

El impacto de los Sumideros de Carbono en Proyectos Forestales

**Trabajo Monográfico presentado ante la Facultad de Ciencias
Económicas y Administración de la Universidad de la República, para
la Licenciatura en Economía**

Agosto de 2004

**Autores: Carla Gini, Nicolás Mazzoli, Magdalena Sánchez
Orientador: Marcelo Caffera**

Agradecimientos

En primer lugar nos gustaría agradecer a nuestro tutor Phd. Marcelo Caffera, quien nos introdujo en el tema de la economía ambiental y nos ofreció su apoyo desde un primer momento.

Por la información proporcionada y por ayudarnos a entender el funcionamiento del mercado de carbono queremos agradecerle al Phd. Daniel Martino (Carbosur), Ing. Quím. Luis Santos (DINAMA), Ec. Pedro Barrenechea (DINAMA) y al Ing. Walter Oyhantçabal (MGAP). También apreciamos la colaboración del Ing. Agr. Atilio Ligrone (Dirección Forestal, MGAP) quien nos orientó sobre la realidad forestal uruguaya y proporcionó valiosa información bibliográfica.

A la Sra. Odil Tunali Payton (Prototype Carbon Fund, Banco Mundial), por facilitarnos información del mercado internacional del carbono. Asimismo queremos mostrar nuestra gratitud hacia el Phd. Pablo Realli (Foresur) y al Ec. Ernesto González Posse quienes con sus comentarios y sugerencias nos ayudaron en las últimas etapas de este trabajo.

Muy especialmente queremos reconocer la dedicación, tiempo y empeño de la Phd. Isabel Loza Balbuena quien nos motivó en los momentos de mayor incertidumbre con sus consejos y palabras de aliento.

Por último, a nuestras familias por su apoyo, entusiasmo y la confianza depositada en nosotros.

Resumen

El *Protocolo de Kyoto* surge en Diciembre de 1997 como una forma de reducir la emisión de gases de efecto invernadero responsables del calentamiento global. Con el objetivo de ayudar a los países del Anexo B a cumplir con sus metas de reducción de emisiones, se plantean tres mecanismos de flexibilización. Dentro de estos, el *Mecanismo de Desarrollo Limpio* (MDL) permite a los países del anexo B comprar Créditos de Carbono a los países en desarrollo.

Los árboles y las plantas tienen la característica de secuestrar carbono en su biomasa durante su crecimiento por lo que se les denomina “sumideros de carbono”. Los proyectos forestales reducen la cantidad de gases de efecto invernadero en la atmósfera y por consiguiente pueden generar créditos. La comercialización de estos créditos supone una modificación en los beneficios de los proyectos de forestación.

El presente estudio muestra que para que un proyecto de forestación se enmarque dentro del MDL, el mismo debe tener un tamaño considerable. Asimismo, al analizar las especies de árboles se encuentra que los *Eucalyptus grandis* son los que capturan más carbono y por ende son los que generan mayores ganancias por la incorporación del carbono a los proyectos forestales. Por último, se concluye que la importancia de los beneficios obtenidos de un proyecto forestal con carbono dependerá de la extensión del mismo y del precio de las tCERs.

Abstract

The *Kyoto Protocol* was adopted in December 1997 as an attempt to reduce the emission of greenhouse gases responsible for global climate change. Three flexibility mechanisms were established with the aim of helping Annex B countries to comply with their emission reduction commitments. The *Clean Development Mechanism* (CDM) allows Annex B countries to buy Carbon Credits from projects undertaken by developing countries.

Both plants and trees store carbon in its biomass throughout their growth, this is why

they are called “carbon sinks”. Forestry projects reduce the amount of greenhouse gases in the atmosphere and therefore can generate credits. Selling these credits can modify the benefits of forestry projects.

This study shows that a forestry project should have a considerable size in order to be profitable within the CDM. Moreover, within the studied species, the *Eucalyptus grandis* proved to be the most appropriate for selling carbon credits, due to its higher carbon storage capacity. At the same time, benefits from a forestry project with carbon will depend on its extension and the tCERs price.

ÍNDICE

Resumen	Pág. 3
Capítulo 1	
1 Objetivos de la Monografía	Pág. 7
Capítulo 2	
2 Cambio Climático y Protocolo de Kyoto	Pág. 9
2.1 El papel del Cambio Climático	Pág. 9
2.2 Legislación Internacional sobre Cambio Climático	Pág. 12
2.3 El Protocolo de Kyoto	Pág. 13
2.4 Mecanismos de Flexibilización del PK	Pág. 15
2.5 Marco legal del MDL	Pág. 17
2.6 El MDL en el marco del Desarrollo Sostenible	Pág. 18
2.7 Diseño y Desarrollo del Proceso de implementación de actividades relacionadas con la Forestación dentro del MDL	Pág. 22
Capítulo 3	
3 El Mercado del Carbono	Pág. 24
3.1 El funcionamiento del Mercado de Carbono	Pág. 24
3.2 Certificados de Reducción de Emisiones (CERs)	Pág. 27
3.3 La no permanencia	Pág. 28
3.4 Comparación de los diferentes tipos de CERs	Pág. 29
3.5 Adicionalidad y línea de base	Pág. 31
3.5.1 Adicionalidad y Línea de Base para Uruguay	Pág. 32
3.6 Costos de transacción de los proyectos del MDL	Pág. 35
3.7 Precios de los CERs	Pág. 37
3.8 Instrumentos Financieros	Pág. 38
Capítulo 4	
4 La forestación en Uruguay	Pág. 40
4.1 Características generales del Uruguay	Pág. 40
4.2 Políticas de incentivos forestales	Pág. 41
4.3 Evolución de la forestación	Pág. 43
4.4 Impactos Sociales y Ambientales de los proyectos forestales	Pág. 47
Capítulo 5	
5 Evaluación del Proyecto de Carbono	Pág. 48
5.1 Metodología de trabajo	Pág. 48
5.2 Ingresos asociados al proyecto	Pág. 52
5.3 Costos asociados al proyecto	Pág. 55
5.4 Forma de cálculo de los tCERs	Pág. 59
5.5 Análisis de sensibilidad	Pág. 60

Capítulo 6

6 Evaluación del impacto de la comercialización de carbono dentro de un proyecto forestal	Pág. 65
6.1 Introducción	Pág. 65
6.2 Evaluación de un proyecto forestal de <i>Eucalyptus grandis</i>	Pág. 66
6.2.1 Costos asociados al proyecto forestal	Pág. 66
6.2.2 Ingresos asociados al proyecto forestal	Pág. 68
6.3 Evaluación del proyecto forestal de <i>Eucalyptus grandis</i> con carbono	Pág. 71

Capítulo 7

7 Conclusiones	Pág. 76
7.1 Resultados del trabajo	Pág. 76
7.2 Propuestas para futuros estudios	Pág. 78

Anexos

A Glosario	Pág. 80
B Cuadros	Pág. 81

Bibliografía	Pág. 84
Páginas web consultadas	Pág. 89

Capítulo 1

Objetivos de la monografía

Enmarcado dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kyoto, el presente trabajo posee dos objetivos básicos. El primero es determinar el área mínima que permitiría a un proyecto forestal participar en el mercado de créditos de carbono. Para esto se trabaja con un análisis de sensibilidad donde se combinan diferentes especies de árboles, precios de carbono y tasas de descuento. El segundo objetivo consiste en determinar el impacto de las ventas de estos créditos de carbono dentro de los beneficios totales del proyecto.

El capítulo 2 pretende analizar el Protocolo de Kyoto, sus antecedentes e implicaciones. Con el fin de ver el impacto del mismo sobre Uruguay, este estudio se centra en el MDL como mecanismo de flexibilización relevante para los países en desarrollo.

En el capítulo 3 se describe el funcionamiento del mercado de carbono así como sus principales instrumentos. A su vez se explican algunos conceptos clave como el de no-permanencia, adicionalidad y línea de base.

Para abordar el tema de los sumideros de carbono, se hace una reseña de la situación de la forestación en Uruguay, dado que es el punto de partida de nuestro trabajo. En el capítulo 4 también se describen brevemente los impactos de los proyectos forestales en el ámbito social y económico, así como la evolución de las políticas forestales en los últimos años.

El centro de este estudio se encuentra en los capítulos 5 y 6. En ellos se introduce la metodología que servirá de base para el análisis del proyecto de carbono y se realiza una descripción detallada de cada uno de los componentes de la evaluación privada del proyecto. Primero se utiliza un análisis de sensibilidad para encontrar el número mínimo de hectáreas que hace económicamente viable un proyecto de carbono. A continuación se hallan los beneficios adicionales derivados de la venta de carbono y su impacto en los beneficios totales del proyecto.

Un gran avance del presente trabajo con respecto a los anteriores es que se toman en cuenta las reglas definidas por la COP 9 en Diciembre de 2003 en lo que concierne a proyectos forestales dentro del MDL.

Por último, el capítulo 7 resume las principales conclusiones del trabajo y señala posibles propuestas para el desarrollo de futuros estudios en el mercado de créditos forestales.

En cuanto a la bibliografía, utilizamos fuentes tanto nacionales como internacionales. En lo que refiere al Protocolo de Kyoto, el Mercado de Carbono y su funcionamiento, nos basamos en documentos mayoritariamente internacionales. Para la información referente a la forestación en Uruguay y costos específicos, recurrimos a organizaciones tanto gubernamentales como privadas. Las principales fuentes de información fueron la Dirección Forestal, DINAMA y Carbosur. En cuanto a las estimaciones de carbono, nos basamos en las modelizaciones realizadas por Phd. Isabel Loza-Balbuena.

Capítulo 2

Cambio Climático y Protocolo de Kyoto

2.1 El papel del Cambio Climático

El cambio climático es sin duda alguna el fenómeno moderno que más preocupa en materia ambiental. Sus causas y consecuencias son motivo de numerosas controversias, pero lo que es incuestionable es el hecho de que algo debe hacerse al respecto si se quiere evitar el recalentamiento global de la tierra. Esto tendría consecuencias nefastas para la humanidad en su conjunto, favoreciendo la aparición de incidentes meteorológicos extremos (IPCC, 2001).

Para disminuir el ritmo de calentamiento global, es necesario revertir el crecimiento de los principales gases que incentivan el sobrecalentamiento de la atmósfera. A estos gases se los conoce como *gases de efecto invernadero*¹, y son considerados los responsables directos de los cambios climáticos observados en las últimas décadas. Entre los numerosos gases de efecto invernadero, el dióxido de carbono (CO₂) constituye el principal problema (Russo, 2002).

Usualmente se considera que es en los sectores relacionados con el transporte, el consumo familiar y las industrias donde se deberían tomar las principales medidas para revertir dicha tendencia, ya que ellos son los grandes emisores de CO₂. La consecuencia de una reducción de las emisiones en estos sectores, implicaría necesariamente un aumento de sus costos. En el Cuadro 1, se pueden ver los resultados de un estudio desarrollado por el Massachusetts Institute of Technology (MIT) para modelos que calculan el costo autárquico, o sea el costo de reducir la última tonelada si toda la reducción comprometida por las partes del *Protocolo de Kyoto* (PK) se hiciera en el propio país. Como se observa en el cuadro, los costos de reducción de emisiones son mucho menores si se realizan en Economías en Transición en lugar de realizarse en

¹ El Efecto Invernadero es un fenómeno natural que retiene a las radiaciones dentro de la atmósfera.

Economías Desarrolladas.² Esto quiere decir que, desde una perspectiva económica, los países del Anexo B del PK³ preferirán reducir emisiones en países en vías de desarrollo puesto que esto supondrá menores costos.

Cuadro 1: Costos autárquicos (US\$₁₉₉₈ / ton CO₂ equivalente)

Región	Costo
EEUU	76
Japón	239
Europa	112
Economías en transición	47

Fuente: Ellermann et al. 1998

Las reglas del PK buscan maximizar la eficiencia económica para la sociedad en su conjunto, minimizando al mismo tiempo los costos de la reducción de emisiones. El presente trabajo se basa en un nuevo mecanismo que pretende reducir el número de emisiones netas a través de la absorción de CO₂ mediante la forestación. Tomamos como marco de referencia la séptima y novena *Conferencia de las Partes* (COPs 7 y 9) de la *Convención Mundial de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático* (CMNUCC).

Las medidas de respuesta al cambio climático se pueden clasificar en dos tipos: *medidas de mitigación* y *medidas de adaptación*. Las primeras son aquellas que contribuyen a reducir la acumulación atmosférica de *Gases de Efecto Invernadero* (GEI) y, por lo tanto, a retardar el impacto esperado de dichos gases en el clima mundial. Estas medidas apuntan a reducir las emisiones de GEI (abatimiento) o a aumentar la fijación de carbono en depósitos terrestres (captura). Por otro lado, las medidas de adaptación son aquellas que sirven para atenuar los impactos del cambio climático o adaptarse a los mismos. Estas incluyen cambios en tecnologías, prácticas y políticas (DINAMA, 2002).

Nuestro trabajo se centra en la forestación como una de las actividades humanas con reconocido potencial para contribuir a la mitigación del cambio climático. Esto se debe a que los árboles, a través del proceso de la fotosíntesis, pueden remover dióxido de carbono de la atmósfera y convertirlo en compuestos orgánicos. Es por esta razón que se

² El CICERO (Center for International Climate and Environmental Research – Oslo) llega a conclusiones similares (ver Holtsmark et al. 1998)

³ Ver Anexo B, cuadro A

conoce a los bosques como *sumideros de carbono*. A diferencia de las formas clásicas de mitigación (que se basan en la reducción de las emisiones de los gases dañinos), dichos sumideros pueden remover efectivamente el dióxido de carbono de la atmósfera.

Se sabe que aproximadamente la mitad del carbono secuestrado por los árboles queda retenido durante años en los tejidos vegetales; el resto vuelve a la atmósfera mediante su descomposición progresiva en tan sólo cuestión de meses (por ejemplo, el que está contenido en las hojas, ramas finas y mantillo). El proceso de secuestro de carbono en plantaciones forestales ocurre siempre que haya crecimiento de la biomasa. Al detenerse el crecimiento, también se detiene la extracción de carbono (Isabel Loza Balbuena, 2002).

La CMNUCC define al depósito de carbono o sumidero de carbono como todo sistema climático que almacena un gas de efecto invernadero o un precursor de un GEI (CMNUCC, 1992). Se ha estimado que los sumideros de carbono podrían secuestrar alrededor de 100 mil millones de toneladas de dióxido de carbono en un período de tan sólo 50 años (Martino y Reali, 2004). Esto explica fácilmente el hecho de que cada vez sean más los países interesados en atraer este tipo de proyectos, ya que el uso de sumideros aparece como una alternativa rentable económicamente, al menos hasta que se logren desarrollar las tecnologías necesarias para el abaratamiento del uso de energías alternativas.

Para el caso concreto de Uruguay, que cuenta con ventajas comparativas en lo que a la forestación respecta (suelos muy aptos para plantaciones y clima igualmente favorable), esta opción reviste especial importancia. No sólo promete ser una actividad válida y efectiva como herramienta de combate del cambio climático, sino que además supone la posibilidad de obtener una rentabilidad positiva allí donde hasta ahora las utilidades provenían únicamente de la explotación tradicional de la madera. Uno de los objetivos principales de este trabajo consiste en determinar las características del proyecto para que los beneficios adicionales sean positivos. Debido a la posibilidad de obtener mayores ganancias, no sólo Uruguay sino varios países latinoamericanos en particular, y subdesarrollados en general, están interesados en esta nueva forma de inversión forestal. La comercialización de los *créditos de carbono* podrán tener efectos económicos de significativa importancia. Asimismo, cobrará relevancia el tema de la regulación, ya que

normas claras serán un prerrequisito para el buen funcionamiento de este mercado que, con tantos intereses en juego, deberá estar detalladamente regulado.

En este sentido, los países productores de madera tendrán que ajustarse a la demanda de quienes están comprometidos a disminuir sus emisiones. Una sobreoferta de créditos de carbono reduciría su precio y favorecería a los países que tienen que comprar certificados, a la vez que perjudicaría los intereses de los primeros y también de aquellos que quieren difundir la adopción de energías renovables (como algunos países europeos). Por otra parte, están también los intereses de los países petroleros, quienes procuran postergar en la medida de lo posible el proceso de sustitución de combustibles fósiles por fuentes alternativas de energía. Similares observaciones caben realizarse para el caso de las organizaciones no gubernamentales ambientalistas, las cuales manifestaron su oposición a la aceptación de sumideros de carbono.

Debemos tener en cuenta que según el PK la cantidad de créditos generados por sumideros forestales no pueden superar el 1% del total de emisiones a 1990. Por este motivo, consideramos que los créditos forestales ayudarían a alcanzar las metas de reducción de emisiones sin comprometer los objetivos ambientales.

El mercado de carbono es uno de los pocos mercados de servicios medioambientales que hay actualmente en operación, y el único con implicancias mundiales. Debería por tanto no sólo generar grandes ganancias en términos de costo - efectividad (es decir, una misma reducción de emisiones con menores costos), sino que podría además contribuir de manera sostenible al desarrollo de las regiones más pobres, mediante inversiones en tecnologías limpias.

2.2 Legislación Internacional sobre Cambio Climático

La *Convención Mundial de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático* (CMNUCC) fue creada en 1992, en Río de Janeiro, con el objetivo de lograr la estabilización de la concentración de gases con efecto invernadero en la atmósfera. Se basó desde sus inicios en el principio de las necesidades comunes pero diferenciadas, que asigna a los

países desarrollados, por su mayor responsabilidad histórica, mayores compromisos en el combate del cambio climático.

La Convención formuló una lista de países industrializados (Anexo B del Protocolo de Kyoto) y no industrializados, exonerando a estos últimos de cualquier tipo de compromiso en relación a medidas a adoptar para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.⁴ Entró en vigor en marzo de 1995.

El cuerpo supremo de la Convención es la *Conferencia de las Partes* (COP), que está integrada por los más de 170 países que la ratificaron. Fue justamente en su tercer encuentro anual (COP 3), en que nació el Protocolo de Kyoto.

2.3 El Protocolo de Kyoto

El PK fue el primer acuerdo multilateral en establecer objetivos específicos en relación con la reducción de las emisiones de gases de los países más desarrollados. De esta forma, el acuerdo celebrado en Kyoto, Japón, en Diciembre de 1997, fortaleció la respuesta internacional ante el problema creciente del Cambio Climático.

Se definieron seis gases específicos que alentaban el llamado efecto invernadero y que por ende debían ser regulados por el Protocolo: Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), Hidrofluorocarbonos (HFCs), Fosfofluorocarbonos (PFCs) y Hexafluorosulfuros (SF₆s).

Cada gas de efecto invernadero tiene un Potencial de Calentamiento Global (PCG), que constituye una medida del calentamiento (o energía) retenido en el ecosistema terrestre a través de la adición de cada gas a la atmósfera. Utilizando la unidad básica de 1 para el dióxido de carbono, se les asigna a los otros cinco gases un valor de PCG para poder llevarlos a una unidad común llamada CO₂ equivalente. Entonces, el CO₂ tiene un PCG de 1, el CH₄ tiene un PCG de 21, el N₂O tiene un PCG de 310, el HFC tiene un PCG de entre 140 y 11.700, finalmente el SF₆ tiene un PCG de 23,90 (página web IETA).

⁴ Ver Anexo B, Cuadro A.

Desde marzo de 1998, el PK ha sido ratificado por varios países, sin embargo, el mismo no entrará en vigor sino hasta 90 días después de que un mínimo de 55 países que produzcan al menos el 55% del total de emisiones de dióxido de carbono del total de 1990 lo ratifiquen.⁵ Hasta el momento, el protocolo ha sido ratificado por 124 países (lo que excede el límite de 55), pero sin embargo, sólo el 45% de los países del anexo B lo ha ratificado, por lo que este aún no ha entrado en vigor. Mientras tanto, las partes continúan con sus obligaciones bajo el CMNUCC.

Entre los países que aún no lo han ratificado se encuentran Australia (2.1% del total de emisiones de 1990), Rusia (que produce el 1.4%) y EEUU con el 36.1% de emisiones. Tanto Australia como EEUU ya han anunciado que no lo firmarán, y esto se ha convertido en un fuerte impedimento que ha generado numerosas controversias y críticas. Desde el punto de vista de EEUU, el protocolo no es conveniente porque se lo considera injusto desde el momento en que no implica ninguna obligación para los países por fuera del anexo B, algunos de los cuales contaminan tanto o más que sus contrapartes del anexo B (ej. India y Brasil). Ahora, todas las miradas se centran en Rusia, ya que sólo su entrada puede determinar el futuro del PK.

El PK establece sus metas de reducción de emisiones en forma quinquenal, constituyendo cada período un *período de compromiso*. El primero de estos, que debería ser cumplido si el Protocolo entra en vigor, corresponde al quinquenio 2008 – 2012. Para entonces, los países industrializados deberían reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un promedio de 5.2% por debajo de los niveles de 1990.⁶ Es importante resaltar el hecho de que el PK no impone obligaciones de ningún tipo para los países en vías de desarrollo, y que por lo tanto, cualquier compromiso asumido por alguno de estos es meramente de carácter voluntario.

Consideramos importante resaltar dos Conferencias de las Partes que por sus connotaciones y consecuencias resultan fundamentales para el desarrollo de este trabajo. La primera de ellas fue la COP 7, llevada a cabo en Marrakech en 2001, ya que allí se establecieron las modalidades y procedimientos que habrán de guiar el desarrollo de los

⁵ Refiere a países desarrollados, incluidos en el Anexo B de la Convención del PK. Ver PK, Introducción.

⁶ Ver Anexo, Cuadro B

proyectos futuros. Es decir, constituyó una primera aproximación al *Mecanismo de Desarrollo Limpio* (MDL), que veremos en detalle más adelante.

Es en Marrakech que se acepta a la actividad forestal como opción de mitigación al cambio climático, basada en la venta de créditos de carbono. Por sus iniciales en inglés se la conoce como LULUCF (“Land Use, Land Use Change and Forestry”). Si bien en términos generales no existen límites cuantitativos a su uso en el MDL, se establece que para un primer período de compromiso sólo el 1% de las emisiones generadas en 1990 por los países del Anexo B del PK podrán cubrirse con créditos forestales.

Cabe señalar que hay intereses muy distintos en relación con la fundación de LULUCF por parte de las partes involucradas en el Anexo B. Esto es así porque existen países, como las llamadas *Economías en Transición*, que ya se encuentran en niveles de emisiones por debajo sus *objetivos*, por lo que no están interesados en financiar proyectos LULUCF-MDL. Pero existe otro grupo de países, como la Unión Europea, que tienen una mayoría de sus estados miembros que se encuentra lejos de cumplir con los objetivos de reducción establecidos, y que por tanto está fuertemente interesado en poder usar mecanismos complementarios como el de LULUCF-MDL para suplantar sus acciones domésticas (Martial Bernoux, 2002).

La segunda conferencia a resaltar es la COP 9 efectuada en Milán en Diciembre de 2003, que también realizó importantes avances en cuanto a la conformación de un mercado global e internacional para la mitigación del Cambio Climático en actividades forestales. Su más importante resolución fue la aprobación de nuevas modalidades y procedimientos para proyectos forestales en el contexto del MDL. Se la llamó la “Conferencia Forestal”, lo que da indicio del importante papel que jugó la forestación durante su desarrollo.

2.4 Mecanismos de flexibilización del PK

A efectos de facilitar la realización de sus compromisos a los países del Anexo B, el PK prevé tres mecanismos para ayudarlos a cumplir con sus objetivos. Estos están

planteados a nivel nacional e internacional y son los siguientes: Actividades de Implementación Conjunta (JI), *Mecanismo de Desarrollo Limpio* (MDL) y Comercio Internacional de Emisiones (ET). Juntos se las conoce como *Mecanismos de Flexibilización*.

El mecanismo de JI permite a cualquiera de las partes incluidas en el Anexo B transferir o adquirir de otro país del anexo B, los créditos resultantes de proyectos encaminados a reducir las emisiones o incrementar la absorción de sumideros de los gases de efecto invernadero en cualquier sector de la economía.⁷ Es decir, es un mecanismo que funciona sólo entre las partes comprometidas.

Otro mecanismo propuesto es el de ET, que está previsto en el artículo 17 del PK. Determina que las partes incluidas en el Anexo B podrán comerciar los derechos de emisión a efectos de cumplir con sus compromisos adquiridos mediante el artículo 3 de dicho protocolo.

Pero de estos mecanismos, el único que atañe a países en desarrollo como Uruguay es el MDL. Está previsto por el artículo 12 del PK, y básicamente lo que hace es permitir a los países del Anexo B cumplir con sus compromisos estipulados en el artículo 3, mediante la compra de compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones en países subdesarrollados. De esta forma, de acuerdo a lo planteado en el PK, ambas partes se beneficiarían: los países del Anexo B lograrían cumplir con sus obligaciones y los países en vías de desarrollo tendrían acceso a nuevos recursos que les permitiría asistir al desarrollo de sus propias economías de manera sustentable. Todo esto constituiría un verdadero acuerdo de cooperación internacional a través del cual se comerciarían (y reducirían) emisiones, valiéndose para ello de proyectos de inversión.

La unidad de medida de abatimiento de emisiones dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio es la de "*Certificados de Reducción de Emisiones*" (CER), que es equivalente a una tonelada métrica de dióxido de carbono.

⁷ Artículo 6 del PK.

Por último, cabe mencionar también el Artículo 4 del PK, que si bien no forma parte de los mecanismos de flexibilización, sí constituye una posible aproximación internacional al problema de cumplir con los objetivos de reducción de emisiones. Mediante este artículo se permite compartir el peso de las reducciones entre los 15 países europeos miembros, de tal forma que no sea necesario que cada uno de ellos individualmente deba cumplir el objetivo del 8%, sino que lo importante es que en conjunto se alcance ese nivel de reducción.⁸

2.5 Marco Legal del Mecanismo de Desarrollo Limpio

El MDL se encuentra reglamentado por las resoluciones de la Convención de la ONU sobre Cambio Climático, y es supervisado por la Junta Ejecutiva del MDL, la cual fue nombrada por la COP 7 para ocuparse de la fase interina. Su tarea más importante es la de aprobar las reglas de funcionamiento del MDL.

Por otra parte, las reducciones de emisiones serán certificadas por agentes designados por la COP, siempre y cuando cumplan con los siguientes requerimientos:

- Participación voluntaria por parte de los países
- Mitigación del cambio climático real, medible y de largo plazo
- Reducción de emisiones adicionales a las de ausencia del proyecto

La participación del MDL tanto en el país anfitrión como en el país vendedor de certificados podrá ser llevado a cabo por una entidad pública como por una privada. Por otro lado, cada proyecto tiene una imposición de un 2% de los certificados producidos que será destinada a el Fondo de Adaptación, quién ejerce el papel de asistir a los países más vulnerables a los efectos del cambio climático.

Los proyectos MDL deberán ser a su vez verificados por entidades operacionales externas que serán designados por las partes del protocolo.

⁸ Ver Anexo, Cuadro C

2.6 El MDL en el marco de un Desarrollo Sostenible

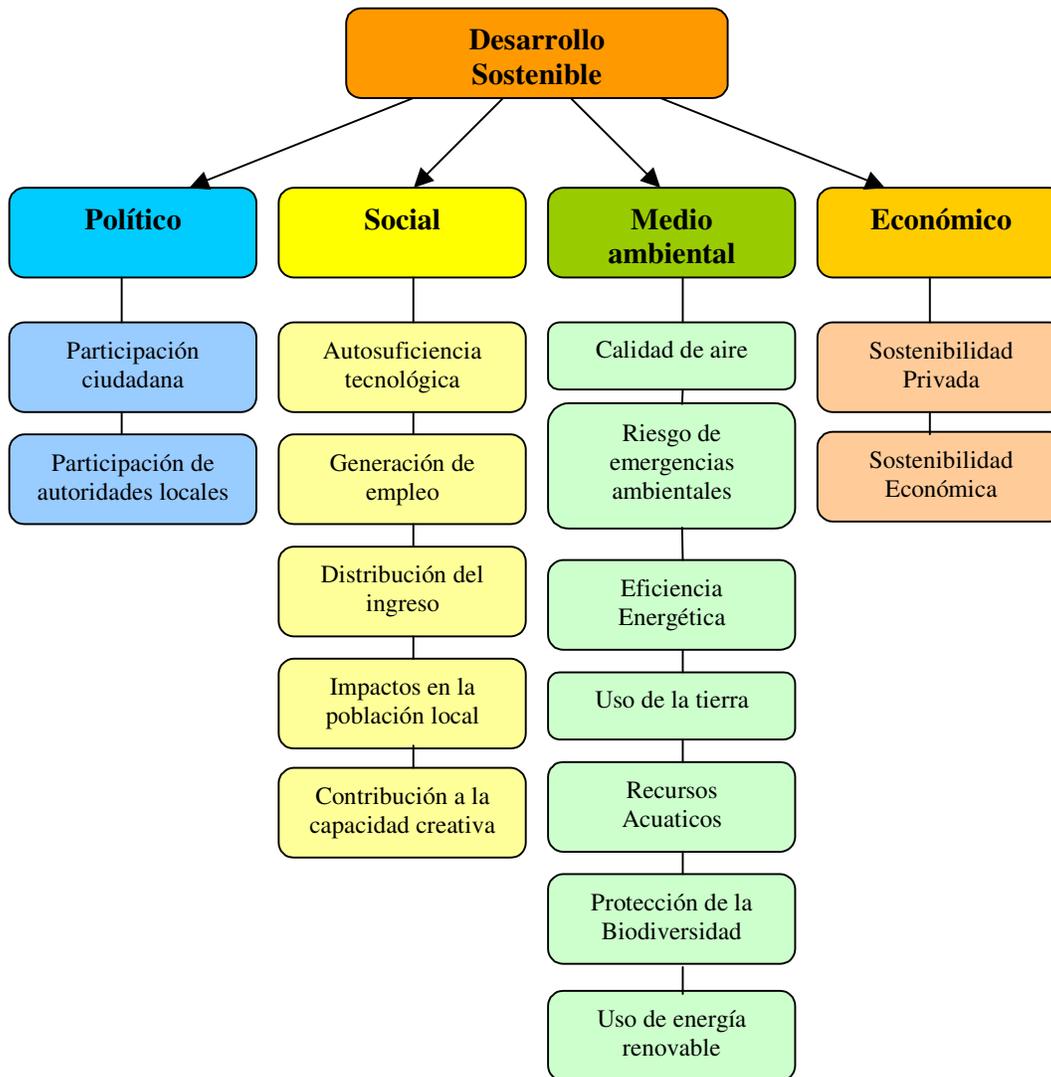
El MDL, establecido en el artículo 12 del PK, tiene como objetivo el ayudar a aquellas partes no incluidas en el Anexo B del CMNUCC a alcanzar un desarrollo sostenible, a la vez que ayuda a las partes del Anexo B a lograr sus compromisos de reducción de emisiones.

Se entiende por Desarrollo Sostenible al "*Desarrollo que satisface las necesidades actuales de las personas sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas.*" (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el desarrollo, 1987).

Tal como fue establecido en el Acuerdo de Marrakech, las partes participantes deberán establecer, por medio de un proyecto escrito, de qué forma el proyecto contribuye al desarrollo sostenible del país huésped. Para esto es relevante establecer criterios comunes que faciliten y hagan más transparente el proceso.

Puede ser difícil cuantificar en qué grado un proyecto colabora en el Desarrollo Sostenible de un país. En este sentido, consideramos interesante el trabajo realizado por el Instituto Federal de Tecnología Suizo y la Dirección de Cambio Climático del MVOTMA (Santos, Heuberger y Sutter, 2003), a pesar de que las variables tomadas en cuenta no siempre son fácilmente medibles. A continuación reproducimos este criterio en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Criterio para cuantificar el aporte al Desarrollo Sostenible



Fuente: Santos et als, 2003

Se distinguen cuatro categorías (Político, Social, Medioambiental y Económico) que a su vez se subdividen en indicadores, de manera de medir la contribución del proyecto a los objetivos del país en cuanto a desarrollo sostenible.

Entre los indicadores hay algunos cualitativos y otros cuantitativos que son llevados a una escala de -1 a 1, de manera de mostrar si el indicador afecta de manera negativa o positiva al desarrollo sostenible.

Área medioambiental – indica los impactos ambientales tomando como base el escenario de referencia (situación sin proyecto). Para cuantificar los efectos del proyecto en relación al desarrollo sostenible, se subdivide a esta área en las siguientes categorías: calidad del aire, riesgo de emergencias ambientales, eficiencia energética, uso del suelo, recursos hídricos, protección de la biodiversidad, y el uso de fuentes de energía renovables.

Área social – consiste en identificar posibles impactos sobre la evolución social del país, también teniendo en cuenta el escenario de referencia. En este sentido, se investigará la influencia del proyecto en relación con:

- su contribución a la generación de empleo: se toma como medida el número de empleos generados en relación a las unidades de emisión reducidas derivadas del proyecto.
- contribución en los ingresos de la población de menores recursos: se debería verificar un aumento de la capacidad de acceder a nuevos servicios y por lo tanto desarrollar nuevas actividades productivas a nivel nacional y local, que puedan mejorar la calidad de vida y las fuentes de generación de ingresos de la sociedad.
- contribución en la capacidad creativa de la sociedad: se refiere a las nuevas capacidades que se puedan generar en materia de investigación y desarrollo, calidad del trabajo y mejora de la educación.
- Contribución a la autosuficiencia tecnológica: implica la utilización de tecnologías que supongan una innovación para el país, que puedan mantenerse y manejarse en el largo plazo.
- Impactos en otros ámbitos de la sociedad: se refiere a los cambios en el comportamiento de los habitantes en materia de actividades recreativas, transporte público, paisaje recreativo, entre otros.

Área económica – indica los efectos positivos sobre el desarrollo económico del país en relación al escenario de referencia. En este sentido, son muchas las variables que deberíamos tener en cuenta a la hora de investigar, y también es grande la cantidad de indicadores. Para empezar, los proyectos deberían ser económica y financieramente viables, para lo cual es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- *Contribución a la sostenibilidad de proyectos privados:* debemos evaluarla mediante el uso de flujos de fondos que tomen en cuenta ambos escenarios: con y sin proyecto. También debe tomarse como medida la tasa interna de retorno (TIR) y compararla con el costo de oportunidad del capital.
- *Contribución a la sostenibilidad económica:* Se debería asegurar la viabilidad del proyecto en el largo plazo. Esta contribución se investiga mediante el análisis de beneficios económicos netos. También se debería calcular la tasa económica interna de retorno, la cual debe compararse con el costo del capital para toda la economía.

Área Política - Se debe tomar en cuenta los cambios que se puedan generar en materia de la participación ciudadana y la participación de las autoridades locales, como efectos derivados de la ejecución del proyecto.

Creemos que este criterio puede ser sumamente útil para tener una idea clara de la contribución de cada proyecto al desarrollo sostenible y procurar evitar subjetividades a la hora de evaluar el impacto de un proyecto.

2.7 Diseño y Desarrollo del Proceso de implementación de actividades relacionadas con la Forestación dentro del MDL

Cuadro 3: Ciclo del proyecto en MDL



1. **Documento de Diseño del Proyecto (DDP)** - El primer paso para que un proyecto de forestación sea aceptado dentro del MDL es la presentación del Documento de Diseño del Proyecto. En este documento deberá constar toda la información relevante en cuanto al proyecto, su alcance y sus posibles consecuencias. En forma detallada, la información que deberá contener el DDP es: la descripción técnica del proyecto, el impacto ecológico de la zona en donde se realizará, tipo de sumidero elegido, metodología de línea de base propuesta, fecha de inicio del proyecto y elección del período de acreditación⁹, elección del tipo de CER, estudio de impacto ambiental y socio-económico, comentarios de todas las partes interesadas afectadas al proyecto y finalmente una discusión de cómo se reducirán las incertidumbres.¹⁰
2. **Aprobación del país huésped** – Una vez que el organismo facultado del país ha revisado la documentación, si esta cumple con los objetivos de desarrollo sostenible, procederá a dar su visto bueno.

⁹ Período de duración del proyecto

¹⁰ Las definiciones de metodología de línea de base y tipo de CER se encuentran en el capítulo 3

- 3. Validación del proyecto** – proceso de evaluación independiente llevado a cabo por las entidades designadas por la COP, de los diseños del proyecto de forestación y reforestación que aspiran a participar en el MDL.
- 4. Registro** – ocurre cuando la Junta Ejecutiva del MDL brinda la aceptación formal del proyecto. Esta aceptación es un prerequisite para el desarrollo de las etapas siguientes.
- 5. Plan de Monitoreo** – Debe incluir los datos necesarios para calcular la cantidad de GEI secuestrada por el proyecto (teniendo en cuenta la línea de base propuesta). También debe contener las posibles fuentes de fugas y las formas como las mismas se medirían.
- 6. Verificación y Certificación** – proceso de revisión y determinación expost de las reducciones de los GEI que el proyecto logró por encima de la línea de base. Existe una verificación inicial cuando los ejecutores del proyecto lo solicitan, y en el caso de utilizar CERs temporales habrá una verificación cada cinco años hasta el momento final de la acreditación del proyecto.

Capítulo 3

El Mercado de Carbono

3.1 El funcionamiento del Mercado de Carbono

El Mercado de Carbono surgió a mediados de la década del noventa y desde entonces no ha dejado de crecer. El Banco Mundial estima que dicho mercado se ha más que duplicado desde el año 2002, alcanzándose la comercialización de más de 70 millones de toneladas de CO₂ en Noviembre de 2003. Se espera asimismo que dicha cifra ascienda hasta los 220 millones de toneladas antes del año 2012 (Prototype Carbon Fund, 2003). La mayor parte de este volumen se ha intercambiado bajo la forma de transacciones conocidas como *project-based*, es decir, aquellas que como el MDL se basan en proyectos concretos y que están orientados principalmente a cumplir con los compromisos de Kyoto.

Según los Acuerdos de Marrakech y como ya hemos señalado, durante el primer período de compromiso los países del anexo B pueden comprar créditos forestales bajo el MDL que cubran hasta un 1% de sus emisiones de GEI a 1990. De acuerdo al avance de las negociaciones hasta el momento, podríamos suponer que los únicos demandantes de este tipo de créditos serán los países de la Unión Europea, Canadá y Japón. La suma de la demanda de estos países llegaría a 150 Mton CO₂ anuales (Martino y Reali, 2004).

Si consideramos el lento secuestro de carbono en los primeros años posteriores a la plantación y la dificultad que pueden plantear las reglas de Milán (COP 9)¹¹ en cuanto a la aprobación de proyectos forestales dentro del MDL, podríamos suponer que la demanda de CERs forestales difícilmente será satisfecha.

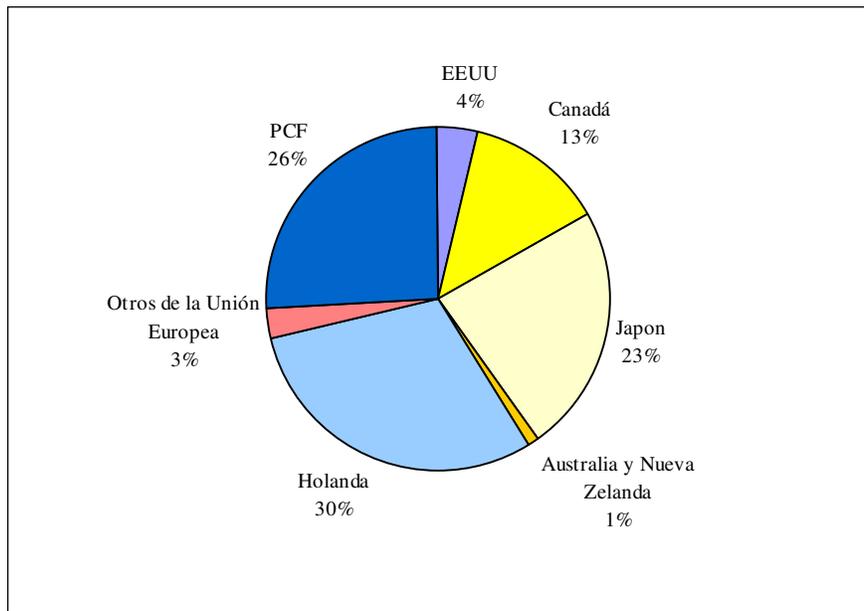
Los *compradores* pueden ser agentes privados, públicos o una combinación de ambos. En la actualidad, el sector público actuando por si sólo representa más del 40% del total

¹¹ Ver sección 2.3

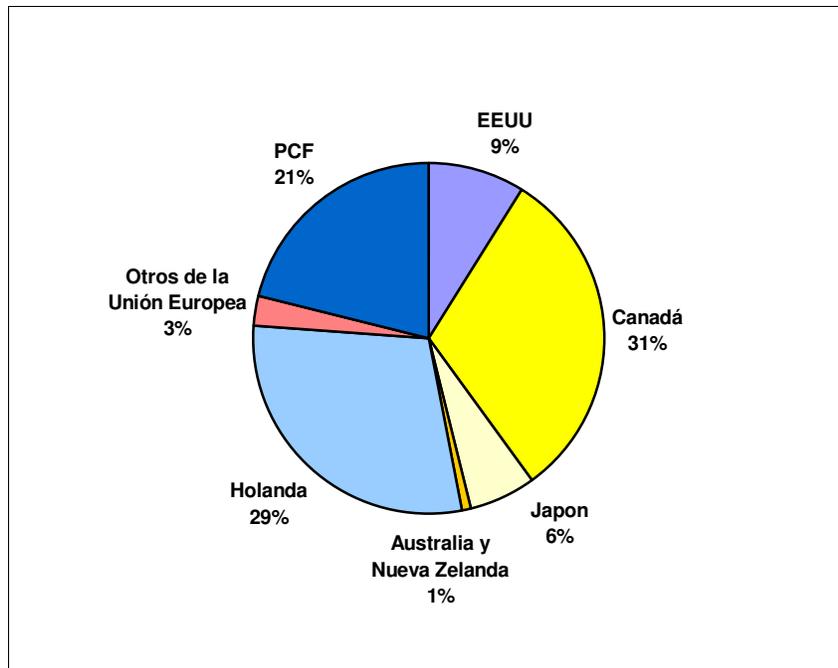
del volumen de reducción de emisiones comprados en los países en desarrollo (Martino y Reali, 2004). A su vez, el Estado es un actor importante. Su intervención es fundamental para asegurar la inversión extranjera y crear las instituciones que permitan el desarrollo de proyectos MDL.

Más concretamente, hasta el momento los principales compradores de créditos de carbono son el Gobierno de Holanda y el Prototype Carbon Fund del Banco Mundial (PCF). Pero en un futuro próximo nuevos agentes estarían interesados en este tipo de activos. A las empresas, por ejemplo, les interesaría comerciar por diversos motivos: para evitar potenciales incertidumbres de precios, para mostrar una imagen positiva en cuanto al cuidado del ambiente o simplemente para promover su liderazgo o mejorar sus relaciones con consumidores y gobierno.

Gráfico 1: Compradores de créditos de carbono (porcentaje de mercado)



2001 - 2002



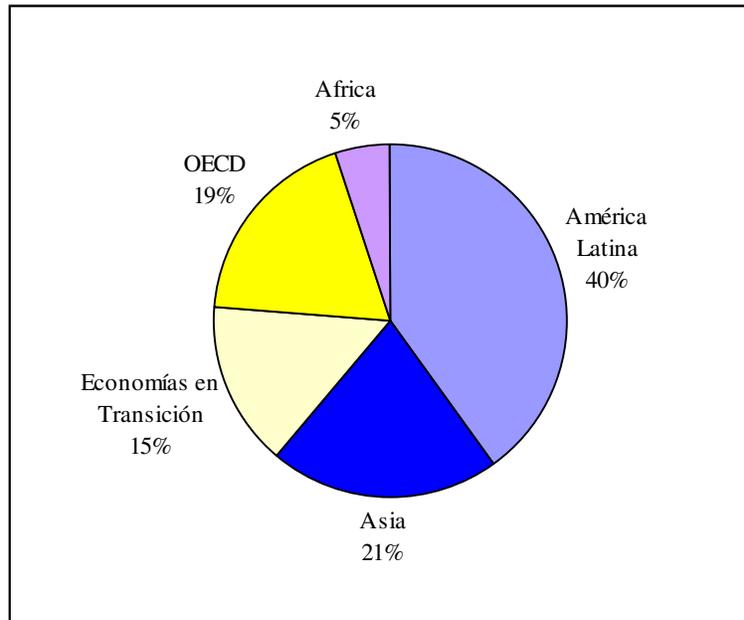
2002 – 2003

Fuente: PCF Plus, Banco Mundial, 2003

Los *vendedores* (ver gráfico 2) por su parte, son básicamente economías en transición o países en vías de desarrollo. En 2003, 9 de cada 10 toneladas de reducción de emisiones se originó en proyectos localizados en estas economías, lo que no hace más que confirmar las ventajas comparativas que tiene América Latina y específicamente países como Uruguay como proveedores de créditos de carbono en el marco del MDL.

Existen fuertes incentivos para que estos países quieran formar parte del mercado de créditos de carbono. En primer lugar, porque los proyectos MDL pueden resultar en importantes externalidades. Por lo general, el país receptor recibirá transferencias de capital, tecnología, y el know-how asociado a ello. Además, dichos proyectos constituyen una fuente de creación adicional de trabajo.

Gráfico 2: Ubicación de los proyectos de reducción de emisiones



Fuente: PCF Plus, Banco Mundial, 2003

La región de origen de los proyectos MDL se está modificando rápidamente. Si bien la mayor parte de las reducciones aún proviene de América Latina, Asia (con países como India o China) se ha perfilado en los últimos tiempos como un potencial vendedor de créditos de carbono (PCF 2003). No obstante lo anterior, la localización de los proyectos MDL depende en gran medida de la naturaleza pública o privada de los mismos.

Los proyectos LULUCF predominaron ampliamente en las transacciones llevadas a cabo en 2002-2003. Sin bien más recientemente esta tendencia ha disminuido, esto no necesariamente será el reflejo de futuras tendencias.

3.2 Certificados de Reducción de Emisiones (CERs)

Tal como lo determina el Protocolo de Kyoto, el mundo actual está embarcado en un proceso de sustitución de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas

natural, por fuentes de energía renovable como la eólica, la solar o la biomasa. Uno de los instrumentos fundamentales para lograr este cambio es el comercio de certificados de reducción de emisiones o de secuestro de carbono. Cada tonelada de gas emitida por la actividad humana deberá estar respaldada por su correspondiente permiso de emisión o certificado de reducción de emisiones.

Durante el COP 7 se aprobó la convertibilidad (fungibility) de los certificados de reducción de emisiones de gases generados en los diferentes mecanismos de flexibilidad. Los tres mecanismos de Kyoto producirán certificados con distintas denominaciones: el mecanismo de “Comercio de Emisiones” entre países del Anexo B utilizará las *unidades de emisión asignadas* (AAU); el mecanismo de “Implementación Conjunta”, también para países del Anexo B, utilizará *unidades de reducción de emisiones* (ERU); dentro de las ERU existen las *unidades de remoción* (RMU) que representan los créditos de carbono generados a partir de sumideros (forestales y agrícolas) por el mecanismo de “Implementación Conjunta”; por último el “Mecanismo de Desarrollo Limpio” que fomenta proyectos en países en vías de desarrollo, utilizará los certificados de *reducción de emisiones* (CER). Las tres unidades tendrán idéntico tratamiento, y serán intercambiables entre sí, lo cual asegura máxima liquidez al mercado.

3.3 La no permanencia

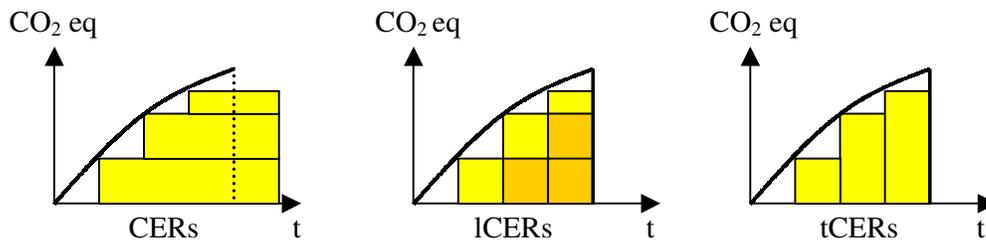
Al contrario de lo que pasa con proyectos en los que se reduce la contaminación de una fábrica (los resultados son permanentes), en los proyectos forestales los beneficios son finitos en el tiempo. Cuando la madera se destruye, todo el carbono que se fue acumulando a lo largo del tiempo, vuelve a la atmósfera. En términos reales, la velocidad con que regresa el carbono a la atmósfera depende del destino que se le da a la madera. Así, la madera destinada a un mueble tiene una vida promedio de 80 años, mientras que la pulpa que se dedica a la fabricación de papel solo tiene dos años. Sin embargo, en el marco del MDL se toma la convención de que todo el carbono es liberado a la atmósfera en el momento en que se corta el árbol. A partir de esta idea surgen dos tipos de créditos de carbono, los permanentes y los temporales.

Dadas las características antes mencionadas de la forestación, estos proyectos usan créditos temporales, los cuales a su vez pueden dividirse entre *créditos de corto plazo* (tCERs) y *créditos de largo plazo* (ICERs). Los créditos temporales tienen vencimientos y a la fecha de este vencimiento deberán ser sustituidos, ya sea por otros tCERs / ICERs o por AAUs, CERs, ERUs o RMUs. Las tCERs vencen al final del período de compromiso siguiente al que fueron originadas, o sea, las que se generen hasta el año 2012, vencerán en el 2017. En cuanto a las ICERs hay dos posibilidades: se puede elegir un periodo de 30 años o un período de 20 años, esta última renovable dos veces, con lo que el tiempo máximo de duración sería de 60 años. A diferencia de las tCERs, las ICERs expiran al final del período de acreditación para el cuál fueron emitidas, o sea al final de la vida del proyecto.

Es claro que una vez se empiecen a transar estos instrumentos, los precios variaran dependiendo de la vida útil de cada uno. Cabe esperar que cuando más corto el período en que la certificación es válida, menor también su precio en el mercado. En los casos de las ICERs a 60 años, es esperable que el precio sea similar al de las CERs ya que la utilidad descontada de cada una sería muy similar. En definitiva, lo que logra el comprador de los créditos temporales es ganar tiempo y esperar que las nuevas tecnologías traigan consigo métodos de abatimiento de emisiones más económicos.

3.4 Comparación de los distintos tipos de CERs

Resulta interesante hacer una breve comparación entre los diferentes tipos de créditos para lograr una mejor comprensión de cuál será el funcionamiento del mercado. En el siguiente esquema se describe el funcionamiento de cada instrumento.



La cantidad de créditos comercializados en un período se puede observar en el eje de las ordenadas mientras que el eje de las abscisas muestra la duración que tiene cada crédito de carbono.¹²

En cualquiera de los ejemplos los créditos se generan en tres períodos pero su duración en cada caso es diferente. Como se ve en el primer gráfico, los CERs son créditos que no tienen un vencimiento por lo que su validez va más allá de la vida del proyecto que los haya generado. Este es el tipo de créditos que se usa hasta el momento y del que por consiguiente se tienen mejores estimaciones de los precios.

Las otras dos gráficas muestran el comportamiento de los llamados *créditos temporales*, -término acuñado durante la COP 9- que son específicos para proyectos forestales. El carácter temporal de estos créditos viene del hecho de que una vez que la madera se destruye, el carbono acumulado en los árboles vuelve a la atmósfera. Entonces, estos créditos tendrán un vencimiento y deberán ser sustituidos por nuevos créditos.

En el caso de los ICERs, estos vencen cuando el proyecto llega a su fin, o sea, la duración de los créditos dependerá del período en que sean emitidos. En cada período se vende el diferencial entre la cantidad de créditos generados hasta el momento menos los que habían sido vendidos hasta el período anterior. A su vez estos últimos son renovados después de haber hechos las verificaciones necesarias. Es de esperar entonces que los precios varíen dependiendo del tiempo restante hasta el final del proyecto.

Por el contrario, para el caso de los tCERs, el vencimiento es al final del período siguiente al período de compromiso en el que fueron emitidos. Teniendo en cuenta esto, la duración de estos créditos es siempre la misma por lo que, *ceteris paribus*, el precio no debería cambiar dependiendo del momento en que se emiten.

Al momento de presentar el DDP, se deberá decidir entre usar tCERs y ICERs. Es lógico suponer que la suma descontada de los precios de cada uno de estos instrumentos debe ser la misma pero sin embargo esta puede variar debido a la incertidumbre de este nuevo mercado. Cabe recordar que el PK aún no ha sido ratificado por lo que existe un

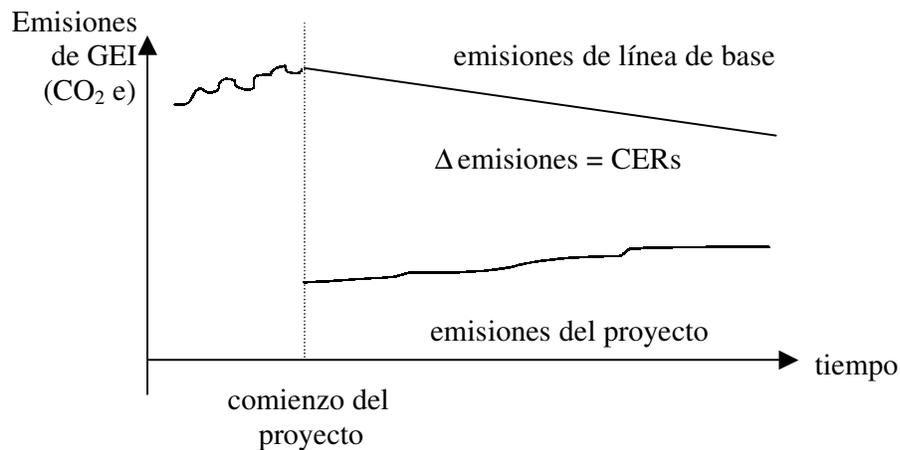
¹² ver sección 5.4

alto grado de inseguridad en cuanto a quienes serán los demandantes y cuál será el volumen de créditos transados en el mercado.

3.5 Adicionalidad y línea de base

La adicionalidad de emisiones es tratada en el numeral 5 del artículo 12 del Protocolo de Kyoto: ‘La reducción de emisiones resultante de cada actividad de proyecto deberá ser certificada por las entidades operacionales que designe la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo sobre la base de [...] reducciones de las emisiones que sean adicionales a las que se producirían en ausencia de la actividad del proyecto certificada’.

Cuadro 4: Emisiones en diferentes escenarios



La *línea de base* es fundamental para cualquier proyecto de MDL. El nivel de emisiones netas en el escenario sin proyecto será un factor de suma importancia para determinar el número de emisiones que efectivamente ahorra el proyecto. Será necesario demostrar para cada caso que el proyecto en cuestión no formaba parte de la línea de base. En el caso concreto de la forestación, si se instala un proyecto en un momento y en una zona con alto índice de actividad será difícil demostrar que el proyecto no se hubiera llevado a cabo, aún en ausencia del MDL (Martino y Reali, 2004).

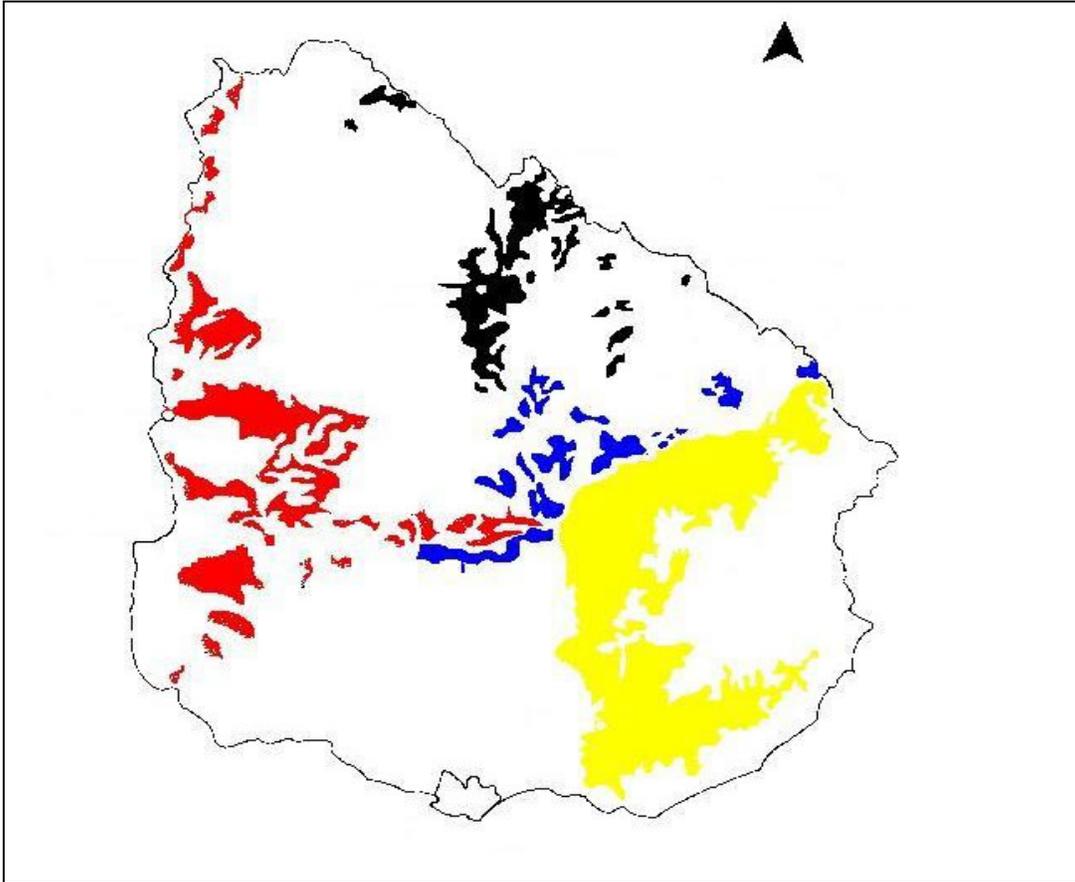
La definición de la línea de base supone múltiples complicaciones y por esto la Junta Ejecutiva del MDL ha determinado ciertas reglas metodológicas a seguir. Durante la COP 9 se decidió que la línea de base será definida por los participantes del proyecto de acuerdo con las provisiones establecidas para el uso de metodologías nuevas o previamente aprobadas. Se establecerá una línea de base que sea específica para cada proyecto y se hará de manera transparente y conservadora con relación a la elección de enfoques, supuestos, metodologías, parámetros, fuentes de datos y adicionalidad.

3.5.1 Adicionalidad y línea de base para Uruguay

Tal cómo se explicitará más adelante, el nivel de plantaciones en el Uruguay ha tenido una marcada tendencia decreciente en el último quinquenio. Este hecho podría explicarse por diversos factores, dentro de los cuales consideramos de fundamental importancia la sistemática disminución de los subsidios forestales. A partir del primero de enero de 2007 los mismos quedarían sin efecto, por lo cuál es esperable que para el primer período de compromiso (2008-2012) y siguiendo la tendencia que ha presentado nuestro país, sería factible que el nivel de plantaciones forestales sea muy bajo. Es por esta razón que no existirían dificultades para demostrar la adicionalidad en ninguno de los departamentos del país. Sin embargo, debido a la probable instalación de nuevos proyectos de gran escala (Botnia y M´Bopigua), el escenario de base podrá verse transformado y por consiguiente se tornará más complejo probar la adicionalidad.

Si se tiene en cuenta esto último, existen zonas en donde la adicionalidad sería más fácilmente demostrable. Para identificar estos departamentos se toman en cuenta dos indicadores: las áreas de prioridad forestal por departamento y las hectáreas efectivamente plantadas. Estas áreas se caracterizan por poseer bajo potencial para la agricultura pero alta calidad para la forestación, determinando que la interferencia entre ambas sea la mínima posible (es decir, se intenta que el uso de estos suelos para la forestación no compita con las producciones agropecuarias tradicionales del país). En el gráfico 3 se aprecian las áreas de prioridad forestal.

Gráfico 3: Áreas de Prioridad Forestal



Fuente: Dirección Forestal

Se construye un ratio de área forestada sobre superficie de prioridad forestal para cada departamento. En base al mismo elegimos aquellos en donde el área forestada ocupa menos del 7% de la designada como de prioridad forestal.

Como se puede ver en el cuadro 5, de los seis departamentos seleccionados, Cerro Largo y Treinta y Tres sobresalen por poseer un área de prioridad forestal relativamente mayor a la de los otros cuatro. Cerro Largo posee el 16% del total del área de prioridad forestal del país y Treinta y Tres posee casi el 10%. Por el contrario, tanto Artigas como Colonia, Flores y Salto, poseen menos del 2% de la misma.

Cuadro 5: Área forestada y áreas de prioridad forestal por departamento

DEPARTAMENTOS	P. FORESTAL	AREA FORESTADA	RATIO AF/PF
ARTIGAS	21.352	193	0,90%
CANELONES	20.889	4.332	20,74%
CERRO LARGO	457.159	24.819	5,43%
COLONIA	30.097	1.907	6,34%
DURAZNO	333.347	37.049	11,11%
FLORES	37.476	571	1,52%
FLORIDA	125.320	27.285	21,77%
LAVALLEJA	64.019	64.020	100,00%
MALDONADO	152.166	17.033	11,19%
MONTEVIDEO	433	139	32,10%
PAYSANDU	354.076	88.506	25,00%
RIO NEGRO	269.992	88.990	32,96%
RIVERA	269.759	112.269	41,62%
ROCHA	147.165	19.405	13,19%
SALTO	40.336	571	1,42%
SAN JOSE	24.262	3.081	12,70%
SORIANO	131.732	25.025	19,00%
TACUAREMBO	94.049	94.095	100,05%
TREINTA Y TRES	283.376	6.332	2,23%
TOTAL	2.857.005	615.622	21,55%

Fuente: Dirección Forestal, MGAP

Tanto Cerro Largo como Treinta y Tres han tenido incentivos similares al de los demás departamentos para promover la forestación y sin embargo esta industria no se ha desarrollado.

Diversos factores son los que explican este escaso desarrollo, entre los cuales los más importantes han sido la falta de vías de transporte apropiadas para la producción forestal, la consecuente dificultad de acceso a los principales centros de comercialización y puertos, así como las bajas tasas de crecimiento que presentan las especies en estas zonas debido a la calidad de los suelos.

Un aspecto importante a considerar es el hecho de que para esta actividad no se toman en cuenta las emisiones “evitadas”. El desarrollo forestal uruguayo desplaza a la producción ganadera, actividad que se caracteriza por incrementar las emisiones de metano y óxido nítrico. Concretamente, esta actividad generó en el año 1998 el 90% de

las emisiones nacionales de estos gases (Barrenechea, 2003). A pesar de que el PK no toma en cuenta la reducción de emisiones al pasar de la actividad ganadera a la forestación, sería interesante tenerlas en cuenta a la hora de determinar su impacto en el desarrollo sostenible.

Existen distintos tipos de líneas de base y podríamos clasificarlas en tres grupos: por país, por sector o por proyecto. Para los proyectos forestales de secuestro de CO₂, lo más acertado parecería ser especificar una línea de base para cada proyecto. Es claro que la selección de la línea de base debe tomar en cuenta los costos de transacción en los que se incurrirá. Estos costos suponen hoy en día un importante tema de discusión por ser sumamente altos (Michaelowa y Fages, 1999).

3.6 Costos de transacción de los proyectos del MDL

No existe una única definición de costos de transacción. Price Waterhouse Coopers los define como los costos que enfrentan los emprendedores durante el ciclo del proyecto del MDL. Enriqueciendo esta definición, Michelowa y Stronzik (2002) hacen especial hincapié en los costos de búsqueda y negociación provenientes de proyectos bilaterales o multilaterales.

En el contexto de este estudio, los costos de transacción en proyectos del MDL serán definidos como la suma de los costos asociados a la comercialización de carbono durante el ciclo del proyecto y hasta el último período de acreditación.

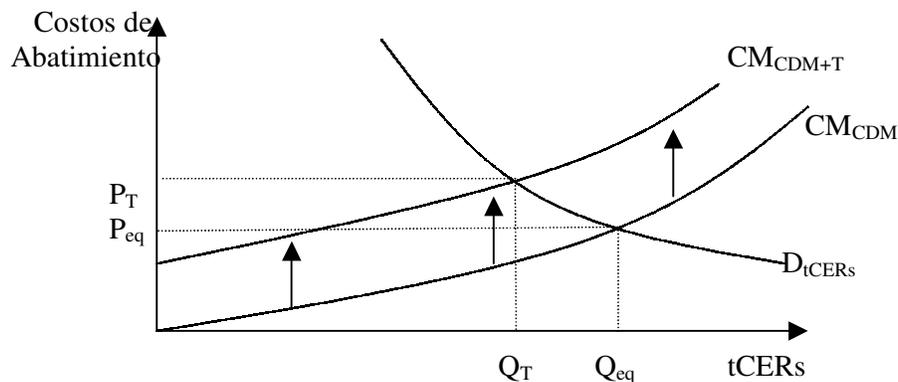
Si bien no se conocen aún los valores exactos de los costos (ya que casi no hay todavía proyectos MDL que hallan sido llevados a la práctica), existen estimaciones que nos permiten tener una idea aproximada de lo que será su verdadero valor.

El impacto de los costos de transacción en el MDL se ilustra en el gráfico 4. Los costos de transacción suponen un aumento de los costos de abatimiento, lo que conlleva a una disminución en el nivel de créditos efectivamente transados. Se debe notar que por

razones de simplicidad, el gráfico asume que solo la parte oferente de créditos asumirá costos de transacción.

La demanda por tCERs está representada por la curva D_{tCERs} . En ausencia de costos de transacción, los tCERs se generarían en una cantidad de Q_{eq} por un precio de P_{eq} . Con costos de transacción, el costo marginal agregado de abatimiento está representado por la curva de costos más alta (CM_{CDM+T}) y los CERs solo se generarán en un volumen de Q_T y a un precio de P_T .

Gráfico 4: El impacto de los costos de transacción en el MDL



Fuente: Michaelowa y Fages, 1999.

Queda claro entonces que los costos de transacción disminuyen el volumen transado en un mercado. Sin embargo, estos efectos deberían verse mermados en un mercado con un número relativamente grande de agentes. Un mayor número de empresas significa un incremento en las cantidades transadas y por lo tanto un mayor volumen de información y conocimiento (Stavins, 1995). A Partir de esto, es esperable que los costos de transacción sean mayores en los primeros años y se reduzcan con la acumulación de experiencia.

En nuestro estudio sobre la factibilidad de la venta de tCERs como valor agregado para los proyectos de forestación, es interesante tener en cuenta la discusión en torno a los costos de transacción en los diferentes mecanismos de Kyoto. Algunos autores (Michaelowa & Stronzik, 2002) argumentan que los costos de MDL e Implementación Conjunta serán mayores a los de Comercio Internacional de Emisiones, basándose en

que éste último no requiere verificación de cada generación de créditos, como sí pasa en los dos primeros.

3.7 Los precios de los CERs

En lo que refiere a los precios, existe todavía mucha incertidumbre en el mercado. Estos varían dependiendo del segmento del mercado en que nos encontremos y de la estructura de la transacción. Por ejemplo, en el caso de las transacciones con miras al cumplimiento del PK, el peligro de que la reducción de emisiones pueda finalmente no llegar a ser registrada bajo el MDL o el JI conlleva una importante prima. En caso de que se prolongue por demasiado tiempo la incertidumbre sobre la entrada en vigencia o no del PK, esto influiría sobremanera en los precios y podría incluso llevar a la cancelación de algunos proyectos.

Una gran dificultad con el mercado de carbono surge por el hecho de que, es el hecho de que no existe un registro público de transacciones, así como tampoco un índice de precios que sea internacionalmente reconocido y que esté a disposición del público. De hecho, la mayor parte de las transacciones hasta ahora han sido *spot*. Elementos claves como ser precios y características contractuales a menudo permanecen en carácter de confidenciales (PCF, 2003).

Son dos los tipos de activos comerciados en el mercado de carbono: *emission allowances* y *project-based emission reductions*, siendo estos últimos los que a nosotros nos interesa. Estos constituyen en términos de volumen la mayor parte de las transacciones (mientras que las primeras llegaron sólo al 4% en los tres primeros trimestres de 2003) (PCF, 2003). Dentro de esta última categoría encontramos a su vez que hay 2 tipos de activos transados:

- Créditos comprados a efectos de cumplir con el PK, ya sea para ser registrados como JI o MDL
- Créditos para proyectos no destinados a cumplir con el PK

3.8 Instrumentos Financieros

Los denominados “activos derivados” abarcan a los futuros, las opciones y los forwards. El valor de los mismos depende del precio de otros activos subyacentes. Para el caso de la actividad agropecuaria los activos subyacentes son los commodities (maíz, soja, trigo, etc).

Un contrato forward se utiliza para comprar o vender un determinado activo con fecha y precios establecidos al momento del contrato. Este contrato surge de la libre negociación entre dos partes. En la actividad agropecuaria este instrumento es utilizado para fijar el precio de venta de los productores con los exportadores o procesadores de mercaderías. A diferencia del contrato forward, el contrato futuro es un contrato estandarizado que se negocia en mercados organizados. En otras palabras los contratos forwards son negociados entre compradores y vendedores mientras las bolsas establecen los términos de los contratos futuros.

En el mercado de créditos de carbono la utilización de este tipo de instrumento financiero podría servir para cubrirse de los riesgos asociados a la incertidumbre de los precios futuros. En este sentido, los vendedores de créditos de carbono podrían asegurarse un precio mínimo a partir del cual su proyecto pueda ser rentable y afrontar los costos asociados a su inserción en el mercado del carbono. Por otro lado los posibles demandantes se asegurarán un precio máximo al establecer este tipo de contrato, evitando así los posibles aumentos de los precios.

Ambos tipos de contratos generan la obligación entre las partes del cumplimiento del mismo. Una de las ventajas que presentan los futuros es que uno puede cerrar posición. En este sentido si el comprador decide no seguir manteniendo la posición que tenía, puede cerrarla mediante la venta de un contrato idéntico. En el caso del mercado de carbono si un comprador adquiere un contrato que involucra créditos a un determinado nivel de precios y al transcurrir el tiempo existen señales de que el precio de los créditos puede disminuir, cierra la posición vendiendo un contrato al mismo nivel de precios que el contrato que previamente adquirió.

Existen dos tipos de opciones: CALL, otorga al tenedor el derecho pero no la obligación de comprar una cantidad determinada de un activo subyacente, a un determinado precio y en una fecha estipulada. Las opciones PUT otorgan al tenedor el derecho pero no la obligación de vender una cantidad determinada de un activo subyacente, a un determinado precio y en una fecha estipulada. Los tenedores de un CALL aseguran un precio máximo de compra, por el contrario los tenedores de un PUT aseguran el precio mínimo de venta del activo subyacente.

A diferencia con los futuros estos contratos no obligan al tenedor a comprar o vender el activo subyacente, pero la contrapartida radica en que mientras en los futuros no existen costos de entradas, en las opciones existe una prima.

A pesar de que estos instrumentos están previstos para el mercado de carbono, la realidad uruguaya indica que su utilización está poco desarrollada en el mercado de commodities. Por tanto, no es esperable que en el mediano plazo se recurra a los mismos para reducir la incertidumbre en cuanto a los precios. En base a esto, y debido a la falta de datos, limitaremos nuestro estudio a mercados spot.

Capítulo 4

La Forestación en el Uruguay

4.1 Características generales del Uruguay

Uruguay cuenta con rasgos geográficos y climáticos específicos que lo convierten en un país con excelentes condiciones naturales para las actividades relacionadas con el sector agropecuario. Esto lo ha vinculado desde sus orígenes a una tradición esencialmente ganadera, que posteriormente ha sido enriquecida con la implementación de cultivos. Pero no es sino hasta mediados de la década de los setenta en que, en el marco de una nueva legislación, surge la idea de la Forestación como complemento ideal para nuestro destino natural de productores de ganado.

Las condiciones naturales de nuestro país se desarrollan en un relieve homogéneo con un territorio suavemente ondulado y alturas máximas que superan escasamente los 500 metros por encima del nivel del mar. Es considerado como una pradera arbolada, y a pesar de lo pequeño del territorio, cuenta con una gran variedad en materia de calidad de tierras. Uruguay posee además un extenso litoral costero, geología abundante en recursos no metálicos y una red de aguas superficiales (ríos y arroyos) densa y ramificada, todo lo cual posibilita la existencia de varios escenarios entre los que se destaca la pradera y su complemento de árboles.

En relación con el clima, este es templado y húmedo, y relativamente uniforme a lo largo de todo su territorio. Las variaciones estacionales están bien definidas: en verano la media máxima es de 28 grados en el Sur y 33 grados en el norte mientras que en invierno, la mínima es de 6 grados cerca de la capital y 7 grados al norte. Las lluvias se distribuyen de manera pareja a lo largo del año, salvo situaciones excepcionales. Se estima que en promedio, Montevideo recibe 950 milímetros por año y el norte 1235.

La superficie territorial del país es de 176.220 km², de los cuales 173.620 km² son tierra. Pero sólo el 6,3% del 86,6% que es utilizable en actividades agrícolas, ganaderas

y forestales se encuentra forestada (Porcile Maderni, 2001). Por otra parte, Uruguay cuenta con un monte nativo con una fisonomía si bien pobre en términos de densidad, altura y diversidad, muy útil a los efectos de proporcionar abrigo y sombra al ganado.

Cuadro 6: Uso del suelo (miles de has.)

Ganadería	15000
Agricultura	1000
Bosques Naturales	700
Bosques plantados	650

Fuente: Dirección Forestal, Div. Planeamiento, 2001

4.2 Políticas de incentivos forestales

Las políticas forestales y la legislación con fuertes incentivos económicos (beneficios tributarios y de financiación a la producción) jugaron un papel clave en la actividad forestal desde la década de los ochenta. El marco regulador vigente se sustenta en la ley 15.939 del 28 de Diciembre de 1987, por medio de la cual se declara de interés nacional la defensa, el mejoramiento, la ampliación, la creación de los recursos forestales, el desarrollo de las industrias forestales y en general, de la economía forestal.

Por otra parte, a partir de 1990 comienzan a expedirse la gran mayoría de las normas que regulan actualmente a nuestro país en materia de forestación y también los principales organismos competentes en el tema.

Con la ley forestal N° 15.939 se explicitaron los mecanismos a seguir para el fomento de la forestación. Dichos mecanismos consistieron en:

1) Beneficios Tributarios. Se aplicaron a los bosques protectores (conservadores del suelo, y otros recursos naturales), a los bosques con rendimientos en las zonas de prioridad forestal y los terrenos ocupados o afectados a los mismos. Dichos beneficios consistieron en:

- la exención del tributo nacional al inmueble rural y la contribución inmobiliaria rural

- el descuento del valor que se computa para calcular el ingreso (al que se le gravará el impuesto de la renta ficta de explotaciones del agro –IMAGRA- y el impuesto al patrimonio)
- el descuento del valor que se computa para calcular el ingreso que grava el impuesto a la renta agropecuaria (IRA)

2) Fomento a las empresas forestales. Se otorgaron las exoneraciones a cualquier gravamen a la importación o erogación que se aplicara para la misma de las materias primas, equipos, maquinaria, vehículos utilitarios e implementos que se requieran para la instalación y funcionamiento de las empresas

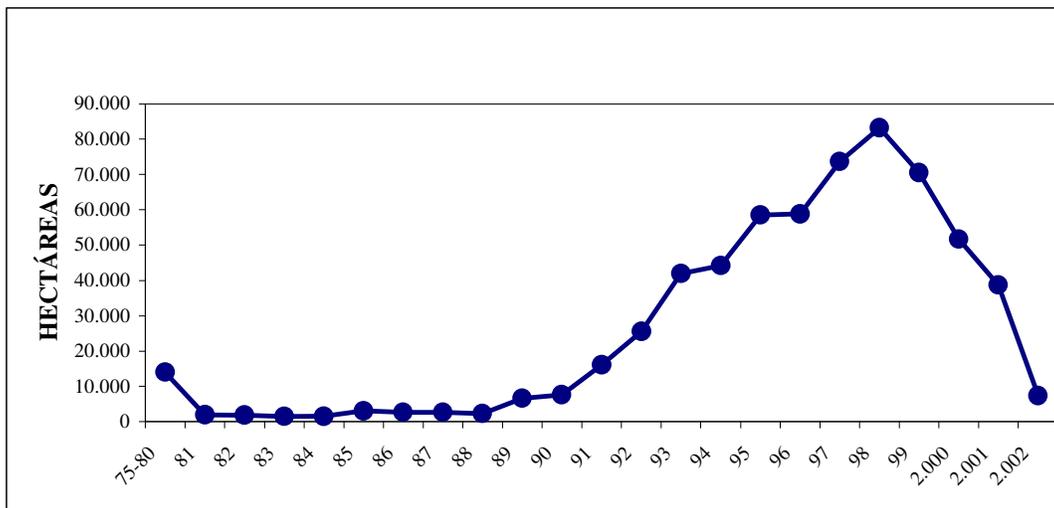
En el año 1988 mediante la ejecución del decreto N° 931/988, se determina que aparte de los beneficios otorgados por la ley 15.939, se atiende a la prestación de un subsidio por única vez para cada superficie plantada de un 20% del costo ficto de la forestación, en el caso de que los propietarios sean contribuyentes del IRA o del IRIC, y para aquellos que no sean contribuyentes será del 50% del costo ficto de la forestación. Al día de hoy, estos porcentajes han sido uniformizados en un 50 %.

El pago de los subsidios se efectuará tomando en cuenta el costo ficto de la forestación correspondiente al ejercicio que se realizó la plantación reajustado la variación del índice de precios del consumo desde el periodo de la plantación hasta el mes anterior de emitida la orden de pago. Por otro lado, se debe constatar que transcurrido el año de plantación de los árboles, el prendimiento debe ser mayor al 75% de la densidad del proyecto. Se consideran costos fictos del proyecto: alambrados, preparación de suelos, control de plagas, plantas, plantación, reposición de pérdidas, y gastos varios (administración, papelería, honorarios, etc) que se calcularán en un diez por ciento del costo estimado. A partir del año 2004 este subsidio será rebajado en un 25% anual, caducando el 1° de enero de 2007.

4.3 Evolución de la forestación

Fossati (2001) señala que el primer impacto del nuevo marco legal y normativo vinculado a la forestación se dio en la superficie dedicada a la implantación de bosques bajo el régimen promocional. Como se observa en el gráfico 5, durante el período 1995-1999, la forestación en Uruguay mostró un crecimiento exponencial, alcanzándose un pico máximo de plantación en el año 1998 con 83.000 has. forestadas.

Gráfico 5: Evolución de la superficie forestada anual en el Uruguay



Fuente: Dirección Forestal

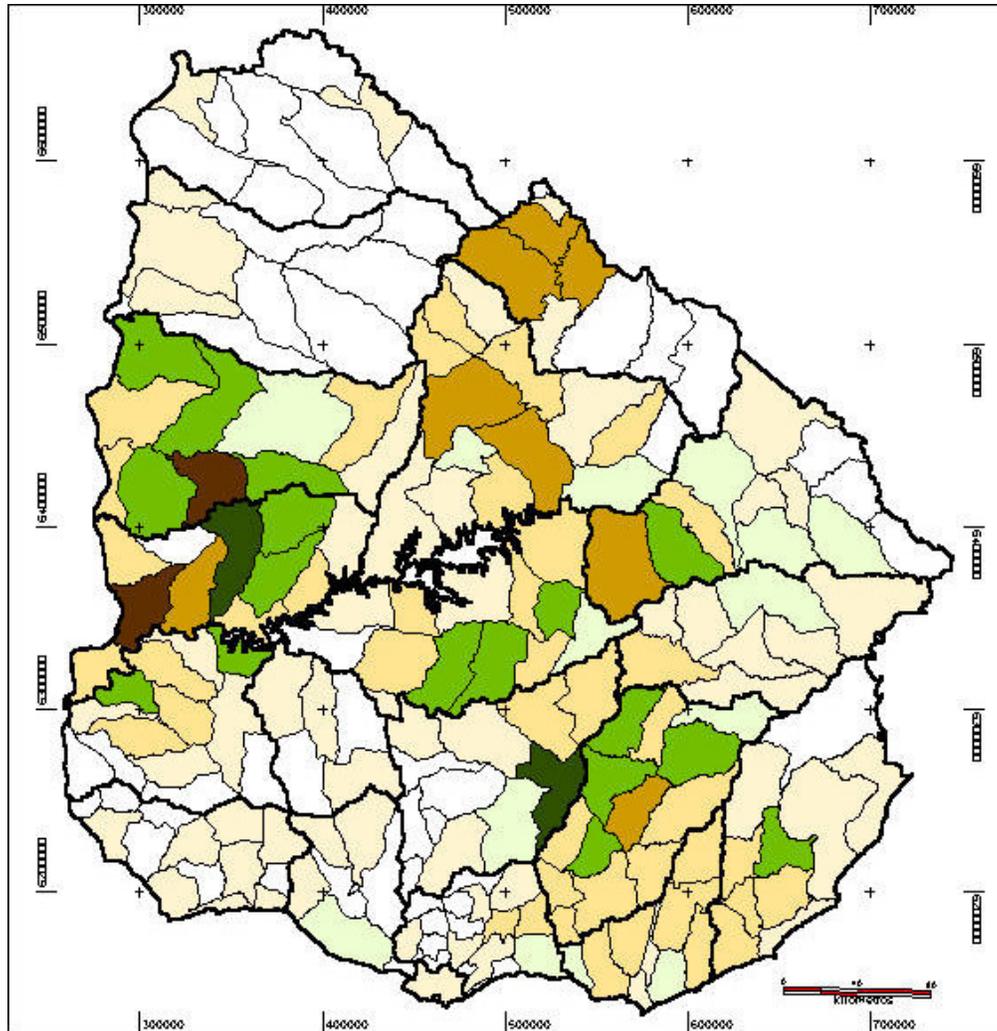
La superficie total forestada en los 10 años posteriores a la entrada en vigor de la ley de promoción asciende a 451 mil has, lo que equivale al 42% de la superficie boscosa del país y al 94% del bosque implantado a lo largo de toda la historia de la silvicultura uruguaya (Fossati, 2001).

Las plantaciones se han concentrado en unos pocos géneros y especies, que son los que poseen tasas de crecimiento más elevadas. Entre estas especies, las más importantes son *Eucalyptus* y *Pinus*. A nivel nacional, predominan ampliamente los *Eucalyptus*, que cubren el 79% del total de las plantaciones industriales (aunque en los últimos años esta tendencia ha caído un poco en relación con la plantación de Pinos). Dentro de este género, se destaca el *E. grandis* con cerca del 53% del total y en menor medida el *E. globulus* (37%). Por su parte, el *Pinus* representa alrededor del 19% del total plantado

con fines industriales, prevaleciendo como especies el *P. elliotti* (45% del total) y el *P. taeda* (39%). En el gráfico 6 se detalla la distribución de las plantaciones según especie por sección censal.

Gráfico 6: Distribución de las plantaciones por especie

a) Eucalyptus



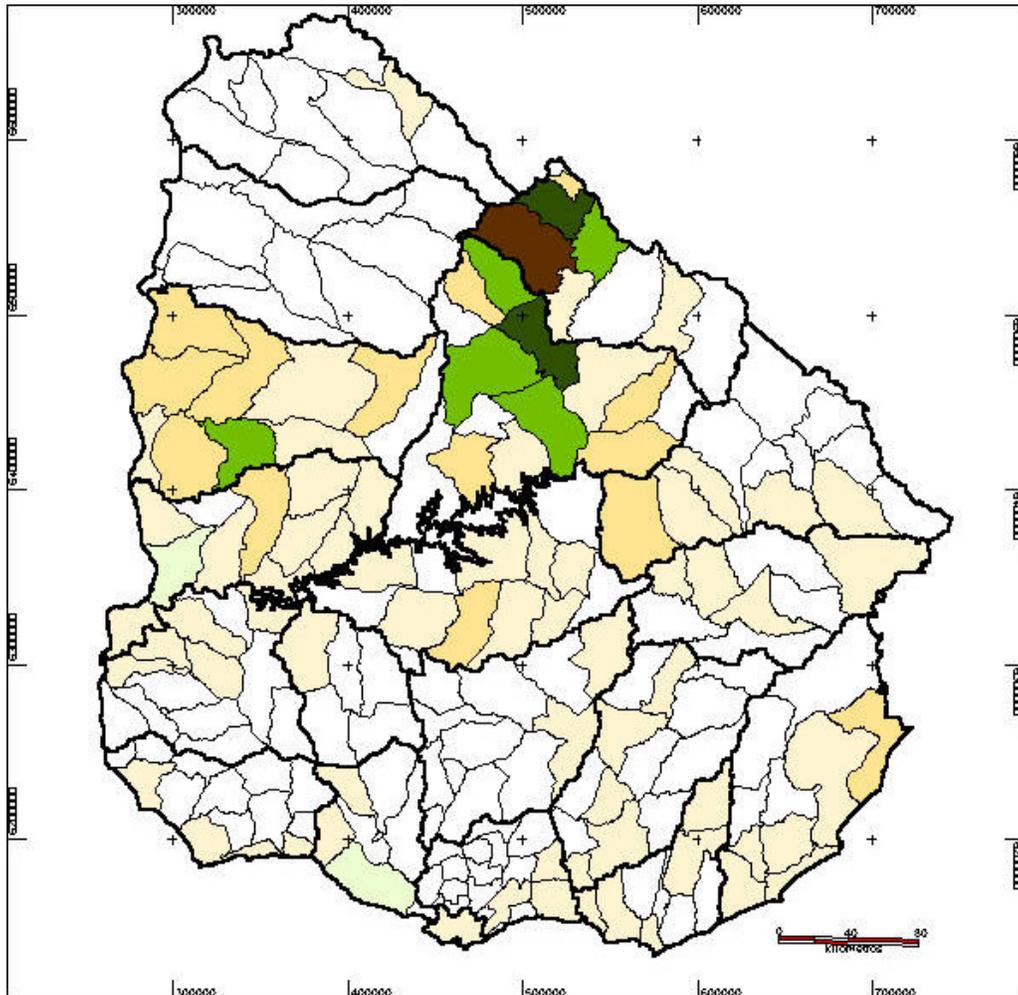
REFERENCIAS

Superficie en ha

■	23.300 a 30.000
■	15.300 a 20.000
■	11.300 a 15.000
■	5.300 a 10.000
■	1.300 a 5.000
■	500 a 1.000
■	1 a 500
■	0

Fuente: Dirección Forestal

b) *Pinus*



REFERENCIAS

Superficie en ha

	30.000 a 40.000
	5.000 a 20.000
	5.000 a 10.000
	1.000 a 5.000
	500 a 1.000
	1 a 500
	0

Fuente: Dirección Forestal

La industria forestal uruguaya es incipiente: se compone de seis aserraderos de escala industrial media y de 3 plantas de producción de papel, cartón y celulosa para pulpa que poseen una capacidad promedio de 75 ton/día y también existen algunos proyectos para el establecimiento de nuevas instalaciones. Además, Uruguay cuenta con múltiples

carpinterías y pequeñas fábricas que atienden el mercado local y comienzan a desarrollar ciertas actividades de exportación.

En relación con el Comercio Exterior, se podría decir que previo a la ley forestal las exportaciones del sector eran casi inexistentes, con excepción del rubro papel, que en promedio exportaba 10ton/año en los 80 (equivalía al 17% de la producción papelera de esos años). Pero a partir de 1990, la exportación de madera para pulpa tuvo un crecimiento significativo, superando los 34 millones de dólares en 1997. También se generó una fuerte corriente exportadora en el rubro madera aserrada, superior al 35% acumulativo anual (en volumen físico), y en las exportaciones de papel y cartón, que llegaron a superar los 32 millones de dólares en 1997, lo que equivale al 40% del total producido. Ver Cuadro 7.

Cuadro 7: Exportaciones forestales (en miles de dólares)

PRODUCTO	1990	1997	2002
Madera para pulpa	3460	34755	42982
Madera aserrada	210	7868	8759
Leña, carbón, aserrín, briquetas, etc	0	0	137
Pulpa de madera	1004	44	0
Desperdicios de papel y madera	0	272	1491
Papel y cartón	8483	32529	32784
Total	13157	75468	86153

Fuente: Dirección Forestal

En su conjunto, las exportaciones forestales le reportaron a Uruguay casi 75 millones de dólares en 1997.

En síntesis, se podría decir que tras un crecimiento explosivo del sector forestal impulsado en el marco de la Ley Forestal y de los incentivos al sector que continuaron hasta la década del noventa, crecieron las exportaciones vinculadas a los recursos forestales y de esta forma crecieron también los ingresos por este rubro. Se vio por primera vez a la forestación como una alternativa rentable y como una importante fuente de crecimiento socio-económico, no sólo como fuente generadora de ingresos sino también de empleos vinculados a la silvicultura en el ámbito rural y a la industrialización de la madera con múltiples fines. La forestación favoreció en definitiva

la afluencia de una importante masa de capitales hacia un sector no tradicional pero basado sin embargo en la explotación de los recursos naturales.

4.4 Impactos Sociales y Ambientales de los proyectos forestales

Los proyectos forestales bajo MDL pueden beneficiar a las comunidades donde los bienes y servicios forestales sean escasos o carentes de inversión y tecnologías, a través de la generación de oportunidades laborales. En particular para el caso Uruguayo, se ha constatado que a diferencia de la actividad ganadera en donde se registran 0,5-0,6 trabajadores por cada 100 has., las explotaciones forestales requieren 1,4 trabajadores por cada 100 has. Sin embargo este nivel se encuentra por debajo de los cereales, la lechería y las producciones intensivas.¹³ Una investigación realizada por Equipos Consultores, revela que la mitad de los trabajadores en este sector son de carácter permanente y el resto zafral.

La mano de obra empleada en este sector dependerá del tipo de plantación efectuada. En este sentido, las plantaciones de especies con destino de aserrío requieren mayor utilización de mano de obra (debido a la realización de podas y raleos) a diferencia de las plantaciones con destino de pulpa que requieren bajo mantenimiento.

Por otra parte, los impactos de la forestación en gran escala en la biodiversidad pueden ser muy importantes, y no siempre implican efectos positivos sobre el ambiente. Esto puede ser así por los siguientes motivos:

- modificaciones físicas y químicas en la acidez de los suelos
- impactos del transporte carretero
- alteraciones en los paisajes nativos
- impactos en los recursos hídricos

¹³ Ver www.oas.org

Capítulo 5

Evaluación del Proyecto de Carbono

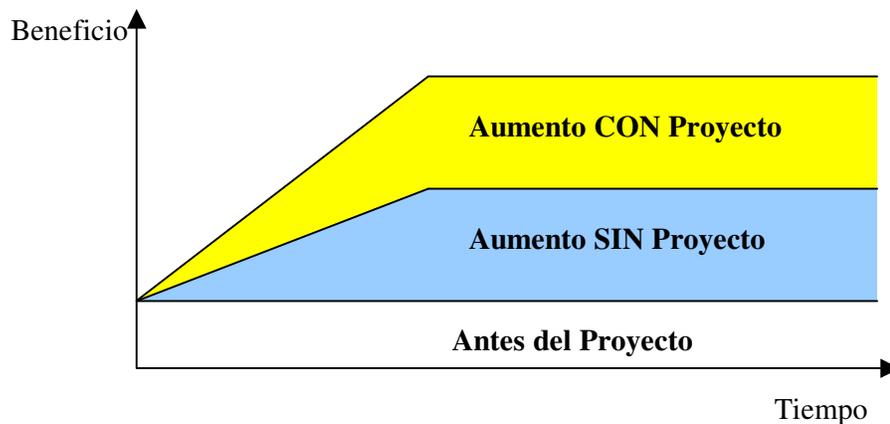
5.1 Metodología del Trabajo

En este capítulo explicitaremos los pasos a seguir para el desarrollo de nuestro estudio, en el que se especifican las variables a utilizar y los supuestos más importantes.

El objetivo de nuestra investigación es conocer el área mínima en hectáreas a partir de la cual serían viables los proyectos forestales con comercialización de carbono bajo el MDL. Se trabajan con flujos de fondos donde empleamos el número de hectáreas como una incógnita.

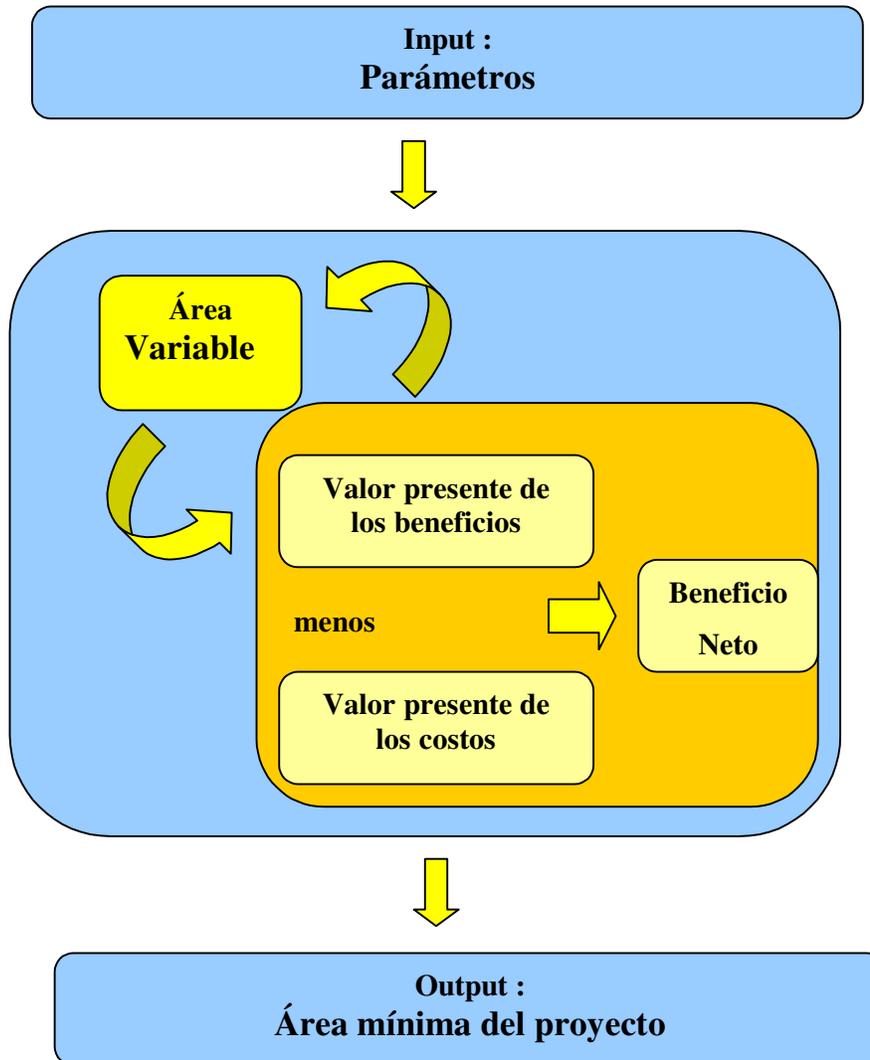
La situación *sin proyecto* será aquella donde se lleva a cabo un proyecto de forestación sin venta de créditos de carbono. La situación *con proyecto* supone la venta del carbono secuestrado por el proyecto de forestación. Este estudio se basa en el beneficio incremental que se puede lograr mediante la comercialización de carbono (ver cuadro 8)

Cuadro 8: Situación Con Proyecto vs. Sin Proyecto



Considerando la situación con proyecto vs. la situación sin proyecto, el número mínimo de hectáreas corresponde al momento en el que el VAN incremental comienza a ser positivo. A continuación representamos en el cuadro 9 un resumen de la forma en que evaluaremos el proyecto.

Cuadro 9: Resumen de Evaluación de un proyecto



Nuestra investigación se basará en un análisis de sensibilidad. Los diferentes escenarios dependerán de las siguientes variables: la especie de árbol, los precios de los tCERs, la tasa de descuento del proyecto. En lo que refiere al enfoque del proyecto usamos el enfoque del inversionista.

En cuanto a las especies de árboles, seleccionamos las que mejor se adaptan al suelo y clima de nuestro país, además de estar amparadas por la ley forestal: *Pinus Taeda*, *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus globulus*. En base a la tasa de crecimiento de estas especies y su consecuente secuestro de carbono es que realizaremos las proyecciones de las potenciales ventas de tCERs.

Elegimos la duración del proyecto en función de la especie de árbol con la que trabajamos. Para los casos del *Pinus Taeda* y *Eucalyptus grandis*, la duración promedio del proyecto es de 20 años, con raleos en los años 4, 8, 12 y 16.¹⁴ Estas dos especies se desempeñan mejor en los departamentos del norte del país, y su principal destino es el aserrío. Por esta razón utilizamos un modelo de crecimiento del stock de carbono para el departamento de Rivera (Isabel Loza Balbuena). En relación con los *Eucalyptus globulus*, la duración del proyecto tipo es de 10 años. El mayor crecimiento de los árboles se da en el sur del país y el destino de la madera son las plantas procesadoras de pulpa. El cálculo del stock de carbono es en relación con esta región.

En lo que refiere al secuestro de carbono, su cálculo se realiza en función a las hectáreas ocupadas por cada especie. A su vez es importante señalar que siguiendo la metodología recomendada por la Dirección Forestal, consideramos que el 25 % del área del proyecto son las zonas afectadas a la forestación (caminería y zonas buffer), y por tanto, al momento de determinar el tamaño mínimo del proyecto tomaremos en cuenta que ese porcentaje estará ocupado por áreas que no secuestran carbono.

Cabe señalar que este estudio se basa en un proyecto exclusivamente forestal por lo que no habrá emisiones de metano provenientes de la ganadería.

En lo que se refiere a los precios de las CERs, no existe consenso entre los diferentes actores. Es por esto que basándonos en las proyecciones estimadas por el Prototype Carbon Fund del Banco Mundial, hemos decidido tomar tres valores diferentes teniendo en cuenta varios escenarios. El primer escenario sería el caso en que Rusia ratifique el protocolo de Kyoto y por lo tanto el protocolo entra en vigor. Para este caso, el precio estimado de los CERs sería de US\$ 12 debido a la gran demanda. El segundo caso es

¹⁴ Se entiende por poda los cortes periódicos de ramas y follaje, y por raleo la eliminación de algunos árboles.

aquel en el que Rusia no ratifique pero la Unión Europea acepta incluir los créditos forestales como mecanismo de flexibilización. Ahora el precio estimado sería de US\$ 6 porque solo existiría un compromiso voluntario de reducción de emisiones por parte de la UE, Japón y Canadá. El tercer caso es aquel en que Rusia no ratifica y la Unión Europea tampoco acepta los créditos forestales. En este escenario, la demanda provendría solamente de Japón y Canadá por lo que el precio estimado sería de US\$ 3.¹⁵

En el caso de proyectos forestales, como consecuencia de la no permanencia, se trabaja con créditos temporales de carbono (ya sean tCERs o ICERs). Esto implica que en vez de generarse créditos por las emisiones evitadas, se generan créditos por los gases capturados. La diferencia fundamental entre unos y otros es que los primeros son de carácter infinito y los segundos vencen después de cierto período.

Sin una visión clara de cómo será el mercado en el mediano plazo, puede existir un cierto comportamiento especulativo por parte de los distintos actores sobre la elección de transar créditos de corto o largo plazo. Desde el punto de vista del comprador, los tCERs suponen una opción de bajo costo para cumplir con las metas de reducción de emisiones del primer período de compromiso. Sin embargo, es probable que en el largo plazo las tCERs sean más costosas que otras opciones ya que deben ser suplantadas por nuevos créditos pocos años más adelante (Martino, Reali, 2004). El mayor costo asociado a las tCERs se debe a la existencia de una prima que los agentes están dispuestos a pagar en el corto plazo, por la incertidumbre sobre el PK en el largo plazo. Pero tomando la incertidumbre ya comentada, podríamos suponer que los países del Anexo B del PK prefieran comprar tCERs en el primer período de compromiso.

Por las razones antes explicitadas el presente trabajo supone que los productores optan por tCERs. A su vez supone también que el precio de estos créditos serán los mismos en los distintos períodos.

Tomando en cuenta su vida limitada, el valor de los créditos temporales debería tener un descuento con respecto al valor de los CERs. En definitiva, la sumatoria de los precios descontados de las tCERs es igual al precio de las CERs:

¹⁵ Contacto personal con Sra. Odil Tunali Payton , Banco Mundial

$$CER = \sum_{t=0}^n \frac{tCER}{(1+i)^t} \quad \text{con } n \text{ tendiendo a infinito}$$

Para determinar el valor las tCERs tomamos en cuenta el costo de oportunidad del demandante de créditos ante la disyuntiva de elegir entre un CER costoso o un tCER más accesible pero con vencimiento. Suponemos una tasa de descuento del 10% anual.

Cuadro 10: Valor de las CERs y tCERs

Valor CER	Valor tCER
USD 3	USD 1,2
USD 6	USD 2,3
USD 12	USD 4,7

En cuanto a la tasa de descuento para los proyectos de carbono, hemos elegido dos valores que se usan frecuentemente para la evaluación de proyectos: 8% y 12% anual. Una tasa de referencia que se puede tomar en cuenta es la de los créditos forestales del BROU, que oscila entre un 9,25 % y 12 % anual (aunque en la actualidad no se están abriendo líneas de créditos para este tipo de proyecto) lo cual apoya nuestro supuesto en cuanto a los dos valores elegidos para la tasa de descuento. Cabe señalar que esta es una variable importante, en tanto determina el ritmo al que se extraerá el recurso explotado, en nuestro caso, los árboles.

En base a la combinación de estas variables elaboramos dieciocho flujos de fondos a partir de los cuales derivaremos nuestras conclusiones.

5.2 Ingresos asociados al proyecto

Los ingresos se generan mediante la venta de certificados de carbono. Este trabajo supone que los tCERs se generan justo antes de comenzar cada período de compromiso con lo que la duración de los certificados es de cinco años. A su vez el precio de los tCERs se mantendrá invariado durante la duración del proyecto. Asumiendo que los únicos ingresos provienen de la venta de certificados, los mismos serán quinquenales.

Un certificado de carbono equivale a una tonelada de carbono secuestrado por lo que los ingresos son proporcionales al crecimiento de la biomasa de los árboles. En el siguiente cuadro se aprecia cuanto carbono secuestra cada una de las especies.

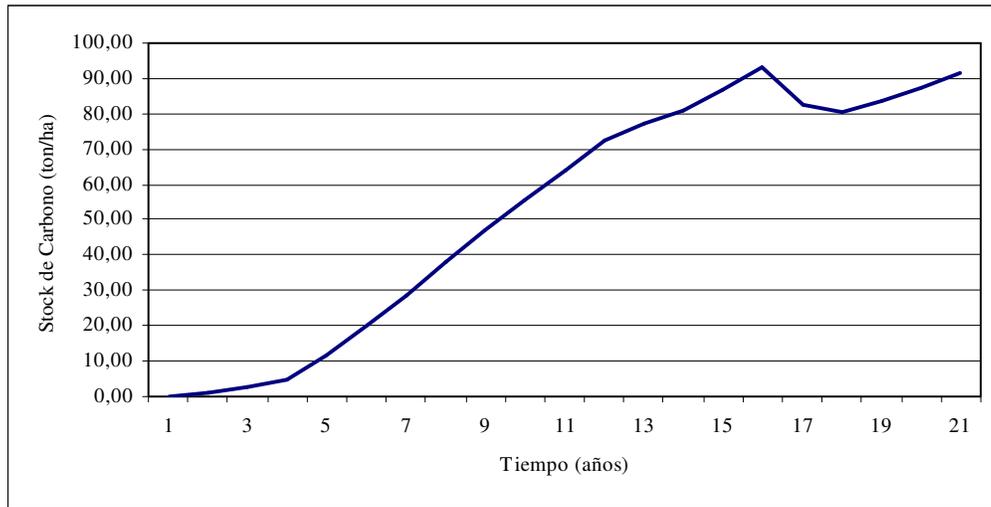
Cuadro 11: Stock de carbono acumulado por especie (ton. C / ha.)

Año	<i>E. Grandis</i>	<i>Pinus taeda</i>	<i>E. globulus</i>
0	0,0	0,00	0,0
1	5,2	1,28	2,5
2	18,8	2,65	8,9
3	39,7	4,80	22,2
4	68,6	11,78	29,6
5	84,8	20,15	56,4
6	107,0	28,72	71,8
7	128,5	37,83	85,7
8	164,9	47,22	98,2
9	160,2	55,74	109,4
10	175,9	63,98	119,6
11	191,3	72,47	
12	217,8	77,51	
13	192,7	81,09	
14	204,7	86,91	
15	216,9	93,15	
16	244,5	82,53	
17	187,5	80,65	
18	196,1	83,67	
19	205,1	87,24	
20	214,4	91,40	

Fuente: contacto personal Phd. Isabel Loza Balbuena

A continuación representamos gráficamente la evolución del stock de carbono por hectárea a lo largo de la vida del proyecto para el caso de los *Pinus taeda*. El descenso en el stock de carbono que se observa en algunos años se debe a los raleos periódicos.

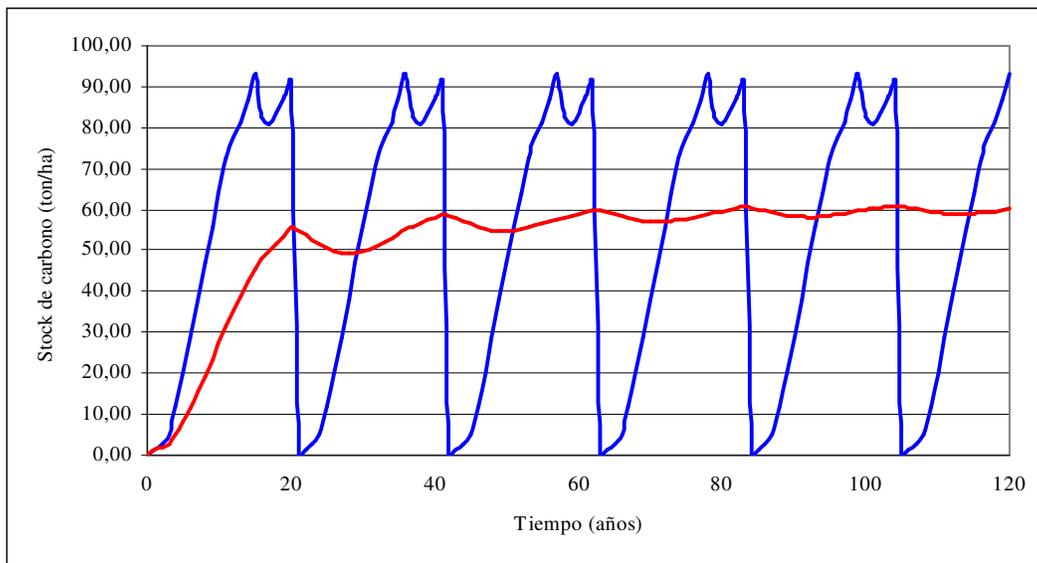
Cuadro 12: Stock de Carbono en Pinus taeda



Fuente: contacto personal Phd_c Isabel Loza Balbuena

Es interesante tener en cuenta que algunos estudios consideran una plantación continua de árboles y por lo tanto utilizan para calcular el stock de carbono el promedio de largo plazo. En el Cuadro 13 se describe el caso de varios proyectos con *Pinus taeda* consecutivos y la correspondiente curva de carbono promedio de largo plazo.

Cuadro 13: Stock de carbono en proyectos consecutivos y promedio de carbono de largo plazo



Fuente: contacto personal Phd_c Isabel Loza Balbuena

5.3 Costos asociados al proyecto

La investigación consiste en estudiar el tamaño mínimo en hectáreas para el cual es viable un proyecto de venta de tCERs. La línea de base que tomaremos será un proyecto de forestación sin venta de créditos de carbono, mientras que la situación con proyecto consiste en agregar la comercialización de los mismos.

Para comenzar a tratar los diferentes componentes de los costos los subdividiremos en costos de Transacción de Mercado, costos de Pre-implementación (CPI) y costos de Implementación (CI). A su vez cada grupo se subdividirá tal como lo muestra el cuadro 14.

Cuadro 14: Componentes de los costos de transacción en proyectos del MDL

Costos de transacción de mercado	Costos de transacción en el ciclo de proyectos del MDL	
	Costos de Pre-implementación	Costos de Implementación
Costos de Búsqueda	Costos de DDP	Costos de Monitoreo
Costos de negociación	Costos de Aprobación	Costos de Verif. y Certif.
	Costos de Validación	Cuota de Adaptación
	Costos de Registración	Costo de Administración

Costos de Transacción del mercado

Desde la perspectiva de un ofertante, la búsqueda de un comprador o inversionista empezará cuando surja la idea del proyecto de MDL. La búsqueda concluirá una vez el comprador potencial haya expresado su interés en comprar CERs o el inversor haya expresado su interés en invertir en el proyecto.

Los costos de búsqueda podrán subdividirse en:

- 1) costos de búsqueda del comprador
- 2) costos de preparación de la documentación
- 3) costos propios de la negociación de la carta de intención, con el inversor o comprador.

En lo que concierne a este estudio, los costos de negociación serán aquellos que surgen cuando los oferentes del proyecto y los potenciales inversores negocian los detalles del acuerdo en base a la carta de intención.

Los costos de negociación se verán bajo la forma de tiempo invertido en llegar a un acuerdo, costos de comunicación y viajes, y muy probablemente los honorarios de especialistas en asuntos legales y financieros (Dudek & Wiener, 1996). Es de esperar que los costos de negociación dependan del desarrollo del mercado, por lo que en un principio estos costos van a ser mayores pero tenderán a bajar con la acumulación de experiencia (Krey, 2004).

Para nuestro estudio, el costo de negociación supone la contratación de un broker (ej. Natsource o MGM) que brinda un servicio a cambio de una comisión. El valor usual de esta comisión en el mercado es 7% del monto comercializado. Entonces, el costo es variable y se genera al momento de cada transacción.

Costos de Pre-implementación

Los costos de pre-implementación son la suma de los costos desde el comienzo del ciclo del MDL hasta que el proyecto es registrado. Se puede hacer una subdivisión entre costos del DDP, costos de aprobación, costos de validación y costos de registración.

Los *costos del DDP* comprenden aquellos en los que se incurre para completar el Documento del Proyecto. Dentro de estos tenemos el costo de definición de línea de base, los costos de desarrollar un plan de monitoreo, los costos de la documentación de impacto ambiental del proyecto, los costos de consultar a diferentes agentes relacionados con el proyecto y finalmente otros costos como los de calcular las emisiones de GEI del proyecto.

Los *costos de aprobación* son los que el emprendedor del proyecto enfrenta para conseguir la aprobación del país huésped. La forma que tomarán estos costos generalmente será la de reuniones, presentaciones y dependiendo del país, un pago para aprobar el proyecto.

Los *costos de validación* se definen como aquella suma que se le paga al agente validador para corroborar si el proyecto cumple con los requerimientos de validación.

Por último, los *costos de registración* son los que el emprendedor debe pagar a la Junta Ejecutiva para registrar el proyecto. La Junta Ejecutiva fija la cuota de registración en base a la reducción de emisiones anticipada en el DDP.

Cómo inversión del año cero consideraremos los costos correspondientes a la transacción del mercado y los de pre implementación del proyecto. Para las estimaciones de todos los costos nos basamos en la información recopilada por el PCF del Banco Mundial y para las que corresponden específicamente a Uruguay consultamos a Carbosur.¹⁶

Cómo se observa en el cuadro 10, los costos de transacción de mercado y de pre implementación no dependen de las dimensiones del proyecto sino que son mayoritariamente fijos.

Costos de Implementación

Los costos de implementación son la suma de los costos desde la implementación del proyecto hasta el último periodo del proyecto. Estos se pueden dividir en costos de monitoreo, verificación y certificación, cuota de adaptación y costos de administración.

Los *costos de monitoreo* son aquellos que surgen de la implementación de un plan de monitoreo, las actividades periódicas de monitoreo y la formulación periódica del reporte de monitoreo. Los costos de monitoreo pueden subdividirse en costos iniciales y costos periódicos. Para Uruguay se estima que los costos de monitoreo serán de USD 50 por hectárea por quinquenio.

Los *costos de verificación y certificación* se definen como los que el promotor del proyecto debe pagar al agente verificador. Los costos de verificación y certificación se

¹⁶ Consultora uruguaya para el mercado de carbono

toman como uno solo ya que generalmente se pagará un único monto que abarcará ambos costos. Al igual que lo que ocurre con los costos de monitoreo, estos costos dependerán de cuan a menudo se lleven a cabo dichas operaciones.

La *cuota de adaptación* consiste en el 2% del total de los CERs que será transferido a un fondo de adaptación. El monto de esta cuota dependerá de la cantidad de emisiones ahorradas y del precio de los CERs.

Aun no se ha tomado una decisión sobre los *costos de administración* pero estos consistirán en un porcentaje de los CERs que será retenido para cubrir los gastos administrativos de la Junta Ejecutiva. Mientras la COP no se decide en este tema, en su lugar se cobrará la cuota de registración.

Cuadro 15: Costos de un proyecto MDL

<u>Costos de Transacción del mercado</u>	Estimación	Relación con el proyecto
Búsqueda Negociación	USD 15.000 7 %	FIJO SOBRE VENTAS
<u>Pre implementación de Proyecto</u>		
Determinación de la línea de base	USD 50.000	FIJO
Aprobación	USD 10.000	FIJO
Validación	USD 20.000	FIJO
Registración	USD 30.000	FIJO
<u>Total pre implementación</u>	<u>USD 110.000</u>	
<u>Implementación de Proyecto</u>		
Monitoreo	USD 50	POR HECTÁREA
Verificación y Certificación	USD 10.000	POR PERÍODO
Administración	NA	REGRESIVO
<u>Costos de adaptación</u>	2.00 %	SOBRE VENTAS

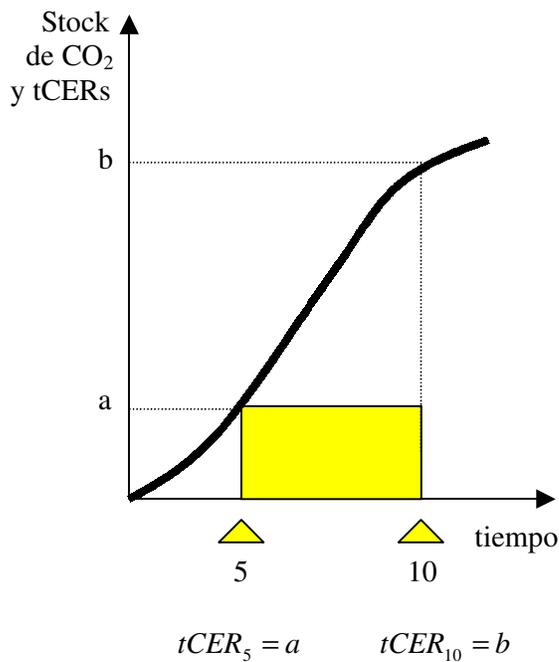
FUENTE PCF-WORLD BANK

5.4 Forma de cálculo de los tCERs

La forma de funcionamiento de los tCERs requiere que la verificación de los mismos se lleve a cabo cada 5 años. Es decir, que se incurre en costos de monitoreo, verificación y certificación cada vez que se generan nuevos créditos.

La forma de calcular la cantidad de tCERs generada en cada período se explica en el siguiente gráfico.

Gráfico 7: Forma de cálculo de los tCERs

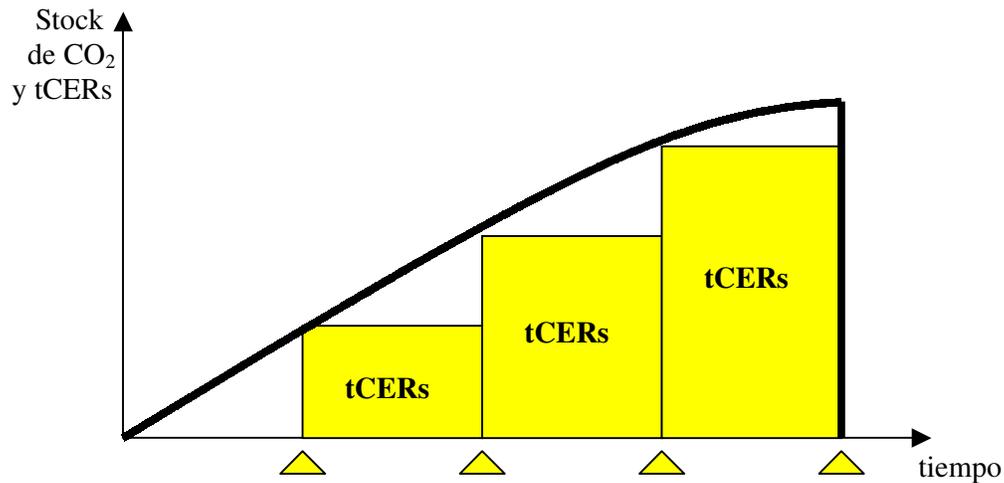


La cantidad de créditos a comercializarse son los efectivamente generados desde el principio del proyecto, o sea los créditos que venda en el momento t serán iguales a la cantidad de créditos generados desde el momento 0 a t . En el ejemplo de la gráfica en el año 5 se emiten “ a ” créditos que vencen en el año 10.

Para ejemplificar el procedimiento, tomamos un proyecto de 20 años con *Eucalyptus grandis*. La primer verificación y certificación ocurre en el año 5, por lo que se generan costos asociados a estas actividades e ingresos por la venta de los créditos. En el año 10 se generan nuevos costos y se emiten nuevos créditos. A su vez, cabe recordar que en

este momento se vencen los tCERs comercializados en el período anterior, siendo responsabilidad del comprador sustituirlos por nuevos créditos. Lo mismo se repite en el año 15. En el año 20 el proyecto llega a su fin con lo que vencen los últimos créditos.

Grafico 8: Acumulación de carbono durante la vida útil del proyecto



5.5 Análisis de sensibilidad

En esta sección examinaremos los diferentes escenarios posibles, teniendo en cuenta las distintas combinaciones de las variables: precios, especie de árbol y tasa de descuento del proyecto. Nuestro objetivo es encontrar el número de hectáreas mínimas que hacen al VAN igual a cero en cada caso.

Es importante considerar que los costos de preparación y presentación del proyecto se originan en el año 0. Todos estos son independientes del volumen del proyecto. A su vez, cabe mencionar que no existirán ingresos hasta el año 5 y que tanto costos como ingresos se registraran de manera quinquenal. Dependiendo de la especie de árbol el proyecto tendrá distintas duraciones. En el caso del cuadro siguiente se plantea el ejemplo de un proyecto con *Eucalyptus grandis*.

Cuadro 16: Flujo de Fondos escenario 1

		ESPECIE <i>Eucalyptus grandis</i>			
		PRECIO tCERs \$4,70			
		TASA DESC anual 8%			
CONCEPTOS					
	AÑO 0	AÑO 5	AÑO 10	AÑO 15	
INVERSIÓN					
Búsqueda	(\$15.000,00)				
Negociación		(\$5.252,02)	(\$10.894,23)		(\$13.433,54)
Determinación línea de base	(\$50.000,00)				
Aprobación	(\$10.000,00)				
Validación	(\$20.000,00)				
Registración	(\$30.000,00)				
COSTOS					
Monitoreo		(\$12.550,00)	(\$12.550,00)		(\$12.550,00)
Verificación		(\$10.000,00)	(\$10.000,00)		(\$10.000,00)
Registración		(\$3.001,16)	(\$6.225,28)		(\$7.676,31)
Adaptación		(\$2.000,77)	(\$4.150,18)		(\$5.117,54)
INGRESOS					
		\$75.028,92	\$155.631,92		\$191.907,70
Flujo de Fondos	-\$125.000,00	\$42.224,97	\$111.812,23		\$143.130,31

VAN =	\$ 526,63
--------------	------------------

NUMERO DE HECTAREAS
251

Este proyecto tiene una duración de 20 años pero sin embargo durante el último quinquenio no se perciben ingresos ni se realizan erogaciones. En el año 20 se tala el área forestada y entonces se considera por convención que todo el carbono secuestrado hasta el momento vuelve a la atmósfera. Para que los créditos no pierdan su vigencia, es condición necesaria que el carbono permanezca almacenado en el bosque. Por esta razón no se emiten créditos en el año de la cosecha.

En el flujo de fondos ejemplificado anteriormente se observa que la extensión mínima a partir del cual se obtienen beneficios al incluir un proyecto de carbono al proyecto forestal es de 251 has; una hectárea menos supondría un VAN negativo.

De forma similar al caso anterior, en el cuadro 17 se plantea el caso de un proyecto con

Pinus taeda, y se ilustra el escenario más optimista, es decir, aquel donde el precio de la ton. de carbono es mayor y que posee además una mayor tasa de descuento. También se trata en este caso de un proyecto a 20 años.

Cuadro 17: Flujo de Fondos escenario 2

ESPECIE		<i>Pinus taeda</i>			
PRECIO tCERs		\$ 4,70			
TASA DESC anual		8,00%			
<u>CONCEPTOS</u>					
	AÑO 0	AÑO 5	AÑO 10	AÑO 15	
INVERSIÓN					
Búsqueda	(\$ 15.000,00)				
Negociación		(\$ 4.688,61)	(\$ 14.887,20)	(\$ 21.674,63)	
Determinación línea de base	(\$ 50.000,00)				
Aprobación	(\$ 10.000,00)				
Validación	(\$ 20.000,00)				
Registración	(\$ 30.000,00)				
COSTOS					
Monitoreo		(\$ 47.150,00)	(\$ 47.150,00)	(\$ 47.150,00)	
Verificación		(\$ 10.000,00)	(\$ 10.000,00)	(\$ 10.000,00)	
Registración		(\$ 2.679,20)	(\$ 8.506,97)	(\$ 12.385,50)	
Adaptación		(\$ 1.786,14)	(\$ 5.671,32)	(\$ 8.257,00)	
INGRESOS					
		\$ 66.980,11	\$ 212.674,32	\$ 309.637,59	
Flujo de Fondos	-\$ 125.000,00	\$ 676,16	\$ 126.458,83	\$ 210.170,45	

VAN = \$ 145,02

NUMERO DE HECTAREAS
943

En este caso, vemos que el número de hectáreas requerido para que el proyecto sea viable es mayor que en el caso e los *E. Grandis*. Esto tiene sentido ya que la captura anual de carbono de los *Eucalyptus grandis* es mucho mayor que la de los Pinos.

Por último, el cuadro 18 muestra el caso de un proyecto de *E. Globulus*. Aquí, a diferencia de los casos anteriores, el proyecto dura solamente 10 años, por lo que sólo se podrán vender créditos de carbono una vez.

Cuadro 18: Flujo de Fondos escenario 3

		ESPECIE	<i>Eucalyptus globulus</i>
		PRECIO tCERs	\$ 4,70
		TASA DESC anual	8,00%
CONCEPTOS			
	AÑO 0	AÑO 5	
INVERSIÓN			
Búsqueda	(\$ 15.000,00)		
Negociación		(\$ 22.169,30)	
Determinación línea de base	(\$ 50.000,00)		
Aprobación	(\$ 10.000,00)		
Validación	(\$ 20.000,00)		
Registración	(\$ 30.000,00)		
COSTOS			
Monitoreo		(\$ 79.650,00)	
Verificación		(\$ 10.000,00)	
Registración		(\$ 12.668,17)	
Adaptación		(\$ 8.445,45)	
INGRESOS		\$ 316.704,33	
Flujo de Fondos	-\$ 125.000,00	\$ 183.771,40	

VAN = \$ 14,56

NUMERO DE HECTAREAS
1593

Se observa que para este escenario, el número de has. requeridas para que el VAN se haga cero es aún mayor que en los otros casos.

De la misma forma, si planteamos todos los casos posibles con los diferentes escenarios, obtenemos dieciocho flujos de fondo, y así vemos cuál es el número mínimo de hectáreas en cada caso.¹⁷ A continuación resumimos los resultados obtenidos.

¹⁷ El resto de los flujos de flujos de fondos están disponibles bajo pedido.

Cuadro 19: Tamaño mínimo de los proyectos (en has.)

Tasa desc.	Precio	<i>Pinus taeda</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>
8%	1,2 USD	Siempre Neg.	1582	Siempre Neg.
8%	2,3 USD	3956	592	5700
8%	4,7 USD	943	251	1593
12%	1,2 USD	Siempre Neg.	2311	Siempre Neg.
12%	2,3 USD	6950	839	6766
12%	4,7USD	1415	351	1891

Según los resultados obtenidos, se puede ver que la elección de la especie de árbol tiene una incidencia significativa en el número de hectáreas mínimo del proyecto. La explicación para esto es que la cantidad de carbono acumulada en la madera depende del crecimiento de la biomasa de los árboles. Como los *Eucalyptus grandis* tienen un crecimiento comparativamente mayor a las otras dos especies, también generan una mayor cantidad de créditos de carbono y por consiguiente mayores ingresos.

De acuerdo a los valores encontrados, los proyectos con *Eucalyptus grandis* podrían ser llevados a cabo por pequeños y medianos inversionistas en los casos de precios de tCERs más optimistas. Si por el contrario el precio de la tCER fuera de 1,2 dólares; es decir sin la ratificación de Kyoto y en el caso de que la UE no acepte los créditos forestales, los proyectos quedarían reservados a inversionistas de mayor escala. Es interesante considerar que para el precio más bajo de tCERs en proyectos con *Pinus taeda* y *Eucalyptus globulus*, no existe una extensión lo suficientemente grande como para justificar la implementación de proyectos con carbono, esto se debe a que los costos variables siempre son mayores a los ingresos variables.

Para plantaciones de *Pinus taeda* y *Eucalyptus globulus* la extensión mínima de los proyectos es considerable, incluso cuando se suponen precios de tCERs de 2,3 y 4,7 dólares.

Dados los supuestos utilizados en esta investigación, concluimos que la especie *Eucalyptus grandis* es la más adecuada para implementar un proyecto de carbono. Por esta razón, para el estudio del impacto de la comercialización de créditos de carbono en la Tasa Interna de Retorno (TIR) forestal que se desarrollará en el capítulo 6, nos concentraremos en un proyecto con *Eucalyptus grandis*.

Capítulo 6

Evaluación del impacto de la comercialización de carbono dentro de un proyecto forestal

6.1 Introducción

El objetivo del presente capítulo es encontrar el impacto que un proyecto de carbono puede tener en los beneficios de un proyecto forestal. Con este fin, se construye un proyecto de forestación tradicional y se compara su TIR con la de un proyecto de forestación y carbono.

En lo que refiere al enfoque del proyecto, veremos al mismo desde el punto de vista del inversionista. Se trabaja con un proyecto de *Eucalyptus grandis* de 20 años de duración y la madera tendrá como fin el aserrío. Tanto la duración del proyecto como el destino de la madera son los usuales para este tipo de árbol en nuestro país.

Se supone que el inversor decide vender los créditos de carbono bajo la forma de tCERs. En cuanto a los precios del carbono, se toman los mismos del capítulo anterior, con lo que tenemos tres precios para las tCERs: USD 1,2, USD 2,3 y USD 4,7.

En relación con la extensión del área forestada, haremos un análisis de sensibilidad para lograr comprender como afecta el número de hectáreas forestadas a los beneficios del proyecto. A su vez tomaremos dentro de la extensión del mismo, las áreas correspondientes a zonas de afectación (buffer y caminería). De acuerdo a los resultados de la primera parte de este estudio, se comienza por considerar una extensión de 500 has. A partir de ese mínimo, se incrementa de a 500 has. el área del proyecto hasta llegar a uno de 10.000 has.

Para simplificar el cálculo de los costos, suponemos que todas las actividades asociadas al proyecto –tales como plantación, raleos, cosecha, laboreo, transporte, etc.- se

tercerizan. El lugar de las plantaciones será el departamento de Rivera dado que es el ecosistema más favorable para el desarrollo de los *Eucalyptus grandis*.

Sería esperable que al implementarse el MDL exista un aumento de la oferta de madera a nivel mundial. Sin embargo, se supone que al menos en los primeros períodos de compromiso, este aumento sería solo de carácter marginal por lo que no tendrá incidencia en la evolución del precio internacional de la madera.

Para los datos utilizados en el presente capítulo, nos basamos en la información proporcionada personalmente por la empresa Carbosur.

6.2 Evaluación de un proyecto forestal con *Eucalyptus grandis*

En esta sección se describen los costos e ingresos asociados al proyecto forestal sin considerar la comercialización de créditos de carbono.

6.2.1 Costos asociados al proyecto forestal

El proyecto se desarrollará en el departamento de Rivera, en suelos de prioridad forestal, siendo el costo del terreno de 700 dólares por ha. Se supone que al final de la vida útil del proyecto, el valor residual del terreno será igual al valor de compra.¹⁸

La inversión para la plantación, se estima en US\$ 400 por ha. Esto equivale a plantar aproximadamente 1000 árboles por hectárea. Se incluye la mano de obra y todas las erogaciones necesarias para poner en funcionamiento el proyecto.

Los costos asociados a este proyecto son los de mantenimiento, raleo, cosecha y transporte. En relación a los costos de mantenimiento, los mismos ascienden a 20 dólares por ha. por año, lo que incluye el seguro contra incendio. En lo que respecta a los raleos, el costo es de 9 dólares por m³. Se realizan 4 raleos a lo largo del proyecto,

¹⁸ Metodología utilizada por la Dirección Forestal para la evaluación de proyectos forestales

siendo los mismos en los años 4, 8, 12 y 16. En cada raleo se obtienen ramas y troncos (trozas) de distintos tamaños, que se detallan en el cuadro 20.

Cuadro 20: Tamaño de las trozas

	Diámetro (cm)	Largo (cm)
Troza 1	36	275
Troza 2	28	275
Troza 3	20	275
Troza 4	12	340

Fuente: contacto personal Phd. Isabel Loza Balbuena

De los cuatro raleos, sólo el primero es “a pérdida” (el tamaño de las trozas no justifica su comercialización) mientras que los tres últimos son comerciales. En el cuadro 21 se detalla la cantidad de m³ por ha. obtenidos en cada raleo, diferenciándose según los distintos tipos de troza.

La cosecha de los árboles se lleva a cabo en el año 20, y la misma implica un costo de 8 USD por m³.

Cuadro 21: Cantidad de madera extraída por raleo

	1er Raleo (m ³ / ha)	2do Raleo (m ³ / ha)	3er Raleo (m ³ / ha)	4to Raleo (m ³ / ha)	Cosecha (m ³ / ha)
Troza 1					161,4
Troza 2					198,9
Troza 3				47,9	79,9
Troza 4	2,9	33	63,2	60,9	37,2
Desecho	4,6	6,1	5	4,9	4,4
Total	7,5	39,1	68,2	113,7	481,8

Fuente: contacto personal Phd. Isabel Loza Balbuena

En cuanto al transporte, los costos son de US\$ 3 por m³ sólido de madera, suponiéndose que el aserradero de destino se encuentra en un radio de 50 kms.¹⁹

Cabe señalar que estos proyectos se enmarcan dentro de la ley forestal N° 15.939, razón por la cual están exonerados de cualquier tipo de aporte impositivo.

¹⁹ Fuente: Carbosur

6.2.2 Ingresos asociados al proyecto forestal

Los proyectos forestales de *E. grandis* suponen dos fuentes de ingresos. La primera son los ingresos por la venta de la madera obtenida en la cosecha, que se calculan tomando en cuenta el tipo de troza de que se trata (ver cuadro 20). Los precios internacionales de cada troza se pueden ver en el cuadro 22.

Cuadro 22: Precios por troza

	USD / m ³
Troza 1	54
Troza 2	21
Troza 3	7
Troza 4	5

Fuente: Contacto personal CARBOSUR.

Existen además ingresos adicionales por la venta de raleos comercializables, que como dijimos, ocurren en los años 8, 12 y 16. Dichas ventas se realizan a un precio que dependerá también del tipo de troza de que se trate tal como lo mostraba el cuadro 20.

Debemos tener en cuenta que tanto los costos e ingresos son variables. Esto encuentra una justificación en el hecho de que como consecuencia de la concentración de los proyectos forestales por regiones en nuestro país, la escala del proyecto no juega un papel importante en la ecuación de costos beneficios. En otras palabras la Tasa Interna de Retorno depende de la región en donde se ubique el proyecto y no en la extensión del mismo.

En función de los valores anteriores se construye la primera parte del cuadro 23. Como se aprecia en el mismo, la TIR es de 7,05 % anual.

Cuadro 23: Flujo de Fondos de un proyecto forestal con venta de carbono

Especie:	<i>Eucalyptus grandis</i>
Precio tCER:	\$4,70
Numero has.:	1000

	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8
Inversión Forestación									
Terreno	\$700.000								
Plantación	\$400.000								
Costos Forestación									
Mantenimiento		\$20.000	\$20.000	\$20.000	\$20.000	\$20.000	\$20.000	\$20.000	\$20.000
Raleo					\$26.100				\$297.000
Cosecha									
Transporte									
Ingresos Forestación									
Venta poda					\$0				\$231.000
Venta madera									
FF forestación	-\$1.100.000	-\$20.000	-\$20.000	-\$20.000	-\$46.100	-\$20.000	-\$20.000	-\$20.000	-\$86.000
FF forestación desc.	-\$1.100.000	-\$18.683	-\$17.452	-\$16.303	-\$35.104	-\$14.226	-\$13.290	-\$12.414	-\$49.866
Inversión Carbono									
Busqueda	\$15.000								
Negociación						\$20.924			
Determ. Línea Base	\$50.000								
Aprobación	\$10.000								
Validación	\$20.000								
Registración	\$30.000								
Costos Carbono									
Monitoreo						\$50.000			
Verificación						\$10.000			
Registración						\$11.957			
Adaptación						\$7.971			
Ingresos Carbono									
						\$298.920			
FF Carbono	-\$125.000					\$198.068			
FF Carbono desc.	-\$125.000					\$61.436			
FF total	-\$1.225.000	-\$20.000	-\$20.000	-\$20.000	-\$46.100	\$178.068	-\$20.000	-\$20.000	-\$86.000
FF total desc	-\$1.225.000	-\$18.365	-\$16.865	-\$15.486	-\$32.779	\$116.264	-\$11.991	-\$11.011	-\$43.479

TIR forestación	7,05%
TIR Carbono	26,38%
TIR total	8,90%

El impacto de los sumideros de carbono en proyectos forestales

año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15	año 16	año 17	año 18	año 19	año 20
											\$700.000
\$20.000	\$20.000	\$20.000	\$20.000 \$568.800	\$20.000	\$20.000	\$20.000	\$20.000 \$979.200	\$20.000	\$20.000	\$20.000	\$20.000
											\$3.819.200 \$1.432.200
			\$442.400				\$761.600				\$10.409.800
-\$20.000	-\$20.000	-\$20.000	-\$146.400	-\$20.000	-\$20.000	-\$20.000	-\$237.600	-\$20.000	-\$20.000	-\$20.000	\$5.838.400
-\$10.833	-\$10.120	-\$9.453	-\$64.640	-\$8.249	-\$7.706	-\$7.198	-\$79.884	-\$6.281	-\$5.868	-\$5.481	\$1.494.722
	\$43.403					\$53.520					
	\$50.000					\$50.000					
	\$10.000					\$10.000					
	\$24.802					\$30.583					
	\$26.535					\$20.389					
	\$620.048					\$764.573					
	\$465.308					\$600.081					
	\$44.767					\$17.907					
-\$20.000	\$445.308	-\$20.000	-\$146.400	-\$20.000	-\$20.000	\$580.081	-\$237.600	-\$20.000	-\$20.000	-\$20.000	\$5.838.400
-\$9.285	\$189.837	-\$7.829	-\$52.627	-\$6.602	-\$6.062	\$161.462	-\$60.730	-\$4.694	-\$4.311	-\$3.958	\$1.061.051

6.3 Evaluación del proyecto forestal de *Eucalyptus grandis* con carbono

En la segunda parte del flujo de fondo se incorporan al proyecto forestal los costos e ingresos asociados a la comercialización de créditos de carbono. Esta parte del flujo de fondos será equivalente a la ya descrita en el capítulo 5. La diferencia es que en este caso se determina la TIR mientras que el tamaño del proyecto es exógeno.

Nuestro objetivo es comparar la TIR de un proyecto forestal tradicional con la de un proyecto que incluya la comercialización del carbono acumulado en los árboles. En el cuadro 18 se muestra el flujo de fondos donde se calculan las TIR asociadas al proyecto forestal, al proyecto de carbono y a las asociación de ambos.

En base a las diferentes extensiones del proyecto, y de los precios de las tCERs se plantean 60 flujos de fondos. Las TIRs correspondientes a cada caso son resumidos en el cuadro 24.²⁰

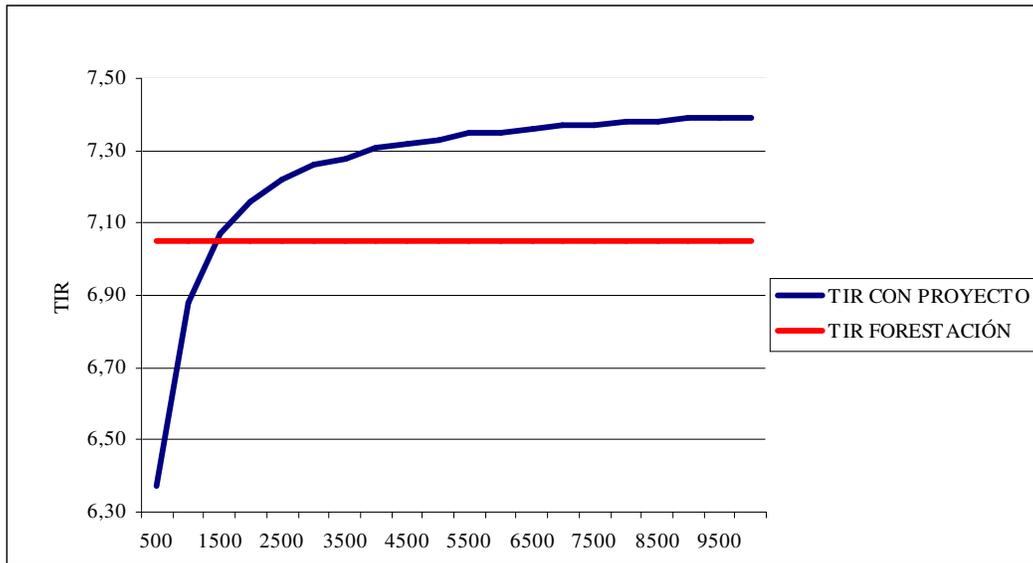
²⁰ El resto de los flujos de flujos de fondos están disponibles bajo pedido.

Cuadro 24: TIRs según precio y área forestada

AREA (has)	tCER \$1,20			tCER \$2,30			tCER \$4,70		
	TIR F.	TIR C.	TIR F+C	TIR F.	TIR C.	TIR F+C	TIR F.	TIR C.	TIR F+C
500	7,05	-	6,37	7,05	6,18	6,97	7,05	16,41	8,29
1000	7,05	3,43	6,88	7,05	14,06	7,52	7,05	26,38	8,90
1500	7,05	7,46	7,07	7,05	19,22	7,75	7,05	33,22	9,12
2000	7,05	10,43	7,16	7,05	23,20	7,81	7,05	38,62	9,24
2500	7,05	12,82	7,22	7,05	26,51	7,87	7,05	43,17	9,31
3000	7,05	14,83	7,26	7,05	29,37	7,91	7,05	47,14	9,35
3500	7,05	16,57	7,28	7,05	31,92	7,94	7,05	50,67	9,39
4000	7,05	18,13	7,31	7,05	34,22	7,96	7,05	53,88	9,41
4500	7,05	19,53	7,32	7,05	36,32	7,98	7,05	56,82	9,43
5000	7,05	20,81	7,33	7,05	38,28	8,00	7,05	59,55	9,45
5500	7,05	22,00	7,35	7,05	40,10	8,01	7,05	62,09	9,46
6000	7,05	23,10	7,35	7,05	41,80	8,02	7,05	64,47	9,47
6500	7,05	24,13	7,36	7,05	43,43	8,03	7,05	66,72	9,48
7000	7,05	25,10	7,37	7,05	44,97	8,03	7,05	68,85	9,49
7500	7,05	26,02	7,37	7,05	46,43	8,04	7,05	70,87	9,50
8000	7,05	26,90	7,38	7,05	47,83	8,04	7,05	72,80	9,50
8500	7,05	27,73	7,38	7,05	49,17	8,05	7,05	74,65	9,51
9000	7,05	28,52	7,39	7,05	50,45	8,05	7,05	76,42	9,51
9500	7,05	29,29	7,39	7,05	51,69	8,06	7,05	78,12	9,52
10000	7,05	30,02	7,39	7,05	52,89	8,06	7,05	79,75	9,52

Una primera observación que surge del análisis del flujo de fondos (ver cuadro 23) es que la TIR del proyecto forestal se mantiene constante en 7,05% cualquiera sea el tamaño del proyecto. Como ya lo explicamos, esto se debe a que tanto los costos como los ingresos considerados para evaluar el proyecto son variables con el número de hectáreas.

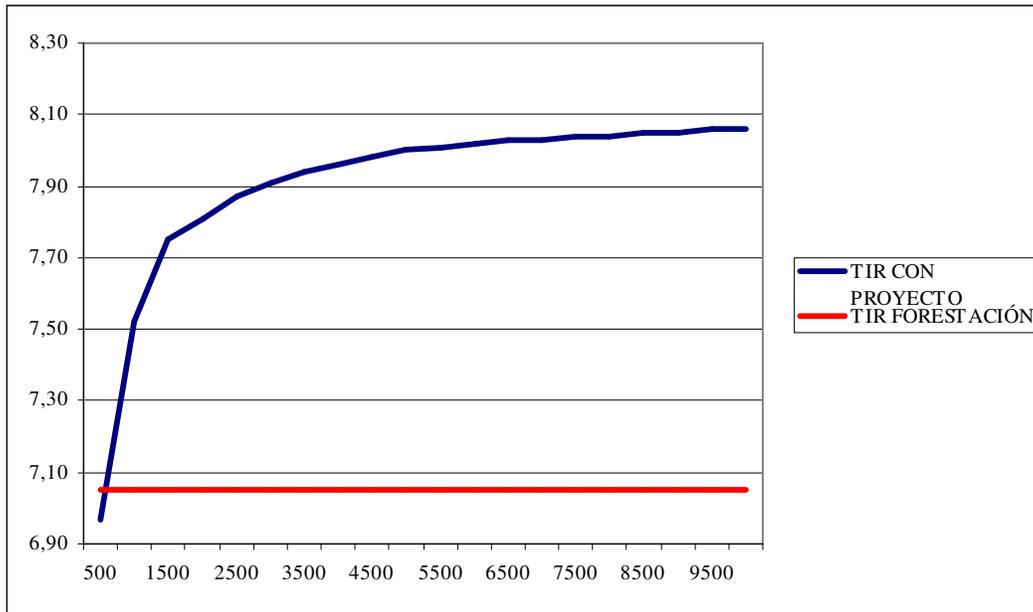
Grafico 9a: Evolución de las TIR por área (tCER \$1,20)



Tal como se aprecia en el grafico 9a la TIR del proyecto forestal con carbono es siempre creciente aunque marginalmente decreciente. Con un precio de 1,20 dólares de las tCERs, no todos los proyectos forestales justifican la inclusión de un proyecto de carbono. El punto de corte de ambas curvas se encuentra en las 1415 has. Es entonces a partir de este punto que es conveniente realizar un proyecto de forestación con comercialización de créditos de carbono.

A pesar de ser este el escenario más pesimista en lo que refiere a precio de las tCERs, se observa que en proyectos de cierta magnitud (aprox. 3800 has.) la TIR de un proyecto de forestación puede aumentar más de un cuarto de punto porcentual al agregar la venta de créditos de carbono.

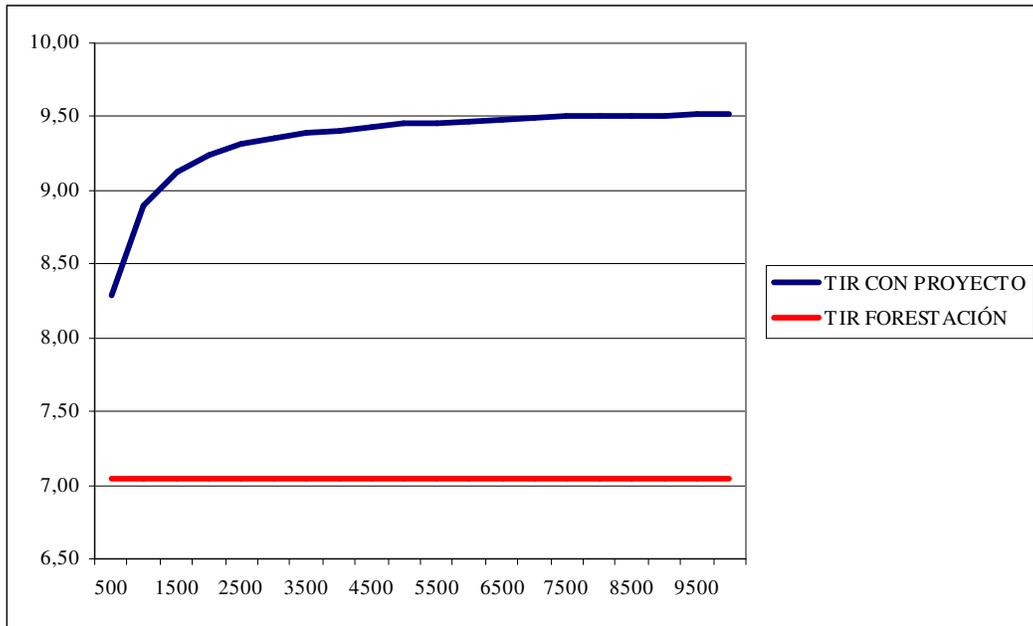
Grafico 9b: Evolución de las TIR por área (tCER \$2,30)



Al igual que lo que sucedía en el caso anterior, la TIR del proyecto con carbono es creciente y marginalmente decreciente. Sin embargo el punto de corte de ambas curvas en este caso es para un número menor de hectáreas. A partir de las 539 has. el proyecto con carbono supone una TIR mayor que el proyecto sin carbono.

Cabe asimismo resaltar el hecho de que la diferencia entre la TIR del proyecto forestal tradicional y la del proyecto con carbono es mayor que en el caso anterior. A partir de las 8500 has. se obtiene una TIR de un punto porcentual mayor al incluir la comercialización de carbono.

Grafico 9c: Evolución de las TIR por área (tCER \$4,70)



En este ultimo caso y al igual que en los anteriores la TIR de un proyecto con carbono es creciente y marginalmente decreciente. En este caso las curvas no se cruzan si consideramos proyectos mayores a 500 has., es decir, siempre sería rentable agregar la venta de carbono al proyecto forestal.

El precio de las tCERs en este caso es el más alto y por lo tanto el que registra los mayores retornos. A partir de proyectos de 1200 has el rendimiento de un proyecto con carbono es de más de dos puntos porcentuales superior al del proyecto tradicional. Con esto se llega a tasas de rentabilidad superiores al 9%.

Capítulo 7

Conclusiones

7.1 Resultados del trabajo

La ratificación del PK es incierta. Sin embargo sus raíces constituirán la base de cualquier acuerdo futuro en materia de reducción de emisiones. Las negociaciones encontrarán un escenario encaminado en lo que refiere a regulación e implementación para un mercado internacional de emisiones. Los mecanismos descritos en el MDL proporcionarán el marco de referencia a seguir en los proyectos en países en vías de desarrollo.

Es importante tener en cuenta que los aspectos legales del proyecto, como la aplicación de reglas claras y estables, son esenciales para el éxito del mercado. Si bien nos encontramos actualmente en una etapa de definiciones, y por ende, de incertidumbres, la venta de créditos de carbono generará oportunidades para la obtención de beneficios adicionales o para llevar a cabo proyectos que no se harían sin este tipo de incentivo.

El presente trabajo establece un precedente en el estudio de proyectos forestales con comercialización de carbono en el Uruguay. En el mismo se hallaron las áreas mínimas para las cuales los beneficios del proyecto con carbono se hacen positivas. Seguidamente, se realizó un estudio comparativo de rentabilidades para los casos de un proyecto de forestación tradicional y uno con comercialización de carbono.

En lo que refiere a las especies de árboles estudiadas, los *Eucalyptus grandis* resultaron ser los más apropiados a la hora de incorporar la venta de carbono a proyectos forestales. Esto se debe al mayor crecimiento de su biomasa en comparación con los *Pinus taeda* y *Eucalyptus globulus*. Para el caso de estas últimas dos especies, el área mínima necesaria para considerar un proyecto de venta de carbono dejaría de lado a los pequeños productores. Una solución para este problema puede ser un organismo (una ONG, el Estado o un Organismo Internacional) que agrupe a los productores

individuales dentro de un esquema que asegure la provisión de información, la consistencia de un régimen de manejo adecuado y un sistema administrativo y financiero, que permita compartir los costos y los beneficios entre todos los participantes.

Como se aprecia en el capítulo 6, los beneficios originados por la venta de carbono para un proyecto de *Eucalyptus Grandis* serán marginales²¹ cuando las tCERs tengan un valor de \$1,20 y de \$2,30. En el escenario más optimista, en donde el precio de la tCER es de \$4,70, la comercialización de carbono redundará en una TIR significativamente mayor. Indistintamente del precio de la tCER, a medida que aumenta el número de hectáreas del proyecto también lo hará la TIR. Sin embargo, para que un proyecto de carbono se torne rentable, existen extensiones mínimas que dependen del precio de las tCERs.

Es importante resaltar que los proyectos de acumulación de carbono siempre serán adicionales a los proyectos de forestación. Esto se debe a que los beneficios obtenidos por el proyecto de carbono no son lo suficientemente grandes como para justificar por sí mismos el proyecto forestal.

Para que el sector privado se interese en este tipo de proyectos, es necesario tomar ciertas medidas que podrían ser tanto de carácter nacional como internacional. Desde el punto de vista internacional, un buen ejemplo son los portafolios de inversiones del Prototype Carbon Fund del Banco Mundial para promover proyectos bajo MDL en países en desarrollo, sobre todo en aquellos más pobres donde el sector privado por sí mismo no invertiría.

Desde la perspectiva nacional, el Estado debería incentivar estos proyectos para promover un desarrollo sostenible. Es de esperar que en un principio los costos relacionados al proyecto MDL sean muy altos y puedan ir disminuyendo a medida que se adquiere experiencia y se estandarizan los procesos. Por esta razón debería existir un apoyo por parte del Estado para que los primeros proyectos se lleven a cabo.

²¹ Si consideramos marginales variaciones de TIRs menores a un punto porcentual al incorporar la comercialización de carbono.

7.2 Propuestas para futuros estudios

A lo largo de nuestro estudio han surgido un cierto número de temas y discusiones que consideramos importantes pero que sin embargo y para evitar una extensión excesiva del presente trabajo o por la mera falta de datos, han quedado relegados. A pesar de esto, creemos que es importante mencionarlos para promover nuevas discusiones que permitan enriquecer el presente estudio.

En los últimos tiempos se ha hablado del establecimiento de distintos emprendimientos en el país en lo que refiere a la forestación. Entre ellos se destacan las dos plantas de celulosa, M'Bopiqua, ubicada sobre el Río Uruguay, a 12 kilómetros de la ciudad de Fray Bentos, y Botnia, proyectada también a las afueras de Fray Bentos. En lo que incumbe a nuestro estudio, la importancia de estas plantas radica en el hecho de que probablemente cambiarían la línea de base tomada en cuenta para determinar la adicionalidad.

Otra discusión interesante a tener en cuenta es la que compara el rendimiento de los proyectos usando tCERs y ICERs. En el presente trabajo dejamos de lado esta discusión porque aún no existen datos que nos ayuden a determinar con certidumbre los precios de estos dos instrumentos. Consideramos que los supuestos con los que nos tendríamos que haber manejado hubieran sido demasiado fuertes, poniendo así en riesgo la propia validez de las conclusiones.

Por las mismas razones que en el caso anterior, solo hemos mencionado la posibilidad de trabajar con mercados a futuro y opciones, pero nos hemos limitado a trabajar bajo los supuestos de un mercado spot.

Puede asimismo resultar muy interesante estudiar la combinación de un proyecto forestal con otro tipo de proyectos que, por ejemplo, genere posibilidades de aprovechamiento energético (sustituir combustibles fósiles por combustión de madera).

Otra combinación interesante a explorar es la de un proyecto forestal con uno de ganadería. En este caso, los árboles se plantan en filas apretadas pero con mayores

distancias entre hileras para permitir la entrada del sol y así mejorar las pasturas de la cual se alimentará el ganado. En este caso se deberían tomar en cuenta las emisiones de metano y óxido nítrico que genera la actividad ganadera.

En este estudio solo se ha tomado en cuenta el caso de proyectos forestales con una duración de un máximo de 20 años. Sin embargo, existen determinados tipos de plantaciones que son de carácter más permanente como los bosques de protección de márgenes de embalses en los proyectos hidroeléctricos. Podría ser interesante estudiar la posibilidad de financiamiento de estas plantaciones mediante la venta de créditos de carbono.

Anexo A

Glosario

CER	Certified Emission Reduction
TCER	Short term CER
LCER	Long term CER
CICERO	Center for International Climate and Environmental Research - Oslo
CMNUCC	Comisión Mundial de las Naciones Unidas para el Cambio Climático
DDP	Documento de Diseño del Proyecto
DINAMA	Dirección Nacional de Medio Ambiente
GEI	Gases de Efecto Invernadero
CH₄	Gas Metano
CO₂	Gas Dióxido de Carbono
HFCs	Hidrofluorocarbonos
N₂O	Oxido Nitroso
PFCs	Fosfofluorocarbonos
SF₆s	Hexafluorosulfuros
Has.	Hectáreas
IPCC	Intergovernmental Panel of Climate Change
Kton	Mil toneladas
LULUCF	Land Use, Land Use Change and Forestry
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MIT	Massachussets Institute of Technology
Mton	Millón de toneladas
MVOTMA	Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente
PBI	Producto Bruto Interno
PK	Protocolo de Kyoto
TIR	Tasa Interna de Retorno
VAN	Valor Actual Neto

Anexo B

Cuadro A: Países del Anexo B del PK y compromisos cuantificados de limitación o reducción de las emisiones

País	% del nivel de 1990
Alemania	92
Australia	108
Austria	92
Bélgica	92
Bulgaria	92
Canadá	94
Comunidad Europea	92
Croacia	95
Dinamarca	92
Eslovaquia	92
Eslovenia	92
España	92
EEUU	93
Estonia	92
Federación de Rusia	100
Finlandia	92
Francia	92
Grecia	92
Hungría	94
Irlanda	92
Islandia	110
Italia	92
Japón	94
Letonia	92
Liechtenstein	92
Lituania	92
Luxemburgo	92
Mónaco	92
Noruega	101
Nueva Zelanda	100
Países Bajos	92
Polonia	94
Portugal	92
Reino Unido e Irlanda N.	92
República Checa	92
Rumania	92
Suecia	92
Suiza	92
Ucrania	100

Fuente: PK

Cuadro B: Total de emisiones de dióxido de carbono de las Partes del Anexo B correspondiente a 1990, a los efectos del artículo 25 del Protocolo de Kyoto

País	Emisiones (Gg)	Porcentaje
Alemania	1.012.443	7,37%
Australia	288.965	2,10%
Austria	59.200	0,43%
Bélgica	113.405	0,83%
Bulgaria	82.990	0,60%
Canadá	457.441	3,33%
Dinamarca	52.100	0,38%
Eslovaquia	58.278	0,42%
España	260.654	1,90%
EEUU	4.957.022	36,11%
Estonia	37.797	0,28%
Federación de Rusia	2.388.720	17,40%
Finlandia	53.900	0,39%
Francia	366.536	2,67%
Grecia	82.100	0,60%
Hungría	71.673	0,52%
Irlanda	30.719	0,22%
Islandia	2.172	0,02%
Italia	428.941	3,12%
Japón	1.173.360	8,55%
Letonia	22.976	0,17%
Liechtenstein	208	0,00%
Luxemburgo	11.343	0,08%
Mónaco	71	0,00%
Noruega	35.533	0,26%
Nueva Zelanda	25.530	0,19%
Países Bajos	167.600	1,22%
Polonia	414.930	3,02%
Portugal	42.148	0,31%
Reino Unido e Irlanda N.	584.078	4,25%
República Checa	169.514	1,23%
Rumania	171.103	1,25%
Suecia	61.256	0,45%
Suiza	43.600	0,32%
Total	13.728.306	100,00%

Fuente: PK

Cuadro C: Objetivos de la UE para el PK (2008-2012)

Parte	Acuerdo de 1998
Australia	-13
Bélgica	-7,5
Dinamarca	-21
Finlandia	0
Francia	0
Alemania	-21
Grecia	25
Irlanda	13
Italia	-6,5
Luxemburgo	-28
Holanda	-6
Portugal	27
España	15
Suecia	4
Reino Unido	-12,5
UE	-8

Fuente: PK

Bibliografía

Baron, Richard, ‘Kyoto Mechanisms : How much flexibility do they provide?’, 1999

Barrenechea, Pedro ‘Programa de medidas generales de mitigación y adaptación al cambio climático en Uruguay’. Unidad de cambio climático, DINAMA, MVOTMA, 2003

Bernoux, Martial, et al; ‘LULUCF: Carbon market problems and perspectives’, 2002

Carrasco-Letelier, et al; ‘Estudio preliminar de praderas forestadas con Eucalyptus en suelos del noreste uruguayo’, 2003

CMNUCC; ‘El Protocolo de Kyoto de la Convención sobre Cambio Climático’, 1997

CMNUCC; ‘Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura: definiciones y modalidades para incluir las actividades de forestación y reforestación en el ámbito del artículo 12 del Protocolo de Kyoto’, 2003

Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland) ‘Nuestro futuro común’, Oxford University Press, 1987

Conference of the Parties 9, ‘Modalities and procedures for Afforestation and Reforestation project activities under the CDM in the first Commitment Period of the Kyoto Protocol’, 2003

Copeland, Brian y Taylor, Scott, ‘Trade, Growth and Environment’, NBER, 2003

Coglianesi, Cary y Nash, Jennifer; ‘Environmental Management Systems and the New Policy Agenda’, Regulating from the inside, 2001

Dirección General Forestal, ‘Boletín estadístico, año 4, número 3’, MGAP, Octubre, 2003

DINAMA, Unidad de Cambio Climático; “ Proposal for sustainable development criteria for the approval of projects under the clean development mechanism”, 2003

DINAMA, Unidad de Cambio Climático; “Estudio de apoyo a la aplicación del Mecanismo para el desarrollo limpio del Protocolo de Kyoto para al Uruguay”, 2002

Dutschke, Michael, ‘Permanence of CDM forests or non-permanence of land use related carbon credits’, HWWA, 2001

Elleman, A.D., Jacoby, H.D., Decaux, A, “The effects on developing countries of the Kyoto Protocol and CO₂ emission trading”, MIT, 1998

Fossatti, Alberto; “Colección, análisis y presentación de información socioeconómica, Uruguay”. Información y análisis para el manejo forestal sostenible: integrando esfuerzos nacionales e internacionales en 13 países latinoamericanos y América Latina, 2001

Gayoso, Jorge y Schlegel, Bastienne; “Guía para la formulación de proyectos forestales de carbono”, 2001

González Posse, Ernesto; “Un método para evaluar proyectos públicos”, 1989

Holtmark, Bjart y Hagem, Cathrine, “Emission Trading under the Kyoto Protocol”, CICERO, 1998

International Emission Trading Association y SGS Climate Change Programme, “Forrestry Issues outstanding from COP 6”, 2001

IPCC; “Third Assesment Report - Climate Change”, 2001

Jung, Martina, “The role of Forrestry Sinks in the CDM : Analysing the effects of policy desitions in the Carbon Market”, HWWA, 2003

Kainuma, et al, "Analysis of the Kyoto Mechanisms by the AIM Model", National Institute for Environmental Studies, Kyoto University and Centre for Energy, Environment and Climate Change, Energy Research, China, 2002

Krey, Matthias; "Transaction Costs of CDM projects in India: an Empirical Survey", HWWA paper, 2004

Locatelli, Bruno y Pedroni Lucio, "Rewarding Carbon Sequestration in Forest Plantations Projects : how the CDM could be attractive to small stakeholders", 2003

Loza-Balbuena, Isabel; "The impact of Carbon Trading on Afforestation projects in Uruguay". New Zeland school of Forestry, University of Canterbury, 2002.

Martino, Daniel y Pablo Reali; "Luz verde para proyectos forestales bajo el Protocolo de Kyoto", 2004

Martino, Daniel y Pablo Reali; "Forestry Projects in the CDM: a compared análisis of tCERs and ICERs", 2004

Michaelowa, Axel and Fages, Emmanuel ; "Options for baselines of the CDM", Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, Kluwer Academic Publishers, 1999

Michaelowa, Axel y Stronzik, Marcus; "Transactions costs of the Kyoto Mechanism" HWWA, 2002

Michaelowa, Alex y Dutschke, Michael "Economical and Political Aspects of Baselines in the CDM Context", Promoting development while limiting greenhouse emissions : trades and baselines, 1999

Michaelowa, Axel y Dutschke, Michael, "Development Aid and the CDM – How to interpret Financial Additionality" HWWA, 2003

OECD Environment Directorate y International Energy Agency, ‘Forestry Projects: Lessons learned and implications for CDM Modalities’, 2003

OECD Environment Directorate y International Energy Agency, ‘Towards International Emissions Trading: Design Implications for linkages’, 2002

Pandey, Deep Narayan; ‘Carbon sequestration in agroforestry systems’, 2001

Pérez, Carlos; ‘Impactos Ambientales y Económicos de las plantaciones forestales’, 1997

Porcile Maderni, Juan Francisco; ‘Los árboles fuera del bosque: conceptos, importancia y evaluación en la República Oriental del Uruguay’. Información y análisis para el manejo forestal sostenible: integrando esfuerzos nacionales e internacionales en 13 países latinoamericanos y América Latina, Chile, 2001.

Programa de Investigación Forestal, ‘Colocando los Cimientos para el Desarrollo Limpio: Preparando al Sector del Uso de la Tierra’, United Kingdom Department for International Development, 2002

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente; ‘Manual de Medio Ambiente y Comercio’, 1999

Prototype Carbon Fund; ‘Annual report 2001 -2002-2003’, World Bank

Protoype Carbon Fund; ‘State and trends of the Carbon Market’, World Bank, 2003

Russo, Ricardo; ‘Los sumideros de carbono y los biocombustibles: su papel en el cambio climático global’, 2002

Santos, Heuberger y Sutter, ‘Host Country Approval for CDM Projects in Uruguay: Application of a Sustainability Assessment Tool’, Swiss Federal Institute of Technology y Unidad de Cambio Climático, MVOTMA, 2003

Singer, Fred, 'Climate Policy : From Rio to Kyoto- A Political Issue for 2000 and beyond', 2000

Stavins, Robert N, 'Transaction Costs and Tradable Permits', Journal of Environmental Economics and Management 29, 1995

Van Hoof, Eduardo; " Afforestation for obtaining Long-Lived Wood Products and Bionergy", National Strategy Study for the Application of the CDM in Uruguay; Unidad de cambio climático, DINAMA, MVOTMA, 2003

Varas, Juan Ignacio; 'Economía del Medio Ambiente', Ediciones Universidad Católica de Chile, 1995

Vine, Edward, et al; 'Forestry projects for climate change mitigation: an overview of guidelines and issues for monitoring, evaluation, reporting, verification and certification', 2000

Wong, Jenny y Dutschke, Michael, « Can Permanence be insured? Considerations of some Technical and Practical Issues of Insuring Carbon Credits from Afforestation and Reforestation projects » HWWA, 2003

World Bank's National AIJ/JI/CDM Strategy Studies Program; 'World Market for GHG Emission Reductions', 2001

Páginas web consultadas

www.CO2e.com	Centro Global de Comercio de Carbono
www.infor.cl	Instituto forestal, gobierno de Chile
www.hwwa.de	Hamburg Institute of International Economics
www.ieta.org	International Emission Trading Association
www.ciu.com.uy	Cámara de Industrias del Uruguay
www.oas.org	Organización de Estados Americanos
www.idrc.ca	International Development Research Centre, Canadá
www.rfs.org.uk	The Royal Forestry Society
www.greenfacts.org	GreenFacts Foundation
www.mgap.gub.uy	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca
www.dinama.gub.uy	Dirección Nacional de Medio Ambiente
www.forestfacts.org	ForestFacts
www.climatechange.org	Climate Change Organization
www.naturesource.com	Naturesource
www.carbonfinance.org	Prototype Carbon Fund, Banco Mundial
www.ipcc.ch	International Panel on Climate Change
www.ieabioenergy.com	International Energy Agency