variación relativa de éste. Los valores de referencia empleados para los diferentes periodos son (dólares/t CO₂): 10 (2010-2020); 15 (2021-2030); 25 (2031-2050); 30 (2051-2070) y 40 (2071-2100). El desvío estándar está indicado entre corchetes.

^b Superficie plantada en el período indicado.

^c El ingreso de la venta de los títulos es la suma de los ingresos de cada uno de los años calendario del período considerado dividida por la superficie total plantada en el período y la longitud de éste.

^d El ingreso de la venta de los rollizos es la suma de los ingresos de cada uno de los años calendario del período considerado dividida por la superficie total plantada en el período y la longitud de éste. El ingreso en cada año calendario es el producto de la cantidad de rollizos producidos por el precio estimado de la tonelada de rollizos menos los gastos de implantación y gestión silvícola de la superficie plantada y apeo y acarreo de los rollizos. El precio de venta de los rollizos para 2010 se estimó en 254 dólares por tonelada (valor de 2007, RA [2009]). El costo de implantación y gestión silvícola de 5.000 ha se estimó en 2.360.345 dólares, en 2010, y se computó por una única vez para cada parcela de ese tamaño, para cada uno de los años calendario en el que se planta una parcela. El costo del apeo y flete de los rollizos se fijó en 10 dólares la tonelada. Tanto el precio de venta de los rollizos como el costo del apeo y flete se actualizaron anualmente desde 2010 en adelante, acordes con incrementos anuales generados como en [1], más arriba. El promedio [± d.e.] del precio de venta menos el costo del apeo y el transporte es 242,191 dólares [±17,135] por tonelada, para el período considerado de 91 años (2010-2100).

Si bien las estimaciones monetarias del cuadro 4 son pasibles de revisión, porque los supuestos sobre los que se fundan son materia opinable, merece puntualizarse que en el esquema particular propuesto, el ingreso por la venta de rollizos en el periodo 2010-2100 es menor que el ingreso por títulos de reducción de emisiones. Pero el hecho que vale la pena destacar es que la suma de los ingresos anuales promedios y máximos de las ventas de certificados y de rollizos —correspondientes al escenario referencial RE y al período 2071-2100 en el cuadro 4— es de 253 dólares*ha⁻¹*a⁻¹, o sea, un 23% mayor que el ingreso anual de una hectárea de pinos para uso industrial (ver cuadro 5), aquí y ahora.

En resumidas cuentas, el corriente ejercicio con montes multi-específicos insinúa que montes dedicados al secuestro de CO₂ atmosférico pueden dejar, además, una renta adicional sin afectar sensiblemente la permanencia del carbono secuestrado. Pero su implementación, como actividad de mitigación, podría requerir muy probablemente subsidios oficiales para que sea viable. La elección de

especies de madera cara sería una forma para hacer, económicamente, más atractiva la plantación de este tipo de montes dedicados a la captura de carbono.

B. Mitigación de las emisiones de GEI y adaptación al cambio global mediante la evitación y la prohibición del desmonte de los montes nativos

- En la Segunda Comunicación Nacional se postulan dos caminos para la captura de carbono por medio de ecosistemas forestales (RA, 2005). Uno de ellos es la conservación de algunas categorías de monte nativo, que implica la gestión sostenible y, por lo tanto, la prohibición del desmonte. La recientemente reglamentada Ley 26.331 de conservación de bosques nativos abre una puerta —mediante su artículo 9° reglamentado— para la gestión de los bosques nativos con el propósito de secuestrar CO₂, en algunas categorías de esos bosques.
- La Argentina podría eventualmente optar por aplicar también a sus montes nativos el proceso REDD, una vez que sus procedimientos y modalidades se acuerden en el marco de la CMNUCC. Esencialmente, el proceso REDD consiste en pagar a los países en desarrollo la conservación de sus montes nativos; es decir, prevenir que los talen o degraden. De esta manera, se evitaría una buena proporción de las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Los procedimientos y las modalidades del proceso REDD son materia de debate en el presente. Por ejemplo, se ha propuesto obtener el financiamiento del proceso mediante la emisión de certificados de reducción de emisiones —para ser negociados eventualmente en un mercado ad hoc— o mediante contribuciones de los países desarrollados, o una combinación de ambas modalidades. No menos importante, los aspectos metodológicos del proceso REDD son sumamente complejos (UNFCCC, 2009).
- En el estudio presente se ofrece una actualización de una estimación ya hecha del costo de evitación del desmonte de los montes nativos argentinos (FB, 2008). Esta actualización contiene estimaciones de costo para los años de corte de 2050, 2070 y 2100.

1. Una aproximación a las posibilidades de aplicar la propuesta REDD en la Argentina

Una de las tantas y diversas motivaciones que dieron origen al proceso presente de incorporación de normas internacionales para evitar las emisiones de (fundamentalmente) CO₂, derivadas del desmonte y de la degradación de los montes nativos⁶, es la incapacidad técnica o institucional (o ambas) de la gran mayoría de los países en desarrollo para detener el arrasamiento de superficies forestales de un elevado valor biológico por los diversos servicios ecosistémicos que prestan, real o potencialmente, incluido el de repositorio de la biodiversidad.

En la Argentina, la propuesta REDD sería un instrumento complementario muy necesario para conservar sus montes nativos, porque ya existe una ley de alcance nacional con tal propósito, que autoriza a utilizar recursos monetarios de diversas fuentes —REDD podría ser una— además de las propias del presupuesto nacional de gastos y recursos⁷. Los recursos que proveería esa ley no serían

⁶ Este proceso se denomina REDD (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation). Consultar FCCC/SBSTA/2009/L.9 y FCCC/AWG/LCA/2009/INF.1, en el sitio de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC, en inglés); url: <http://unfccc.org>.

⁷ Por el artículo 30 de la Ley 23.661, se crea el denominado “Fondo Nacional para el Enriquecimiento y Conservación de los Bosques Nativos”. Este Fondo se nutrirá con no menos del 0,3% del presupuesto nacional de cada año (artículo 31, apartado “a”) y con el 2% del total de las retenciones a las exportaciones de productos provenientes de la agricultura (sensu lato) en el año anterior. Por ejemplo, el presupuesto general de recursos estimado para 2009 es ARS 329.537 M (RA, 2009a); el 0,3% de este monto es ARS 988,6 M, que equivale a 259,5 millones de dólares (1 dólar = 3,810 pesos argentinos, precio mayorista vendedor del 7 de julio de 2009 [La Nación, 2009]). Por otro lado, el total recaudado por las retenciones agropecuarias en 2008 fue aproximadamente ARS 40.406,3 M (El Día, 2009); el 2% de esta cantidad es 808,1 millones de pesos argentinos o 212,2 millones de dólares (1 dólar = 3,81 pesos argentinos [La Nación, 2009]). Es decir, ese Fondo contaría con 471,7 millones de dólares en 2009.

suficientes para disminuir y, eventualmente, detener el proceso de desmonte de los montes nativos (ver más adelante). La tasa anual de desmonte en la Argentina ha crecido sostenidamente: entre 1937 y 1987 fue $0,16\%.a^{-1}$; entre 1987 y 1998, $1,02\%.a^{-1}$; y entre 1998 y 2002, $1,11\%.a^{-1}$ (RA, 2007a).

El cuadro 5 brinda un cálculo económico preliminar del costo de oportunidad de diversas actividades productivas comunes en las áreas donde se podría implementar el proceso REDD. De ese cuadro resulta claro que, para evitar el desmonte de alguno de los bosques nativos, habría que pagarle al propietario —sea privado o público— no menos de 210 dólares por hectárea y por año, que es la mínima renta que le brindaría la sustitución del monte nativo por una plantación industrial de pino, en el caso presente. Pero aún así, esta estimación es muy optimista (desde la perspectiva de quien pagaría por la conservación del monte) ya que no incluye el costo de conservación de otros servicios ecológicos como la biodiversidad, la pureza de las cuencas hídricas, la producción de productos diferentes de la madera, entre otros, ni los beneficios eventuales de la venta de certificados de reducción de las emisiones de CO_2 . Si se contabilizaran estos servicios ecológicos, el costo por hectárea sería mayor; pero no se puede estimar cuánto, porque no hay en general acuerdo acerca de la manera de contabilizar esos costos.

Algunos convenios de conservación y uso sostenible de selvas tropicales podrían fijar precios sustancialmente menores que el calculado más arriba, porque los contratantes explotarían comercialmente los montes recibidos⁸. Mas la experiencia reciente en este sentido es magra, lo que hace riesgoso proponer valores monetarios ajustados a casos particulares, que generalmente no se han estudiado lo suficiente para tal fin.

Cuadro 5
Ingresos brutos generados por diversos sistemas productivos que podrían implementarse en superficies forestales aptas para la producción de rollizos o de leña

(En dólares* $ha^{-1}a^{-1}$)

Ingreso bruto anual	Aptitud de la región forestal			
	Producción de rollizos			Producción de leña
	Explotación atenuada de la Selva Misionera ^a	Plantación de pino en terrenos desmontados ^b	Cultivo de soja en tierras forestales que producen leña ^c	Establecimiento ganadero ^d
	42,2	205,2	186,2	50,2

Fuente: Elaboración propia.

^a Del cuadro 21.

^b Del cuadro 22.

^c El ingreso por unidad de masa se obtuvo del cuadro 23. Ese ingreso se multiplicó por el rendimiento de soja, estimado en $1,5 t.ha^{-1}$, que es un valor muy bueno para un cultivo en una zona marginal. En la zona núcleo de la soja, el rendimiento de grano puede variar entre $2,5$ y $3,5 t.ha^{-1}$.

^d Del cuadro 24.

En cuanto a las regiones esencialmente productoras de leña, como el Monte, el monto a pagar tendrá que compensar la renta producida por la agricultura. El cultivo de soja, aún con rendimientos comparativamente reducidos por tratarse de zonas marginales, representaría un ingreso bruto anual de casi $200 dólares*ha^{-1}$ (cuadro 5), que cualquier programa de evitación del desmonte o degradación de los montes debería mínimamente compensar. En el caso particular de esta región (el Monte), además, habría que tener en cuenta el costo de conservación de la biodiversidad, porque la región es un centro de origen de diversas especies del género *Prosopis* —árboles o arbustos— las cuales se utilizan en mueblería, fabricación de leña y carbón de leña, alimentación (las semillas), entre otros usos.

Para el supuesto de que el Estado Argentino aplicara plenamente los fondos que le otorga la Ley 23.661 en el corriente año (2009) —que serían de alrededor de $471,7$ millones de dólares⁹—, le

⁸ Por ejemplo, el convenio recientemente firmado por el grupo inversor Canopy Capital y el gobierno de Guayana establece una inversión de $1,2$ millones anuales de dólares por 371.000 ha de la reserva Iwokrama; ese monto equivale a $3,23$ dólares * $ha^{-1}a^{-1}$; <http://www.reuters.com/article/environmentNews/idUSL2668925320080327>.

⁹ Ver nota al pie 6.

alcanzaría para proteger solamente 235.850 ha o aproximadamente el 16% de la superficie de la Selva Misionera.

Supóngase que la totalidad de la superficie forestal nativa —alrededor de 96,4 millones de hectáreas (cuadro 12)— se protegiera (como mínimo) con un gasto por hectárea de 200 dólares, la inversión total sería de 1.840 millones de dólares en la actualidad. Supóngase que el gobierno argentino obtuviera ese dinero en préstamo y a una tasa de interés de fomento de 2% anual, a pagar en 2100. La deuda adquirida sería de 11.154 millones de dólares la que repartida equitativamente entre los 91 años que median entre 2009 y 2100 resultaría en una alícuota de 122,6 millones de dólares por año. Los montos a pagar, en diversas oportunidades entre 2010 y 2100, se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6
Desembolsos acumulados hasta los años indicados, como resultado de un préstamo recibido en 2009 y destinado a conservar los montes nativos^a
(En millones de dólares)

Año	Desembolso acumulado
2010	122,6
2020	1 348,6
2030	2 574,6
2050	5 026,6
2070	7 478,6
2100	11 156,6

Fuente: Elaboración propia.

^a El monto necesario para proteger 96,4 Mha de bosque nativo se estima en 1.840 millones de dólares (sobre la base de un costo unitario de 200 dólares*ha⁻¹). Ese monto se obtiene en 2009 con un interés financiero de 2% anual. El préstamo se debe saldar en 2100, cuando la suma del monto solicitado más los intereses sería 11.154 millones de dólares. Este monto resulta en 91 cuotas de 122,6 millones de dólares, cada una.

C. Revisión del inventario nacional de emisiones /absorciones de GEI para el sector

El inventario de gases de efecto invernadero del sector, elaborado recientemente (FB, 2008), es todavía válido en la actualidad. Este inventario abarca el período 1990-2005.

D. Elaboración de las proyecciones de las emisiones/absorciones de gases de efecto invernadero para el sector

Sobre la base de una actualización reciente del inventario nacional de emisiones/absorciones de GEI del sector (FB, 2008), se hizo una proyección de las emisiones netas de GEI para los años 2010, 2020, 2030, 2050, 2070 y 2100 bajo dos escenarios plausibles: uno referencial (ER) y otro de mitigación del cambio climático (EM). En ambos escenarios es el CO₂ de las categorías *Cambios en Bosques y Otros Stocks de Biomasa Leñosa y Conversión de Bosques y Pastizales*¹⁰ el que domina la dinámica de los GEI¹¹.

Ambos escenarios comparten la aplicación a rajatabla y universal de la ley de conservación de los montes nativos, pero bajo dos situaciones cuantitativamente diferentes. El escenario ER presupone la abolición total del desmonte en un periodo de 40 años, a partir de 2009. El otro escenario —EM— representa el caso de una abolición más inmediata del desmonte de esos bosques nativos, tal que ocurre en los 20 años comprendidos entre 2009 y 2028.

¹⁰ Esta categoría representa esencialmente a las emisiones GEI debidas al desmonte y quema de las superficies desmontadas.

¹¹ Porque el CO₂ es el gas dominante del sector, en lo que sigue de esta sección se interpretan las referencias a los GEI como referencias a CO₂.

En los dos escenarios se adoptan del inventario anterior (FB, 2008) los valores de las emisiones o absorciones de GEI de las categorías *Abandono de Tierras Manejadas*, *Impacto de la Agricultura sobre el Suelo* y *Otros*, los que se suponen invariables desde 2030 en adelante.

La categoría *Abandono de Tierras Manejadas* representa la contribución de la regeneración de formaciones leñosas o de pastizales en tierras que habían estado dedicadas a cultivos o pasturas para la ganadería. La expansión de la agricultura prevé una disminución progresiva de la superficie de tierras excluidas de esa actividad, por lo que el sumidero que esas tierras representan se reduce hasta 2030 y se estabiliza a partir de esa fecha en ambos escenarios.

La categoría *Impacto de la Agricultura sobre el Suelo* representa esencialmente la influencia de tres procesos en el balance de GEI del suelo. Esos procesos determinan: (a) el cambio del contenido de carbono almacenado en el suelo y en el mantillo de los suelos minerales como resultado de cambios en las prácticas de uso de la tierra; (b) las emisiones de CO₂ de los suelos orgánicos convertidos a la agricultura o la forestación y (c) las emisiones de CO₂ resultantes del encalado de suelos salinos o salino-sódicos. De estos procesos, el (a) es el más relevante en la Argentina, el que se asume invariable en cuanto a su extensión geográfica.

La categoría *Otros* cumple la función de completar la suma de las superficies de las otras categorías y así obtener la superficie terrestre total de un país.

1. Escenario referencial - ER

Este escenario representa la situación de una implementación dilatada de la ley de conservación de los montes nativos. En efecto, la aplicación de esa ley logra erradicar el desmonte recién en 2050, al cabo de cuatro décadas desde su implementación inicial (cuadro 7). Este escenario es un sumidero de carbono en todo el periodo considerado. En este sentido difiere de un escenario anterior (FB, 2008), en que se modeló la desaparición prácticamente total de los bosques nativos, lo que modificó el carácter de sumidero neto de CO₂ del sector a partir de 2012, convirtiéndolo en un emisor neto de ese gas.

Es de esperar, en consecuencia, que la conservación de los montes nativos asegure que ellos se mantengan como sumideros de CO₂, aún cuando las acciones tendientes a eliminar (o al menos reducir sustancialmente) el desmonte se prolonguen en el tiempo, más tal vez de lo que sería deseable.

Cuadro 7
Escenario referencial de las emisiones/absorciones de GEI del sector uso de la tierra,
cambio del uso de la tierra y la silvicultura ^a
(En Gg CO₂ eq)

Categoría	Año					
	2010	2020	2030	2050	2070	2100
Cambios en Bosques y Otros Stocks de Biomasa Leñosa (CBOSBL)	-16 259,65	-25 224,61	-30 580,68	-34 138,45	-33 713,53	-33 469,54
Conversión de Bosques y Pastizales (CBP)	11 041,75	7 705,04	4 877,59	0,00	0,00	0,00
Abandono de Tierras Manejadas (ATM)	-14 330,84	-8 008,94	-4 475,88	-4 475,88	-4 475,88	-4 475,88
Impacto de la Agricultura sobre el Suelo (IAS)	11 307,76	11 307,76	11 307,76	11 307,76	11 307,76	11 307,76
Otros (Ot)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	-8 240,98	-14 220,75	-18 871,21	-27 306,57	-26 881,65	-26 637,66

Fuente: Elaboración propia.

^a Los valores positivos representan emisiones de GEI hacia la atmósfera. Los valores negativos representan remociones de GEI desde la atmósfera.

2. Escenario de mitigación - EM

El escenario de mitigación muestra tempranamente las consecuencias de la aplicación de la ley de conservación de los montes nativos, puesto que en 2020 las emisiones del desmonte son casi la mitad de las de la década precedente (cuadro 8).

Cuadro 8
Escenario de mitigación de las emisiones/absorciones de GEI del sector uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y la silvicultura
(En Gg CO₂ eq)

Categoría	Año					
	2010	2020	2030	2050	2070	2100
Cambios en Bosques y Otros Stocks de Biomasa Leñosa (CBOSBL)	-17 640,52	-34 691,48	-39 485,35	-38 567,74	-38 142,83	-37 898,84
Conversión de Bosques y Pastizales (CBP)	10 778,85	5 068,18	0,00	0,00	0,00	0,00
Abandono de Tierras Manejadas (ATM)	-14 330,84	-8 008,94	-4 475,88	-4 475,88	-4 475,88	-4 475,88
Impacto de la Agricultura sobre el Suelo (IAS)	11 307,76	11 307,76	11 307,76	11 307,76	11 307,76	11 307,76
Otros (Ot)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	-9 884,75	-26 324,48	-32 653,47	-31 735,86	-31 310,95	-31 066,96

Fuente: Elaboración propia.

3. Comparación de los escenarios

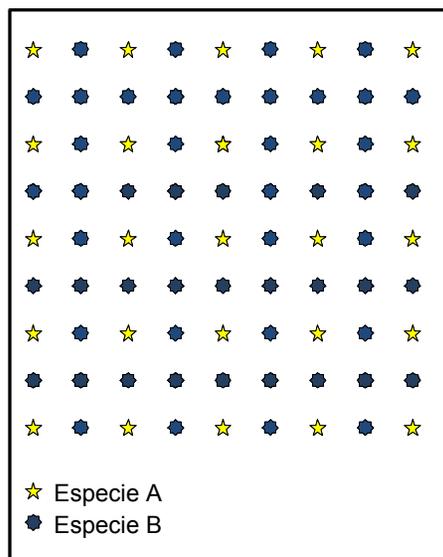
La aceleración de la implementación de acciones de disminución del desmonte produce cambios de magnitud en la intensidad del sumidero de carbono nativo, particularmente en los años 2020 y 2030, cuando las absorciones netas de CO₂ del escenario de mitigación son 85% y 73% mayores que las del escenario referencial, respectivamente (ver cuadros 7 y 8). Pero una vez que el desmonte desaparece como elemento deletéreo para la integridad del sumidero nativo, el escenario de mitigación es nada más que alrededor de 16% más intenso que el escenario referencial. Este hecho insinúa que la potenciación del sumidero nativo debería también buscarse en el aumento de la tasa anual promedio de absorción de CO₂ mediante acciones silvícolas para recuperar las áreas boscosas que se encuentran en diversos estados de degradación. De hecho, el valor medio de esa tasa anual de absorción de CO₂ empleado en este informe es relativamente pequeño, tanto que se lo podría tri o cuadruplicar con ese tipo de acciones.

II. Metodología

A. Mitigación mediante la captura de CO₂ en montes dedicados

- En el presente informe se emplea el mismo enfoque conceptual que se utilizó en otra evaluación (FB, 2008). Esencialmente, ese enfoque consistió en imaginar la evolución de las emisiones netas de CO₂ en montes compuestos por especies nativas (crecimiento lento de la biomasa) y especies introducidas (crecimiento rápido de la biomasa). Esos montes se expandieron a razón de 5.000 hectáreas anuales, a partir de una plantación inicial de también 5.000 hectáreas en 2010. Se incluyó la extracción de una cierta proporción de madera acorde con un turno de corta único de 10 años.
 - En el informe presente se utilizará el modelo empleado anteriormente, con modificaciones, no solamente en cuanto al tratamiento silvícola de las plantaciones hipotéticas que se emplean, sino también se ensaya un enfoque de adaptación al cambio climático, el que se asume manifestado como cambios en la producción de biomasa aéreo y de rollizos. Este modelo se podría aplicar a cualquier región del país, previo ajuste de los parámetros de crecimiento de las especies componentes de la plantación multi-específica.
- 1. Propuesta de un esquema de plantación multi-específica, destinada a la mitigación del calentamiento global y adaptada a las repercusiones del mismo**
- El empleo de plantaciones forestales mixtas se simula aquí con dos especies hipotéticas, A y B, plantadas juntas según el diagrama 1.

Diagrama 1
Esquema de la distribución de las especies A y B en una plantación mixta hipotética



Fuente: Elaboración propia.

Para un espaciamiento de 8 metros a lo largo de las hileras y de las columnas del damero de la plantación de la especie A, el número de individuos por lado es 12 (= 100/8), lo que resulta en 144 individuos por hectárea. Por su parte, el número de individuos de B es 11 por lado, o sea 121 por hectárea; más las 11 filas internas de 25 individuos por cada 100 metros lineales, esta disposición resulta en 275 árboles por hectárea. La densidad resultante de los individuos B es 396 árboles por hectárea. Esta densidad es un poco más elevada que la densidad de árboles vivos de la Selva Misionera, la que oscila entre ≈ 295 y 334 árboles por hectárea, según el grado de apertura de la cobertura (RA, 2005).

La especie A —la menos densamente plantada— cumple en el presente esquema la función de secuestrar CO₂ de la atmósfera; es decir que es la especie destinada a la mitigación del calentamiento global. Aquí se la modela como una especie de crecimiento lento y de madera relativamente densa. La especie B se modela como una especie de crecimiento relativamente más rápido que la otra, y su función es la de proveer rollizos con turnos de corta de 20 años.

2. Las curvas de crecimiento de las especies A y B

El crecimiento de la biomasa seca aérea de cada individuo de la especie A o de la especie B se describe con la ecuación [1] (Waterworth *et al.*, 2007):

$$M_a = M * e^{(-k/a)} \quad [1]$$

Donde M_a es la materia seca aérea (Mg.ha⁻¹) en el año a y M es la materia seca aérea potencialmente máxima; $k = 2 G - 1,25$; donde G es la edad en la que la plantación alcanza su máxima tasa anual de crecimiento.

A la expresión [1] se le agrega, en el modelo presente, la biomasa de los individuos de vivero empleados para comenzar una plantación; esa biomasa se representa con M_0 . Se obtiene así la ecuación [2], que es la que se empleará en el presente ejercicio:

$$M_a = M_0 + M * e^{(-k/a)} \quad [2]$$

Se establece que cada individuo de la especie A, como de la B, tiene una biomasa seca aérea de 0,15 kg. El producto de esta masa por la densidad de plantas de cada una de las especies resulta en $M_0 = 0,0216$ Mg.ha⁻¹ para A, y $M_0 = 0,0297$ Mg.ha⁻¹ para B.

3. El esquema tipo de las plantaciones

El esquema de plantaciones que se desarrollará en lo que sigue se basa en la plantación de 5.000 hectáreas de monte mixto todos los años comprendidos entre 2010 y 2100 (inclusive).

Para los casos posibles que se presentan a continuación, el procedimiento de modelado empleado tiene las características siguientes, comunes a todos ellos:

Cada caso consiste de un programa de plantaciones anuales de parcelas de 5.000 ha cada una, el que comienza en 2010. La última plantación de 5.000 ha se hace en 2100; en consecuencia, habrá 455.000 ha plantadas en 2100, aproximadamente el 23% de la superficie forestal potencial de la Argentina.

La gestión silvícola de la plantación consiste en extraer rollizos de la especie B a los 20, 40 y 60 años, a contar desde la iniciación de cada plantación de 5.000 ha. Los rollizos se extraen y no se permite el rebrote de los individuos talados. En cada una de esas oportunidades, se extrae el 20 % de la cantidad de biomasa seca existente. Con el fin de simplificar los cálculos, se asume que la superficie plantada de B se reduce a 4.000 ha, 3.200 ha y 2.560 ha plantadas en cada una de esas oportunidades; pero en realidad, la superficie plantada con A y B se conserva igual a 5.000 ha. La biomasa total, en cada parcela de 5.000 ha, es la suma de biomasa de A y de B existente en esa parcela en un momento dado.

El incremento de la biomasa seca anual por hectárea de B se modifica como consecuencia de la extracción de rollizos. Se modifica el valor de G de la siguiente manera: (a) primero se lo reduce a razón de 5 % acumulativo en cada uno de los cuatro años siguientes al año en el que se hace la extracción de rollizos. Esta disminución acumulativa representa una aceleración del crecimiento de la biomasa, como consecuencia del aclaramiento del dosel de la plantación. A partir del 5° año, se programa un aumento acumulativo de 2% anual durante los 10 años subsiguientes.

Se computa la materia seca de B cosechada en cada parcela de 5.000 ha a los 20, 40 y 60 años posteriores a la implantación. En cada año calendario, la biomasa seca neta presente en todo el programa es igual a la suma de las biomásas secas de las parcelas existentes menos las biomásas secas retiradas en las parcelas cosechadas en ese año calendario. Las emisiones netas de CO₂ se derivan de los valores de biomasa seca multiplicados por 44/24, acorde con el supuesto de que la densidad de carbono en la biomasa seca es 0,5 t C.t⁻¹ de biomasa seca y que el factor de conversión para obtener el CO₂ removido en base al carbono presente en la materia leñosa es 44/12.

En ninguno de los casos que se consideran aquí, el crecimiento de las plantaciones es afectado por el efecto deletéreo de pestes o plagas o incendios.

4. Caso referencial

El crecimiento de las plantaciones no es afectado por perturbaciones climáticas de ninguna naturaleza, como por ejemplo sequías o elevadas temperaturas.

Los valores de M y G (ecuación [2]) para las especies A y B se indican en el cuadro 9.

Cuadro 9
Valores de los parámetros de la ecuación de crecimiento para cada una de las especies A y B, en el caso referencial^a

Especie	M ₀ (mg.ha ⁻¹)	M ^b (mg.ha ⁻¹)	G (años)
A	0,0216	144	45
B	0,0297	190	15

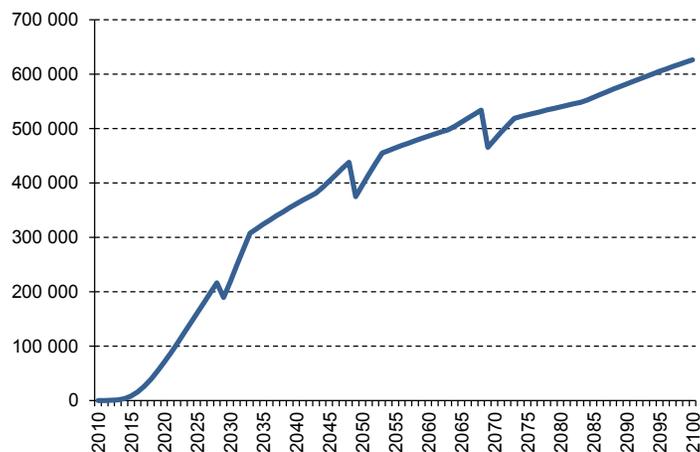
Fuente: Elaboración propia.

^a M₀, M y G son parámetros de la ecuación de crecimiento: $M_a (t.ha^{-1}) = M_0 + M * e^{-k/a}$; en la que $k = 2 * G - 1,25$, y a es el tiempo (años) transcurrido desde la implantación.

^b Se supone que las masas secas de las biomásas aéreas máximas de los individuos adultos de A y B son 1 Mg y 0,7 Mg, respectivamente.

La evolución temporal de la biomasa seca para una parcela de 5.000 ha se muestra en el gráfico 1.

Gráfico 1
Evolución temporal de la biomasa aérea total de las especies A y B,
en 5.000 hectáreas del caso referencial ^a
(Biomasa neta – Mg)



Fuente: Elaboración propia.

^a La dinámica de la biomasa por hectárea se modeló con la ecuación $M_a = M_0 + M * e^{k/a}$. Para la especie A: $M_a = 0,0216 + 144 * e^{(0,88,75/a)}$, para la especie B: $M_a = 0,0297 + 190 * e^{(28,75/a)}$. Se muestra la extracción de biomasa a los 20, 40 y 60 años posteriores a la implantación del monte.

5. Caso de limitación hídrica

La ecuación de crecimiento es la misma que la empleada en el ejercicio referencial. El efecto de la sequía sobre el crecimiento de cada una de las especies, A y B, se manifiesta tanto sobre el valor de M (biomasa seca potencialmente máxima) como en el de G (edad correspondiente a la tasa de crecimiento máximo). Ese efecto resulta en una disminución de M y en un aumento de G respecto del ejercicio referencial, para ambas especies A y B (cuadro 10).

Así, los valores de M y de G para una plantación establecida en 2050 son para la especie A: $M = 136,15 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ y $G = 47,58 \text{ a}$, y para la especie B: $M = 180,56 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ y $G = 15,78 \text{ a}$.

Cuadro 10
Valores de los parámetros de la ecuación de crecimiento para cada una
de las especies A y B, en el caso de un efecto de limitación hídrica a partir de 2050 ^a

Especie	M_0	M^b		G	
	(Mg.ha-1)	Antes del comienzo de la escasez relativa de agua (Mg.ha-1)	Tasa anual de disminución del valor del parámetro ^c	Antes del comienzo de la escasez relativa de agua	Tasa anual de incremento del valor del parámetro ^c
A	0,0216	144	0,9862	45	1,00814
B	0,0297	190	0,9862	15	1,00814

Fuente: Elaboración propia.

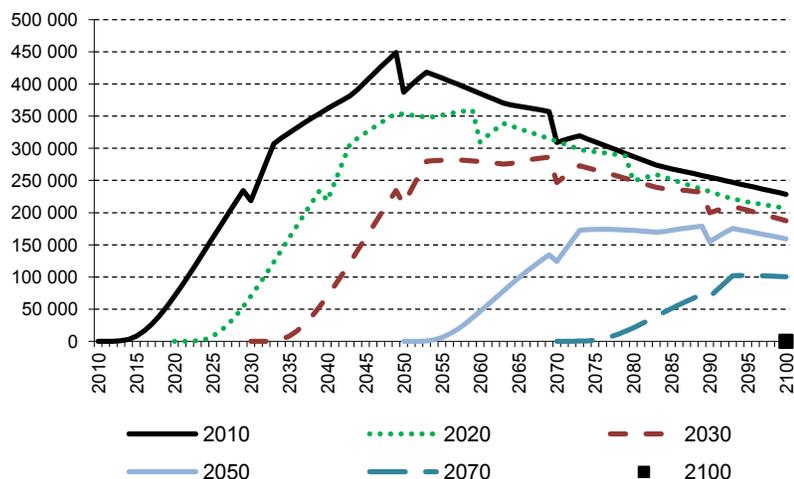
^a M_0 , M y G son parámetros de la ecuación de crecimiento $M_a \text{ (t} \cdot \text{ha}^{-1}) = M_0 + M * e^{-k/a}$, en la que $k = 2 * G - 1,25$, y a es el tiempo (años) transcurrido desde la implantación.

^b Se supone que las materias secas máximas de los individuos adultos de A y B son 1 t y 0,7 t, respectivamente.

^c Calculada sobre la base de un cambio de 50% entre 2050 y 2100.

Las evoluciones en el tiempo de las producciones netas de biomasa, para una parcela plantada en diferentes años calendario, muestran claramente el efecto de la hipotética escasez de agua sobre el crecimiento de la plantación modelo (gráfico 2).

Gráfico 2
Cantidad de biomasa total producida en una parcela de 5.000 hectáreas de una plantación mixta de A y B, plantada en 2010, 2020, 2030, 2050 o en 2070
(Biomasa neta – Mg)

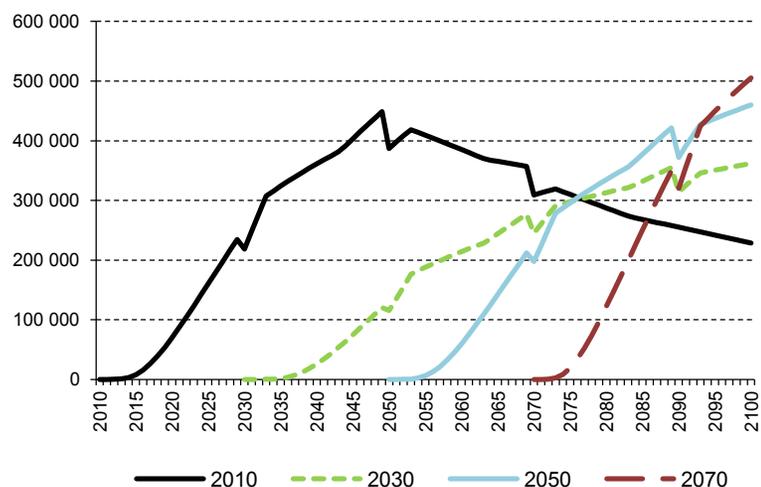


Fuente: Elaboración propia.

6. Caso de adaptación

En este caso, un nuevo cultivar o un evento genético de cada una de las especies A y B, adaptado a la escasez de agua para el crecimiento, se comienza a plantar en 2030, en 2050 y en 2070. El cultivar no adaptado es el mismo del caso (e), cuyas características de crecimiento están expuestas en el cuadro 10.

Gráfico 3
Cantidad de biomasa neta total producida en una parcela de 5.000 hectáreas de una plantación mixta de A y B, plantada en 2010, 2030, 2050 o en 2070
(Biomasa neta – Mg)



Fuente: Elaboración propia.

Cada uno de los cultivares o eventos genéticos adaptados significa una mejora en términos de su crecimiento respecto del precedente. En el gráfico 4, se puede observar que la biomasa máxima es cada vez mayor cuanto más mejorado es el cultivar o evento genético.

El cuadro 11 muestra los valores de los parámetros y de las condiciones del caso presente. También muestra un proceso de adaptación progresivo tal que los valores de M aumentan y los de G disminuyen en cada instancia de mejoramiento genético de la capacidad adaptativa de los cultivares de A y de B. Los cambios relativos en los parámetros de crecimiento de los cultivares o eventos genéticos, tanto de A como B, se concibieron para representar un proceso de mejoramiento progresivo de la adaptación.

Cuadro 11
Parámetros y condiciones para la aplicación de la ecuación de crecimiento a cultivares sensibles o adaptados a la escasez de agua durante el crecimiento^a

	Especie	
	A	B
	Cultivar no adaptado	
$M_0 - Mg.ha^{-1b}$	0,0216	0,0297
$M - Mg.ha^{-1}$	144	190
G - años	45	15
	Tasa anual de disminución/ aumento aplicada a M o G desde 2050 y hasta 2100 ^c	
M	0,9862	0,9862
G	1,0081	1,0081
	Cultivares o eventos genéticos adaptados a la limitación hídrica	
	A - Plantados en 2030	
$M - Mg.ha^{-1d}$	115,2	152,0
G - años ^e	54	18
	B - Plantados en 2050	
$M - Mg.ha^{-1f}$	138,2	182,4
G - años ^g	43,2	14,4
	C - Plantados en 2070	
$M - Mg.ha^{-1h}$	165,9	218,9
G - años ⁱ	34,6	11,5

Fuente: Elaboración propia.

^a La ecuación es $Ma = M_0 + M * e^{-k/a}$; $k = 2 * G - 1,25$.

^b Estos valores de M_0 se aplican a todas las ecuaciones empleadas en el caso presente.

^c El valor corresponde a una disminución de 50% en el periodo 2050-2100.

^d Este valor es el 80% del correspondiente a la especie no-adaptada.

^e Este valor es 20% más grande que el correspondiente a la especie no-adaptada.

^f Este valor es 20% mayor que el correspondiente al elemento adaptado y plantado en 2030.

^g Este valor es 20% menor que el correspondiente al elemento adaptado y plantado en 2030.

^h Este valor es 20% mayor que el correspondiente al elemento adaptado y plantado en 2050.

ⁱ Este valor es 20% menor que el correspondiente al elemento adaptado y plantado en 2050.

B. Mitigación de las emisiones de GEI y adaptación al cambio global mediante la evitación y la prohibición del desmonte de los montes nativos

- La magnitud de la eventual aplicación del proceso REDD en la Argentina se estima sobre la base del costo de oportunidad de comercializar la madera que se exporta de la Selva Misionera, porque de esta madera hay información estadística de la Aduana de Buenos Aires (RA, 2009e).

- No se tienen en cuenta en el presente análisis las cuestiones relativas a las repercusiones sociales y biofísicas diferentes de la evitación del desmonte, por las razones ya apuntadas en el capítulo I.B.
- La aplicación estricta de la ley de protección de bosques nativos evitaría el desmonte irracional y descontrolado de estos montes de la Argentina. Se estimarán las remociones de CO₂ de la atmósfera, que se lograrían con la aplicación de esa ley, sobre la base de una estimación anterior (FB, 2008). Esa estimación se hizo para una superficie ocupada por los bosques nativos de 30.073.385 ha en 2002. Se consideró un aumento promedio anual de biomasa de 2,3 t.ha⁻¹.a⁻¹. Para el supuesto de un millar de hectáreas que se reforestarían anualmente al amparo de aquella ley, se asumió un aumento promedio anual de biomasa 50% mayor que aquél (o 3,5 t.ha⁻¹.a⁻¹), dado que se trataría de individuos más jóvenes. Las estimaciones presentes en el capítulo II.B.1 son de un carácter más general.

1. Una aproximación a las posibilidades de aplicar la propuesta REDD en la Argentina

Una de las tantas y diversas motivaciones que dieron origen al proceso presente de incorporación de normas internacionales para evitar las emisiones de (fundamentalmente) CO₂, derivadas del desmonte y de la degradación de los montes nativos¹², es la incapacidad técnica o institucional (o ambas) de la gran mayoría de los países en desarrollo para detener el arrasamiento de superficies forestales de un elevado valor biológico, por los diversos servicios ecosistémicos que prestan, real o potencialmente, incluido el de repositorio de la biodiversidad.

En la Argentina, la propuesta REDD sería un instrumento complementario muy necesario para conservar sus montes nativos, porque ya existe una ley de alcance nacional con tal propósito, que autoriza a utilizar recursos monetarios de diversas fuentes —REDD podría ser una— además de las propias del presupuesto nacional de gastos y recursos¹³. Los recursos que proveería esa ley no serían suficientes para disminuir y, eventualmente, detener el proceso de desmonte de los montes nativos. La tasa anual de desmonte en la Argentina ha crecido sostenidamente, entre 1937 y 1987 fue 0,16%.a⁻¹; entre 1987 y 1998: 1,02%.a⁻¹; y entre 1998 y 2002: 1,11%.a⁻¹ (RA, 2007a).

Para diseñar un programa REDD para la Argentina ayudará contar con una idea de la naturaleza de los montes nativos del país.

a) La naturaleza de los montes nativos

Acorde con el último inventario nacional de los bosques nativos argentinos, éstos se agrupan en seis regiones forestales: (1) Selva Misionera; (2) Selva Tucumano-Boliviana (o 'yungas'); (3) Parque Chaqueño; (4) Monte; (5) Espinal y (6) Bosque Andino-Patagónico (RA, 2005). La superficie total ocupada por estos paisajes es 96.419.301 ha¹⁴ (cuadro 12).

¹² Este proceso se denomina REDD (*Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation*). Consultar FCCC/SBSTA/2009/L.9 y FCCC/AWGLCA/2009/INF.1, en el sitio de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC, en inglés); url: <http://unfccc.org>.

¹³ Por el artículo 30 de la Ley 23.661 se crea el denominado 'Fondo Nacional para el Enriquecimiento y Conservación de los Bosques Nativos'. Este Fondo se nutrirá con no menos del 0,3% del presupuesto nacional de cada año (artículo 31, apartado a) y con el 2% del total de las retenciones a las exportaciones de productos provenientes de la agricultura (sensu lato) del año anterior. Por ejemplo, el presupuesto general de recursos estimado para 2009 es ARS 329.537 M (RA, 2009a); el 0,3% de este monto es ARS 988,6 M, que equivale a 259,5 millones de dólares (1 dólar= 3,81 pesos argentinos, precio mayorista vendedor del 7 de julio de 2009 [La Nación, 2009]). Por otro lado, el total recaudado por las retenciones agropecuarias en 2008 fue, aproximadamente, 40.406,3 millones de pesos argentinos (El Día, 2009); el 2% de esta cantidad es 808,1 millones de pesos argentinos o 212,2 millones de dólares (1 dólar = 3,81 pesos argentinos [La Nación, 2009]). Es decir, ese Fondo contaría con 471,7 millones de dólares en 2009.

¹⁴ Esta área es el 34,5 % de la superficie continental argentina en Sudamérica (RA, 2009b).

Cuadro 12
Superficies y tipos de tierras forestales de los bosques nativos argentinos^a

Tipo de tierra	Superficie		Tierras forestales ^b	
	Absoluta	Relativa	Tierras forestales	Otras tierras forestales
	(hectáreas)	(porcentaje)	(porcentaje)	(porcentaje)
Selva Misionera	1 505 710	1,6	96,5	3,5
Selva Tucumano-Boliviana	4 057 970	4,2	92,0	8,0
Bosque Andino-Patagónico	4 119 146	4,3	46,0	54,0
Parque Chaqueño	34 926 758	36,2	62,1	37,9
Monte	42 995 495	44,6	0,0	100,0
Espinal	8 814 222	9,1	30,1	69,9
Total	96 419 301	100,0		

Fuente: Elaboración propia.

^a Cuadro adaptado del cuadro 2 de RA (2005).

^b Tierras forestales son las tierras con cubierta de copa de más de 20% del área, mayores que 10 ha y con árboles de por lo menos 7 m de altura en la madurez. En esta categoría se incluyen los *bosques rurales*, que son bosques naturales en paisajes agrícolas de menos de 1000 ha. *Otras tierras forestales* son las tierras forestales en las que: a) los árboles tienen una cubierta de copa entre 5 y 20% y pueden alcanzar 7 m de altura en la madurez, o b) los árboles no alcanzan una altura de 7 m, pero la cubierta de copa es de más de 20%, o c) la cubierta arbustiva abarca más del 20% de la superficie.

Solamente en las selvas Misionera y Tucumano-Boliviana predominan netamente las tierras forestales; por su parte, el Monte no contiene tierras forestales. Estas diferencias se traducen en la proporción variable de productos lignícos que se obtienen de los montes nativos (cuadro 13). Los rollizos y la leña son los productos más abundantes de los montes nativos; ambos representaron entre 90% y 100% de la producción promedio del periodo 2001-2006. Cualitativamente, la Selva Misionera es una fuente casi exclusiva de rollizos, mientras que el Monte lo es de leña. Entre ambos extremos se encuentran las formaciones leñosas restantes (cuadro 13).

El proceso REDD, actualmente en discusión, y la posibilidad de que se lo amplíe como un proceso denominado REDD+¹⁵, dificultan la evaluación de su aplicación a los montes nativos argentinos. La diversidad de éstos, de por sí, hace pensar que de aplicarse, el proceso REDD necesariamente deberá contar con matices que capturen las particularidades biológicas, sociales y productivas de esos montes. Una muestra de esos matices es la estructura de producción de cada uno de esos montes.

b) El Parque Chaqueño

Al intenso desmonte de este monte nativo debido a la explotación de la madera de quebracho como combustible y para el tendido de vías férreas, se le agregó después el generado por la agricultura, particularmente el cultivo del algodón. Luego siguieron los cultivos de cereales, para terminar más recientemente con la difusión del cultivo de la soja (RA, 2005).

El Parque Chaqueño es primordialmente una fuente de leña (cuadro 13). En el período 2001-2006, no menos del 90% de la producción total de madera estuvo representada por una categoría indefinida, denominada 'varias nativas', las maderas de quebracho blanco y colorado, y la madera de algarrobo (cuadro 14).

Tanto las estadísticas de incendios de los bosques nativos como de población indígena no están lo suficientemente desagregadas como para desglosar, respectivamente, cuáles cantidades de las provincias componentes de este monte nativo se deben atribuir a él.

¹⁵ Además de la evitación del desmonte, este proceso incluiría la gestión sustentable de la conservación de las existencias forestales y aún podría no estar circunscripto a los bosques nativos.

Cuadro 13
Participación relativa de la producción de rollizos y de leña en la producción de productos de la madera de una región forestal^a

Regiones forestales y productos de la madera	Promedio período 2001-2006 ^b (en porcentaje)	Asociación ^c	
		τ	p
Parque Chaqueño			
rollizos	18,9 [17,6; 20,3]	0,2	n.s.
leña	78,6 [77,2; 79,9]	-0,2	n.s.
Selva Misionera			
rollizos	99,2 [98,6; 99,7]	-0,93	0,015
leña	0,7 [0,3; 1,2]	0,93	0,015
Espinal			
rollizos	10,9 [7,3; 15,0]	0,2	n.s.
leña	83,3 [78,7; 87,5]	-0,33	n.s.
Bosque Andino-Patagónico			
rollizos	56,2 [55,4; 56,9]	0,067	n.s.
leña	40,8 [39,9; 41,7]	0,33	n.s.
Selva Tucumano-Boliviana			
rollizos	59,6 [48,2; 70,5]	0,467	n.s.
leña	39,0 [28,4; 50,1]	-0,467	n.s.
Monte			
rollizos	1,0 [0,7; 1,3]	-0,067	n.s.
leña	97,7 [97,0; 98,3]	0,33	n.s.

Fuente: Elaboración propia.

^a Valores promedio para el sexenio 2001-2006, calculados de datos en RA (2009c).

^b Los valores del promedio y de sus correspondientes límites fiduciarios, de 0,95 inferior y superior entre corchetes, corresponden a los valores retro-transformados, obtenidos de la aplicación de la transformación del arco de seno de las raíces cuadradas de los porcentajes originales, expresados como fracciones.

^c El grado de asociación entre el año calendario y el porcentaje de participación de una fuente en la producción total se mide con el parámetro τ de Kendall (Sheskin, 2000); p es la probabilidad de que el valor de τ se deba al azar, 'n.s.': $p > 0,05$.

Cuadro 14
Proporción de la producción total de madera, representada por las fuentes más importantes del Parque Chaqueño^a
 (En porcentaje)

Fuente ^b	Promedio ^c
Varias nativas	69,44 [65,39; 73,34]
Quebracho blanco	13,46 [11,76; 15,26]
Quebracho colorado	6,76 [4,61; 9,28]
Algarrobo	5,04 [4,78; 5,30]

Fuente: Elaboración propia.

^a Datos obtenidos de RA (2009c).

^b 'Varias nativas' es una clase que contiene un número indefinido de especies arbóreas. Los nombres científicos de las especies son: algarrobo, *Prosopis*; quebracho blanco, *Aspidosperma quebracho blanco*; quebracho colorado, *Schinopsis* spp.

^c Promedio del sexenio 2001-2006 y los límites fiduciarios de probabilidad, de 0,95 inferior y superior, obtenidos de la retro-transformación del arco de seno de la raíz cuadrada de las proporciones originales.

c) La Selva Misionera

Este monte nativo es esencialmente una fuente de rollizos (cuadro 13). En general, se puede afirmar que la extensión de este bosque nativo no sólo se contrajo por el desmonte sino también se deterioró su composición florística, por el entresacado selectivo de especies de elevado valor comercial (RA, 2005). Inicialmente, las especies explotadas fueron las que brindaban maderas denominadas 'de ley', como el cedro (*Cedrela fissilis*), el peterebí (*Cordia tricotoma*), el incienso (*Myrocarpus frondosus*) y el lapacho

(*Tabebuia ipe*). Después se agregaron otras, como el guatambú (*Balfourodendron riedelianum*), la cacheta (*Didymopanax morototoni*), el timbó (*Enterolobium contortisiliquum*), el ibirá peré (*Apuleia leiocarpa*), la cañafístola (*Peltophorum dubium*), la cancharana (*Cabrarea canjerana*), el anchico colorado (*Parapiptadenia rigida*), el marmelero (*Ruprechtia laxiflora*), el laurel (*Nectandra* spp. o *Ocotea* spp. o *Phoebe* spp.), la guaica (*Ocotea puberula*) y otras.

En el sexenio 2001-2006, doce fuentes de rollizos individualizadas y un colectivo, genéricamente identificado como ‘varias nativas’, contabilizaron un promedio del 95% de los productos de madera extraídos del monte nativo (cuadro 15). El anchico colorado y ‘varias nativas’ participaron, en promedio, con el 54,6% del total de productos de la madera, obtenido con ese grupo de fuentes.

Cuadro 15
Proporción de la producción total de madera, representada por las fuentes más importantes de la Selva Misionera

Fuente ^a	Promedio ^b (en porcentaje)	Asociación ^a	
		τ	p
Anchico colorado	29,3 [27,0; 31,6]	0,467	n.s.
Varias nativas	21,8 [17,9; 25,8]	1,000	0,01
Guatambú amarillo	5,6 [4,4; 6,9]	-0,733	0,1
Ibirá peré	5,8 [4,3; 7,4]	-0,867	0,05
Ibirá puitá í	4,1 [3,0; 5,5]	-0,867	0,05
Cedro	4,5 [3,3; 5,9]	-0,867	0,05
Azota caballo	3,9 [3,0; 4,9]	-0,867	0,05
Laurel	2,8 [1,9; 3,8]	-0,733	0,1
Incienso	2,7 [2,2; 3,3]	-0,733	0,1
Virapitá	2,0 [1,5; 2,7]	-0,600	n.s.
Guayaibí blanco	2,6 [2,0; 3,4]	-0,467	n.s.
Peteribí	3,8 [2,2; 5,8]	0,867	0,05
Guayca blanca	1,3 [1,1; 1,4]	0,600	n.s.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de RA (2009c).

^a ‘Varias nativas’ es una clase que contiene un número indefinido de especies arbóreas. Los nombres científicos de las especies son: Anchico colorado, *Parapiptadenia rigida*; Ibirá peré, *Apuleia leiocarpa*; Guatambú, *Aspidosperma australe*; Cedro, *Cedrela fissilis*; Peteribí, *Cordia trichotoma*; Azota (o sota) caballo, *Luehea divaricata*; Laurel, *Nectandra* spp o *Ocotea* spp o *Phoebe* spp.; Guayaibí blanco, *Patagonula americana*; Inciense, *Myrocarpus frondosus*; Virapitá, *Peltophorum dubium*; Guayca blanca, *Ocotea puberula*.

^b Promedio del sexenio 2001-2006 y los límites fiduciaros de probabilidad, de 0,95 inferior y superior, obtenidos de la retro-transformación del arco de seno de la raíz cuadrada de las proporciones originales.

^c La intensidad de la asociación entre la participación relativa de un fuente y el año calendario se mide con el coeficiente no-paramétrico τ de Kendall (Sheskin, 2000). La probabilidad ‘p’ indicada es la de aceptación de la hipótesis de inexistencia de asociación; $H_0: \tau = 0$. ‘n.s.’: $p > 0,05$.

Este reparto promedio de productos de la madera, entre las más importantes fuentes, no fue uniforme en el transcurso del periodo 2001-2006, porque algunas pocas fuentes aumentaron su participación —las ‘varias nativas’ y el peteribí— mientras que el resto de ellas —con las excepciones de las participaciones individuales del anchico colorado, el virapitá y la guayca blanca— disminuyeron en mayor o menor intensidad sus participaciones individuales en la producción de madera (cuadro 15). Una de las especies que disminuyó sustancialmente su participación en la producción total fue el cedro, cuya madera es muy apreciada por la industria del mueble. Posiblemente, esa participación decreciente es la manifestación de la creciente rareza de ejemplares maderables, como consecuencia de la sobreexplotación de la especie, que se encuentra catalogada como ‘en peligro’¹⁶ en la ‘Lista Roja’ de la IUCN (IUCN, 2009). No hay que descartar tampoco la posibilidad cierta de que en la fuente ‘varias

¹⁶ Código: A1acd + 2cd.

nativas' se encuentren especies amenazadas, vulnerables o en diversas condiciones de riesgo en cuanto a sus existencias.

En el periodo 2001-2006, las propiedades privadas *vis-à-vis* los terrenos fiscales fueron la fuente principal de rollizos: el 88,6% [85,6%; 91,0%] de éstos se obtuvieron de aquéllas. La modalidad predominante de obtención de los rollizos fue el desmonte: el 60,5% [60,2%; 60,8%] fue el promedio para los años 2005 y 2006.

Los incendios forestales ocurridos en el sexenio 2001-2006 afectaron una ínfima parte de la superficie forestal de la Selva Misionera; en ese período se quemaron un promedio de 300,8 ha [80,5ha; 521,1ha] de bosque y 1.013,1 ha [511,1ha; 1.515,1ha] de arbustales¹⁷, las que en total representan alrededor del 1% de la superficie total de la selva (RA, 2005).

Las poblaciones indígenas originarias de la selva están repartidas entre varias provincias, por lo que algunas —salvo los Mbyá guaraníes— estuvieron muy poco representadas en la superficie de la selva en sí (cuadro 16).

Cuadro 16
Pobladores indígenas que habitaban la Selva Misionera en 2004-2005
(En porcentaje)

Pobladores	Fracción del total nacional
Ava guaraní ^a	0,5
Guaraní ^a	2,7
Mbyá guaraní	49,7
Tupí guaraní ^a	0,3

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de RA (2009c).

^a Estas poblaciones también están repartidas en las provincias de Corrientes, Entre Ríos y Santa Fe, por lo que se asigna a la Provincia de Misiones la cuarta parte de la población declarada en la fuente de los datos.

d) La Selva Tucumano-Boliviana

Casi medio siglo atrás —en 1956— en esta región se podían encontrar rodales de cedro ('cedrales'; de *Cedrela lilloi*, *C. saltensis* y *C. balansae*, por ejemplo), de nogal ('nogalares'; de *Juglans australis*), de lapacho ('lapachales'), entre otros (RA, 2005).

A la tala indiscriminada se le sumó el pastoreo, también indiscriminado, el que impidió el establecimiento de renovales de las especies forestales valiosas. Paralelamente, se produjo una rápida revegetación con especies herbáceas y arbustivas, lo que también inhibió la repoblación de las mejores especies forestales.

Este bosque nativo es tanto una fuente de rollizos como de leña (cuadro 13). La fuente más explotada en el sexenio 2001-2006 fue la denominada 'varias nativas', seguida en importancia por el curupay (cuadro 17). Dentro de esa categoría, 'Varias nativas', podrían encontrarse especies amenazadas o en alto riesgo de extinción, como el cedro rosado (*Cedrela saltensis*; en peligro A1a + 2cd, IUCN, 2009) o el lapacho amarillo (*Tabebuia lapacho*; vulnerable B1 + 2ac, IUCN, 2009).

En general, la participación individual de cada fuente en la producción total de rollizos no mostró una tendencia definida en el tiempo, excepto las participaciones del curupay y del pino del cerro, que tendieron a aumentar.

Tanto las estadísticas de incendios de los bosques nativos como de población indígena no están lo suficientemente desagregadas como para desglosar, respectivamente, cuáles cantidades de las provincias de Catamarca, Tucumán, Salta y Jujuy se deben atribuir a la Selva Tucumano Boliviana *vis-à-vis* el Parque Chaqueño.

¹⁷ *Arbustal* o *matorral* es el terreno con plantas que se diferencian de las hierbas por sus tallos persistentes y leñosos, y de los bosques por su poca altura (hasta 7 metros), y su tendencia a ramificarse desde la base (RA, 2005).

Cuadro 17
Proporción de la producción total de madera, representada por las fuentes
más importantes de la Selva Tucumano-Boliviana

Fuente ^a	Promedio ^b (en porcentaje)	Asociación ^c	
		τ	p
Varias nativas	42,6 [32,4; 53,1]	-0,467	n.s.
Curupay	16,7 [11,4; 22,8]	0,867	0,02 - 0,05
Cedro	7,7 [6,1; 9,5]	0,333	n.s.
Palo amarillo	5,7 [5,0; 6,5]	0,333	n.s.
Palo blanco	4,8 [4,2; 5,4]	0,600	n.s.
Urundel	4,0 [3,2; 4,9]	0,467	n.s.
Lapacho	3,2 [2,7; 3,7]	0,467	n.s.
Quina colorada	3,2 [2,8; 3,8]	0,333	n.s.
Nogal criollo	0,89 [0,63; 1,13]	0,600	n.s.
Quina del monte	0,61 [0,31; 1,02]	0,333	n.s.
Pino del cerro	0,38 [0,17; 0,67]	0,667	0,02 - 0,05

Fuente: Elaboración propia partir de datos obtenidos de RA (2009c).

^a 'Varias nativas' es una clase que contiene un número indefinido de especies arbóreas. Los nombres científicos de las especies son: cedro, *Cedrela lilloi*; curupay, *Anadenanthera colubrina*; lapacho, *Tabebuia* spp; nogal criollo, *Juglans australis*; palo amarillo, *Phyllostylon rhamnoides*; palo blanco, *Calycophyllum multiflorum*; pino del cerro, *Podocarpus parlatorei*; quina colorada, *Myroxylon peruiferum*; quina del monte, *Myrospermum emarginatum*; urundel, *Astronium urundeuva*.

^b Promedio del sexenio 2001-2006 y los límites fiduciarios de probabilidad, de 0,95 inferior y superior, obtenidos de la retro-transformación del arco de seno de la raíz cuadrada de las proporciones originales.

^c La intensidad de la asociación entre la participación relativa de un fuente y el año calendario se mide con el coeficiente no-paramétrico τ de Kendall (Sheskin, 2000). La probabilidad 'p' indicada es la de aceptación de la hipótesis de inexistencia de asociación; $H_0: \tau = 0$, 'n.s.' $p > 0,05$.

e) El Bosque Andino-Patagónico

Es uno de los biomas mejor conservados de la Argentina (RA, 2005). En este monte nativo hay diversas especies arbóreas de valor comercial como, por ejemplo, el alerce, el ciprés, la lenga y el raulí, entre otras. Por esto es que la producción de rollizos predomina clara, pero levemente, sobre la producción de leña (cuadro 13).

Las producciones de la lenga y el ñire fueron (estadísticamente) constantes en el sexenio 2001-2006 (cuadro 18). La leña es uno de los principales usos del ñire (Hansen, 2003); los otros son la provisión de postes y varillas, y de forraje para la ganadería, porque raramente se utiliza el ñire como fuente de madera, habida cuenta de la mala forma de los árboles y la deficiente condición sanitaria de aquella (Hansen, 2003). La participación del ciprés en la producción total disminuyó sensiblemente en el sexenio considerado (cuadro 18).

Tanto las estadísticas de incendios de los bosques nativos como de población indígena no están lo suficientemente desagregadas como para desglosar, respectivamente, cuáles cantidades de las provincias en las que se encuentra el bosque Andino-Patagónico se deben atribuir a ése y no a otros ecosistemas también presentes en algunas de esas provincias.

Cuadro 18
Proporción de la producción total de madera, representada por las fuentes
más importantes del Bosque Andino-Patagónico

Fuente ^a	Promedio ^b (en porcentaje)	Asociación ^c	
		τ	p
Lenga	52,3 [51,0; 53,6]	0,200	n.s.
Ñire	20,3 [19,2; 21,5]	0,467	n.s.
Varias nativas	10,0 [8,8; 11,3]	-0,733	n.s.
Ciprés	9,3 [8,3; 10,4]	-0,867	0,02 - 0,05
Coihue	4,3 [3,7; 5,0]	0,733	n.s.

Fuente: Elaboración propia partir de datos obtenidos de RA (2009c).

^a 'Varias nativas' es una clase que contiene un número indefinido de especies arbóreas. Los nombres científicos de las especies son: ciprés, *Austrocedrus chilensis*; coihue, *Nothofagus dombeyi*; lenga, *Nothofagus pumilio*; ñire, *Nothofagus antarctica*.

^b Promedio del sexenio 2001-2006 y los límites fiduciarios de probabilidad, de 0,95 inferior y superior, obtenidos de la retro-transformación del arco de seno de la raíz cuadrada de las proporciones originales.

^c La intensidad de la asociación entre la participación relativa de un fuente y el año calendario se mide con el coeficiente no-paramétrico τ de Kendall (Sheskin, 2000). La probabilidad 'p' indicada es la de aceptación de la hipótesis de inexistencia de asociación; $H_0: \tau = 0$, 'n.s.': $p > 0,05$.

f) El Monte

Este ecosistema está muy degradado (RA, 2005). Básicamente, el Monte es un ecosistema productor de leña (cuadro 13). Las fuentes de esa leña son el conjunto denominado 'Varias nativas' y el algarrobo (cuadro 19). Actualmente, se utiliza el algarrobo como leña, un poco para hacer carbón, como forraje para los caprinos y en muy pequeña escala para producir alimentos y bebidas de uso local. En las poblaciones muy pobres, en las que las actividades de subsistencia son la norma, el sobrepastoreo, los incendios y la tala indiscriminada estimulan la desertificación de esta región ecológica.

Cuadro 19
Participación relativa de las principales fuentes de productos
de la madera en el total producido en el Monte
 (En porcentaje)

Fuente ^a	Promedio ^b
Varias nativas	35,5 [25,8; 45,9]
Algarrobo	55,5 [44,9; 65,9]

Fuente: Elaboración propia.

^a 'Varias nativas' es una clase que contiene un número indefinido de especies arbóreas. El nombre común 'algarrobo' representa a diversas especies del género *Prosopis* (RA, 2009c).

^b Los valores del promedio del sexenio 2001-2006 y de sus correspondientes límites fiduciarios, de 0,95 inferior y superior, corresponden a los valores retro-transformados, obtenidos de la aplicación de la transformación del arco de seno de las raíces cuadradas de los porcentajes originales, expresados como fracciones.

Tanto las estadísticas de incendios de los bosques nativos como de población indígena no están lo suficientemente desagregadas como para desglosar, respectivamente, cuáles cantidades de las provincias en las que se encuentra el Monte se deben atribuir a ése y no a otros ecosistemas también presentes en algunas de esas provincias.

g) El Espinal

La región de El Espinal es, básicamente, una fuente de leña (cuadro 13). Las clases que proveyeron la mayor proporción promedio de leña en el sexenio 2001-2006 fueron el caldén, 'varias nativas' y el quebracho blanco, las que totalizaron el 80% de la provisión promedio de madera en ese período (cuadro 20). La provisión de madera fue muy fluctuante de año a año, para los años en que fue informada.

Tanto las estadísticas de incendios de los bosques nativos como de población indígena no están lo suficientemente desagregadas como para desglosar, respectivamente, cuáles cantidades de las provincias

en las que se encuentra el Espinal se deben atribuir a ése y no a otros ecosistemas también presentes en algunas de esas provincias.

Cuadro 20
Participación relativa de las principales fuentes de productos de la madera
en el total producido en el Espinal durante 2001-2006

Fuente ^a	Promedio ^b (en porcentaje)	n
Caldén	52,4 [43,7; 61,0]	6
Varias nativas	16,8 [9,5; 25,6]	6
Quebracho blanco	15,8 [10,1; 22,6]	2
Churqui	11,3 [-; -]	1
Tintitaco	10,8 [7,9; 14,1]	2
Chañar	8,0 [7,1; 9,1]	2
Lata	4,5 [3,6; 5,5]	2
Algarrobo	4,5 [2,5; 6,9]	6
Retamo	3,4 [-; -]	1
Jarilla	2,2 [1,5; 3,0]	2
Ñandubay	1,3 [0,3; 2,9]	5

Fuente: Elaboración propia.

^a 'Varias nativas' es una clase que contiene un número indefinido de especies arbóreas. Los nombres científicos de las especies de árboles son: algarrobo, *Prosopis* spp.; caldén, *Prosopis caldenia*; chañar, *Geoffrea decorticans*; churqui, *Acacia caven*; jarilla, *Larrea* spp; lata, *Mimosyganthus carinotus*; ñandubay, *Prosopis algarrobilla*; quebracho blanco, *Aspidosperma quebracho blanco*; tintitaco, *Prosopis torquata*; retamo, *Bulnesia retamo* (RA, 2009c).

^b Los valores del promedio del sexenio 2001-2006 y de sus correspondientes límites fiduciarios, de 0,95 inferior y superior, corresponden a los valores retro-transformados, obtenidos de la aplicación de la transformación del arco de seno de las raíces cuadradas de los porcentajes originales, expresados como fracciones. Por último, 'n' es el número de años calendario del sexenio 2001-2006, con datos de la fuente.

h) El costo posible de la implementación de un esquema REDD

Las 6 regiones forestales se caracterizan por las diferentes proporciones relativas de rollizos y de leña que cada una de ellas produce (cuadro 13). Un esquema REDD, que contemplase la producción sostenible de cada uno de esos productos, debería estar prácticamente hecho de medida para cada región forestal. En cada una de éstas, el precio unitario a pagar al propietario de un monte nativo, para que aquél no lo convierta en otro uso del terreno, tendría que ser tal que asegure un ingreso neto igual o mayor que el de una actividad alternativa más rentable.

De las regiones forestales argentinas, se pueden tomar dos contrastantes entre sí, la Selva Misionera, que es esencialmente productora de rollizos de madera de elevada calidad industrial, y el Monte, que es fundamentalmente productor de leña.

Una alternativa económicamente racional al uso del monte nativo podría ser su sustitución por plantaciones de especies exóticas de pino o de eucalipto. En el cuadro 21, se muestran los cálculos para obtener una aproximación grosera del monto del ingreso bruto por la exportación de madera aserrada, obtenida de rollizos extraídos de la Selva Misionera. La sustitución del monte nativo por una plantación de pinos, que es una especie exótica corrientemente cultivada en Misiones, resultaría en el ingreso bruto que se muestra en el cuadro 22.

El caso de la producción de leña es diferente del anterior, porque en general no se hacen plantaciones exclusivas para tal fin. Además, el precio de la leña es comparativamente pequeño respecto del de los rollizos. Las superficies de especies nativas que se utilizan para producir leña están amenazadas por la agricultura marginal y la ganadería de cría.

Cuadro 21
Ingreso bruto de la exportación de madera aserrada obtenida
de una hectárea de la Selva Misionera

Fila		Promedio ^a
1	Precio de la madera aserrada de algunos árboles nativos de la Selva Misionera ^b (<i>dólares.t-1</i>)	1 015,7 [891,9; 1 139,5]
2	Densidad promedio de volumen de la Selva Misionera ^c (<i>m³.ha-1</i>)	183,8 [169,4; 198,1]
3	Densidad de volumen atribuida a la totalidad de las especies consideradas ^{b, d} (<i>m³/ha</i>)	36,3 [-; -]
4	Densidad promedio de la madera (seca) de las especies consideradas ^{b, e} (<i>kg/m³</i>)	763 [704; 822]
5	Biomasa seca de las especies seleccionadas por ha ^f (<i>t/ha</i>)	27,7 [-; -]
6	Tasa promedio de crecimiento de la biomasa aérea seca de la Selva Misionera ^g (<i>t/ha</i>)	2,73 [-; -]
7	Masa de los rollizos que se extraerían por año ^h (<i>t/ha</i>)	1,39 [-; -]
8	Cantidad de madera aserrada que es exportada ⁱ (<i>t/ha</i>)	0,42 [-; -]
9	Ingreso bruto resultante de la exportación ^j (<i>dólares.t-1.ha-1</i>)	422 [-; -]
10	Ingreso bruto que cobra el productor de los rollizos ^k (<i>dólares. t-1.ha-1</i>)	42,2 [-; -]

Fuente: Elaboración propia.

^a Valores promedio y sus correspondientes límites fiduciarios, inferior y superior, de probabilidad igual a 0,95 entre corchetes. El signo '-' indica que no se computó el límite fiduciario correspondiente.

^b Las especies de árboles son el cedro misionero, el lapacho, el guatambú, el peteribí y el incienso. El valor indicado es promedio general de los precios ponderados con la participación relativa de las especies indicadas en la producción total de productos lignícos, correspondientes a 2004-2007. Los datos se obtuvieron de RA (2009e).

^c Datos obtenidos de RA (2005).

^d El valor de la densidad en la fila 2 se multiplicó por la participación relativa promedio de cada una de las especies elegidas (ver b), en la producción total anual de productos de madera correspondiente a cada año del sexenio 2001-2006. Esos 6 valores se promediaron entre sí y se sumaron, para obtener un valor de la densidad de volumen total que le correspondería a las especies elegidas.

^e INTI (2009).

^f Producto de la densidad de volumen (fila 3) por la densidad promedio de la madera (fila 4).

^g Cuadro 3.5-3 de RA (2007b).

^h Se supone que como máximo se extraerían tantos rollizos como es el crecimiento promedio de la biomasa en pie. Se asume que la tasa anual de extracción de rollizos es igual al 50% de la tasa de anual crecimiento de la biomasa en pie (fila 6).

ⁱ Se supone que es el 30% de la masa de los rollizos extraídos (fila 7).

^j El producto de la fila 1 por la fila 8.

^k Es el 10% del ingreso bruto de la exportación (fila 9).

Cuadro 22
Plantación modelo de diversas especies de pino en la Selva Misionera

Fila		Promedio ^a
1	Precio de la madera aserrada de diversas especies de pino (aduana) ^b (<i>dólares.t-1</i>)	329,7 [322,0; 337,4]
2	Producción total de rollizos de una plantación tipo de pino al cabo de 20 años (<i>t.ha-1</i>) ^c	236
3	Producción anual promedio de rollizos ^d (<i>t.ha-1.a-1</i>)	12,5
4	Producción anual promedio de madera aserrada ^e (<i>t.ha-1.a-1</i>)	6,2
5	Ingreso bruto anual promedio que percibiría el productor ^f (<i>dólares. ha-1.a-1</i>)	205,2

Fuente: Elaboración propia.

^a El modelo de plantación de pinos es el propuesto en el 'simulador forestal' de la EEA Montecarlo INTA (Cerro Azul, Misiones). <http://www.inta.gov.ar/montecarlo/>. Los valores son promedios, con sus correspondientes límites fiduciarios, inferior y superior, de probabilidad igual a 0,95, entre corchetes. El signo '-' indica que no se computó el límite fiduciario correspondiente.

^b Las especies de pino son el pino insigne (*Pinus insignis*), el pino elliotti (*Pinus elliotti*) y el pino taeda (*Pinus taeda*). El valor es el promedio general de los precios ponderados con la participación relativa de las especies indicadas en la producción total de productos lignícos, correspondientes al cuatrienio 2004-2007. Los datos pertinentes se obtuvieron de RA (2009e).

^c Esta plantación produciría (*m³.ha⁻¹*): 33,3 en el primer raleo (6 años), 65 en el segundo raleo (9 años), 75 en el tercer raleo (12 años) y 315 a los 20 años, con la tala rasa de la plantación. En términos de masa y cuenta del promedio de las densidades de madera seca de pino elliotti, pino insigne y pino taeda —483,3 *kg.m⁻³*—, la masa total de madera obtenida en 20 años es 249 *t.ha⁻¹*. Los valores de las densidades se obtuvieron de INTI (2009).

^d Es el valor de la fila 2 dividido por 20, que es la duración en años de la plantación tipo considerada.

^e Se estima que el aserrado produce una pérdida de 50% en la masa de un rollizo, por lo que el valor indicado es la mitad del valor de la fila 3.

^f El ingreso bruto se estima sobre la base de que el productor recibe (generosamente) el 10% del precio unitario de la madera aserrada en la Aduana (fila 1).

En el caso de la agricultura marginal, el cultivo de la soja se ha expandido notablemente fuera de la denominada área núcleo, constituida por las provincias de Córdoba, Santa Fe y Buenos Aires. El cuadro 23 brinda una idea de la renta del cultivo de la soja.

Cuadro 23
Evolución del ingreso bruto del productor de soja de la provincia de Santa Fe

	Campaña agrícola			
	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009
Precio de la soja ^a (pesos argentinos.t ⁻¹)	500,04	590,14	880,94	788,8
Cambio pesos argentinos/dólar, cotización vendedor, de la primera cotización del mes de abril de la campaña agrícola ^b	2,94	3,10	3,12	3,18
Precio de la soja (dólar.t ⁻¹)	170,08	190,37	282,35	248,05
Ingreso bruto del productor (pesos argentinos.t ⁻¹)	283,8	335,7	520,3	397,7
Ingreso bruto del productor (dólar.t ⁻¹)	96,5	108,3	166,8	125,1

Fuente: Datos obtenidos de Quagliani *et al.* (2008).

^a Para la cotización del grano, se supuso que todo el grano se vende a lo largo del mes de abril del año de cosecha; por lo cual, para determinar la variación del precio de la soja durante el período analizado, se tomó el promedio del precio de ese mes en cada una de las campañas, con excepción del que corresponde a la cosecha 2008/09, para la que se utilizó la cotización del Índice Soja Rosafé del Mercado a Término de Rosario (ROFEX), posición Mayo 2009, del día 6 de noviembre de 2008 que puede suponerse representativo de los precios esperados para la época de cosecha de la campaña 2008/09.

^b Datos tomados de <http://www.dolarhoy.com/>

Otra alternativa sería convertir las tierras forestales proveedoras de leña en campos de cría de ganado vacuno. Un ejemplo se brinda en el cuadro 24, para la región forestal del Espinal. La síntesis de las estimaciones económicas precedentes se brinda en el cuadro 5.

Cuadro 24
Esquema económico para una explotación ganadera de producción de carne y terneros bajo dos condiciones tecnológicas, en la región centro-sur de la provincia de Corrientes (Espinal)

	Tipo de tecnología	
	Intermedia	Mejorada
Producción de terneros (cab. 1000 ha ⁻¹)	347,0	424,0
Producción de carne (kg.ha ⁻¹)	76,3	90,6
Margen bruto (pesos argentinos.ha ⁻¹)	137,5	169,0
Margen bruto (dólar.ha ⁻¹) ^a	45,1	55,4

Fuente: Datos brindados por Calvi (2008).

^a Tipo de cambio vigente el 01.07.2008: 3,05 pesos argentinos/1 dólar, vendedor. Datos tomados de <http://www.dolarhoy.com/>

C. Revisión de un inventario nacional de emisiones/absorciones de GEI para el sector

Las emisiones/absorciones de GEI —fundamentalmente CO₂— de las distintas categorías establecidas por las orientaciones para inventariar GEI del IPCC de 1996 (IPCC, 1996), para los años no inventariados en los inventarios nacionales de la Argentina¹⁸ entre 1990 y 2005, se estimaron por interpolación para el período 1990-2000 y extrapolación para aquél entre 2000-2005 (FB, 2008). Esos procedimientos se hicieron con ajustes por mínimos cuadrados.

¹⁸ Incluidos en las comunicaciones nacionales de la Argentina a la CMNUCC, correspondientes a 1990, 1994, 1997 y 2000, a las que se puede acceder en la página web de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable: <http://www.ambiente.gov.ar>

D. Elaboración de las proyecciones de las emisiones/absorciones de GEI para el sector

Se actualizaron las proyecciones de las emisiones/absorciones de GEI de las diversas categorías del sector incluídas en FB (2008).

1. Ambos escenarios

a) Cambios en la categoría Bosques y Otros Stocks de Biomasa Leñosa (CBOSBL)

En ambos escenarios, las emisiones netas de la categoría CBOSBL están compuestas por los secuestros netos de CO₂ por los montes nativos y las emisiones netas imputables a la cosecha de rollizos de las plantaciones industriales. No se incluyen los rollizos extraídos de los montes nativos porque representan una proporción menor en el total de la madera producida en el país. La producción de rollizos de las plantaciones industriales en 2006 fue 7.622.307 Mg (RA, 2009f). Por su parte, la producción de rollizos de los montes nativos para ese año fue 1.181.124 Mg (RA, 2009g) o el 13,4% del total de rollizos producidos en el país. En la proyección de CBOSBL, se utiliza el dato de la producción de rollizos de plantaciones, porque esta clase es la que consideró la FAO en sus proyecciones (FAO, 2009).

Sobre la base de ese valor de producción de rollizos se obtuvo el valor de las emisiones de los bosques nativos de ese año. Para ello, al valor neto de las absorciones de GEI en 2006 (-16.098.410 Mg CO₂ eq) se le restan las emisiones de CO₂ eq correspondientes a los rollizos producidos en 2006 (13.974.230 Mg CO₂ eq = 7.622.307 Mg x 44/24) y se obtiene -30.072.640 Mg CO₂ eq como absorción neta de 27.590.262 ha de monte nativo.

De la superficie total asignada a las tierras forestales, para este informe se considera solamente la suma de las correspondientes a las regiones Selva Misionera, Selva Tucumano-Boliviana, Bosque Andino-Patagónico y Parque Chaqueño. En 2005, esa superficie —que en el informe presente se denomina TF— fue 27.821.458 ha¹⁹. La tasa media ponderada anual de desmonte para los montes en TF se estima igual a 0,83%²⁰. En consecuencia, el tamaño de TF en 2006 se fija en 27.590.262 ha (= 27.821.458 * [1-0,0083]). En consecuencia, la tasa de absorción de CO₂ eq para ese año es 1,09 Mg CO₂ eq.ha⁻¹.a⁻¹ (= -30.072.640 Mg CO₂ eq / 27.590.262 ha).

Para ambos escenarios, se supone que la tasa anual de absorción de CO₂ aumenta a medida de que la tasa anual de desmonte disminuye. El incremento de aquélla no es lineal sino curvilíneo hasta un valor máximo igual a 2,24 Mg CO₂.ha⁻¹.a⁻¹. Este valor se obtiene de la atribución a TF del promedio ponderado (por superficie de las tierras forestales correspondientes) de las tasas anuales de incremento de la densidad de biomasa en la Selva Tucumano-Boliviana y el Parque Chaqueño; los valores respectivos de esa tasa son 2,5 Mg.ha⁻¹.a⁻¹ y 1Mg.ha⁻¹.a⁻¹ (RA, 2005). Las superficies de ambas regiones forestales totalizan 25.011.381 ha (RA, 2005), el 14,9% corresponde a la Selva Tucumano-Boliviana y el resto al Parque Chaqueño. En consecuencia, la tasa ponderada anual de incremento de la biomasa es 1,22 t.ha⁻¹.a⁻¹; esta tasa se aplica a TF en el presente trabajo. Esa tasa anual de crecimiento se traduce en una tasa anual de secuestro de CO₂ de 2,24 Mg CO₂.ha⁻¹.a⁻¹. Este valor se presupone invariable a partir del año calendario en el que cesa totalmente el desmonte.

En cuanto al otro componente de la categoría CBOSBL —las emisiones de CO₂ derivadas de la cosecha de rollizos de plantaciones industriales—, la masa de los rollizos cosechados en 2006 se asume como masa seca y se la multiplica por 0,5 para obtener la masa de carbono y por 44/12 para obtener la cantidad correspondiente de CO₂ que se emite. El valor resultante es 13.974.230 Mg CO₂ emitidos a la

¹⁹ Cuadro 2 en RA (2005).

²⁰ Datos en el cuadro 3 de RA (2007a).

atmósfera en 2006. Acorde con las reglas de contabilidad por defecto de las emisiones de CO₂ de la madera cosechada de los montes, éstas se contabilizan en el mismo año de la cosecha de esos productos²¹.

Los valores sucesivos de la cosecha de rollizos, para los años que se extienden desde 2007 y hasta 2100, se incrementan a una tasa de crecimiento anual de la producción, estimada por la FAO (2009). Las tasas anuales de variación promedio de la producción de rollizos para uso industrial son 0,6% para el periodo 2005-2020 y 0,4% para el periodo 2020-2030. Los valores de esta tasa se derivaron de la suposición de que si bien habría una producción creciente de madera para papel y cartón, ésta sería compensada por un también creciente reciclado de esos productos en el futuro.

La proyección de esa tasa anual de crecimiento de la producción hasta 2100 se calculó así:

- Sea $r_1 = 0,006$ la tasa anual del periodo 2005-2020 y sea $r_2 = 0,004$ la tasa anual del periodo 2020-2030, como lo estima FAO (2009). Es decir que en 10 años el cambio relativo de la tasa fue $r_1/r_2 = 2/3$. Asíumase que este cambio decenal es el resultado de un proceso multiplicativo representado por $2/3 = (1 - i)^{10}$. De aquí se obtiene $i = 0,0397$, que es la tasa de disminución anual de la tasa de incremento de la producción de rollizos en la década 2020-2030.
- Con el valor de i calculado en el punto anterior, se obtiene la tasa de cambio anual de la tasa de incremento anual de la producción entre dos años calendario consecutivos en el intervalo 2020-2100; es decir, $a_k/a_{k+1} = 1 - i = 0,9603$, para $k = 2020, 2021, \dots, 2099$.

De la aplicación de esa tasa de crecimiento anual resultó que la producción de rollizos en 2100 fue 9.525.351 Mg de materia seca, lo que representó una emisión de 17.463.143 Mg CO₂ o 25% más que la emisión estimada en 2006.

b) Cambios en la categoría Conversión de Bosques y Pastizales (CBP)

Las emisiones de CO₂ resultantes del desmonte de los bosques nativos —que se contabilizan en la categoría Conversión de Bosques y Pastizales— se obtienen de la relación entre la superficie forestal en un año calendario y la superficie en el año precedente, ambos años dentro del intervalo de tiempo en el que se desmonta. Esta relación se aplica sucesivamente a las emisiones de CO₂ derivadas de la tala de los montes nativos.

El valor inicial de las emisiones de la categoría CBP es el dato de inventario de 2007, que es 11.604.350 Mg CO₂. La relación entre la superficie desmontada en 2008 y la desmontada en 2007 es 0,9917; en consecuencia, las emisiones de la categoría en 2008 son 11.508.034 Mg CO₂ (= 11.604.350 * 0,9917). Este procedimiento se aplica secuencialmente hasta que cesa el desmonte.

Formalmente, ese cálculo se representa con la ecuación siguiente:

$$E_i = E_{2007} \prod r_i$$

Donde:

$i = 2008, \dots, n$

E_i son las emisiones de CO₂ en el año calendario i , en Mg CO₂

E_{2007} son las emisiones de CO₂ en el año calendario de referencia (2007), en Mg CO₂

r_i es el cociente entre las emisiones en el año calendario i y el año calendario $i-1$

n es el año calendario inmediatamente precedente al año calendario en el que cesa el desmonte.

²¹ IPCC (2003) Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry, IPCC National Greenhouse Gas Inventories Program, Institute for Global Environmental Studies, Kanagawa, Japón.

2. Escenario referencial

Es este escenario, la aplicación de la ley de conservación de los montes nativos resulta en la erradicación del desmonte al término del periodo 20010-2050; es decir, en 41 años. La tasa anual de desmonte es $0,0083.a^{-1}$, entre 2006 y 2009; y a partir de este año calendario disminuye linealmente, a razón de $0,00020.a^{-1}$, hasta cero en 2050. Por su parte, la tasa anual de absorción de CO_2 es $1,09 \text{ Mg } CO_2.ha^{-1}.a^{-1}$, entre 2006 y 2009; y a partir de este año, crece sostenidamente hasta $2,24 \text{ Mg } CO_2.ha^{-1}.a^{-1}$ en 2050, según la ecuación:

$$CR = -0,000684 t^2 + 0,0561 t + 1,09$$

Donde

CR es la tasa anual de absorción de CO_2 , en $\text{Mg } CO_2.ha^{-1}.a^{-1}$

t es el tiempo transcurrido desde el año calendario 2009, en años

3. Escenario de mitigación - EM referencial

La aplicación de la ley de conservación de los montes nativos es eficiente y eficaz, tanto que se erradica la práctica del desmonte al término del periodo 20010-2030; es decir, en 21 años. La tasa anual de desmonte es $0,0083.a^{-1}$, entre 2006 y 2009; y a partir de este año calendario, disminuye linealmente a razón de $0,00040.a^{-1}$ hasta cero, en 2030. Por su parte, la tasa anual de absorción de CO_2 es $1,09 \text{ Mg } CO_2.ha^{-1}.a^{-1}$, entre 2006 y 2009; y a partir de este año, crece sostenidamente hasta $2,24 \text{ Mg } CO_2.ha^{-1}.a^{-1}$ en 2030, según la ecuación:

$$CR = -0,002608 t^2 + 0,1095 t + 1,09$$

Donde

CR es la tasa anual de absorción de CO_2 , en $\text{Mg } CO_2.ha^{-1}.a^{-1}$

t es el tiempo transcurrido desde el año calendario 2009, en años

Bibliografía

- Barlow, J., T. A. Gardner, I.S. Araujo, T.C. Ávila-Pires, A.B. Bonaldo, J.E. Costa, M.C. Esposito, L.V. Ferreira, J. Hawes, M.I.M. Hernandez, M.S. Hoogmoed, R.N. Leite, N.F. Lo-Man-Hung, J.R. Malcolm, M.B. Martins, L.A.M. Mestre, R. Miranda-Santos, A.L. Nunes-Gutjahr, W.L. Overal, L. Parry, S.L. Peters, M.A. Ribeiro-Junior, M.N.F. da Silva, C. da Silva Motta y C.A. Peres, (2007), "Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests", *PNAS*, Número 47, Volumen 104: 18555–18560.
- Calvi, Mariana (2008), "Situación económica de las empresas ganaderas del centro sur de Corrientes (julio de 200)", *Hoja Informativa* No. 1, septiembre 2008, EEA Mercedes INTA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, República Argentina. <http://www.inta.gov.ar/mercedes/info/gestionadministracion/Situaci%C3%B3n...pdf>.
- El Día, Diario (2009), *Retenciones a la exportación y el IVA, los ejes de la recaudación*, edición del 7 de enero de 2009. <http://www.eldia.com.ar/edis/20090107/20090107213657.htm>.
- EPA (2009), "Executive Summary of the Draft Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2007", *U.S. Environmental Protection Agency*, Washington DC, EE.UU, <http://www.epa.gov/climatechange/emissions/usinventoryreport.html>.
- FAO (2009), "Global demand for wood products, State of the World's Forests 2009", Part 2, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, 2009. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0350e/i0350e02a.pdf>
- FB (2008), "Proyecciones anuales de las emisiones de GEI. Escenario de Mitigación" En: *Argentina: Diagnóstico, Prospectivas y lineamientos para definir Estrategias posibles ante el Cambio Climático*, Fundación Bariloche, S. C. de Bariloche, Neuquén.
- Hansen, Nidia (2003), "Uso silvopastoril de ñirantales en el Chubut", *Carpeta Técnica Forestal* N° 6, Agosto 2003, EEA Esquel INTA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, República Argentina. <http://www.inta.gov.ar/esquel/info/documentos/forestal/nirantales06.htm>.
- Herschbach, C. y S. Kopriva, (2002), "Transgenic trees as tools in tree and plant physiology", *Trees*, Números 4-5, Volumen 16:250-261.
- INTI (2009), "Densidad de maderas (kg/m³) ordenadas por nombre científico", Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), República Argentina. http://www.inti.gov.ar/maderas/pdf/densidad_cientifico.pdf.
- IPCC (1966), "Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories", Intergovernmental Panel on Climate Change. National Greenhouse Gas Inventories Program. Institute for Global Environmental Strategies (IGES). Japón. Versión electrónica en <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>.

- _____ (2006), “Forest Land”, *Agriculture, Forestry and Other Land Use*, Capítulo 4, Volumen 4, 2006, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- _____ (2006), “Observed and projected changes in climate as they relate to water”, *Climate Change and Water*, Technical Paper VI, Chapter 2, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006.
- IUCN, (2009), “The IUCN Red List of Threatened Species”, International Union for the Conservation of Nature. <http://www.iucnredlist.org>.
- La Nación, Diario (2009), Sección ‘Economía’ de la edición del 4 de julio de 2009 <http://www.lanacion.com.ar/economia/divisas.asp>.
- Locatelli, B., M. Kanninen, M. Brockhaus, C.J. Pierce Colfer, D. Murdiyarso, H.Santoso, (2008), “Facing an uncertain future. How forests and people can adapt to climate change” *Forest Perspectives* N° 5, CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Quagliani, Ana A. y Zuliani, Susana B. (2008), “¿Quién se apropió de los aumentos en el precio de la soja en las últimas campañas? Y ¿quién se hará cargo de la disminución del mismo en el 2009?”, *Revista Agromensajes de la Facultad*, Número 26, Diciembre 2008, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario, República Argentina, ISSN: 16698584, <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/26/4AM26.htm>.
- RA (2005), “Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Informe Nacional”, *Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas. BIRF 4085-AR. 1998-2005*, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación, Gobierno de la República Argentina. http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UMSEF/File/PINBN/informe_nacional_pinbn.pdf.
- _____ (2007), “Segunda Comunicación Nacional del Gobierno de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”. Gobierno de la República Argentina. <http://www.ambiente.gov.ar/?iarticulo=1124>.
- _____ (2007a), “Informe sobre deforestación en Argentina”, *Dirección de Bosques*, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Jefatura de Gabinete de Ministros, Gobierno de la República Argentina.
- _____ (2007b), “Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de la República Argentina, 2000, tomo III”, *Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático*. http://aplicaciones.medioambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/comunicaciones_nacionales/parte3_inventario_gases.pdf.
- _____ (2009), “Comercio Exterior de Productos Forestales – 2007”, *Programa Nacional de Estadística Forestal, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable*, Jefatura de Gabinete de Ministros, Gobierno de la República Argentina. <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=304>.
- _____ (2009a), “Aspectos Relevantes del Proyecto de Presupuesto de la Administración Nacional 2009”, *Comunicado de Prensa*, Oficina Nacional de Presupuesto, Secretaría de Hacienda, Ministerio de Economía, Gobierno de la República Argentina.
- _____ (2009b). “División política, superficie y población”, Instituto Geográfico Nacional, Secretaría de Planeamiento, Ministerio de Defensa, Gobierno de la República Argentina. http://www.ign.gov.ar/division_politica.
- _____ (2009c) “Regiones forestales. Producción primaria”, *Programa Nacional de Estadística Forestal*, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Jefatura de Gabinete de Ministros, Gobierno de la República Argentina. <http://www.ambiente.gov.ar/?idseccion=42>.
- _____ (2009d), “Población por pueblo indígena y región muestral”, *Estadísticas Básicas de Referencia*, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Jefatura de Gabinete de Ministros, Gobierno de la República Argentina. <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/estadistica/File/estadisticas%20bsicas%20referenciales/14.4%20Poblacin%20indigena.xls>.
- _____ (2009e), “Comercio Exterior de Productos Forestales”, *Programa Nacional de Estadística Forestal*, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Jefatura de Gabinete de Ministros, Gobierno de la República Argentina. <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=304>.
- _____ (2009f), “Series Estadísticas Forestales, 2001-2007”, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Jefatura de Gabinete de Ministros de la República Argentina. ISSN 1850-7174 (versión digital).
- _____ (2009f), “Sector Forestal – año 2006”, diciembre de 2007, Dirección de Forestación, Subsecretaría de Economía Agropecuaria, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, Ministerio de la Producción de la República Argentina.
- Sheskin, David (2000), “Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures”, 2nd Edition, Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, Florida, EE.UU.

- UNFCCC, (2009), "Report on the expert meeting on methodological issues relating to reference emission levels and reference levels. Note by the secretariat", FCCC/SBSTA/2009/2, United Nations Framework Convention on Climate Change, Bonn. <http://unfccc.int>.
- Vanclay, J. K., (2009), "Managing water use for forest plantations", *Forest Ecology and Management*, Número 2, Volúmen 257: 385-389.
- Watson, R. T., I. R. Noble, B. Bolin, N.H. Ravindranath, D.J. Verardo, y D.J. Dokken, (2000), "Land Use, Land-Use Change, and Forestry. A Special Report", *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, Cambridge University Press.
- Waterworth, R.M., G.P. Richards, C.L. Brack y D.M.W. Evans (2007), "A generalised hybrid process-empirical model for predicting plantation forest growth", *Forest Ecology and Management*, Volúmen 238, Números 1-3, páginas 231-243.



NACIONES UNIDAS

Serie**CEPAL****Medio Ambiente y Desarrollo****Números publicados**

Un listado completo así como los archivos pdf están disponibles en

www.cepal.org/publicaciones

160. Emisiones de gases de efecto invernadero y mitigación en el sector de uso de suelo, cambio en el uso del suelo y silvicultura. Economía del cambio climático en la Argentina, Héctor Daniel Ginzo (LC/L.4088), octubre 2015. Email: hdginzo@arnet.com.ar, erecc.lac@cepal.org.
159. Evaluación de los impactos del cambio climático sobre la salud. Economía del cambio climático en la Argentina, Anibal E. Carbajo (LC/L. 4084), octubre 2015. Email: acarbajo@unsam.edu.ar, erecc.lac@cepal.org.
158. Tipología de instrumentos de derecho público ambiental internacional, Marcos A. Orellana (LC/L. 3912), octubre 2014. Email: carlos.demiguel@cepal.org
157. La estimación de los efectos de los desastres en América Latina, 1972-2010, Omar Bello, Laura Ortiz, Joseluis Samaniego (LC/L.3899), septiembre 2014. Email: omar.bello@cepal.org
156. Paradojas y riesgos del crecimiento económico en América Latina y el Caribe: una visión ambiental de largo plazo, Luis Miguel Galindo, Joseluis Samaniego, José Eduardo Alatorre, Jimmy Ferrer, Orlando Reyes (LC/L.3868), junio 2014. Email: luismiguel.galindo@cepal.org.
155. Evaluación de impactos del cambio climático sobre la producción agrícola en la Argentina, Ana María Murgida, María Isabel Travasso, Silvia González, Gabriel R. Rodríguez (LC/L.3770), diciembre 2013. Email: carlos.demiguel@cepal.org, erecc.lac@cepal.org.
154. Escenarios hidrológicos de caudales medios del río Paraná y Uruguay, Vicente Barros (LC/L.3741), octubre 2013. Email: carlos.demiguel@cepal.org, erecc.lac@cepal.org.
153. Incidencia distributiva del impuesto a los combustibles en el Gran Santiago, Diego Vivanco Vargas (LC/L.3730), octubre 2013. Email: carlos.demiguel@cepal.org, erecc.lac@cepal.org.
152. Evaluación de los impactos del cambio climático sobre el ecosistema natural y la biodiversidad. Esteros del Iberá (Argentina) (LC/L 3728), octubre 2013. Email: carlos.demiguel@cepal.org.
151. Acceso a la información participación y justicia en temas ambientales en América Latina y el Caribe. Situación actual, perspectivas y ejemplos de buenas prácticas. Valeria Torres, Carlos de Miguel (LC/L. 3549-Rev 2), octubre 2013. Email: carlos.demiguel@cepal.org.
150. Climate change and reduction of CO2 emissions: the role of developing countries in carbon trade markets. Carlos Ludeña, Carlos de Miguel, Andres Schuschny (LC/L.3608), diciembre 2012. Email: carlos.demiguel@cepal.org.
149. Disponibilidad futura de los recursos hídricos frente a escenarios de cambio climático en Chile. Ximena Vargas, Álvaro Ayala, Rodrigo Meza, Eduardo Rubio (LC/L. 3592), diciembre 2012. Email: carlos.demiguel@cepal.org, erecc.lac@cepal.org.
148. Efecto del cambio climático en la salud pública en Colombia: estudio de caso malaria y dengue. Viviana Cerón y Salua Osorio Mrad (LC/L.3587), marzo 2013. Email: carlos.demiguel@cepal.org, erecc.lac@cepal.org.
147. Desarrollo de una función agroclimática para estimar productividad de los cultivos agrícolas en Colombia. J. Francisco Boshell V. (LC/L.3586), marzo 2013. Email: carlos.demiguel@cepal.org, erecc.lac@cepal.org.
146. Panorama del cambio climático en Colombia. Javier Blanco (LC/L.3585) marzo 2013. Email: carlos.demiguel@cepal.org, erecc.lac@cepal.org.

MEDIO AMBIENTE Y
DESARROLLO

160

MEDIO AMBIENTE Y
DESARROLLO

MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

Series

C E P A L

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE
ECONOMIC COMMISSION FOR LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN
www.cepal.org