

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION  
ESCUELA DE POSGRADO**

**Diseño institucional y financiero de proyectos de venta internacional de carbono  
atractivos para pequeñas plantaciones forestales**

**Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el  
Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza  
como requisito parcial para optar al grado de:**

*Magíster Scientiae*

**Por**

**Jaime Daniel Black Solís**

**CATIE**

**Turrialba, Costa Rica; 2003**

Esta tesis fue aceptada en su presente forma por la Escuela de Posgraduados, el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y aprobada por el Comité Consejero del estudiante, como requisito parcial para optar al grado de:

***MAGÍSTER SCIENTIAE***

**FIRMANTES:**

---

Bruno Locatelli, Dr.Sc.  
**Consejero Principal**

---

Lucio Pedroni, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**

---

Manuel Gómez, M.Sc.  
**Miembro Comité Consejero**

---

Mario Piedra, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**

---

Glenn Galloway, Ph.D.  
**Director Programa de Educación y  
Decano de la Escuela de Posgrado**

---

Jaime Daniel Black Solís  
**Candidato**

## **DEDICATORIA**

Al todo poderoso, mi guía y sustento

A mi querida madre,  
por ser una mujer invaluable que supo guiarme por los caminos del bien

A la memoria de mi padre, un hombre extraordinario

A mi amada Verónica, mi razón de ser

A Maura, Daphne, Indira, Pechi e Isabela,  
mi queridas hermanas que siempre me impulsan  
y apoyan para conseguir nuevas metas

A mis tres preciosos sobrinos  
Juan Manuel, Juan Andrés y Juan Ekaitz

A mis cuñados: Hernán, Jokin y Andrés

A mis grandes amigos Pepe y Gato, como siempre en las buenas y en las malas

A todos los miembros de las familias Solís y Black por quererme así como soy

## AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer de manera muy especial a las siguientes personas e instituciones:

A la Organización de los Estados Americanos, por concederme la beca que me permitió culminar con éxito el programa de maestría.

A la familia Cifuentes Jara, en especial a Rosita por ser mi querida madre en Costa Rica, por sus consejos y todo el apoyo.

Al Dr. Sc. Bruno Locatelli, por su paciencia, apoyo, guía y nuevos conocimientos, brindados para la realización de este trabajo.

Al Ph. D. Lucio Pedroni, por sus brillantes ideas y todo el apoyo brindado para el desarrollo de este trabajo.

A los miembros del Comité Consejero, M. Sc. Manuel Gómez, Ph. D. Mario Piedra por sus valiosos comentarios y sugerencias para la presentación de este documento

Al Ing. Luis Fernando Jara, en nombre del Programa FACE de Forestación – PROFAFOR, por la valiosa información brindada para el desarrollo de los modelos.

A los Ing. Pedro González y Pedro Zúñiga, en el nombre de la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central – FUNDECOR, por todo el apoyo y la información proporcionada para la culminación de este trabajo de investigación.

Al Ing. Pablo Matheus, en nombre de la La Corporación de Desarrollo Forestal y Maderero del Ecuador-CORMADERA, por sus reflexiones e información brindada que fue de utilidad para el diseño de los modelos desarrollados.

Al, Dr. Hester Barres e Ing. Rolando Camacho, en nombre de Reforest the Tropics – RTT, por su apoyo y la información brindada, además por la excelente labor que realizan en beneficio de toda la humanidad.

A la familia Solís Palomino, por ser mi refugio en tiempos de cansancio.

A mis compañeros del CATIE, por ser súper buena onda y compartir conmigo excelentes momentos.

Al personal de CATIE, con quienes compartí muy buenos momentos y espero que siempre me recuerden así como lo haré yo.

A todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron para la realización de esta investigación.

## **BIOGRAFIA**

El autor nació en Ecuador en la ciudad de Esmeraldas en el mes de mayo de 1975. Cursó sus estudios de primaria en Quito, en el Colegio Geovanny Antonio Farina y secundaria en el Colegio Técnico Aeronáutico de Aviación Civil donde obtuvo el título de Bachiller en Ciencias Físico-Matemáticas en el año 1993.

Efectuó sus estudios universitarios en la ciudad de Sangolquí en Ecuador, en la Escuela Politécnica del Ejército, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias donde obtuvo el título de Ingeniero Agropecuario, en diciembre de 1998.

Trabajó como administrador de granja para la Procesadora Nacional de Alimentos - PRONACA hasta enero del 2001.

Ingreso al Programa de Estudios de Posgrado del CATIE, con beca completa de OEA, en enero del 2002, donde obtuvo el título de Magíster Scientiae en Socioeconomía Ambiental con énfasis en Economía Ambiental y una subespecialidad en Desarrollo Rural en diciembre del 2003.

## CONTENIDO

DEDICATORIA	III	
AGRADECIMIENTOS	IV	
BIOGRAFIA	V	
CONTENIDO	VI	
RESUMEN	VIII	
SUMMARY	IX	
LISTA DE TABLAS	X	
LISTA DE FIGURAS	XI	
ABREVIATURAS Y SIGLAS	XII	
<b>1</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
1.1	DEFINICION DEL PROBLEMA.....	1
1.2	JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3	OBJETIVOS.....	4
1.3.1	Objetivo General.....	4
1.3.2	Objetivos Específicos.....	4
1.4	HIPOTESIS.....	4
<b>2</b>	<b>REVISION DE LITERATURA</b>	<b>5</b>
2.1	CAMBIO CLIMÁTICO.....	5
2.1.1	Los bosques y el cambio climático.....	5
2.1.2	Fijación de carbono como servicio ambiental.....	6
2.1.3	Acuerdos internacionales.....	6
2.2	POTENCIAL DEL SECTOR FORESTAL TROPICAL PARA LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO.....	9
2.2.1	El Mecanismo de Desarrollo Limpio forestal luego de Bonn y Marrakech.....	10
2.2.2	Proyectos de venta de carbono en América Latina y El Caribe.....	11
2.3	EL MDL Y LAS PLANTACIONES DE PEQUEÑOS PRODUCTORES.....	15
2.3.1	El ciclo de proyectos MDL.....	15
2.3.2	Costos de transacción de proyectos MDL.....	20
2.4	POTENCIAL DEL MERCADO DEL CARBONO.....	20
2.5	IMPORTANCIA DE UN PROYECTO SOMBRILLA.....	21
<b>3</b>	<b>MATERIALES Y METODOS</b>	<b>23</b>
3.1	MARCO GENERAL.....	23
3.2	ESQUEMA DEL PROCESO.....	24
3.2.1	Datos primarios del modelo.....	25
3.2.2	Etapas de cálculo.....	30
3.3	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	32

<b>4</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>33</b>
4.1	DETERMINACIÓN DE LAS ENTRADAS DEL MODELO .....	33
4.1.1	Nivel de la oferta.....	33
4.1.2	A nivel de la institución administradora .....	40
4.1.3	A nivel externo .....	42
4.1.4	Resumen de los insumos utilizados .....	43
4.2	ANÁLISIS DE LA ENCUESTA.....	45
4.2.1	Experiencia en reforestación con incentivos.....	45
4.2.2	Reforestación sin incentivos.....	45
4.2.3	Disponibilidad para realizar plantaciones forestales con un incentivo .....	47
4.2.4	Análisis econométrico .....	50
4.3	ANÁLISIS DE LOS MODELOS.....	52
4.3.1	Modelo de cálculo .....	52
4.3.2	Modelo de simulación.....	57
4.3.3	Modelo general .....	59
4.4	DISCUSION.....	62
4.4.1	Los productores.....	62
4.4.2	La permanencia del carbono almacenado .....	62
4.4.3	La sostenibilidad financiera.....	64
4.4.4	La institución administradora.....	65
4.4.5	Limitaciones del modelo.....	66
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>68</b>
<b>6</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>69</b>
<b>7</b>	<b>LITERATURA</b>	<b>70</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>75</b>

Black Solís, JD. 2003. Diseño institucional y financiero de proyectos de venta internacional de carbono atractivos para pequeñas plantaciones forestales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 99 p.

**Palabras claves:** Pequeños productores, no-permanencia, almacenamiento temporal, institución administradora, esquema financiero, incentivos.

## RESUMEN

El objetivo de la investigación es contribuir al diseño institucional y financiero de proyectos de venta internacional de carbono viables y atractivos para pequeñas plantaciones forestales que permitan garantizar la permanencia del almacenamiento de CO<sub>2</sub>.

En el marco general se crea una institución administradora (IA) para la cual, la solución a la permanencia está dada por el mantenimiento de una cantidad promedio de carbono almacenada en un área de plantación por un período de tiempo igual al tiempo de equivalencia. En el esquema financiero la IA recibe dinero al inicio del proyecto de la venta por adelantado del carbono promedio almacenado, coloca este en el banco y con la generación de intereses cubre sus costos operacionales y el pago a los productores que realizan las plantaciones.

La información se recopila de literatura y mediante entrevistas a instituciones (para determinar el funcionamiento y los costos internos de transacción de la institución administradora) y productores (para determinar su disponibilidad a desarrollar plantaciones bajo varios esquemas de pago o de préstamo como incentivos). Con base en esta información, se desarrolla un modelo de cálculo, utilizando como indicador de viabilidad el saldo bancario positivo al final del proyecto. .

Debido a que el modelo de cálculo muestra que la viabilidad de los proyectos está fuertemente afectada por el precio del carbono, se desarrolla un modelo de simulación, el cual permitió calcular el precio mínimo que hace un proyecto viable bajo varias condiciones.

Los resultados obtenidos permiten establecer que la venta de carbono es viable para pequeñas plantaciones si estas se encuentran agregadas en proyectos tipo sombrilla para los cuales exista una IA encargada de la organización, manejo financiero y negociación del carbono. Los modelos de cálculo y simulación son herramientas útiles en el diseño de proyectos sombrilla para venta de carbono con participación de pequeños productores. Finalmente, el estudio sugiere vías para mejorar los modelos.

Black Solis, JD. 2003. Institutional and financial design for international carbon sales projects attractive for small forest plantations. M.S. Thesis. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 99p.

**Key words:** small farmers, non-permanence, temporary storage, administrative institution, financial scheme, incentives.

## SUMMARY

The research objective is to contribute to an institutional and financial design for international carbon sales projects viable and attractive for small forest plantations that guarantee CO<sub>2</sub> storage permanence.

In the general framework, an administrative institution (AI) ensure permanence by maintaining an average carbon storage in plantations for a period of time equal to the equivalent time. In the financial scheme, the AI receives money at the beginning of the project as an advance for the sales of the mean carbon stored. The AI deposits the money in a bank, and the interest generated covers the operational costs and the payment to the farmers.

The information is acquired from literature and from interviews to institutions (to determine the function and the internal transaction costs of the administrative institution) and to farmers (to determine their willingness to establish plantations under various payment schemes or loans as incentives). Based on this information, an estimation model is developed using the bank balance at the end of the project as a viability indicator.

Because the estimation model shows that the viability of the projects is heavily affected by carbon price, we developed a simulation model, which calculates the minimum price for a project being viable under various conditions, is developed

The results obtained suggest that carbon sales are attractive for small plantations for small plantations if they are combined with viable “umbrella projects” managed by an AI in charge of administration, financial management, and carbon negotiation. Both estimation and simulation models are useful tools for designing “umbrella projects” for carbon sales and small farmers implication. Finally, the study suggests ways to improve the models.

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Volumen comercial (m <sup>3</sup> /ha ) de Teca ( <i>Tectona grandis</i> ) .....	33
<b>Tabla 2.</b> Volumen comercial (m <sup>3</sup> /ha ) de Eucalipto ( <i>Eucalyptus deglupta</i> ) .....	34
<b>Tabla 3.</b> Volumen comercial (m <sup>3</sup> /ha ) de Melina ( <i>Gmelina arborea</i> ).....	34
<b>Tabla 4.</b> Factores de calculo para el almacenamiento de carbono.....	34
<b>Tabla 5.</b> Volumen de carbono (t CO <sub>2</sub> /ha) almacenado por especie y año de crecimiento.....	35
<b>Tabla 6.</b> Cálculo del pago y capitalización de la diferencia .....	36
<b>Tabla 7.</b> Cálculo de los coeficientes de devolución.....	37
<b>Tabla 8.</b> Saldo bancario de una hectárea de plantación de eucalipto ( <i>Eucalyptus deglupta</i> ) calidad de sitio medio, con capital privado (interés sobre saldo positivo 3% y negativo 9%), con y sin pago. ....	38
<b>Tabla 9.</b> Saldo bancario de una hectárea de plantación de eucalipto ( <i>Eucalyptus deglupta</i> ) calidad de sitio medio, con capital privado (interés sobre saldo positivo 3% y negativo 9%), con y sin préstamo. ....	38
<b>Tabla 10.</b> Análisis del VET por especie y calidad de sitio para una hectárea de plantación sin incentivos, con pago y préstamo a una tasa de descuento del 9 % en el año de rotación. ....	39
<b>Tabla 11.</b> Distribución de costos fijos .....	41
<b>Tabla 12.</b> Distribución de costos variables .....	41
<b>Tabla 13.</b> Distribución de costos de inversión .....	41
<b>Tabla 14.</b> Función de crecimiento del personal con la escala del proyecto .....	42
<b>Tabla 15.</b> Insumos fijos para los modelos de cálculo y simulación.....	43
<b>Tabla 16.</b> Insumos variables para el modelo de cálculo y total de casos probados .....	43
<b>Tabla 17.</b> Insumos variables para el modelo de simulación y total de casos probados.....	44
<b>Tabla 18.</b> Cálculo del precio mínimo utilizando el modelo empírico.....	59
<b>Tabla 19.</b> Proyectos viables para el modelo general.....	61

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Almacenamiento de carbono y acumulación de “ton-year”. ( $T_e = 50$ y $T_e = 100$ ).....	18
<b>Figura 2.</b> Almacenamiento de carbono y acumulación de “ACS” .....	19
<b>Figura 3.</b> Almacenamiento de carbono e histograma de TCER-5.....	19
<b>Figura 4.</b> Costos de transacción en proyectos MDL.....	20
<b>Figura 5.</b> Diseño institucional a tres niveles.....	23
<b>Figura 6.</b> Etapas de desarrollo del modelo de cálculo .....	24
<b>Figura 7.</b> Esquema de trabajo del modelo de simulación.....	25
<b>Figura 8.</b> Esquema de cálculo del carbono almacenado en 1 hectárea de plantación.....	26
<b>Figura 9.</b> Esquema organizacional de la institución administradora .....	40
<b>Figura 10.</b> Experiencia en reforestación.....	45
<b>Figura 11.</b> Tipos de reforestación sin incentivos .....	46
<b>Figura 12.</b> Grupos de especies seleccionadas para reforestación .....	46
<b>Figura 13.</b> Cambio en la disponibilidad para realizar plantaciones con y sin incentivo .....	47
<b>Figura 14.</b> Oferta de plantación en porcentaje del área total de acuerdo al valor del incentivo .....	47
<b>Figura 15.</b> Devolución del préstamo con madera.....	48
<b>Figura 16.</b> Disposición a mantener la plantación .....	49
<b>Figura 17.</b> Garantías para recibir el préstamo.....	49
<b>Figura 18.</b> Deuda luego de un evento natural.....	50
<b>Figura 19.</b> Saldo bancario en diferente tipos de proyecto .....	52
<b>Figura 20.</b> Ejemplo de proyecto bajo el esquema de pago con tres precios de carbono .....	53
<b>Figura 21.</b> Ejemplo de proyecto bajo el esquema de préstamo con tres precios de carbono .....	54
<b>Figura 22.</b> Viabilidad de proyectos de acuerdo al esquema de incentivo .....	55
<b>Figura 23.</b> Viabilidad de proyectos por esquema de plantación .....	55
<b>Figura 24.</b> Viabilidad de proyectos por precio de carbono.....	56
<b>Figura 25.</b> Viabilidad de proyectos por almacenamiento total promedio de carbono en el proyecto....	56
<b>Figura 26.</b> Viabilidad de proyectos por precio mínimo de carbono pagado por el emisor .....	57
<b>Figura 27.</b> Distribución del precio mínimo con el almacenamiento total promedio de carbono en el proyecto.....	58
<b>Figura 28.</b> Distribución lineal del ln precio mínimo con el ln almacenamiento de carbono .....	58
<b>Figura 29.</b> Evolución del almacenamiento de carbono en el proyecto .....	63
<b>Figura 30.</b> Esquema de solución a la permanencia.....	63

## ABREVIATURAS Y SIGLAS

AAUs	Assigned Amount Units
ACS	Equivalence adjusted average carbon storage
AIJ	Activities Implemented Jointly – Actividades implementadas conjuntamente
BioCF	Biocarbon Fund
CAC	Certificados de almacenamiento de carbono
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CDCF	Community Development Carbon Fund
CERs	Certified Emissions Reductions – Reducción de emisiones certificadas
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CoP	Conference of Parties – Conferencia de las Partes
EB	Executive Board - Junta Ejecutiva
ERUs	Emissions Reduction Units– Unidad de reducción de emisiones
FONAFIFO	Fondo nacional de financiamiento forestal
FUNDECOR	Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central
GEI	Gases de efecto invernadero
Gg	Gigagramos
Ha	Hectáreas
IA	Institución Administradora
IETA	International emissions trading association
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change - Panel Intergubernamental de Cambio Climático
Ji	Joint Implementation – Implementación conjunta
Km <sup>2</sup>	Kilómetros cuadrados
LULUCF	Land use, land-use change and forestry - Uso de la tierra, cambios de uso de la tierra y reforestación
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
MDL	Clean Development Mechanism – Mecanismo de Desarrollo Limpio
°C	Grados centígrados
OE	Operational Entities - Entidades Operacionales
PCF	Prototype Carbon Fund
PDD	Project Design Document
PK	Protocolo de Kyoto
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PPM	Parte por millón
PROFAFOR	Programa FACE de forestación
PSA	Pago por servicios ambientales
REs	Emissions Reduction - Reducción de emisiones
RTT	Reforest the Tropics
T C	Toneladas de carbono
T CO <sub>2</sub>	Toneladas de dióxido de carbono
TCERs	Temporary crediting
Te	Tiempo de equivalencia
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change - Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
VET	Valor esperado de la tierra

# 1 INTRODUCCION

## 1.1 DEFINICION DEL PROBLEMA

En la últimas décadas la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera ha aumentado considerablemente, lo cual está causando un incremento en la temperatura media terrestre, fenómeno llamado “cambio climático”. El cambio climático puede alterar los ciclos hídricos, causar sequías, inundaciones y otros efectos que comprometerían la existencia de vida en el planeta (Wigley 1999; EPA 2000; Pew Center 2001).

Conscientes del problema, los países del mundo han decidido mitigar el cambio climático reduciendo las emisiones de GEI. Para lograr este objetivo, se establecieron acuerdos internacionales como el “Protocolo de Kyoto”. Este fija compromisos de reducción de emisiones cuantificables en cantidad y tiempo, pero a la vez presenta mecanismos de flexibilidad para que los países puedan cumplir con sus compromisos al costo más bajo posible (UNFCCC 1999a).

Uno de los mecanismos de flexibilidad es el “Mecanismo de Desarrollo Limpio - MDL” el cual permite a los países industrializados adquirir reducciones certificadas de emisiones, procedentes de actividades de proyectos energéticos y forestales de países en desarrollo. El MDL pretende cumplir dos objetivos fundamentales, contribuir a mitigar el cambio climático y ayudar a los países en desarrollo a lograr un “desarrollo sostenible” (UNFCCC 1999a; Auckland *et al.* 2002).

Siendo el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) el principal GEI, el MDL forestal se fundamenta en que los bosques pueden contribuir a la mitigación del cambio climático fijando CO<sub>2</sub> a través de la fotosíntesis y almacenando carbono. (Locatelli y Karsenty 2002a; UICN 2001). Por otra parte, para cumplir con el objetivo del desarrollo sostenible, el MDL forestal debe ser accesible para grandes y pequeños productores, especialmente estos últimos que en la actualidad representan una mayoría en algunos países de América Latina y El Caribe.

El desarrollo e implementación de proyectos forestales presenta el problema de la no-permanencia del carbono, esto debido a que los emisores de CO<sub>2</sub> desean pagar para reducir sus emisiones permanentemente, mientras tanto los productores sólo pueden ofrecer un parqueo temporal luego del cual este gas retornaría a la atmósfera.

Este problema crea la necesidad de diseños institucionales adecuados, que permitan garantizar la permanencia en la reducción de emisiones una vez que los proyectos forestales iniciales hayan cumplido su tiempo de vida planificado. Lo anterior se puede lograr mediante nuevos proyectos forestales, compra de reducciones certificadas de emisiones u otra alternativa viable.

Para que la institución establecida logre el objetivo propuesto requiere de un esquema financiero apropiado, que permita cubrir sus costos de operación y transacción, a la vez ofrecer a los productores alternativas económicas rentables.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Los países de América Latina, considerados “países en desarrollo”, vislumbran en los proyectos forestales bajo el MDL una alternativa para alcanzar el desarrollo sostenible y contribuir a mitigar el cambio climático.

Para cumplir con el objetivo de mitigar el cambio climático es lo mismo una plantación grande o varias pequeñas, pero promover plantaciones pequeñas permite que la distribución de beneficios de los proyectos forestales alcance a una mayor proporción de la población. Además, proyectos de reforestación a gran escala pueden tener impactos negativos sobre la biodiversidad, el ambiente y la comunidad local.

Un alto porcentaje de los productores en nuestros países son pequeños y para que el MDL forestal contribuya al desarrollo sostenible es imprescindible que involucre a estos. En la actualidad los proyectos forestales bajo el MDL tienen altos costos de transacción en las etapas de: diseño, validación, registro, monitoreo, verificación y certificación, que pueden favorecer a los grandes productores porque tienen mayor poder de negociación, información y acceso a crédito.

Debido a lo anteriormente enunciado los pequeños no pueden participar en forma individual, así que deben buscarse formas para organizarlos de manera colectiva, para lo cual se hace necesario crear instituciones que permitan esta integración (p.e. proyecto sombrilla que adelanta los pagos y consigue préstamos).

El presente trabajo pretendió desarrollar un diseño institucional y financiero que brinde una solución al problema de la no-permanencia y a la vez sea atractivo para pequeñas plantaciones, permitiendo a los productores involucrarse en el mercado internacional del carbono, aportar al desarrollo sostenible de su país y generar un beneficio real para la mitigación del cambio climático.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

- Contribuir al diseño institucional y financiero de proyectos de venta internacional de carbono viables y atractivos para pequeñas plantaciones forestales que permitan garantizar la permanencia del almacenamiento de CO<sub>2</sub>.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Proponer esquemas de pago por el servicio de secuestro de carbono atractivos para pequeñas plantaciones forestales.
- Establecer un esquema institucional y financiero que sea viable para un proyecto sombrilla y que permita garantizar la permanencia del almacenamiento de carbono.
- Desarrollar un modelo computacional que sirva de herramienta para la evaluación del esquema y la toma de decisiones en instituciones encargadas de proyectos forestales para venta de carbono.

## **1.4 HIPOTESIS**

- Existen esquemas de pago por el servicio de secuestro de carbono atractivos para pequeñas plantaciones forestales.
- Existen esquemas institucionales y financieros viables que permiten garantizar la permanencia del almacenamiento de carbono.
- El modelo computacional puede servir para evaluar el esquema y tomar decisiones en instituciones encargadas de proyectos forestales para venta de carbono.

## **2 REVISION DE LITERATURA**

### **2.1 CAMBIO CLIMÁTICO**

Cuando la radiación solar llega a la tierra, parte de esta pasa a través de la atmósfera y calienta la superficie terrestre, mientras tanto otra parte es reflejada al espacio exterior. Posteriormente la tierra pierde la energía absorbida liberándola en forma de radiación infrarroja de onda larga (calor), una parte del calor desprendido es reflejado nuevamente hacia la tierra por los gases llamados “de efecto invernadero”, entre ellos: vapor de agua, dióxido de carbono y metano.

Este proceso permite a la tierra mantener una temperatura superior a la que tendría si perdiera todo la energía absorbida del sol (30 °C más fría que en la actualidad), este fenómeno es conocido como “efecto invernadero”, sin el cual nuestro planeta sería un lugar frío, desolado y estéril (UNFCCC 1999a).

En los últimos años debido a actividades humanas tales como el uso de combustibles fósiles, deforestación y agricultura, la concentración en la atmósfera de los gases de efecto invernadero (GEI) ha aumentado considerablemente. Por ejemplo el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), pasó de 270 ppm en la era preindustrial a 360 ppm en la actualidad (Wigley 1999; EPA 2000; IPCC 2001a; Pew Center 2001). Además se reveló la presencia de gases halocarburos (p.e. clorofluorocarbonos) que no se producen en forma natural y son productos directos de acciones del ser humano (Wigley 1999; Pew Center 2001).

Según el IPCC (2001a) el resultado directo del aumento en la concentración de GEI sería el aumento en la temperatura a nivel mundial del orden de 1 a 3,5 °C en los próximos 100 años. Los efectos indirectos son difíciles de pronosticar pero podrían cambiar los ciclos hídricos, provocar inundaciones, sequías, aumento en el nivel del mar, entre otros; afectando fuertemente a zonas de mayor vulnerabilidad en el planeta (Wigley 1999; EPA 2000, IPCC 2001a).

#### **2.1.1 Los bosques y el cambio climático**

El CO<sub>2</sub> es el gas que más contribuye al efecto invernadero (IPCC 2001b). Los bosques desempeñan un papel primordial en la regulación de la concentración de este gas, pues las plantas verdes son parte fundamental en el ciclo del carbono.

Las principales funciones de los bosques dentro del ciclo de carbono son: el almacenamiento en su estructura y la absorción por sumideros durante la fase de crecimiento porque toman CO<sub>2</sub> del aire y mediante el proceso de fotosíntesis lo incorporan dentro de sí. Sin embargo, los bosques también pueden ser fuente de carbono ya que emiten CO<sub>2</sub> durante la respiración, cuando mueren y se descomponen y al ser destruidos por deforestación o quema (Locatelli y Karsenty 2002a; UICN 2001).

Según el IPCC (2001a) la destrucción de bosques tropicales representa entre el 10 y 30 por ciento de las emisiones antropogénicas anuales de CO<sub>2</sub>. Por citar un ejemplo, en 1998 un incendio en el Brasil de alrededor de 30.000 km<sup>2</sup> emitió tanto CO<sub>2</sub> como la ciudad de Sao Paulo durante 10 años (Pedroni 2000).

Finalmente, los bosques pueden ayudar a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> cuando se utilizan sus productos para disminuir el uso de combustibles fósiles o para fabricar materiales de construcción que reemplacen a otros (p.e. acero) que para su fabricación utilizan energía y generan emisiones (Locatelli y Karsenty 2002a; UICN 2001).

### **2.1.2 Fijación de carbono como servicio ambiental**

Analizando el ciclo del carbono concluimos que los ecosistemas forestales colaboran en la mitigación del cambio climático generando un servicio ambiental por actividades como:

- Aumentar el secuestro de CO<sub>2</sub> (plantaciones, desarrollo agroforestal)
- Evitar la disminución de reservorios de carbono existentes (lucha contra la deforestación)
- Producir biomateriales y bioenergías

Con base en este conocimiento y dado que las acciones dirigidas a reducir emisiones tienen igual impacto sobre el clima mundial independientemente del lugar donde se ubiquen (Beaumont 1999), surge la alternativa de utilizar los bosques para compensar las emisiones de GEI, reconociendo que este servicio debe tener un valor económico. Para esto se están creando las bases de su implementación en los mecanismos del Protocolo de Kyoto.

### **2.1.3 Acuerdos internacionales**

Desde 1979, cuando la primera Conferencia Mundial del Clima reconoció el problema del cambio climático y la necesidad de tomar acciones mundiales para corregirlo, hasta la Cumbre de la Tierra en

Johannesburgo, en el 2002, se han realizado varias reuniones mundiales y firmado diferentes acuerdos para mitigar los impactos del calentamiento global.

En 1988, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) estableció el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) como organismo encargado de examinar toda información referente al cambio climático, sus impactos y producir reportes periódicos sobre el tema (Pedroni 2000; IPCC 2001b; UICN 2001).

En 1990, el IPCC presentó su primer informe que sirvió de base para negociar y aprobar la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC) durante la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro - 1992. En esta reunión, más de 160 países firmaron la UNFCCC, comprometiéndose principalmente a “estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático” (Artículo 2), pero diferenciando responsabilidades por países de acuerdo a su desarrollo y capacidad (Artículo 3).

Además, en Río los países acordaron realizar un inventario de sus emisiones antropogénicas de GEI, fijando como meta que los países desarrollados reduzcan sus emisiones a los niveles registrados en 1990 para el año 2000. La UNFCCC también reconoce la importancia del principio de precaución y la necesidad de promover el desarrollo sostenible de los pueblos (Artículo 3 y 4).

Dentro de la UNFCCC se constituyó la Conferencia de la Partes (CoP) como órgano supremo encargado de examinar la aplicación de los acuerdos suscritos (Artículo 7, Naciones Unidas 1992).

La primera reunión de la CoP se realizó en Berlín, en 1995, donde se crearon compromisos adicionales para los países desarrollados ya que los adquiridos eran insuficientes. Se estableció así el denominado “Mandato de Berlín”, mediante el cual se encargó a un grupo de expertos *ad-hoc* de preparar un borrador de lo que posteriormente se conoció como el Protocolo de Kyoto (UNFCCC 1995). En Ginebra, en 1996, se reunió la CoP-2, que revisó el segundo informe del IPCC donde se presentaron evidencias que mostraban que las acciones humanas influían sobre el clima mundial (UNFCCC 1996).

La CoP-3 tuvo lugar en Kyoto – Japón, en 1997. La reunión negoció y acordó el “Protocolo de Kyoto”. Este acuerdo cambia en esencia lo establecido en acuerdos anteriores, ya que la reducción de emisiones de GEI pasa de ser voluntaria a obligatoria (UNFCCC 1998). El contenido del Protocolo se describe más adelante.

La CoP-4, en 1998, adoptó un Plan de Acción de dos años para finalizar los detalles pendientes del Protocolo de Kyoto. Se acordó como fecha límite la CoP-6 para conocer de que manera van a trabajar los mecanismos del Protocolo (UNFCCC 1999b). En 1999, la CoP-5 se fijó un itinerario de trabajo para los doce meses que faltaban para el límite del Protocolo (UNFCCC 2000).

En la CoP-6, (La Haya, 2000), no se logró cumplir con el itinerario fijado. Luego de varios días en negociaciones no se llegó a un acuerdo para establecer las reglas del comercio internacional de emisiones, límite en la cantidad de créditos obtenidos por mecanismos de flexibilidad y la inclusión del uso del suelo y el sector forestal en estos mecanismos. La reunión fue suspendida y fue necesario reiniciarla en el 2001 (UNFCCC 2001a).

La CoP6 – Bis se reanudó en Bonn y tuvo un ambiente muy distinto luego del retiro de los Estados Unidos de las negociaciones del Protocolo de Kyoto. En esta reunión se definieron acuerdos sobre la transferencia de fondos entre países desarrollados y países en desarrollo, mayor flexibilidad para el comercio de emisiones y limitaciones a los mecanismos de flexibilidad (UNFCCC 2001b).

En la CoP-7,(Marrakech, 2001), fueron detallados y complementados los acuerdos que se lograron en Bonn, definiéndose, entre otros, los detalles operativos para los proyectos de energía en el MDL. (UNFCCC 2002a). La CoP-8, (Nueva Delhi, 2002), clarificó el funcionamiento y financiación del fondo especial para el cambio climático y las ayudas para educación y capacitación al público sobre el mismo tema. Además, se aprobaron el reglamento para la Junta Ejecutiva del Mecanismo de Desarrollo Limpio y las modalidades y procedimientos para proyectos energéticos de pequeña escala, dejándose las decisiones sobre proyectos forestales para la Cop-9 (UNFCCC 2003a).

### **El Protocolo de Kyoto (PK)**

El Protocolo de Kyoto es un acuerdo internacional y autónomo vinculado a las preocupaciones y principios de la UNFCCC, pero que añade a ésta nuevos compromisos legalmente vinculantes (UNFCCC 2002b).

El Protocolo fue aprobado durante la CoP-3 en 1997 y entrará en vigencia 90 días después de que por lo menos 55 países lo hayan ratificado. Entre estos deben existir países del anexo I de la Convención cuyas emisiones agregadas representen como mínimo el 55 por ciento de las emisiones de CO<sub>2</sub> en 1990 de todos los países del anexo I (Artículo 25).

Para ayudar a cumplir el objetivo mundial de combatir el cambio climático, los países del anexo I, asumieron el compromiso de reducir sus emisiones de los seis principales GEI (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs y SF<sub>6</sub>) en un nivel promedio no menor a 5 por ciento de los niveles registrados en 1990, durante el primer período de compromiso, el cual fue fijado para el período entre el 2008 y el 2012 (Artículo 3). Dentro del Protocolo se establecen dos estrategias para lograr la reducción de emisiones de GEI (Artículo 3):

- Reducción .- Reducir el nivel de CO<sub>2</sub> emitido
- Secuestro .- Aumentar el nivel de CO<sub>2</sub> removido

Para cumplir sus compromisos de reducción, los países del anexo I cuentan con tres mecanismos de flexibilidad:

- Implementación conjunta (JI).- Los países del anexo I pueden transferir o adquirir entre ellos Unidades de Reducción de Emisiones (Emission Reduction Units – ERUs) que pueden resultar de proyectos de reducción de emisiones antropogénicas o de sumideros de GEI (Artículo 6).
- Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).- Los países del anexo I pueden adquirir Reducciones Certificadas de Emisiones (Certified Emission Reductions – CERs), procedentes de actividades de proyectos energéticos y forestales en países no incluidos en el anexo I. El MDL tiene como finalidad ayudar a los países no incluidos en el anexo I a lograr un desarrollo sostenible, contribuir a mitigar el cambio climático y permitir a los países del anexo I cumplir sus compromisos de reducción de emisiones de GEI (Artículo 12). Este es el único mecanismo en el cual intervienen los países en desarrollo.
- Mercado de permisos de emisiones.- Los países del anexo B pueden intercambiar entre ellos derechos de emisiones que resultan de sus cantidades asignadas de emisiones (Assigned Amount Units –AAUs) que les permitan cumplir sus compromisos de reducción (Artículo 17).

## **2.2 POTENCIAL DEL SECTOR FORESTAL TROPICAL PARA LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

Los bosques tropicales pueden ayudar a la mitigación del cambio climático de cuatro diferentes maneras (Beaumont 1999; Locatelli y Karsenty 2002a):

- Creación de sumideros mediante actividades como forestación, reforestación, agroforestería, y regeneración natural de bosques en tierras degradadas.

- Conservación de bosques evitando deforestación, fuegos, ataque de plagas y realizando aprovechamiento de bajo impacto.
- Generación y uso de productos madereros de larga duración, sustituyendo productos cuya fabricación genera muchas emisiones de GEI.
- Sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles.

Todas estas actividades contribuyen a limitar o disminuir la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y por lo tanto coadyuvan para evitar o disminuir los impactos del cambio climático.

### **2.2.1 El Mecanismo de Desarrollo Limpio forestal luego de Bonn y Marrakech**

Durante las reuniones en Bonn (CoP6-bis) y Marrakech (CoP-7) se establecieron reglas sobre el uso y aplicación del MDL en el sector forestal, pero se dejaron las decisiones finales para la CoP-9 en el 2003. En Bonn se estableció, entre otros (UNFCCC 2001c):

- Los países anfitriones de proyectos MDL son los que definen como éstos contribuyen al desarrollo sostenible.
- El MDL, durante el primer período de compromiso (2008-2012), sólo reconoce proyectos de forestación y reforestación; el manejo forestal y la conservación de bosques se podrían considerar para períodos de compromiso futuros.
- Para países de anexo I, el uso de CERs provenientes de proyectos MDL forestales se limita al 1 por ciento de las emisiones de 1990 por año de compromiso. Sin la participación de los Estados Unidos en el PK la cantidad de emisiones del año de base se reduciría en un 36 por ciento a un total de 8.771.284 Gg de CO<sub>2</sub><sup>1</sup>

Marrakech sirvió para reafirmar las decisiones tomadas en Bonn y determinar fechas importantes para los proyectos forestales del MDL (UNFCCC 2002c):

- Facilitar la rápida puesta en marcha del MDL con la aprobación de sus reglamentos.
- Las CERs se expedirán luego de la fecha de registro<sup>2</sup> de las actividades del proyecto. Sin embargo, los proyectos iniciados a partir del año 2000 podrán ser validados y registrados como MDL si su registro se realiza antes del 31 de diciembre de 2005.
- La generación de CERs podrá empezar antes de la fecha de registro de los proyectos, pero no antes del 1 de enero de 2000.

---

<sup>1</sup> Gg = Gigagramos (Fuente: UNFCCC 2003b)

## 2.2.2 Proyectos de venta de carbono en América Latina y El Caribe

A continuación se describen algunas experiencias de proyectos forestales de venta de carbono desarrollados hasta la actualidad.

### a. Fase Piloto de Implementación Conjunta

En la CoP-1 se decidió realizar una Fase Piloto de Implementación Conjunta hasta el año 2000 a la cual denominaron “Actividades Implementadas Conjuntamente” (Activities Implemented Jointly – AIJ). Esta fase no generó CERs pero sirvió para desarrollar experiencias sobre proyectos de mitigación de carbono (UNFCCC 1995; Beaumont 1999; Pedroni 2000).

Desde la década de los 80's hasta la actualidad se han desarrollado varios proyectos forestales con objetivo de secuestro de carbono en América Latina y el Caribe financiados por países incluidos en el anexo 1 de la UNFCCC, entre los más importantes<sup>3</sup>:

- Scolec Té: Secuestro de carbono y manejo forestal sostenible en Chiapas, México
- Proyecto Forestal Privado-PFP: Reforestación y conservación de bosques, Costa Rica
- Proyecto Forestal Klinki: Plantaciones forestales para secuestrar carbono, Costa Rica
- Reforestación comercial en la provincia Chiriquí: Plantación con teca para secuestro de carbono, Panamá
- Proyecto CARFIX: Manejo forestal sostenible, Costa Rica
- PROFAFOR: Programa FACE de Forestación, Ecuador

### b. Iniciativas privadas

El nuevo mercado de emisiones de carbono creó muchas expectativas. En los países se establecieron instituciones estatales y privadas encargadas de identificar y captar las oportunidades para proyectos forestales. El retiro de los Estados Unidos del PK debilitó mucho el proceso, ya que este país representaba el 36 por ciento de las emisiones del año de base (UNFCCC 2003b), lo que redujo considerable el mercado potencial del MDL. Sin embargo, éste y otros países que no ratificaron el PK podrían estar desarrollando proyectos forestales con fines de carbono, lo que también crearía oportunidades para proyectos forestales en América Latina y El Caribe.

---

<sup>2</sup> el concepto se define en el capítulo 2.3

<sup>3</sup> información complementaria sobre los proyectos en Anexo 1

- **Reforest the Tropics ([www.reforestthetropics.org](http://www.reforestthetropics.org))**

Reforest The Tropics, Inc. (RTT) es una organización sin fines de lucro que se encarga de desarrollar e implementar proyectos forestales en Costa Rica que compensan emisiones de CO<sub>2</sub> de empresas y organizaciones en Estados Unidos que lo quieran hacer en forma voluntaria.

Desde 1995, RTT sirve de enlace entre emisores de Estados Unidos y productores de Costa Rica quienes realizan plantaciones forestales. Actualmente, RTT cuenta con 83 ha de plantación en ocho fincas, financiadas por 40 emisores. Su objetivo primordial es lograr más participación de emisores para beneficiar a un mayor número de productores.

- **Peugeot ([www.peugeot.com](http://www.peugeot.com))**

En 1998, la empresa Peugeot y la Oficina Nacional de Bosques Internacionales de Francia (“Office National des Forêts Internacional) crearon un proyecto de sumidero de carbono en Brasil<sup>4</sup>. El objetivo principal fue reforestar 2.500 ha de pastizales utilizando especies nativas, fijando la mayor cantidad de carbono posible, sin afectar la biodiversidad y conservado 7.500 ha de bosque natural.

La vida útil del proyecto es 40 años, un cálculo inicial estimó en 50.000 t C / año la fijación promedio y una inversión de US\$ 10 millones. Aunque no genere CERs, Peugeot espera aportar conocimientos a otros proyectos MDL, así como generación de empleos, apoyo a plantaciones en pequeñas propiedades cercanas y conservación de la biodiversidad (Locatelli *et al.* 2002b).

**c. Iniciativas Nacionales**

Desde 1997, Costa Rica incorporó en su constitución el Pago por Servicios Ambientales con la Ley 7575, donde se aplica el concepto de compensación a propietarios por los servicios que brindan el bosque y las plantaciones forestales. La Ley 7575 reconoce cuatro servicios ambientales:

- Mitigación de GEI
- Protección de cuencas y fuentes de agua para consumo y producción de energía
- Protección de la biodiversidad para su conservación y uso sostenible
- Belleza escénica para fines ecoturísticos

---

<sup>4</sup> información complementaria sobre el proyecto en Anexo 2

Para financiar los pagos<sup>5</sup> la ley faculta al estado costarricense a vender este servicio en el ámbito internacional como CERs. En este caso es el Estado quien realiza la función de enlace entre los emisores y los productores, además es encargado del monitoreo interno de las actividades de los proyectos y responsable de demostrar el cumplimiento de los requisitos establecidos en acuerdos internacionales (Pedroni 2000; FUNDECOR 2001).

#### **d. Iniciativas multilaterales**

##### **- Prototype Carbon Fund ([www.prototypecarbonfund.org](http://www.prototypecarbonfund.org))**

En 1999, el Directorio Ejecutivo del Banco Mundial creó el “Prototype Carbon Fund – PCF” cuya meta principal es movilizar recursos nuevos y adicionales dirigidos a mitigar el problema del cambio climático y contribuir al desarrollo sostenible de los pueblos.

El PCF tiene como principio básico el trabajo con sociedades publicas y privadas, ofreciendo la oportunidad de “aprender - haciendo” y a la vez cumplir los objetivos que se mencionan a continuación:

- Invertir en proyectos que produzcan una alta calidad de reducciones de GEI, los cuales puedan ser registrados bajo los principios de JI y MDL del PK.
- Desarrollar una base mayor de conocimientos sobre negociación en reducción de emisiones y divulgarlos.
- Unir esfuerzos entre entidades públicas y privadas para conseguir mayores fondos destinados a promover el desarrollo sostenible y mitigar el cambio climático.

Actualmente el PCF cuenta con US\$ 180 millones para adquirir reducción de emisiones verificables (emission reductions – REs) de proyectos que van desde el mejoramiento energético hasta reforestación. En Brasil se encuentra el único proyecto forestal financiado con este fondo<sup>6</sup>.

##### **- Biocarbon Fund ([www.biocarbonfund.org](http://www.biocarbonfund.org))**

El BioCF es otro fondo administrado por el Banco Mundial y financiado por entidades publicas y privadas, cuyo objetivo es fomentar proyectos para remover o secuestrar GEI mediante bosques y

---

<sup>5</sup> información sobre montos pagados en Anexo 3

<sup>6</sup> información complementaria sobre el proyecto en Anexo 4

agroecosistemas. Para lograr reducción de emisiones con costos eficientes, promoviendo la conservación de biodiversidad y el desarrollo sostenible, el BioCF actuará mediante dos opciones:

- Actividades de uso de la tierra, cambios de uso de la tierra y reforestación (land use, land-use change and forestry – LULUCF) potencialmente elegibles dentro del PK.
- Proyectos de conservación y secuestro de carbono que producirían emisiones reducidas potencialmente elegibles bajo nuevos programas de venta de carbono, pero no bajo el MDL 2008-2012.

La cartera del fondo tiene una base de US\$ 100 millones e iniciará a trabajar en abril del 2004, los proyectos elegibles para inversión son:

1. Dentro del MDL y JI en países con economías en transición

- Pequeñas reforestaciones para disminuir la erosión y crear barreras rompe vientos
- Reforestación con corredores para comunicar fragmentos de bosque
- Agroforestería y reforestación para rehabilitar tierras degradadas
- Pequeñas plantaciones comunitarias para biocombustible
- Mejoramiento del manejo forestal para aumentar el almacenamiento de carbono

2. Fuera del MDL

- Restauración de bosques degradados con manejo forestal y replantación
- Rehabilitación de tierras secas de pastura con arbustos
- Protección de fragmentos de bosque
- Retención de carbono en vegetación natural reduciendo las quemadas
- **Community Development Carbon Fund ([www.communitycarbonfund.org](http://www.communitycarbonfund.org))**

El Banco Mundial, en colaboración con la Asociación Internacional de Comercio de Emisiones (International Emissions Trading Association – IETA), crearon un fondo para financiar proyectos de carbono basados en el MDL.

El “Community Development Carbon Fund – CDCF” enlaza pequeños proyectos de países en desarrollo que necesitan financiamiento con organismos internacionales interesados en mejorar las

estrategias de vida de las comunidades locales y que buscan obtener REs para negociarlos en mercados alternativos. Este fondo inició su funcionamiento en julio del 2003, con una cartera de US\$ 100 millones.

## **2.3 EL MDL Y LAS PLANTACIONES DE PEQUEÑOS PRODUCTORES**

### **2.3.1 El ciclo de proyectos MDL**

Los proyectos MDL tienen dos ciclos de vida paralelos: uno internacional y otro nacional. El ciclo internacional es resultado de las negociaciones del PK, es igual y obligatorio para todos los países; por el contrario el ciclo nacional está definido por las autoridades locales y es distinto para cada país (Pedroni 2002).

El ciclo internacional se caracteriza por una secuencia de etapas con las cuales es necesario cumplir para poder lograr la generación de CERs.

#### **a. Etapas del proyecto en el ciclo internacional**

Los proyectos MDL serán desarrollados en países no incluidos en el Anexo 1 (países en desarrollo) y deben producir “reducciones de emisiones” las cuales deben ser reales, medibles, de largo plazo, certificadas y adicionales a las que hubiesen sucedido sin el proyecto. Además los proyectos MDL deben contribuir al desarrollo sostenible del país anfitrión (Artículo 12 del PK UNFCCC 2002b).

Un proyecto MDL forestal debe cumplir las siguientes etapas (Lloyd Masters Consulting 2000; Pedroni 2002; Pembina Institute 2002; UNFCCC 2002b):

- Diseño de Proyecto. Elaborado por los proponentes del proyecto bajo reglas y procedimientos del MDL, en este se definen la línea base, plan de monitoreo, entre otros; y las condiciones del proyecto para contribuir al desarrollo sostenible. Para colaborar con los países, la “Junta Ejecutiva (Executive Board – EB)” publica guías y manuales para proyectos MDL forestales<sup>7</sup>.
- Validación. Las “Entidades Operacionales (Operational Entities – OE)” externas al proyecto y acreditadas por la EB examinan el diseño del proyecto y determinan si cumple las reglas del MDL.
- Registro. Recibido y aprobado el informe de la OE, la EB procede a registrar el proyecto. A partir de este momento el proyecto puede generar créditos (CERs).

---

<sup>7</sup> la UNFCCC publicó el Project Design Document-PDD disponible en UNFCCC 2003c

- Monitoreo. De acuerdo al plan establecido en el diseño del proyecto se miden y registran los flujos de GEI atribuibles a las actividades del proyecto dentro y fuera de sus límites.
- Verificación. Realizada en forma periódica por la OE designada, la cual se encarga de revisar las reducciones de emisiones producto del proyecto y de comunicarlas a la EB.
- Certificación. Registro escrito por parte de la EB de la cantidad adicional de emisiones reducidas logradas por el proyecto y verificadas por la OE.
- Expedición de Reducciones Certificadas de Emisiones. La EB una vez recibido y aprobado el informe de verificación emite las CERs del proyecto.

#### **e. Reglas de proyectos MDL forestales**

El diseño de proyectos MDL forestales debe tener en cuenta aspectos técnicos y condiciones establecidas en el PK y en las decisiones subsiguientes de la CoP (p.e. Bonn y Marrakech).

##### **- Línea base y adicionalidad**

Un proyecto MDL forestal debe demostrar adicionalidad (diferencia entre la situación sin y con proyecto) en la reducción de emisiones de GEI. Para establecer si existe adicionalidad es necesario construir una línea base para el proyecto, misma que se fundamenta en el conocimiento de actividades históricas del área, su situación socio económica y circunstancias futuras (Beaumont 1999; Baumert 2000; UICN 2001).

La línea base está asociada a un rango de suposiciones, ya que se establecen tendencias a futuro basadas en el pasado y situación actual. La determinación de la adicionalidad en un proyecto es un tema complejo porque se basa en la construcción de escenarios hipotéticos (Brown 1999; Beaumont 1999; Baumert 2000; UICN 2001).

##### **- Fugas**

Son pérdidas no esperadas en reducciones fuera de los límites espaciales y de procesos del proyecto, producidas por desplazamiento de actividades generadoras de GEI del lugar donde se establece un proyecto a otra zona fuera del mismo, lo que resulta en beneficios menores a los pronosticados. El diseño del proyecto debe incluir fugas y estimar los beneficios reales en reducciones de GEI, también es necesario incluir en el plan de monitoreo la medición de fugas (Beaumont 1999; Brown 1999; UICN 2001).

## - **Permanencia y riesgo**

La permanencia es uno de los principales obstáculos para proyectos MDL forestales, ya que el CO<sub>2</sub> secuestrado siempre tiene el riesgo de volver a la atmósfera (Beaumont 1999).

Los riesgos pueden ser naturales (p.e. fuegos, enfermedades, pestes y eventos climáticos inesperados), producto de actividades humanas (p.e. cosechas de madera, invasiones y robos), cambios en políticas estatales, acuerdos internacionales e inestabilidad financiera. Esto crea alrededor de un proyecto forestal inestabilidad que se podría manejar por medio de algunas estrategias:

- Establecer buenas prácticas de manejo para controlar la ocurrencia de eventos negativos
- Mantener reservas dentro del proyecto (p.e. almacenamiento de carbono que no se venden como CERs)
- Dar crédito al secuestro de emisiones solo después de que éstos se hayan logrado
- Diversificación de proyectos en diferentes áreas
- Seguros

Teniendo en cuenta que el secuestro de carbono es temporal se hace necesaria la existencia de métodos de contabilidad que tomen en cuenta el tiempo de almacenamiento, entre estos podemos citar:

- Ton-year accounting method
- Equivalence adjusted average carbon storage - ACS accounting method
- Temporary crediting - TCERs

Cada método de contabilidad se describe más adelante. El diseño del proyecto debe tener en cuenta la permanencia e incluir riesgos para determinar su factibilidad (Beaumont 1999; Brown 1999; UICN 2001; Pedroni 2002).

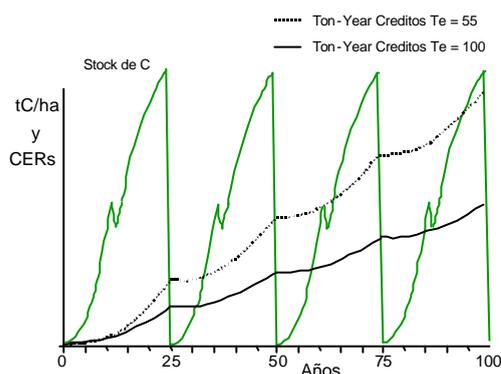
## **f. Métodos de contabilidad créditos**

Aunque todavía la CoP no haya establecido cuales métodos van a ser aprobados dentro del MDL, a continuación se describen cada uno de ellos.

### - **Ton-year accounting method**

Este método asume un “tiempo de equivalencia - Te”, definido como el tiempo que 1 t CO<sub>2</sub> necesita estar almacenada como carbono en la biomasa o en el suelo para compensar los efectos acumulativos de forzamiento radiactivo de 1 t CO<sub>2</sub> durante su período de residencia en la atmósfera. El Te ha sido estimado desde 50 a más de 100 años. Sin embargo en el PK se asume 100 años para efectos de equivalencia de los GEI en función del CO<sub>2</sub> (IPCC 2001a). Una CER puede acreditarse a un proyecto si almacena 1 t de CO<sub>2</sub> durante Te años al igual que si almacena Te t de CO<sub>2</sub> durante un año (Fig. 1).

Este método es ventajoso para el clima porque acredita la compensación del efecto radiactivo acumulado del CO<sub>2</sub> en la atmósfera sobre almacenamiento real, la desventaja es que las CERs se acreditan muy lentamente con el transcurrir del tiempo lo que resulta en un bajo valor presente de los ingresos por venta (Locatelli y Pedroni 2003)

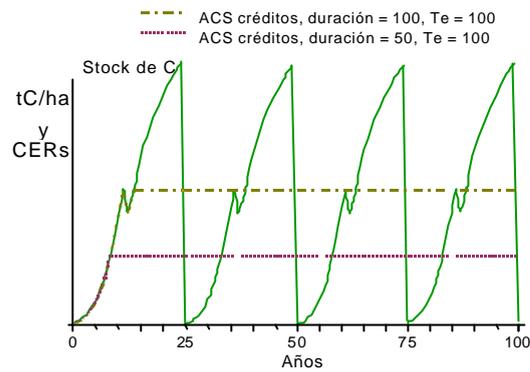


**Figura 1.** Almacenamiento de carbono y acumulación de “ton-year”. (Te = 50 y Te = 100).

### - **Equivalence-adjusted average storage accounting method**

Tiene la misma base teórica que el ton-year, asume un almacenamiento permanente cuando el carbono permanece al menos Te años almacenado. La diferencia es que el total de CERs es calculado como un promedio del CO<sub>2</sub> almacenado en los años de duración del proyecto (Fig. 2).

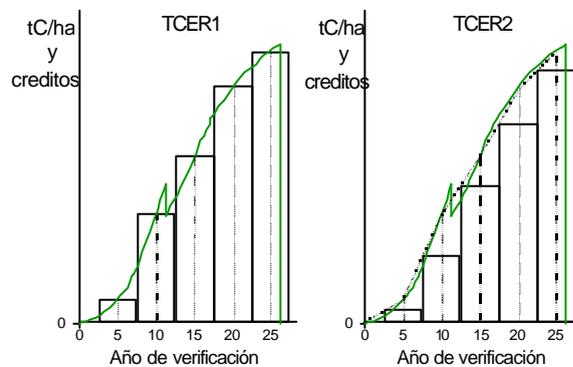
Este método es más atractivo porque las CERs son acreditadas tempranamente, pero la desventaja es que tienen que ser descontadas altamente por riesgo e incertidumbre ya que la venta de créditos se hace por adelantado (Locatelli y Pedroni 2003).



**Figura 2.** Almacenamiento de carbono y acumulación de “ACS”

- **Temporary crediting**

Con este método el proyecto recibe créditos temporales por el almacenamiento de CO<sub>2</sub> equivalente presente en el momento de la verificación. Estos créditos vencen cuando termina la vida útil del proyecto. Para evitar vidas útiles distintas de los créditos, se propuso créditos temporales de vida útil fija (p.e. 5 años). Cuando los créditos generados vencen, el comprador debe adquirir nuevos créditos para compensar sus emisiones (Fig. 3). Los créditos temporales tendrán un mercado paralelo y un precio más bajo que los CERs (Locatelli y Pedroni 2003).

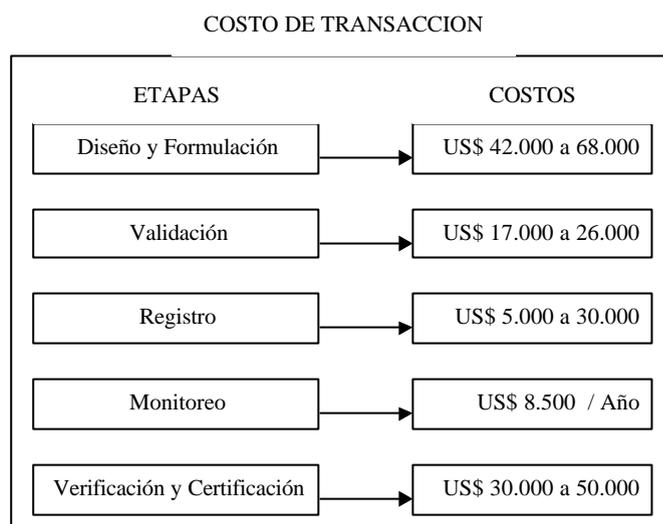


**Figura 3.** Almacenamiento de carbono e histograma de TCER-5.

De acuerdo al método de contabilidad utilizado, un proyecto generará menor o mayor cantidad de CERs, ya que los métodos toman en cuenta distintos factores como riesgo, incertidumbre y tiempo de almacenamiento.

### 2.3.2 Costos de transacción de proyectos MDL

El desarrollo de proyectos MDL tiene implícitos altos costos para cada una de las etapas (Fig. 4). Algunos autores señalan que los costos de transacción pueden llegar a ser hasta el 30 por ciento del costo total del proyecto (Kumar 2003).



**Figura 4.** Costos de transacción en proyectos MDL

Los costos de las etapas citados en la figura 4, son un caso específico (Global Environment Technology Development Department 2003); y pueden ser muy variables, repercutiendo sobre la aplicabilidad de los proyectos MDL forestales para pequeños productores, porque para el desarrollo de estos se necesita una alta inversión inicial hasta llegar a la etapa de Registro luego de la cual se puedan negociar las CERs y obtener ingresos por venta.

## 2.4 POTENCIAL DEL MERCADO DEL CARBONO

Luego de las CoP de Bonn y Marrakech en las que se establecieron nuevas reglamentaciones para el MDL, la demanda de CERs disminuiría considerablemente, debido a que algunos países como por ejemplo Canadá, fueron favorecidos con la inclusión de nuevas actividades acreditables bajo el artículo 3.4 del PK (Samaniego y Castro s.f.).

El retiro de los Estados Unidos del PK y las nuevas regulaciones traería consigo una disminución en el precio de las CERs, lo que repercutirá fuertemente en la importancia de los proyectos del MDL forestal (Samaniego y Castro s.f.; Locatelli y Karsenty 2002a).

En su análisis Samaniego y Castro (s.f.) establecen que los proyectos MDL forestales que se desarrollen en el corto plazo deberán tener otros incentivos y no solamente el servicio ambiental ya que el beneficio de este presumiblemente será solo marginal. Además, según las condicionantes, los países que tengan capacidad de presentar proyectos en la actualidad pueden beneficiarse del MDL en detrimento de otros con una menor capacidad institucional.

Pero no todo es negativo para los proyectos forestales, porque todavía quedan en las negociaciones los métodos de contabilidad que probablemente se van a esclarecer en la CoP-9. La no-permanencia o temporalidad de los créditos de carbono hará que los proyectos del MDL forestal sean más atractivos y requieran de una mayor inversión lo que sí podría contribuir al desarrollo sostenible del país hospedero (Samaniego y Castro s.f.; Locatelli y Karsenty 2002a).

## **2.5 IMPORTANCIA DE UN PROYECTO SOMBRILLA**

Los pequeños productores tienen baja capacidad de negociación y poco acceso a información de mercados y productos, lo cual repercute en el poco interés o desconocimiento de las oportunidades de proyectos MDL forestales. Además, en una plantación forestal, generalmente los ingresos se ven luego de muchos años de espera, lo que genera un problema de flujo de caja que muchos pequeños productores no pueden superar por sí solos.

Samaniego y Castro (s.f.) puntualizan que los altos costos de transacción de los proyectos MDL forestales y los extensos tiempos para su desarrollo hacen recomendable tener un enfoque de asociación o agrupamiento, lo cual facilitaría la inserción de pequeños productores en el mercado internacional.

De esta realidad surgen los proyectos sombrilla, mismos que son la unión de pequeños productores que se enlazan con una entidad superior u organizadora, que es la encargada de canalizar los esfuerzos de los participantes para acceder al mercado internacional del carbono.

La asociación permite aumentar el volumen de producción y reduce los costos de transacción, además el proyecto sombrilla o institución organizadora puede tener otro papel como entidad financiera, adelantando el pago con préstamos que serán devueltos con la venta del almacenamiento de carbono. Podemos citar como ejemplos:

- Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central – FUNDECOR, institución sin fines de lucro que trabaja para proteger y desarrollar bosques en Costa Rica. Realiza actividades que van desde el manejo forestal hasta la implementación de plantaciones, colaborando en la elaboración de planes de manejo, regencia forestal, comercialización de madera, compra de madera por adelantado y pago de servicios ambientales. En la actualidad trabaja con más de 500 productores en alrededor de 40.000 ha en protección de bosque, manejo forestal y reforestación, también colabora con el gobierno en la venta internacional de carbono (FUNDECOR 2003).
- Programa FACE de Forestación – PROFAFOR, institución sin fines de lucro creada para desarrollar plantaciones forestales en Ecuador con el objetivo de secuestro de CO2 financiada por el gobierno de Holanda. Sus actividades principales son el financiamiento y desarrollo de viveros y plantaciones, asistencia técnica en la elaboración de planes de manejo y certificación forestal. En la actualidad posee 23.000 ha de plantaciones con más de 60 por ciento de productores con menos de 80 ha y 38 organizaciones indígenas (PROFAFOR 2003).

Para estas instituciones es importante contar con esquemas financieros adecuados que permitan minimizar los riesgos (p.e. cambios en la tasa de interés) y mejorar su propia capacidad de acceder a créditos, lo que a su vez permitirá involucrar mayor cantidad de productores en la implementación de proyectos.

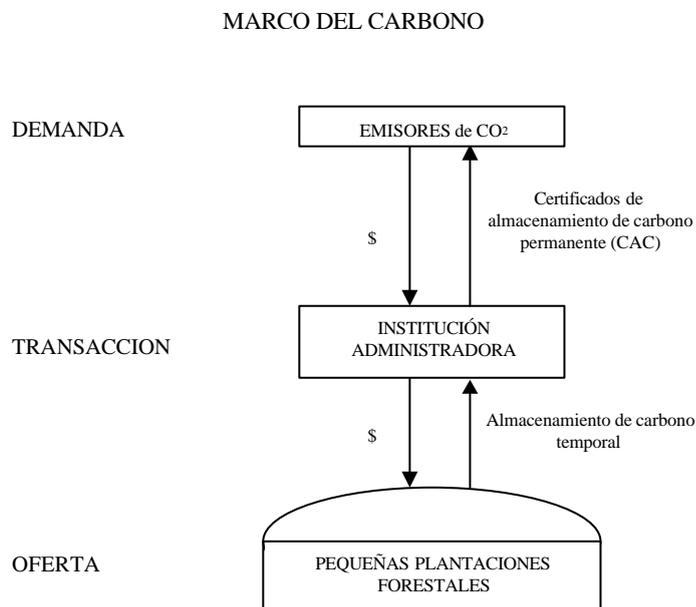
### 3 MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 MARCO GENERAL

El presente trabajo se enfocó en proponer una solución al problema de la no-permanencia del carbono almacenado en plantaciones forestales, involucrando a los pequeños productores en el mercado internacional del carbono con base en un diseño institucional a tres niveles (Fig. 5).

El primer nivel, o demanda, incluye a los emisores de CO<sub>2</sub> interesados en compensar sus emisiones de manera permanente. El segundo nivel, o transacción, comprende la institución administradora (IA) que sirve de enlace entre los niveles uno y tres. El tercer nivel, u oferta, está constituido por pequeños productores que brindan el servicio de secuestro temporal del carbono a través de plantaciones.

Al no poder influir en la demanda, el estudio se enfatizó en el segundo nivel para determinar su efecto sobre la oferta del servicio de secuestro de carbono por pequeñas plantaciones forestales. Se desarrolló un esquema financiero que permitiera a la IA con el pago recibido de los emisores, operar de manera sostenible y pagar a los pequeños productores el servicio de almacenamiento temporal.



**Figura 5.** Diseño institucional a tres niveles

El pago recibido de los emisores de GEI por el servicio de secuestro permanente del CO<sub>2</sub>, tiene que ser superior al pago realizado a los productores, ya que estos últimos solo pueden ofrecer el servicio de

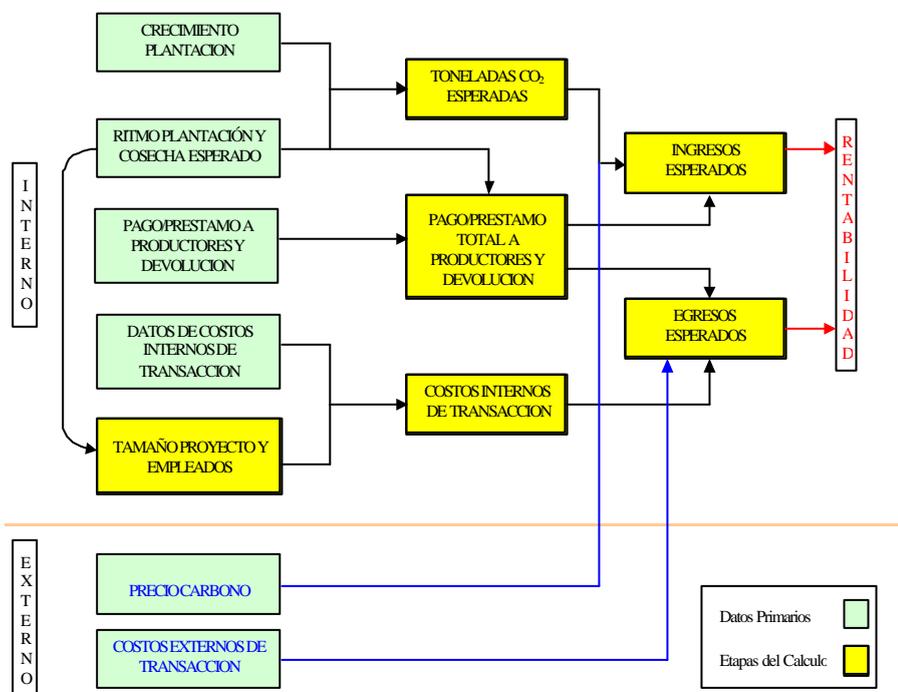
almacenamiento por un tiempo limitado, luego del cual la IA tendría que buscar otros productores para realizar las nuevas plantaciones y así poder mantener el CO<sub>2</sub> almacenado permanentemente.

El modelo institucional y esquema financiero se desarrollaron en el Grupo Cambio Global del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE, con base en información recopilada en Costa Rica y Ecuador mediante encuestas, revisión de información secundaria y muestreo de opinión calificada.

### 3.2 ESQUEMA DEL PROCESO

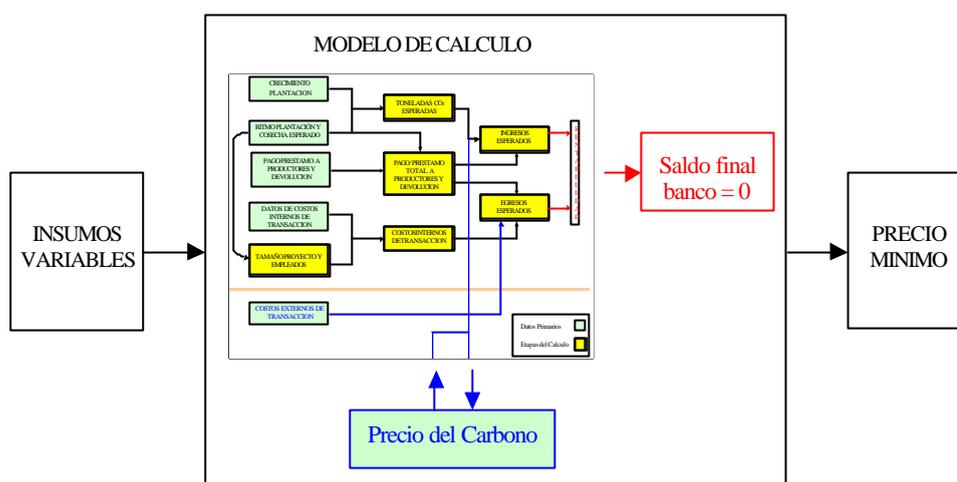
El proceso del trabajo se realizó en dos partes, primero se desarrollaron el modelo institucional y el esquema financiero y posteriormente se realizó la simulación para analizar su viabilidad y sostenibilidad.

El desarrollo del modelo de cálculo se dividió en dos fases: datos primarios y etapas de cálculo (Fig.6). La información necesaria se introdujo en hojas de calculo del programa Excel y con la ayuda de VisualBasic se realizó la programación. Para establecer la viabilidad (saldo bancario final mayor que cero) de un proyecto se probó el modelo con distintas combinaciones entre variables y se estableció la rentabilidad en cada caso.



**Figura 6.** Etapas de desarrollo del modelo de cálculo

El modelo de simulación permitió establecer el precio mínimo aceptable de los certificados de almacenamiento permanente de carbono (CAC)<sup>8</sup> para que un proyecto sea viable (Fig. 7). Se probaron varios escenarios para las interacciones entre los insumos variables que daban como resultado un saldo bancario al final del proyecto cercano a cero. Los cálculos se realizaron utilizando los mismos programas que el modelo de cálculo.



**Figura 7.** Esquema de trabajo del modelo de simulación

La institución administradora establecida es una entidad sin fines de lucro dedicada a financiar pequeñas plantaciones forestales con objetivo de venta de carbono, el tiempo de vida del proyecto es 100 años y se utilizó un tiempo de equivalencia<sup>9</sup> de 100 años (UNFCCC 1997).

### 3.2.1 Datos primarios del modelo

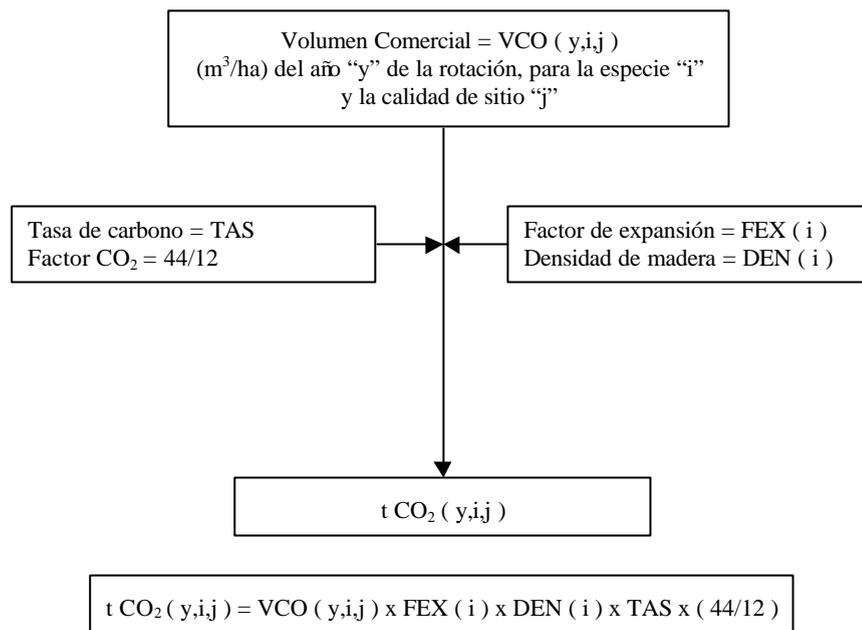
#### a. Crecimiento de plantación

Permitió calcular el carbono total almacenado por especie y calidad de sitio, que posteriormente se utilizó en las etapas de cálculo dentro del modelo (Fig. 8). Los datos necesarios para el cálculo se detallan a continuación.

- **Especie y rotación.**- Se buscó especies que tuviesen rotación: larga, mediana y corta, para las cuales existiera información bibliográfica disponible. Se seleccionaron Teca (*Tectona grandis*), Eucalipto (*Eucalyptus deglupta*) y Melina (*Gmelina arborea*).

<sup>8</sup> Se usa CAC y no CERs por ser un modelo que se encuentra fuera del MDL

<sup>9</sup> el tiempo que 1 t CO<sub>2</sub> necesita estar almacenada como carbono en biomasa o suelo para compensar los efectos acumulativos de forzamiento radiactivo de 1 t CO<sub>2</sub> durante su período de residencia en la atmósfera (IPCC 2001a).



**Figura 8.** Esquema de cálculo del carbono almacenado en 1 hectárea de plantación

Las tablas de volumen comercial se establecieron con base en la información disponible, para Teca en: Alfaro (1990), Chaves y Fonseca (1991), Vallejos (1996), Pérez *et al.* (1999), Pérez *et al.* (2000) y Cirad Forêt (2003); para Eucalipto en: Ugalde (1983), Alfaro (1990), Salas (1993) y CATIE (1994); y para Melina en: Alfaro (1990), Jiménez (1991), Hughell (1991), Murillo y Valerio (1991), Vallejos (1996) y Navarro (1999).

Aunque no es cierto, se asumió el mismo manejo silvicultural para todas las calidades de sitio de una misma especie, esto para tener diferentes escenarios de crecimiento en los cuales no sea necesario cambiar los años de raleo y la rotación.

- **Factor de expansión (FEX).**- Se utiliza para convertir el volumen comercial establecido en volumen total, en el modelo se asumió para todas las especies un factor de 1,5 (IPCC 2001a).
- **Densidad de madera (DEN).**- Es el contenido de materia seca en el volumen total de madera, para el trabajo se tomaron los valores indicados por Chaves y Fonseca (1991), Murillo y Valerio (1991) y CATIE (1994).
- **Tasa de carbono (TAS).**- Sirve para determinar la cantidad de carbono en la materia seca, se tomo el valor 0,5 determinado por el IPCC (2001a).

- **Factor de CO<sub>2</sub>(44/12).**- Permite relacionar el carbono almacenado en la madera con el CO<sub>2</sub> secuestrado del aire, se calcula al determinar la proporción de carbono en una molécula del CO<sub>2</sub> con base en los pesos moleculares de cada elemento utilizando la relación 44/12.

#### **b. Ritmo de plantación y cosecha esperado**

En el modelo se utiliza un ritmo de plantación que garantice la permanencia del área total plantada, si un productor decide cortar la plantación el proyecto realizaría otra plantación para reemplazarla, por el contrario si el productor decide no cortar el proyecto no realizaría otra plantación de reemplazo.

Con la rotación se establecieron ritmos de plantación para cada especie y se usaron escenarios de proyectos: pequeños, medianos y grandes, para los cuales en cada año se plantó la misma especie y calidad de sitio, asumiendo ritmos normales y otros con imprevistos (corta anticipadas y no cortas).

#### **c. Pago/préstamo a productores y devolución**

Para favorecer la participación de pequeños productores dentro del proyecto es necesario financiar parte de la inversión en la plantación. En el modelo se crearon dos esquemas de incentivo: uno como pago y otro como préstamo.

Los datos a utilizarse se establecieron analizando los datos económicos de la plantación y posteriormente se realizaron encuestas para determinar la atraktividad de los esquemas propuestos.

- **Datos económicos de la plantación.**- Se establecieron con base en la revisión de: Ugalde (1983), Alfaro (1990), COSEFORMA (1993), Salas (1993), Gómez y Reiche (1996), Davies (1997), Navarro (1999) y Cirad Forêt (2003). Para el modelo se utilizó como “costo promedio” la suma de costos de los cinco primeros años de una plantación por ser estos los que aseguran un adecuado desarrollo de los árboles.

- **Forma de pago.**- Se estableció en función de la edad de la plantación y se realiza durante los cinco primeros años en partes porcentuales iguales a las del pago por servicios ambientales en Costa Rica<sup>10</sup> (FONAFIFO 2003), con tres valores para el pago y tres para el préstamo.

---

<sup>10</sup> Ver en Anexo3

- **Devolución.-** En el esquema de pago la devolución es cero, ya que se asume que es un pago por el almacenamiento del carbono durante la rotación de la plantación. Para el esquema de préstamo al capital proporcionado se le recarga una tasa de interés anual y la devolución se hace en el momento de la corta.

Parte del valor final a devolver se asume pagado con el almacenamiento temporal del carbono, para esto era necesario establecer diferentes precios internos de carbono de acuerdo al almacenamiento por especie y calidad de sitio. Sin embargo para facilitar los cálculos dentro del modelo el valor final a devolver se estableció como la capitalización del monto préstamo por el tiempo de rotación de la especie plantada, para esto se crearon coeficientes de devolución por especie como una aproximación a esta capitalización.

- **Encuestas.-** Se aplicaron en dos zonas de Costa Rica con diferentes características socioeconómicas, para determinar la disponibilidad a realizar plantaciones bajo los esquemas propuestos y el área de plantación de acuerdo a distintos valores de pago.

Para los productores las variables estudiadas fueron: experiencias anteriores en reforestación con incentivo, el tipo de reforestación y especies más destacadas y la disponibilidad para realizar plantaciones forestales. En el caso de plantaciones forestales se determinó: el esquema de incentivo más atractivo, la oferta de plantación y la disponibilidad a no cortar luego de la rotación. Dentro del esquema de préstamo se estableció: el porcentaje de la venta de madera para la devolución, garantías y devolución por destrucción de la plantación en eventos naturales.

- **Análisis econométrico.-** Se modeló la disponibilidad a realizar plantaciones mediante un modelo “Logit”, utilizando como variables explicativas: área, ubicación, experiencia de reforestaciones anteriores, cultivo de café y ganadería. El objetivo fue determinar su efecto sobre la probabilidad de escogencia de una persona a realizar plantaciones sin incentivos.

De la misma manera se analizaron las variables anteriormente citadas, para determinar su efecto sobre la probabilidad del cambio de respuesta “negativa” a “afirmativa” para realizar plantaciones cuando se ofreció un incentivo.

#### **d. Datos de costos internos de transacción**

Conocer los costos de una institución para brindar asistencia técnica a plantaciones y negociar sus servicios y productos, permite determinar como varían estos costos al cambiar la escala del proyecto.

La información necesaria para el modelo se recopiló mediante muestreo de opinión calificada en instituciones públicas y privadas, tenemos así:

- Ecuador, La Corporación de Desarrollo Forestal y Maderero del Ecuador-CORMADERA, Ing. Pablo Matheus
- Ecuador, Coordinadora de Desarrollo Limpio - CORDELIM, Ing. Daniel Valenzuela
- Ecuador, Programa FACE de Forestación - PROFAFOR, Ing. Luis Fernando Jara
- Costa Rica, Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central - FUNDECOR, Ing. Pedro González e Ing. Pedro Zúñiga
- Costa Rica, Fiscalía Forestal, Cynthia Salas
- Costa Rica, Reforest the Tropics - RTT, Dr. Hester Barres e Ing. Rolando Camacho

Con la información obtenida de la estructura organizacional de: PROFAFOR, CORMADERA y FUNDECOR, se desarrolló el organigrama de la Institución Administrativa (IA). Los costos generales de administración y mantenimiento se establecieron con base en datos de RTT y PROFAFOR, para efectos del modelo se dividieron en costos fijos, variables e inversiones.

Para determinar los cambios en la cantidad de personal respecto a la escala del proyecto se creó una función de crecimiento de personal basados en las regulaciones establecidas en el Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica, citado por Navarro (1999) para la asistencia técnica a plantaciones.

#### **e. Precio del carbono**

Debido a que no se pudo determinar la disponibilidad real de pago por parte de los emisores de GEI, se tomaron los precios internacionales del carbono como una aproximación de esta disponibilidad. Los valores de precio y sus tendencias fueron tomados de Grütter *et al* (2002).

## **f. Costos externos de transacción**

Reconociendo que los proyectos MDL forestales tienen altos costos de transacción y su desarrollo es muy complicado, el presente trabajo se enfocó en un esquema fuera de las reglas del MDL y por tanto no tomó en cuenta los costos en que se incurre dentro de este. Para el modelo se fijó un costo inicial que incluye aspectos como: el estudio de factibilidad, búsqueda de especialistas, socios y compradores; y en general costos de negociación para la venta del carbono en el mercado internacional.

### **3.2.2 Etapas de cálculo**

#### **a. Toneladas de CO<sub>2</sub> esperadas**

El carbono almacenado se calcula anualmente y está en función de la especie, calidad de sitio, edad de la plantación y área sembrada. Plantaciones cosechadas tienen almacenamiento cero, mientras que, aquellas cuya edad es mayor a su rotación, el almacenamiento es igual al del año de rotación.

Para el cálculo, cada año se analiza el área y la edad de todas las plantaciones en pie tomando en cuenta el área plantada en el año de siembra y la rotación, este resultado se multiplica por el almacenamiento anual de acuerdo a la edad, especie y calidad de sitio.

#### **b. Pago/Préstamo total a productores y devolución**

En el pago anual se calcula la edad de las plantaciones, todas aquellas menores a cinco años se multiplica el pago establecido por el porcentaje respectivo para su edad y este resultado por el área plantada en el año de siembra finalmente se totaliza la cantidad de efectivo a desembolsar.

La devolución se calcula estableciendo las plantaciones que están en su año de corta, luego se multiplica el valor del préstamo recibido por el coeficiente de devolución de la especie y por el área plantada.

#### **c. Tamaño de proyecto y empleados**

Como se prevé dar asistencia técnica durante los cinco primeros años de la plantación, el cálculo se realiza con la función de crecimiento de personal y el área de plantaciones cuya edad sea menor o igual a cinco años. El número de personal permite conocer los costos variables anuales de la IA.

#### **d. Costos internos de transacción**

Los costos internos de transacción dependen del tamaño del proyecto, son iguales al presupuesto anual de la IA y se componen de los costos fijos más el costo de inversiones y los costos variables.

#### **e. Ingresos esperados**

Todo el carbono almacenado en las plantaciones se asume adicional. La venta de carbono se hace por adelantado y una sola vez al inicio del proyecto.

Los ingresos por venta de carbono se calculan con el promedio del almacenamiento de carbono durante la vida del proyecto multiplicado por la fracción resultante entre el tiempo de equivalencia<sup>11</sup> y la vida del proyecto, el valor resultante es multiplicado por el precio de venta del carbono.

Los ingresos totales son la suma de los ingresos por venta de carbono más los ingresos esperados por devolución.

#### **f. Egresos esperados**

Los egresos esperados son la totalización de los costos de transacción de la IA tanto internos como externos, se componen de los costos internos de transacción o presupuesto anual más el pago total de los compromisos adquiridos con los productores, sumados los costos externos de transacción.

#### **g. Rentabilidad**

En el modelo de cálculo el indicador financiero de rentabilidad utilizado es el saldo bancario al final del proyecto.

El flujo bancario anual es la diferencia entre los ingresos esperados y los costos esperados, con este flujo creamos el saldo bancario, que es la suma de los flujos de cada año más un interés. Si el saldo bancario anual es positivo el interés aplicado es la tasa pasiva (3 por ciento) y si es negativo se aplica la tasa activa (9 por ciento). Un proyecto se considera rentable cuando el saldo bancario al final del período de vida es mayor o igual a cero.

En el caso del modelo de simulación el indicador de rentabilidad es el precio mínimo aceptable del carbono que hace que el proyecto tenga un saldo bancario mayor a cero.

### 3.3 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

La información que se obtuvo del modelo de cálculo se analizó mediante estadística descriptiva utilizando la viabilidad de los proyectos probados como variable de respuesta. Con los esquemas de pago se analizó la variación anual en el saldo bancario de acuerdo a diferentes precios del carbono.

Con la información del modelo de simulación y en el programa estadístico InfoStat se realizó el análisis de regresión lineal<sup>12</sup> utilizando el precio mínimo como variable dependiente y el almacenamiento total promedio de carbono y pago a los productores como regresoras. El almacenamiento de carbono se utiliza como una aproximación de los insumos variables del modelo mediante la función:

$$\text{Almacenamiento de CO}_2 = f(\text{especie, calidad de sitio, esquema de plantación, ritmo de plantación})$$

De la misma forma se realizó estadística descriptiva con cada uno de los insumos variables del modelo de simulación para determinar su influencia sobre el precio mínimo del carbono que hace un proyecto viable.

---

<sup>11</sup> el tiempo que 1 t CO<sub>2</sub> necesita estar almacenada como carbono en biomasa o suelo para compensar los efectos acumulativos de forzamiento radiactivo de 1 t CO<sub>2</sub> durante su período de residencia en la atmósfera (IPCC 2001a).

<sup>12</sup> El análisis de regresión lineal permite estudiar la relación funcional entre una variable respuesta Y y una o más variables regresoras X. Mediante la regresión se estudia como los cambios en las variables X afectan a la variable de respuesta. Generalmente se modela de forma  $Y = X\beta + e$   $\beta$  = parámetros estimados y e = error aleatorio (InfoStat 2003)

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 DETERMINACIÓN DE LAS ENTRADAS DEL MODELO

#### 4.1.1 Nivel de la oferta

##### a. Crecimiento de plantación

Las tablas 1, 2 y 3 muestran los volúmenes comerciales por año establecidos para cada especie y calidad de sitio utilizadas en el modelo.

**Tabla 1.** Volumen comercial (m<sup>3</sup>/ha ) de Teca (*Tectona grandis*)

Sitio	ALTO			MEDIO			BAJO			
	Año	Acumulado	Extraído	Pie	Acumulado	Extraído	Pie	Acumulado	Extraído	Pie
1		16,60		16,60	6,40		6,40	2,00		2,00
2		39,1		39,10	26,40		26,40	18,00		18,00
3		61,6		61,60	46,40		46,40	33,70		33,70
4		90,9		90,90	68,50		68,50	49,70		49,70
5		121,6	40,70	121,60	91,60	30,70	91,60	66,40	22,22	66,40
5		121,6		80,80	91,60		60,90	44,18		44,18
6		142,5		101,80	107,40		76,70	84,00		61,78
7		163,8		123,10	123,40		92,70	101,00		78,78
8		185,5		144,80	139,80		109,10	119,00		96,78
9		207,3		166,60	156,20		125,50	131,00		108,78
10		229,3	38,10	188,60	172,80	28,70	142,10	143,00	24,39	120,78
10		229,3		150,50	172,80		113,40	96,38		96,38
11		247,0		168,20	186,10		126,70	155,00		108,38
12		264,7		185,90	199,40		140,00	167,00		120,38
13		282,4		203,60	212,80		153,40	179,00		132,38
14		300,1		221,30	226,10		166,70	191,00		144,38
15		317,9	50,80	239,10	239,60	38,30	180,20	204,00	33,43	157,38
15		317,9		188,30	239,60		141,90	123,94		123,94
16		331,9		202,30	250,10		152,40	216,00		135,94
17		345,9		216,30	260,60		162,90	224,00		143,94
18		359,9		230,30	271,20		173,50	233,00		152,94
19		373,9		244,30	281,70		184,00	241,00		160,94
20		387,8	48,90	258,20	292,10	36,80	194,40	250,00	32,18	169,94
20		387,8		209,30	292,10		157,60	137,75		137,75
21		399,1		220,60	300,60		166,10	258,00		145,75
22		410,4		231,90	309,10		174,60	267,00		154,75
23		421,6		243,10	317,60		183,10	275,00		162,75
24		432,9		254,40	326,10		191,60	283,00		170,75
25		444,1	47,70	265,60	334,50	36,00	200,00	292,00	32,28	179,75
25		444,0		217,80	334,60		164,10	147,47		147,47
26		453,2		227,00	341,50		171,00	300,00		155,47
27		462,4		236,20	348,40		177,90	309,00		164,47
28		471,6		245,40	355,30		184,80	317,00		172,47
29		480,7		254,50	362,20		191,70	323,00		178,47
30		489,8		263,60	369,10		198,60	328,00		183,47

**Tabla 2.** Volumen comercial (m<sup>3</sup>/ha ) de Eucalipto (*Eucalyptus deglupta*)

Sitio	ALTO			MEDIO			BAJO			
	Año	Acumulado	Extraído	Pie	Acumulado	Extraído	Pie	Acumulado	Extraído	Pie
0										
1		7,61		7,61	3,30		3,30	1,40		1,40
2		19,15		19,15	7,43		7,43	2,90		2,90
3		38,51		38,51	12,89		12,89	4,60		4,60
4		66,80		66,80	23,70		23,70	7,00		7,00
5		109,46		109,46	39,83		39,83	13,71		13,71
6		158,20		158,20	67,39		67,39	24,69		24,69
7		210,50		210,50	97,13		97,13	39,18		39,18
8		269,00	94,15	269,00	131,80	46,13	131,80	56,70	19,84	56,70
8		174,85		174,85	85,67		85,67	36,86		36,86
9		320,63		226,48	167,62		121,49	75,00		55,16
10		362,80		268,65	205,10		158,97	95,20		75,36
11		400,28		306,13	237,38		191,25	116,30		96,46
12		435,30		341,15	267,28		221,15	139,90		120,06
13		465,11	166,50	370,96	293,21	111,18	247,08	162,24	64,08	142,40
13		204,46		204,46	135,90		135,90	78,32		78,32
14		492,39		231,74	314,90		157,59	183,59		99,67
15		518,13		257,48	332,61		175,30	204,00		120,08
16		542,25		281,60	346,91		189,60	222,18		138,26
17		565,08		304,43	360,00		202,69	237,85		153,93
18		587,80	98,14	327,15	371,80	64,34	214,49	251,60	50,30	167,68
18		229,01		229,01	150,15		150,15	117,38		117,38
19		608,42		249,63	385,83		164,18	264,00		129,78
20		626,40		267,61	399,40		177,75	275,30		141,08

**Tabla 3.** Volumen comercial (m<sup>3</sup>/ha ) de Melina (*Gmelina arborea*)

Sitio	ALTO			MEDIO			BAJO			
	Año	Acumulado	Extraído	Pie	Acumulado	Extraído	Pie	Acumulado	Extraído	Pie
1		11,31		11,31	7,72		7,72	1,53		1,53
2		28,90		28,90	12,90		12,90	4,10		4,10
3		73,95		73,95	34,26		34,26	10,09		10,09
4		121,90	48,76	121,90	58,60	23,44	58,60	18,80	7,52	18,80
4		73,14		73,14	35,16		35,16	11,28		11,28
5		165,74		116,98	86,91		63,47	28,75		21,23
6		203,60		154,84	114,60		91,16	40,00		32,48
7		237,23		188,47	137,27		113,83	49,52		42,00
8		270,00	44,25	221,24	158,80	27,07	135,36	57,80	10,05	50,28
8		176,99		176,99	108,29		108,29	40,23		40,23
9		301,22		208,21	173,62		123,11	65,83		48,26
10		332,30		239,29	187,30		136,79	72,10		54,53
11		346,93		253,92	200,72		150,21	76,52		58,95
12		360,00		266,99	213,00		162,49	79,10		61,53

En la tabla 4 se muestra el resumen de los factores utilizados para el cálculo del carbono almacenado por especie.

**Tabla 4.** Factores de calculo para el almacenamiento de carbono

Especie	Rotación (años)	Factor expansión	Densidad (t/m <sup>3</sup> )	Tasa de Carbono	Factor CO <sub>2</sub>
Teca	30	1,5	0,65	0,5	44/12
Eucalipto	20	1,5	0,59	0,5	44/12
Melina	12	1,5	0,37	0,5	44/12

La tabla 5 muestra el resultado del calculo del carbono total almacenado por especie, calidad de sitio y edad, el mismo que se utilizó como dato primario del modelo.

**Tabla 5.** Volumen de carbono (t CO<sub>2</sub> /ha) almacenado por especie y año de crecimiento

<b>Especie</b>	<b>Teca</b>			<b>Eucalipto</b>			<b>Melina</b>		
<b>Sitio</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
1	29,67	11,44	3,58	12,35	5,35	2,27	11,51	7,86	1,56
2	69,89	47,19	32,18	31,07	12,06	4,71	29,41	13,13	4,17
3	110,11	82,94	60,24	62,48	20,91	7,46	75,24	34,86	10,27
4	162,48	122,44	88,84	108,38	38,45	11,36	124,03	59,63	19,13
5	217,36	163,74	118,69	177,60	64,62	22,24	119,03	64,58	21,60
6	181,97	137,10	110,43	256,68	109,34	40,06	157,55	92,76	33,05
7	220,04	165,70	140,82	341,54	157,59	63,57	191,77	115,82	42,74
8	258,83	195,02	172,99	436,45	213,85	92,00	225,11	137,73	51,16
9	297,80	224,33	194,44	367,46	197,12	89,50	211,85	125,26	49,10
10	337,12	254,00	215,89	435,88	257,93	122,27	243,48	139,18	55,48
11	300,66	226,48	193,73	496,70	310,30	156,51	258,36	152,84	59,98
12	332,30	250,25	215,18	553,52	358,82	194,80	271,66	165,33	62,61
13	363,94	274,20	236,63	601,88	400,89	231,04			
14	395,57	297,98	258,08	376,00	255,69	161,71			
15	427,39	321,93	281,32	417,76	284,42	194,83			
16	361,61	272,42	242,99	456,90	307,63	224,33			
17	386,64	291,18	257,29	493,94	328,86	249,75			
18	411,66	310,13	273,38	530,80	348,01	272,06			
19	436,69	328,90	287,68	405,02	266,38	210,57			
20	461,53	347,67	303,77	434,20	288,40	228,90			
21	394,32	296,90	260,53						
22	414,52	312,10	276,62						
23	434,54	327,29	290,92						
24	454,74	342,49	305,22						
25	474,76	357,50	321,30						
26	405,76	305,66	277,90						
27	422,21	318,00	293,99						
28	438,65	330,33	308,29						
29	454,92	342,66	319,02						
30	471,19	355,00	327,95						
<b>Promedio</b>	<b>337,63</b>	<b>253,77</b>	<b>222,33</b>	<b>349,83</b>	<b>211,33</b>	<b>129,00</b>	<b>159,92</b>	<b>92,41</b>	<b>34,24</b>

#### **b. Ritmo de plantación y cosecha esperados**

En el modelo se utilizaron cuatro esquemas de plantación. El primero o “normal” en el cual todas las plantaciones se cortaban en la rotación óptima para cada una de las especies, el segundo denominado “con imprevistos” en el cual se aplicaba el 10 por ciento anual de riesgo por cortas anticipadas y el 10 por ciento de seguridad de mantener la plantación.

El tercero o “con imprevisto de corta” para el cual se utilizó solamente el 20 por ciento anual de riesgo de corta a la mitad de la rotación y finalmente el esquema cuatro o “con imprevistos sin corta” al cual se aplicó el 20 por ciento anual de seguridad de mantener la plantación por 100 años. En el Anexo 5 se puede observar un ejemplo de los valores utilizados.

### c. Pago/Préstamo a productores y devolución

El costo promedio establecido para los cinco primeros años de una plantación fue de US\$ 1.100 por ha, el resumen de los cálculos se encuentran en el Anexo 6.

- **Esquema de pago.**- Los valores de pago se determinaron como un porcentaje del valor obtenido por la venta del carbono almacenado en una hectárea de especie de crecimiento medio con calidad de sitio medio. Para el modelo se calculó con una hectárea de eucalipto: 211 t CO<sub>2</sub>/ha y tres precios de carbono: US\$ 1, 3 y 5 por t CO<sub>2</sub>, se utilizó esta especie y sitio para representar un almacenamiento promedio.

La diferencia entre el ingreso recibido por la IA, al vender el servicio de secuestro de CO<sub>2</sub> a los emisores y el pago a los productores sirve para garantizar la sostenibilidad financiera de la IA al ser capitalizada a una tasa de interés del 3 por ciento por un tiempo igual a la rotación de la especie. Este ingreso permite a la IA autofinanciarse y mantener fondos para seguir pagando incentivos a las plantaciones de reemplazo que garanticen la permanencia del área total plantada (Tabla 6).

$$\begin{aligned} \text{Condición: } & (\text{Venta} - \text{Pago}) \times (1 + \text{Tasa pasiva})^{13} \text{ Rotación}^{14} = \text{Venta} \\ & \text{Pago} = \text{Venta} \times (1 - (1 / (1 + \text{Tasa pasiva})^{\text{Rotación}})) \\ & \text{Pago} = \text{Venta} \times (1 - (1 / (1 + 0,03)^{20})) \\ & \text{Pago} = \text{Venta} \times 0,44 \\ & \text{Pago} = \text{Almacenamiento} \times \text{Precio}_{\text{CO}_2} \times 0,44 \end{aligned}$$

**Tabla 6.** Cálculo del pago y capitalización de la diferencia

Almacenamiento Promedio (t CO <sub>2</sub> /ha)	Precio (US\$/ t CO <sub>2</sub> )	Venta (US\$/ha)	Pago (44%)	Diferencia (US\$/ha)	Capitalización a 20 años (US\$/ha)
211	1	211	93	118	211
211	3	633	279	354	633
211	5	1.055	464	591	1.055

El pago se aproximó a los valores US\$ 100, 275 y 450 por ha.

- **Esquema de préstamo.**- Los valores utilizados fueron: US\$ 550, 825 y 1.100 por ha y representan el 50, 75 y 100 por ciento del costo promedio calculado. La tasa de interés aplicada es el 9 por ciento

<sup>13</sup>Tasa pasiva igual al 3 por ciento

<sup>14</sup>Rotación de eucalipto 20 años

anual, una parte del préstamo se paga con el almacenamiento de carbono y otra en efectivo al momento de la corta.

El valor de devolución del préstamo en el momento de la corta se estableció como la capitalización del monto prestado a una tasa de interés del 3 por ciento por un tiempo igual a la rotación de la especie plantada. Para facilidad, en el modelo se crearon coeficientes de devolución por especie como una aproximación a esta capitalización (Tabla 7).

$$\text{Devolución} = \text{Préstamo} \times (1 + \text{Tasa pasiva})^{\text{Rotación}}$$

$$(1 + \text{Tasa pasiva})^{\text{Rotación}} = \text{Coeficiente de devolución}$$

$$\text{Devolución} = \text{Préstamo} \times \text{Coeficiente de devolución}$$

**Tabla 7.** Cálculo de los coeficientes de devolución

Especie y rotación (años)	Préstamo (US\$ / ha)	Pago con interés - 9 % (US\$/ha)	Capitalización (1 + Tasa Pasiva) <sup>Rotación</sup>	Coeficiente devolución	Devolución del préstamo	
					Valor en efectivo (US\$/ha)	Con almacenamiento (US\$/ha)
Teca 30	1.100	14.594	2,42	2,5	2.750	11.844
	825	10.946	2,42	2,5	2.062,5	8.883
	550	7.297	2,42	2,5	1.375	5.922
Eucalipto 20	1.100	6.165	1,81	2,0	2.200	3.965
	825	4.624	1,81	2,0	1.650	2.974
	550	3.082	1,81	2,0	1.100	1.982
Melina 12	1.100	3.094	1,43	1,5	1.650	1.444
	825	2.320	1,43	1,5	1.237,5	1.082
	550	1.547	1,43	1,5	825	722

El coeficiente de devolución es una aproximación de factor de capitalización del monto del préstamo, y la diferencia de los intereses se paga con el almacenamiento de carbono temporal, en el Anexo 7 se muestra el almacenamiento temporal y cálculo del precio interno de carbono por especie y calidad de sitio de acuerdo al préstamo y a la devolución.

El pago o préstamo quiere incentivar la participación de los pequeños productores en el desarrollo de plantaciones forestales. En las tablas 8 y 9 se presenta el cambio en el saldo bancario y el valor esperado de la tierra (VET)<sup>15</sup> de una hectárea de eucalipto con calidad de sitio medio cuando se proporciona un pago de US\$ 275 por ha y cuando se entrega un préstamo de US\$ 825 por ha.

En estos ejemplos se muestra, el cambio en el saldo bancario de un productor, si este tuviese que pedir prestado el dinero para realizar la plantación. Lo que se pretende explicar es porque para un productor,

<sup>15</sup> VET es el valor equivalente al valor capitalizado de una serie infinita de ciclos de producción

**Tabla 8.** Saldo bancario de una hectárea de plantación de eucalipto (*Eucalyptus deglupta*) calidad de sitio medio, con capital privado (interés sobre saldo positivo 3% y negativo 9%), con y sin pago.

Edad	Sin incentivo (\$/ha)		Pago	275 (\$/ha)	Con incentivo (\$/ha)	
	Flujo de Caja	Saldo banco con interés			Flujo de caja	Saldo banco con interés
1	-641,30	-641,30	50%	137,50	-503,80	-503,80
2	-142,01	-841,02	20%	55,00	-87,01	-636,15
3	-111,03	-1.027,75	15%	41,25	-69,78	-763,18
4	-128,14	-1.248,38	10%	27,50	-100,64	-932,51
5	-55,19	-1.415,93	5%	13,75	-41,44	-1.057,88
6	-31,93	-1.575,30			-31,93	-1.185,02
7	-31,93	-1.749,01			-31,93	-1.323,61
8	-108,38	-2.014,80			-108,38	-1.551,11
9	-31,93	-2.228,07			-31,93	-1.722,65
10	-31,93	-2.460,53			-31,93	-1.909,62
11	-31,93	-2.713,91			-31,93	-2.113,42
12	-31,93	-2.990,09			-31,93	-2.335,56
13	1.213,28	-2.045,92			1.213,28	-1.332,48
14	-31,93	-2.261,99			-31,93	-1.484,33
15	-31,93	-2.497,50			-31,93	-1.649,86
16	-31,93	-2.754,21			-31,93	-1.830,28
17	-31,93	-3.034,02			-31,93	-2.026,94
18	688,67	-2.618,41			688,67	-1.520,69
19	-31,93	-2.886,00			-31,93	-1.689,49
20	1.958,87	-1.186,88			1.958,87	117,33
VET	387,75				844,17	
<b>Saldo a la corta</b>		<b>-1.186,88</b>				<b>117,33</b>

**Tabla 9.** Saldo bancario de una hectárea de plantación de eucalipto (*Eucalyptus deglupta*) calidad de sitio medio, con capital privado (interés sobre saldo positivo 3% y negativo 9%), con y sin préstamo.

Edad	Sin préstamo (\$/ha)		Préstamo	825 (\$/ha)	Con préstamo (\$/ha)	
	Flujo de Caja	Saldo banco con interés			Flujo de caja	Saldo banco con interés
1	-641,30	-641,30	50%	412,50	-228,80	-228,80
2	-142,01	-841,02	20%	165,00	22,99	-226,40
3	-111,03	-1.027,75	15%	123,75	12,72	-234,05
4	-128,14	-1.248,38	10%	82,50	-45,64	-300,76
5	-55,19	-1.415,93	5%	41,25	-13,94	-341,77
6	-31,93	-1.575,30			-31,93	-404,47
7	-31,93	-1.749,01			-31,93	-472,80
8	-108,38	-2.014,80			-108,38	-623,73
9	-31,93	-2.228,07			-31,93	-711,80
10	-31,93	-2.460,53			-31,93	-807,80
11	-31,93	-2.713,91			-31,93	-912,44
12	-31,93	-2.990,09			-31,93	-1.026,49
13	1.213,28	-2.045,92			1.213,28	94,41
14	-31,93	-2.261,99			-31,93	65,31
15	-31,93	-2.497,50			-31,93	35,33
16	-31,93	-2.754,21			-31,93	4,46
17	-31,93	-3.034,02			-31,93	-27,34
18	688,67	-2.618,41			688,67	658,87
19	-31,93	-2.886,00			-31,93	646,70
20	1.958,87	-1.186,88	Devolución	- 1.650	308,87	974,97
VET	387,75				1.795,42	
<b>Saldo a la corta</b>		<b>-1.186,88</b>				<b>974,97</b>

**Tabla 10.** Análisis del VET por especie y calidad de sitio para una hectárea de plantación sin incentivos, con pago y préstamo a una tasa de descuento del 9 % en el año de rotación.

Especie	Crecimiento	VET sin incentivo	Pago	Préstamo	Devolución en efectivo	VET
Teca	Alto	1.434	100			1.525
			275			1.685
			450			1.846
				550	1.375	1.825
				825	2.063	2.021
				1.100	2.750	2.216
	Medio	781	100			872
			275			1.032
			450			1.193
				550	1.375	1.172
				825	2.063	1.368
				1.100	2.750	1.563
	Bajo	573	100			665
			275			825
			450			985
				550	1.375	965
				825	2.063	1.160
				1.100	2.750	1.356
Eucalipto	Alto	-62	100			40
			275			220
			450			400
				550	1.100	264
				825	1.650	428
				1.100	2.200	592
	Medio	-481	100			-378
			275			-197
			450			-17
				550	1.100	-153
				825	1.650	10
				1.100	2.200	174
	Bajo	-709	100			-609
			275			-426
			450			-246
				550	1.100	-381
				825	1.650	-218
				1.100	2.200	-54
Melina	Alto	1.262	100			1.393
			275			1.623
			450			1.853
				550	825	1.529
				825	1.238	1.662
				1.100	1.650	1.796
	Medio	134	100			265
			275			455
			450			725
				550	825	401
				825	1.238	535
				1.100	1.650	668
	Bajo	-939	100			-808
			275			-578
			450			-348
				550	825	-672
				825	1.238	-539
				1.100	1.650	-405

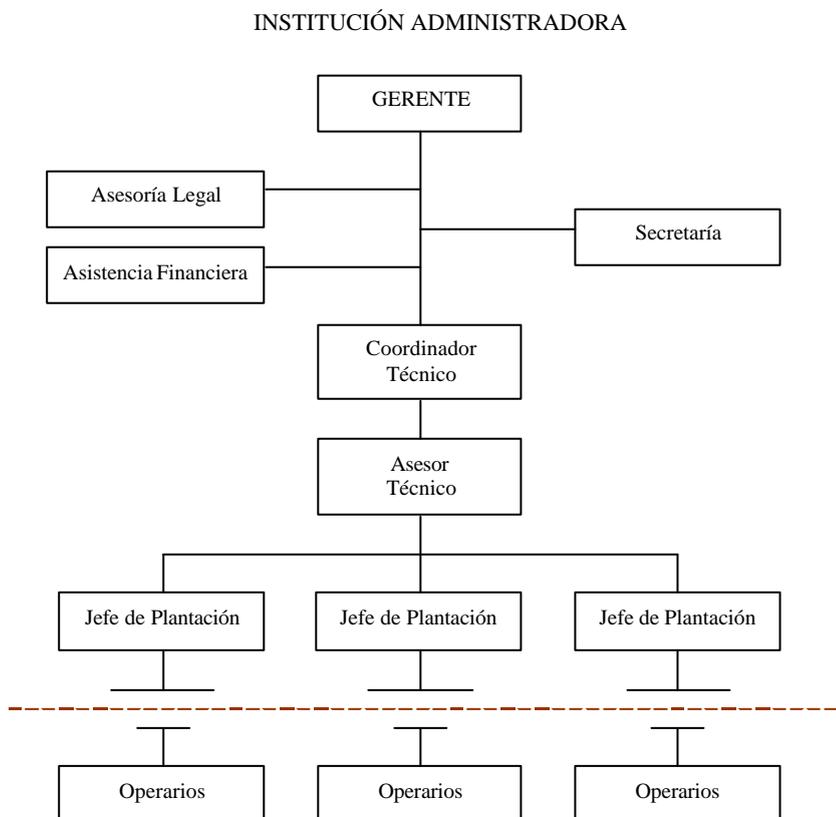
sería atractivo recibir un incentivo. Ya que el incentivo hace que un negocio sea más rentable y por esto, si se trabaja con dinero préstamo, no se llega al final de la plantación con saldo negativo. En la tabla 10 se presenta el resumen de los VETs de una hectárea de plantación por especie y calidad de sitio bajo los esquemas sin incentivo, con pago y préstamo.

Los valores que se muestran en la tabla están sujetos a la incertidumbre de los datos primarios utilizados para su cálculo y al precio de la madera. En todos los casos analizados se puede apreciar que el VET aumenta cuando el valor recibido es mayor sin importar el esquema de incentivo.

#### 4.1.2 A nivel de la institución administradora

##### Modelo institucional (proyecto sombrilla)

El esquema organizacional (organigrama) de la IA (Fig. 9) se desarrolló con base en la estructura de: PROFAFOR, CORMADERA y FUNDECOR. (Anexo 8)



**Figura 9.** Esquema organizacional de la institución administradora

Con base en la información recopilada de RTT y PROFAFOR sobre costos generales de administración y mantenimiento, se establecieron los costos fijos de operación de la IA (Tabla 11). Los costos variables para el personal se elaboraron fundamentados en el organigrama creado (Tabla 12), los detalles del cálculo por ítem se presentan en el Anexo 9. En la tabla 13 se presentan los costos de inversión en equipos generales y del personal nuevo que ingresa a trabajar.

**Tabla 11.** Distribución de costos fijos

<b>COSTOS FIJOS</b>	<b>\$ / año</b>
Oficina	12.000
Impuestos y servicios	20.000
Asesoría Legal	36.000
Asistencia Financiera	20.000
Salario Secretaria	20.000
Subtotal	108.000
Imprevistos (10%)	10.800
<b>TOTAL</b>	<b>118.800</b>

**Tabla 12.** Distribución de costos variables

<b>COSTOS VARIABLES (\$ / año)</b>					
<b>Denominación</b>	<b>Salario</b>	<b>Viajes</b>	<b>Vehículo</b>	<b>Combustible</b>	<b>TOTAL</b>
Gerente General	70.000	6.000	7.000	3.000	86.000
Coordinador Técnico	40.000	4.000	7.000	3.000	54.000
Asesor Técnico	18.000	5.000	9.000	4.000	36.000
Jefe de Plantación	10.000	7.500	11.000	5.000	33.500
<b>TOTAL</b>	<b>138.000</b>	<b>22.500</b>	<b>34.000</b>	<b>15.000</b>	<b>209.500</b>

**Tabla 13.** Distribución de costos de inversión

<b>COSTO INVERSIONES</b>	<b>Dólares</b>
Equipos Generales	30.000
Equipos por persona	25.000

De acuerdo al Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica, citado por Navarro (1999) para proporcionar asistencia técnica a plantaciones menores a 50 ha se necesitan ocho visitas al año con una duración de cuatro horas por visita, con base en esto se estima que se pueden realizar dos visitas al día con cuatro días a la semana dejando un día reservado para el papeleo de oficina.

Con base en esta información se elaboro una función de crecimiento de personal que relaciona el área bajo asistencia técnica y el personal necesario (Tabla 14), consecuentemente un jefe de plantación puede dar asistencia técnica a 50 plantaciones.

$$\text{Jefe de Plantación? } \frac{2 \text{ visitas/día} \times 4 \text{ días/semana} \times 50 \text{ semanas/año}}{8 \text{ visitas/año/plantación}}$$

Jefe de Plantación? 50 plantaciones

**Tabla 14.** Función de crecimiento del personal con la escala del proyecto

Denominación	Número	Relación	Número	Área (ha)
Productor			1	10
Jefe de Plantación	1	Productores	50	500
Asesor Técnico	1	Jefes de Plantación	5	2.500
Coordinador Técnico	1	Asesores Técnicos	5	12.500
Gerente General	1	Coordinadores Técnicos	5	62.500

Para el modelo se utilizó un promedio de 10 ha por productor, asumiendo que es lo mismo un solo productor que la suma de varios más pequeños. Bajo este esquema un jefe de plantación podría brindar asistencia técnica a 500 ha, que es un valor conservador para el rango entre 490 a 1.100 ha que manejan instituciones como CORMADERA, PROFAFOR y FUNDECOR.

En el Anexo 10 se presenta un tabla con cambio en el número de personal de acuerdo al crecimiento del área bajo asistencia técnica. El personal se calcula con base en las ecuaciones:

$$\text{Jefe de Plantación} = \text{Entero} ((\text{Área bajo asistencia técnica} - 1) / 500) + 1$$

$$\text{Asesor Técnico} = \text{Entero} ((\text{Jefe de Plantación} - 1) / 5) + 1$$

$$\text{Coordinador Técnico} = \text{Entero} ((\text{Asesor Técnico} - 1) / 5) + 1$$

$$\text{Gerente General} = \text{Entero} ((\text{Coordinador Técnico} - 1) / 5) + 1$$

Para el personal total existe una restricción en la cual el número de asesores técnicos es cero hasta que el número de coordinadores técnicos en el proyecto sea mayor a cuatro. Esto se hace para evitar gastos innecesarios en personal cuando el área bajo asistencia es menor a 10.500 ha.

$$\text{Personal} = \text{Jefe de Plantación} + \text{Asesor Técnico} + \text{Coordinador Técnico} + \text{Gerente General}$$

#### 4.1.3 A nivel externo

Con base en las proyecciones de la evolución actual del precio de los certificados de carbono de Grütter *et al.* (2003) que se encuentra entre US\$ 2 a 5 por t CO<sub>2</sub> se utilizó en el modelo un punto medio, uno superior y otro inferior, los valores seleccionados son US\$ 1, 3 y 5 por t CO<sub>2</sub>.

Aunque el modelo se encuentra fuera del esquema de MDL se utilizó un costo externo inicial para realizar actividades como el estudio de factibilidad, búsqueda de especialistas, socios y compradores; y en general para negociar la venta del carbono, basados en datos utilizados en los trabajos de Locatelli y Pedroni (2003) y Conservation finance (2003), el valor fijado fue de US\$ 80.000.

#### 4.1.4 Resumen de los insumos utilizados

En las tablas 15, 16 y 17 se presenta el resumen de los insumos fijos y variables utilizados dentro de los modelos de cálculo y simulación con el respectivo número de casos para ser analizados.

**Tabla 15.** Insumos fijos para los modelos de cálculo y simulación

Insumo Fijos		Valor	Unidad			
Duración del proyecto		100	Años			
Tasa activa		9	Porcentaje			
Tasa pasiva		3	Porcentaje			
Tiempo de equivalencia		100	Años			
Costos fijos	Oficina	12.000	Dólares			
	Impuestos y servicios	20.000	Dólares			
	Asesoría legal	36.000	Dólares			
	Asistencia financiera	20.000	Dólares			
	Secretaría	20.000	Dólares			
	Imprevistos	10.800	Dólares			
Costos variables	Gerente General	86.000	Dólares			
	Coordinador Técnico	54.000	Dólares			
	Asesor Técnico	36.000	Dólares			
	Jefe de Plantación	33.500	Dólares			
Inversión	Equipos generales	30.000	Dólares			
	Equipos personales	25.000	Dólares			
Costos externos		80.000	Dólares			
Período de asistencia técnica		5	Años			
Area promedio del productor		10	Hectáreas			
Area bajo asistencia – Jefe de plantación		500	Hectáreas			
Personal	Gerente General	125	Jefe de Plantación			
	Coordinador Técnico	25	Jefe de Plantación			
	Asesor Técnico	5	Jefe de Plantación			
Especies				Teca	Eucalipto	Melina
Rotación	Normal		Años	30	20	12
	Corta anticipada		Años	15	10	6
	Sin corta		Años	100	100	100
Almacenamiento anual de CO <sub>2</sub>		Ver tabla 5	t CO <sub>2</sub> / hectárea			
Porcentaje del incentivo a productores	Año 1	50	Porcentaje			
	Año 2	20	Porcentaje			
	Año 3	15	Porcentaje			
	Año 4	10	Porcentaje			
	Año 5	5	Porcentaje			
Factor de devolución del préstamo				2,5	2,0	1,5

**Tabla 16.** Insumos variables para el modelo de cálculo y total de casos probados

Insumos Variables	Nivel	Unidad	Valores
Especie	Teca, eucalipto o melina		3
Calidad de sitio	Alto, medio o bajo		3
Area plantada anualmente	100, 500 o 1000	Hectáreas	3
Incentivo	Pago (100,275,450), préstamo (550,825,1100)	Dólares / hectárea	6
Precio del carbono	1, 3 o 5	Dólares / t CO <sub>2</sub>	3
Esquema de plantación	Normal, corta anticipada, no corta o mezda		4
<b>TOTAL INTERACCIONES</b>			<b>1.944</b>

**Tabla 17.** Insumos variables para el modelo de simulación y total de casos probados

<b>Insumos Variables</b>	<b>Nivel</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valores</b>
Especie	Teca, eucalipto o melina		3
Calidad de sitio	Alto, medio o bajo		3
Area plantada anualmente	10,50,100, 250, 500 o 1000	Hectáreas	6
Incentivo	Pago (100,275,450), préstamo (550,825,1100)	Dólares / hectárea	6
Esquema de plantación	Normal, corta anticipada, no corta o mezcla		4
<b>TOTAL PRECIOS MINIMOS</b>			<b>1.296</b>

## 4.2 ANALISIS DE LA ENCUESTA

Las 80 encuestas aplicadas en las zonas de Esparza (Puntarenas) y La Suiza (Cartago) permitieron determinar la experiencia en reforestación, las especies a utilizar, la disponibilidad para realizar plantaciones, el esquema de incentivo más atractivo, las garantías para el préstamo y la disposición para mantener la plantación (Anexo 11).

### 4.2.1 Experiencia en reforestación con incentivos

Tres preguntas de la encuesta se refieren a experiencias pasadas de los productores en reforestaciones, reforestación con algún tipo de incentivo y la disposición para volver a repetir la reforestación bajo los mismos esquemas.

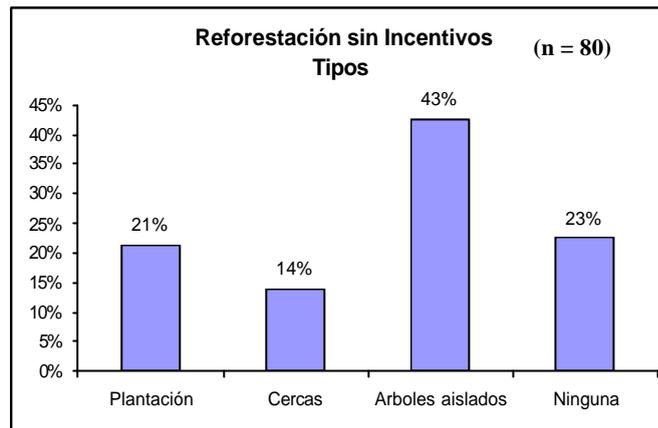


**Figura 10.** Experiencia en reforestación

El 45 por ciento de los encuestados tuvo experiencias anteriores con reforestación, el 13 por ciento recibió un incentivo para realizar esta reforestación, el cual no siempre fue en efectivo sino más bien en artículos como plantas e insumos y solamente el 1 por ciento de los encuestados volvería a realizar reforestación con el mismo esquema. De los encuestados el 41 por ciento no tiene experiencias anteriores con reforestación (Fig. 10)

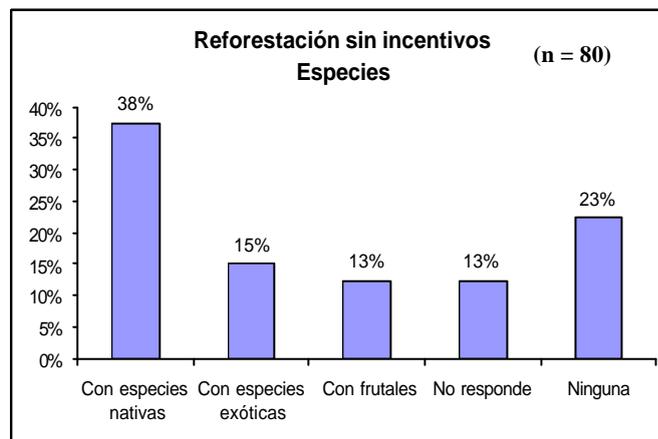
### 4.2.2 Reforestación sin incentivos

Con la pregunta cuatro se obtuvo de los productores su disponibilidad a realizar reforestación sin recibir incentivos, el tipo de reforestación que prefieren para sus fincas y las especies a utilizar.



**Figura 11.** Tipos de reforestación sin incentivos

Del total de los entrevistados que respondieron “sí” a realizar reforestación sin incentivos el 21 por ciento realizaría plantaciones forestales, el 14 por ciento utilizaría árboles en cercas, el 43 por ciento plantaría árboles aislados dentro del cultivo o potrero y un 23 por ciento no está dispuesto a realizar ningún tipo de reforestación (Fig. 11).



**Figura 12.** Grupos de especies seleccionadas para reforestación

Las especies (Anexo 12) para poder analizarlas se las clasificó en frutales, nativas y exóticas. De las respuestas obtenidas de los productores el 38 por ciento utilizaría especies nativas, el 15 por ciento especies exóticas, el 13 por ciento frutales. Un 13 por ciento de los encuestados no respondió a la pregunta y el 23 por ciento no reforestaría. (Fig. 12).

### 4.2.3 Disponibilidad para realizar plantaciones forestales con un incentivo

La pregunta cinco permitió determinar el cambio en la disponibilidad para realizar plantaciones cuando a los productores se les ofreció un incentivo. Ofrecer un pago aumenta la disponibilidad a realizar plantaciones en un 40 por ciento, mientras que el ofrecer un préstamo solamente aumenta la disponibilidad en un 25 por ciento (Fig. 13).

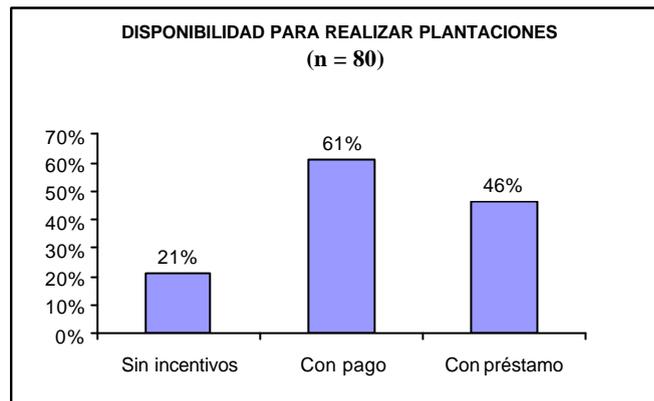


Figura 13. Cambio en la disponibilidad para realizar plantaciones con y sin incentivo

#### a. Oferta de plantación

Las encuestas con respuesta positiva a realizar plantaciones con el pago de incentivos sirvieron para construir la curva de oferta. Esta curva se desarrolló con los cambios en el área a plantar a medida que se incrementaban los valores ofrecidos de pago del incentivo. La curva de oferta de la figura 14 presenta el porcentaje que representa el área a plantar del área total de los encuestados.

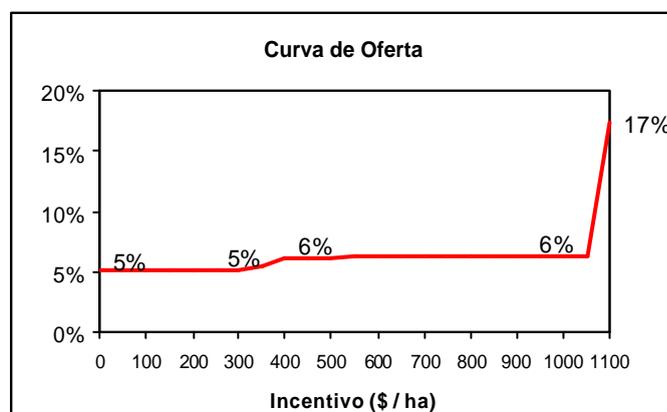
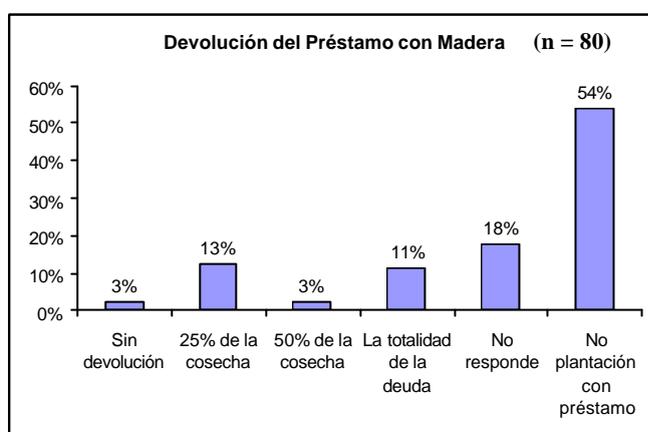


Figura 14. Oferta de plantación en porcentaje del área total de acuerdo al valor del incentivo

Este porcentaje del área total permite determinar cual sería la necesidad de territorio para dedicarlo a plantaciones si se estima realizar una extensión fija de plantaciones. Por ejemplo para un proyecto de Teca con 1000 ha anuales de plantación con un incentivo de US\$ 1.100 por ha se requeriría una región de 182.000 ha.

### b. Devolución del préstamo

A los productores que escogieron el esquema de préstamo se les consultó la cantidad de madera que estarían dispuestos a devolver por el préstamo.

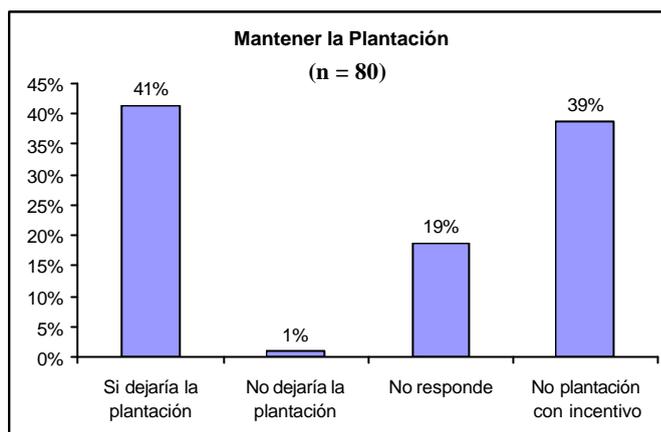


**Figura 15.** Devolución del préstamo con madera

De los encuestados el 3 por ciento expresó que no estaba dispuesto a pagar la deuda con madera, que todo el préstamo se debe pagar con el servicio ambiental que presta la plantación. El 13 por ciento pagaría hasta con un 25 por ciento de la cosecha de madera, el 3 por ciento hasta con un 50 por ciento de la cosecha y un 11 por ciento pagaría toda la deuda con la madera, no importando cual sea el porcentaje de la cosecha que se necesite. De los encuestados el 18 por ciento no responde la pregunta y un 54 por ciento no realizaría plantaciones con préstamo (Fig. 15).

### c. Disponibilidad para mantener la plantación

Esta pregunta se aplicó para conocer el porcentaje de plantaciones que no tendrían que ser replantadas, porque sus dueños no las cortarían si se paga un incentivo. De los encuestados el 41 por ciento dejaría la plantación más allá de la rotación establecida si se vuelve a pagar un incentivo y un 1 por ciento cortaría cuando sea el tiempo de rotación. Un 21 por ciento no responde a la pregunta y el 39 por ciento no realizaría plantaciones con incentivos (Fig. 16).

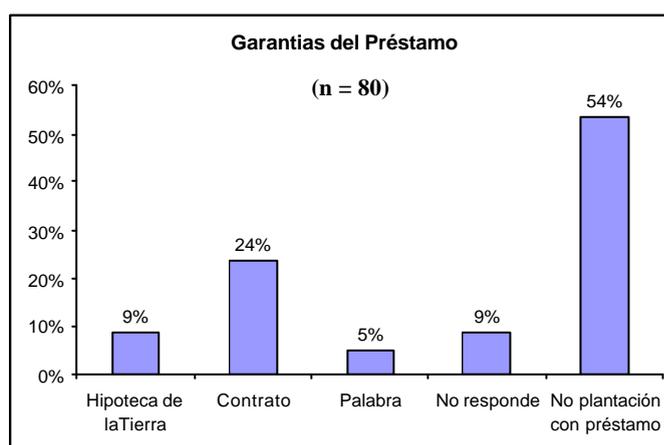


**Figura 16.** Disposición a mantener la plantación

#### **d. Garantías**

La pregunta seis de la encuesta permitió determinar, que estaría el productor dispuesto a ofrecer como garantía de que la plantación no va a ser cortada antes de la rotación establecida.

El 9 por ciento de los productores que realizarían plantaciones están dispuestos a poner como garantía su terreno, el 24 por ciento quisieran un contrato donde se establezca que no se puede cortar y el 5 por ciento manifiestan que su palabra es suficiente. Un 23 por ciento de los productores no responde la pregunta y el 54 por ciento no realizaría plantaciones con préstamo (Fig. 17).

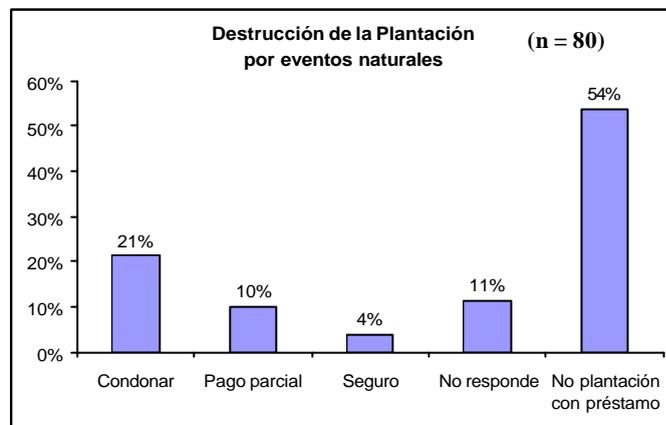


**Figura 17.** Garantías para recibir el préstamo

### e. Eventos naturales

Se determinó que hacer con la deuda del préstamo en caso de que un evento natural destruya la plantación.

El 21 por ciento de los productores piensan que se debe condonar la deuda, el 10 por ciento que se cobre solo una parte del préstamo y el 4 por ciento cree que se debe tener un seguro que cubra el préstamo en caso de estas eventualidades. Un 28 por ciento no responden a la pregunta y el 54 por ciento no realizaría plantaciones con préstamo (Fig. 18).



**Figura 18.** Deuda luego de un evento natural

#### 4.2.4 Análisis econométrico

Las variables obtenidas de la encuesta para su análisis, fueron transformadas en dicotómicas debido a que, con excepción del área las demás tenían distribución discontinua o categórica.

Para las variables dicotómicas las respuestas fueron 0 para negativas y 1 para afirmativas. La variable dependiente fue la disponibilidad para realizar plantaciones y como variables independientes se utilizaron: el área, la ubicación, la experiencia de reforestaciones anteriores, el cultivo de café y la ganadería. La variable ubicación tiene como respuesta 0 para la zona de “La Suiza” y 1 para “Esparza”.

Del primer grupo de modelos Logit desarrollados con las 80 encuestas, ninguno presenta significancia estadística para las variables o sus interacciones.

Para el segundo grupo de modelos Logit, desarrollados con las 63 encuestas que tuvieron respuesta negativa para realizar plantaciones sin incentivos en las que se analizó el cambio de respuesta de “negativa” a “afirmativa” para realizar plantaciones cuando se ofreció un incentivo, solamente se encontró significancia estadística en el modelo para la variable “ubicación” (Anexo 13). El modelo presenta una constante con un valor de 0,18 y un nivel de significancia a un alfa = 0,037 y para la variable ubicación un valor -0,31 con un alfa = 0,02. Esto indica que la probabilidad que un productor realice una plantación cuando se le ofrece un incentivo aumenta para la zona de La Suiza mientras que disminuye para la zona de Esparza.

El efecto de la variable ubicación sobre la probabilidad de realizar plantaciones forestales, cuando se recibe un incentivo, se puede explicar por la situación económica de los productores de La Suiza que tienen como principal cultivo el café cuyos precios bajos hacen que nuevas alternativas de uso de la tierra como las plantaciones sean más atractivas. Por el contrario en Esparza la situación de los ganaderos es mucho mejor por esto su disponibilidad para realizar plantaciones es menor.

### 4.3 ANALISIS DE LOS MODELOS

#### 4.3.1 Modelo de cálculo

##### a. Tipología de proyectos

Al analizar los casos probados en el modelo de calculo se encontró que existía tres tipos de proyectos. Los no viables (NV) cuyo saldo bancario final era negativo, los viables (V) con el saldo final positivo y los viables con restricción (VCR), este último tiene el saldo final positivo pero en el tiempo de duración del proyecto tiene saldos bancarios negativos por lo que se hace necesaria la disponibilidad de capital para un préstamo durante esa época. En la figura 19 podemos apreciar el cambio en el saldo bancario de acuerdo al tipo de proyecto.

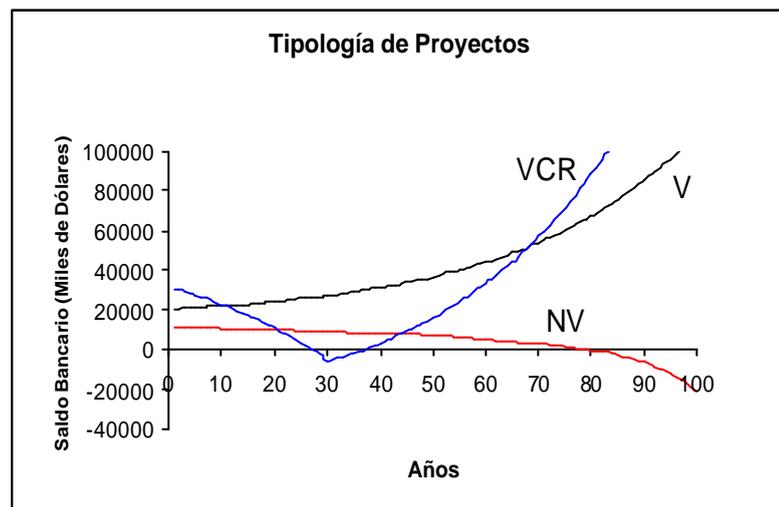


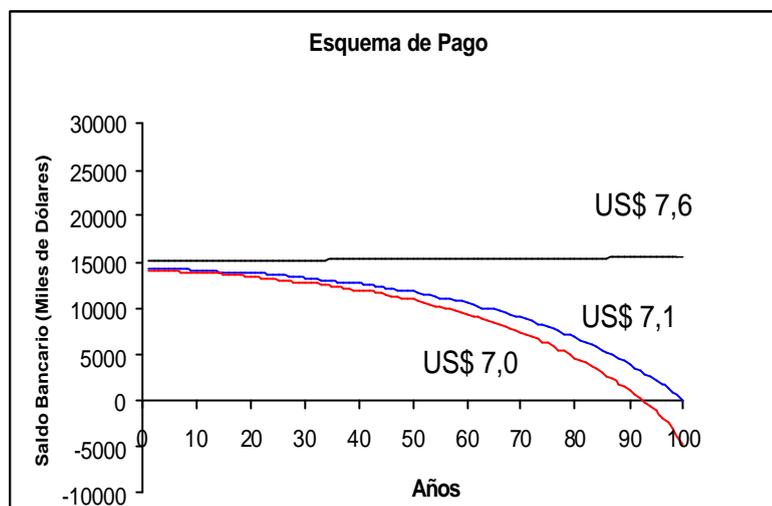
Figura 19. Saldo bancario en diferente tipos de proyecto

##### b. Sensibilidad de los esquemas de incentivo al precio del carbono

La sensibilidad al precio se analizó utilizando un ejemplo para cada uno de los esquemas. Para el pago se utilizó un proyecto de teca en calidad de sitio alto, esquema de plantación normal con 250 ha anuales, US\$ 450 de incentivo y tres diferentes precios del carbono.

En la figura 20 se pueden apreciar los cambios del saldo bancario, con el precio mínimo del carbono para el proyecto de US\$ 7,1 el saldo final es US\$ 18.000, cuando el precio disminuye 10 centavos el

saldo final del proyecto disminuye a US\$ – 4,7 millones. Para un precio 0,5 dólares mayor al mínimo, se aprecia que el saldo bancario se mantiene constante.



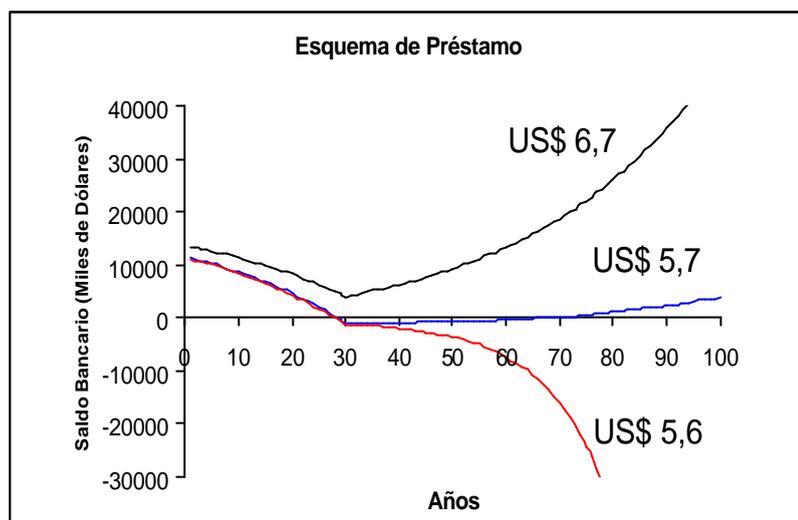
**Figura 20.** Ejemplo de proyecto bajo el esquema de pago con tres precios de carbono

Los cambios en el saldo bancario final muestran que en el esquema de pago, cuando se utilizan el precio mínimo o menores, los intereses generados por la capitalización de la diferencia de pago son menores que el incentivo pagado, lo que hace disminuir el saldo bancario cada año hasta llegar al final del proyecto a cero o menos que este. A medida que los precios del carbono aumentan los intereses de la capitalización son mayores o iguales que el incentivo pagado por esto el saldo bancario se mantiene o aumenta cada año.

El esquema de préstamo muestra una mayor sensibilidad al precio. Para este se probó un proyecto de teca en calidad de sitio alto, esquema de plantación normal con 250 ha anuales, US\$ 1.100 de préstamo, US\$ 2.750 de devolución y tres diferentes precios del carbono. Con el precio mínimo de US\$ 5,7 el proyecto es viable con restricción y tiene un saldo bancario final de US\$ 4 millones, si se disminuye 10 centavos al precio el saldo final es US\$ –201,2 millones. Para un precio 1 dólar mayor al mínimo el saldo final aumenta a US\$ 49,1 millones.

En la figura 21 podemos apreciar los cambios en el saldo bancario anual para los tres precios de carbono probados. Cuando se prueba el precio mínimo, el saldo disminuye en los primeros años llegando a ser menor a cero, posteriormente cuando empieza la devolución de los préstamos el saldo aumenta hasta llegar al saldo final positivo.

Para un precio menor al mínimo, cuando se llega a la etapa de devolución de los préstamos, los intereses negativos generados por el capital son mayores a los pagos por devolución y esto hace que el saldo bancario sea cada vez menor llegando al final a una suma negativa muy grande. Con precios mayores al mínimo el saldo bancario disminuye pero no llega bajo cero y cuando empieza la devolución de los préstamos el saldo bancario aumenta rápidamente.

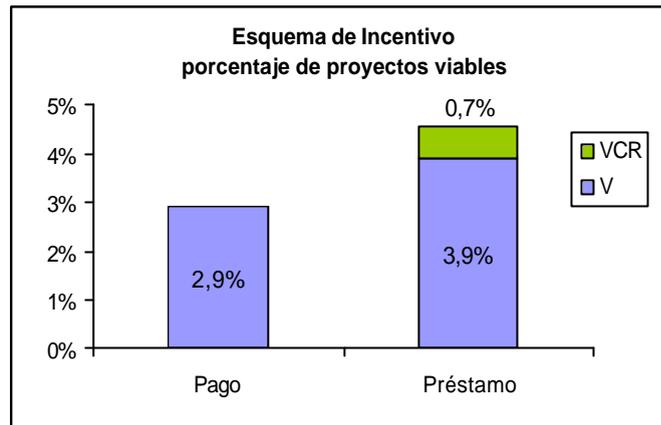


**Figura 21.** Ejemplo de proyecto bajo el esquema de préstamo con tres precios de carbono

### c. Estadística descriptiva

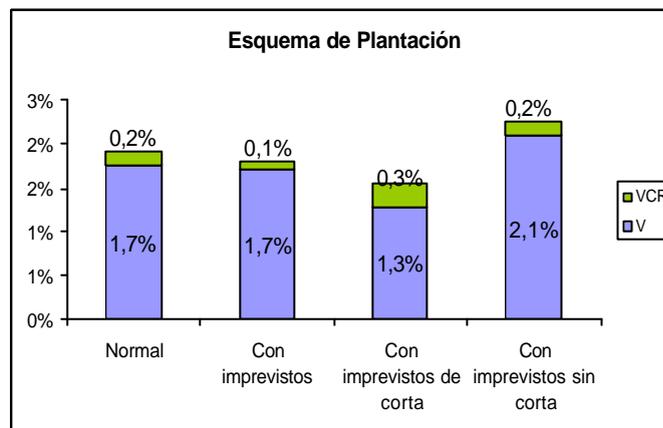
En el modelo de cálculo se probaron 1.944 casos (Tabla 16), de los cuales 146 son viables y de estos 13 viables con restricciones (Anexo 14).

**Esquema de Incentivo.-** El 2,9 por ciento de los casos viables son del esquema de pago y el 4,6 por ciento del préstamo, se puede apreciar en el esquema de préstamo existe un 0,7 por ciento de proyectos viables con restricciones (Fig. 22), aunque en el esquema de préstamo los egresos son mayores existe una mayor proporción de viables debido a la capitalización de los proyectos con la devolución, esto muestra claramente lo establecido sobre la evolución del saldo bancario de la sección anterior. En el Anexo 15 se encuentra el análisis para cada uno de los valores de incentivo.



**Figura 22.** Viabilidad de proyectos de acuerdo al esquema de incentivo

**Esquema de plantación.-** Dentro de los casos viables el esquema “normal” representa el 1,9 por ciento de los proyectos, para el caso “con imprevistos” es el 1,8 por ciento, mientras tanto en los casos extremos de “imprevistos de corta” e “imprevistos sin corta” son el 1,6 y 2,3 por ciento respectivamente (Fig. 23).

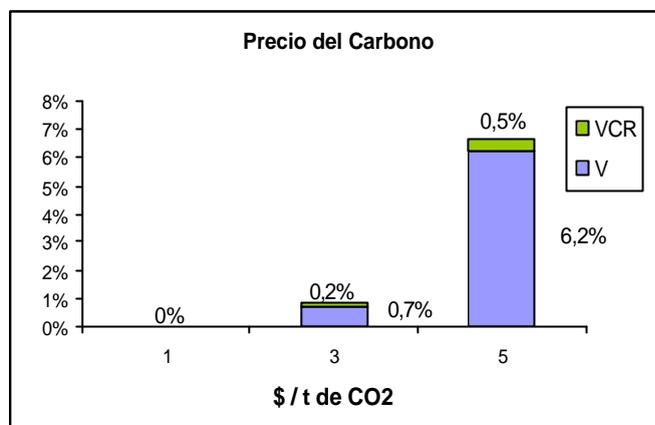


**Figura 23.** Viabilidad de proyectos por esquema de plantación

Los cambios en los porcentajes de proyectos viables muestra que existen diferencias entre los esquemas normal y con imprevistos, esto se puede explicar porque el almacenamiento promedio de carbono en los esquemas sin corta es mayor que en los demás, lo que permite un mayor ingreso inicial y menores desembolsos por pago de incentivos para nuevas plantaciones.

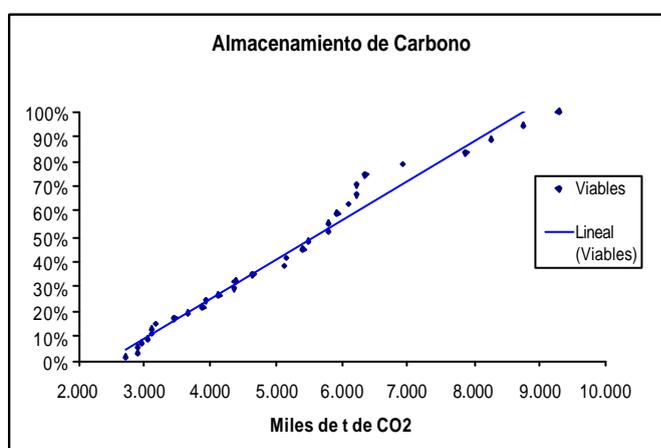
**Precio de carbono.-** La variable precio influye fuertemente en la viabilidad de los proyectos, con los tres precios probados se puede apreciar una tendencia creciente, ya que a mayor precio, mayor es la cantidad de proyectos viables dentro del modelo.

Para US\$ 1 por t CO<sub>2</sub> no existe ningún proyecto viable, con US\$ 3 el 0,9 por ciento y finalmente con un precio de \$ 5 el 6,7 por ciento de los proyectos son viables (Fig. 24).



**Figura 24.** Viabilidad de proyectos por precio de carbono

**Almacenamiento de carbono.-** El promedio de almacenamiento de carbono se tomo como una aproximación de las variables: especie, calidad de sitio y ritmo anual de plantación. En la figura 25 podemos apreciar el cambio en el porcentaje de proyectos viables con el aumento del almacenamiento, a mayor almacenamiento, mayor es el porcentaje de proyectos viables dentro del modelo.



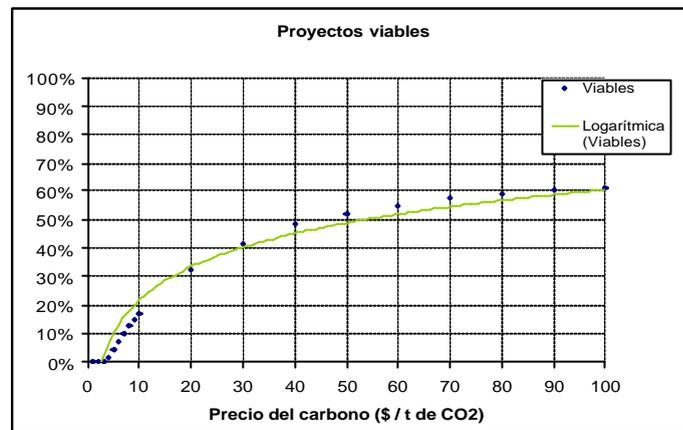
**Figura 25.** Viabilidad de proyectos por almacenamiento total promedio de carbono en el proyecto

El análisis de los proyectos viables para las variables: especie, calidad de sitio y ritmo de plantación, se presentan en el Anexo 15.

### 4.3.2 Modelo de simulación

#### a. Estadísticas descriptivas

El modelo de simulación calcula el precio mínimo para que un proyecto sea viable. El precio mínimo más pequeño es de US\$ 2,25 por t CO<sub>2</sub> representando solamente el 0,09 por ciento de los proyectos viables. En la figura 26 se presenta el cambio en el porcentaje de proyectos viables a medida que el precio aumenta, con US\$ 3 por t CO<sub>2</sub> el 0,46 por ciento son viables y el 0,70 por ciento viables con restricciones, con US\$ 10 por t CO<sub>2</sub> son viables el 17 por ciento y cuando el precio aumenta a US\$ 100 por t CO<sub>2</sub> tenemos el 61 por ciento de los proyectos viables.



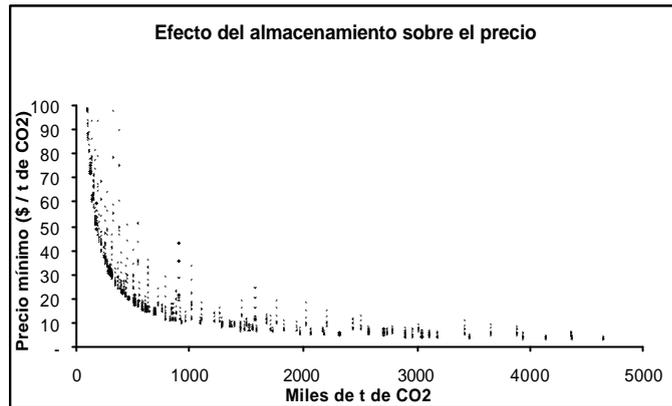
**Figura 26.** Viabilidad de proyectos por precio mínimo de carbono pagado por el emisor

Con el precio mínimo de US\$ 1000 por t CO<sub>2</sub> el 84 por ciento de los proyectos son viables, el 14 por ciento viables con restricción y el 2 por ciento no son viables.

#### b. Análisis de regresión lineal

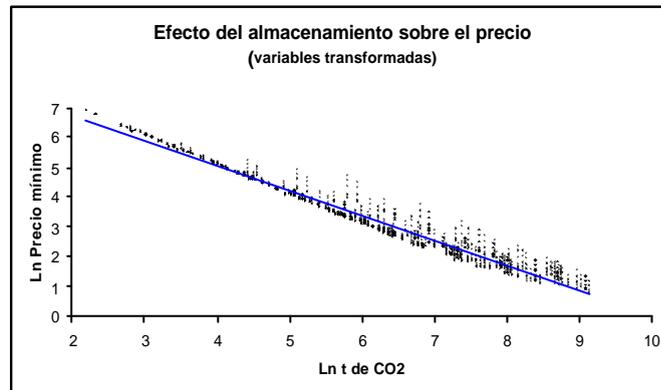
La variable analizada como dependiente fue el precio mínimo del carbono y como variables independientes se analizaron el almacenamiento de carbono<sup>16</sup>, el pago a los productores y la devolución, por no estar relacionadas la primera y las otras dos.

<sup>16</sup> Almacenamiento de CO<sub>2</sub> =  $f(\text{especie, calidad de sitio, esquema de plantación, ritmo de plantación})$



**Figura 27.** Distribución del precio mínimo con el almacenamiento total promedio de carbono en el proyecto

En la figura 27 se puede apreciar que las variables precio y almacenamiento no tienen distribución lineal, por esta razón tuvieron que ser linealizadas antes del análisis aplicándoles el logaritmo natural (ln) (Fig. 28). Para introducir en el análisis a la variable devolución, por tener esta el mismo valor para los tres pagos, se la transformó en dicotómica con valor 0 para el pago y 1 para el préstamo.



**Figura 28.** Distribución lineal del ln precio mínimo con el ln almacenamiento de carbono

El análisis de regresión lineal se realizó entre la variable dependiente “ln precio mínimo” y las regresoras “ln almacenamiento de carbono”, pago al productor y devolución. El modelo obtenido es altamente significativo a un alfa <math><0,0001</math> por ciento y con un  $r^2$  de 0,97.

Todas las variables regresoras son altamente significativas a un alfa <math><0,0001</math> por ciento, los signos de los coeficientes de los estadísticos calculados muestran la influencia de las variables sobre el precio mínimo. Para el pago el signo es positivo, mientras que, para el almacenamiento y la devolución es negativo. El resumen del análisis se presenta en el Anexo 16.

Con la información de los estadísticos calculados se construyó el modelo empírico del proyecto, el cual permite predecir el precio mínimo del carbono que debe pagar el emisor a la IA para que el proyecto sea viable dado un almacenamiento total promedio de carbono, el pago en US\$/ha y la devolución.

$$\text{Precio mínimo} = 1468864,19 \times t \text{ CO}_2^{0,84} \times 1,0002^{\text{Pago}} \times 0,7866^{\text{Devolucion}}$$

Para probar el modelo empírico se realizaron seis ejemplos utilizando los esquemas de pago con dos valores para cada uno y dos almacenamientos iguales.

En la tabla 18 podemos apreciar que los precios mínimos son altamente influenciados por el almacenamiento de carbono. En el esquema de incentivo, comparando los ejemplos 1 y 3, un cambio en el almacenamiento manteniendo el pago y la devolución constantes hace que el precio aumente US\$ 1,17; mientras que, comparando los ejemplos 1 y 2, cambios en el pago manteniendo el almacenamiento constante solamente hace que el precio aumente US\$ 0,31. Esta misma tendencia se puede observar en los ejemplos elaborados para el esquema de préstamo.

Cuando se cambia el esquema de pago, en los ejemplos 1 y 5, podemos apreciar que manteniendo el mismo almacenamiento y aunque el incentivo aumenta en US\$ 1.000, el precio mínimo disminuye en US\$ 0,17.

**Tabla 18.** Cálculo del precio mínimo utilizando el modelo empírico

Ejemplo	Almacenamiento (miles t CO <sub>2</sub> /ha)	Pago (US\$/ha)	Devolución	Precio (US\$/t CO <sub>2</sub> )
1	4.000	100	0	4,26
2	4.000	450	0	4,57
3	3.000	100	0	5,43
4	4.000	550	1	3,67
5	4.000	1.100	1	4,09
6	3.000	550	1	4,67

### 4.3.3 Modelo general

Para el análisis del diseño general del modelo, se eligieron aquellos proyectos establecidos en el modelo de simulación que cumplen con una condición de precio internacional del carbono y de saldo bancario siempre positivo.

Se seleccionaron aquellos proyectos cuyo precio fue menor o igual a US\$ 5 por t CO<sub>2</sub>, establecido como límite superior en los estudios de Grütter *et al.* (2003), además que fuesen viables sin restricciones. Los esquemas de plantación seleccionados fueron el “normal” y “con imprevistos” para representar mejor la realidad, sin tomar en cuenta casos extremos de “imprevistos sin corta” e “imprevistos de corta”.

En la tabla 19 se muestran los 31 proyectos que cumplen las condiciones establecidas. El proyecto con el precio más bajo establecido es US\$ 2,61 por t CO<sub>2</sub>, este puede ser el más viable para la IA pero hay que tomar en cuenta el punto de vista del productor para determinar la atractividad.

Para los productores un proyecto atractivo es aquel que financia su inversión y le permite utilizar la especie de mayor valor comercial, con la que obtendrá las mejores ganancias. Para el productor el proyecto más viable que tiene el precio de carbono más pequeño es aquel que usa Teca con calidad de sitio alto, da un préstamo de US\$ 550 por ha y tiene un precio de US\$ 3,22 por t CO<sub>2</sub>.

El esquema de incentivo más viable para la IA es el pago, porque el egreso de efectivo es menor y por tanto la sostenibilidad financiera es más fácil de alcanzar, para el esquema de préstamo el máximo valor a prestar es US\$ 825 por ha, porque un financiamiento del total del costo promedio de plantación con un precio de carbono menor a US\$ 5 por t CO<sub>2</sub> hace que todos los proyectos sean viables pero con restricción.

El proyecto más viable para la IA en el presente trabajo es el que tiene un esquema de plantación con imprevistos, 1.000 ha anuales de teca en calidad de sitio 1, esto da un almacenamiento total de 8.748.427 t de CO<sub>2</sub> con un pago a productores de US\$ 100 por ha y un precio de US\$ 2,61 por t CO<sub>2</sub> almacenada. Con este ritmo de plantación se tiene como beneficiarios a no menos de 3.100 productores para un área promedio de 10 ha.

**Tabla 19.** Proyectos viables para el modelo general

Caso	Especie	Esquema de plantación	Calidad sitio	Ritmo Anual (ha/año)	Pago Total (US\$/ha)	Devol. (US\$/ha)	t de CO2 (miles)	Precio Mínimo (US\$/t CO <sub>2</sub> )	Tamaño Max. (ha)
1	Teca	Imprevistos	1	1.000	100	0	8.748	2,61	31.000
2	Teca	Normal	1	1.000	100	0	8.268	2,76	31.000
3	Eucalip	Normal	1	1.000	550	1.100	6.098	2,96	21.000
4	Teca	Imprevistos	1	500	550	1.375	4.374	3,22	15.500
5	Teca	Imprevistos	1	1.000	275	0	8.748	3,22	31.000
6	Teca	Imprevistos	1	500	100	0	4.374	3,42	15.500
7	Teca	Normal	1	1.000	275	0	8.268	3,43	31.000
8	Eucalip	Imprevistos	1	1.000	100	0	6.355	3,54	21.000
9	Teca	Normal	1	500	100	0	4.134	3,59	15.500
10	Teca	Normal	2	1.000	100	0	6.212	3,68	31.000
11	Eucalip	Normal	1	1.000	100	0	6.098	3,74	21.000
12	Teca	Imprevistos	1	1.000	450	0	8.748	3,83	31.000
13	Teca	Imprevistos	3	1.000	100	0	5.794	3,92	31.000
14	Eucalip	Normal	1	500	825	1.650	3.049	3,98	10.500
15	Teca	Imprevistos	1	500	275	0	4.374	4,04	15.500
16	Eucalip	Normal	1	500	550	1.100	3.049	4,09	10.500
17	Teca	Normal	1	1.000	450	0	8.268	4,10	31.000
18	Teca	Imprevistos	2	1.000	100	0	5.475	4,15	31.000
19	Teca	Normal	3	1.000	100	0	5.420	4,20	31.000
20	Teca	Normal	1	500	275	0	4.134	4,26	15.500
21	Eucalip	Imprevistos	1	1.000	275	0	6.355	4,38	21.000
22	Teca	Normal	2	1.000	275	0	6.212	4,56	31.000
23	Teca	Imprevistos	1	500	450	0	4.374	4,65	15.500
24	Eucalip	Normal	1	1.000	275	0	6.098	4,65	21.000
25	Eucalip	Imprevistos	1	500	100	0	3.177	4,69	10.500
26	Teca	Normal	2	500	100	0	3.106	4,78	15.500
27	Teca	Imprevistos	3	500	550	1.375	2.897	4,85	15.500
28	Teca	Imprevistos	3	1.000	275	0	5.794	4,85	31.000
29	Eucalip	Normal	1	500	100	0	3.049	4,87	10.500
30	Teca	Normal	1	500	450	0	4.134	4,93	15.500
31	Eucalip	Normal	2	1.000	550	1.100	3.658	4,93	21.000

## **4.4 DISCUSION**

### **4.4.1 Los productores**

En el análisis de la reforestación sin incentivos, se puede apreciar que los productores tienen una mayor inclinación a plantar árboles aislados que a realizar plantaciones. Esto se da porque hay convencimiento por parte de los productores que sembrar árboles es bueno, pero para realizar plantaciones tienen como limitantes falta de dinero y terreno. A pesar de que actividades como agroforestería o silvopastoriles sean más atractivas para los productores, porque permiten mantener un flujo de capital anual para el sustento familiar y a la vez plantar árboles que sirven de reservas para el futuro, los compradores de carbono por intermedio de la IA están interesados en financiar plantaciones forestales

En la encuesta se aprecia una mayor tendencia de los productores a utilizar especies nativas en la reforestación. Esto tiene que ver con el conocimiento ancestral de las bondades de los árboles nativos, sumado a malas experiencias anteriores con especies maderables exóticas. Además se observó que los productores piensan que las plantaciones forestales se deben realizar con especies exóticas y cualquier otro tipo de reforestación con especies nativas.

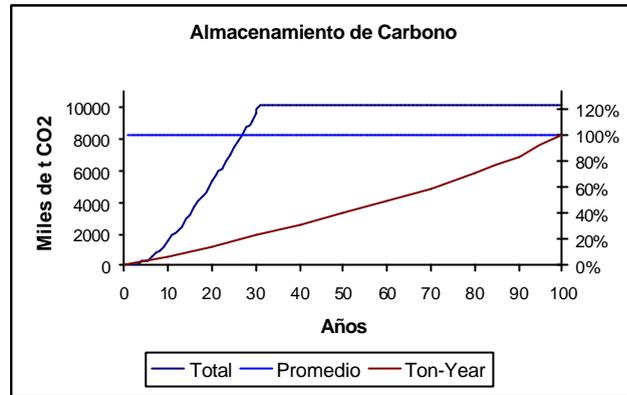
Con base en las encuestas también se establece que el esquema de incentivo más aceptado para realizar plantaciones forestales es el pago. Esto es contradictorio con el resultado obtenido en el cálculo financiero de la plantación, para el cual sin importar si se recibe un pago o un préstamo, la rentabilidad de una hectárea es mayor, mientras mayor sea el incentivo. Al parecer en la decisión del esquema de incentivo está implícito el deseo de los productores de recibir dinero sin dar nada a cambio.

Al analizar la oferta de plantación por parte de los productores, encontramos que mientras menor sea el incentivo, mayor es el área total de territorio necesaria para cumplir con las plantaciones, esto ocurre porque con un pago bajo los productores solo dedican un pequeño porcentaje de su propiedad a plantaciones, a medida que el incentivo aumenta este porcentaje también aumentará.

### **4.4.2 La permanencia del carbono almacenado**

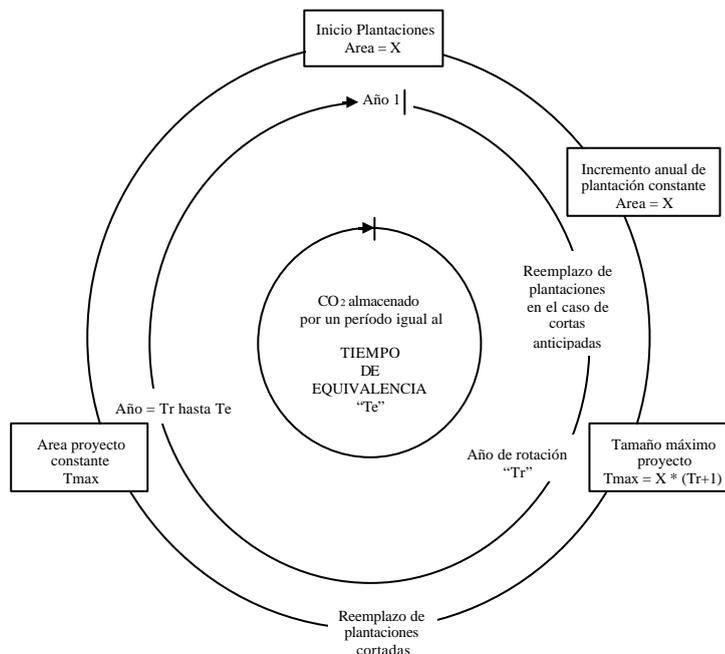
La solución que se presenta para el problema de la permanencia del carbono, está dada por el mantenimiento de una cantidad promedio de carbono almacenada en un área total de plantación por un período de tiempo igual al tiempo de equivalencia (Fig. 29). Esto se consigue plantando cada año un

área igual hasta conseguir el área total fijada y de ahí en adelante se mantiene el área total constante (Fig.30).



**Figura 29.** Evolución del almacenamiento de carbono en el proyecto

En un caso normal de plantación, cuando un productor decide cortar en el año de rotación establecido, el proyecto reemplaza la plantación con una similar y así se mantiene el área constante. Por el contrario en el caso de presentarse imprevistos de cortas por adelantado, el sembrar un área similar podría no permitir alcanzar inmediatamente la misma cantidad de carbono, en estos casos sería necesario que la IA aumente el área de reemplazo para compensar el almacenamiento promedio, con lo que se podría ver afectada la sostenibilidad financiera.



**Figura 30.** Esquema de solución a la permanencia

Para estos casos y de acuerdo a los esquemas de incentivos, la IA tiene que asegurar que los productores cumplan con el tiempo establecido para no cortar las plantaciones. En el esquema de préstamo, existe como garantía el valor de devolución que permitiría financiar el área excedente a plantar, pero en el esquema de pago sería necesario incluir otro tipo de garantías que aseguren que los productores no cortarían las plantaciones antes del tiempo establecido (p.e. hipotecas).

Para el caso contrario, si un productor llegado el momento de la corta decide no hacerlo, la IA tendría que disminuir el área de reemplazo, porque el carbono promedio almacenado sería mayor al establecido. Esto podría favorecer la sostenibilidad financiera al disminuir la necesidad de personal para brindar asistencia técnica a las plantaciones de reemplazo, sin embargo la IA tendría que retribuir en efectivo el servicio ambiental de las plantaciones que siguen después del año de rotación previsto.

#### **4.4.3 La sostenibilidad financiera**

Para que el proyecto desarrollado sea sostenible se estableció un esquema financiero que permite a la IA mantener sus actividades por un tiempo de 100 años de acuerdo a un precio de venta de carbono fijado internacionalmente.

En el esquema financiero la IA recibe una cantidad de dinero al inicio del proyecto por la venta por adelantado de todo el carbono promedio almacenado, coloca ese dinero en el banco a una tasa interés fija y con la generación de intereses cubre sus costos operacionales y los pagos a los productores que realizan las plantaciones forestales.

Cuando la IA toma un precio establecido tiene que conseguir una combinación entre el pago a los productores y el área de plantación que le permita conseguir la sostenibilidad, cuanto mayor sea el pago, mayor tiene que ser el ingreso inicial.

El pago puede aumentarse pero llega un momento en el cual si ese pago no se convierte en un préstamo, es decir que productores retornen parte del capital a la IA luego de que se ha cumplido la rotación de la plantación, no se alcanza la sostenibilidad. Este ingreso por devolución de préstamos, ayuda a la IA a mantener su liquidez y seguir financiando las plantaciones que permiten el cumplimiento de la permanencia del almacenamiento de carbono.

Por ser la IA una entidad sin fines de lucro debería procurar que el proyecto desarrollado tenga una evolución del saldo bancario estable con tendencia a llegar a cero al final, es decir la IA tendría que

adaptar su esquema de pago al crecimiento de su capital bancario, esto le permitiría aumentar el pago a los productores y a la vez mantener reservas para el caso de presentarse imprevistos.

#### **4.4.4 La institución administradora**

La IA creada trata de representar lo más cercano posible a la realidad, porque se basa en información actualizada de instituciones que se dedican a labores de reforestación similares a las establecidas como objetivos del proyecto.

En el proyecto se puede apreciar que la mayor carga de los costos de transacción está representada por los costos operativos de la IA, por esto cuanto menor sea el área total de plantación, mayores serán los costos de transacción por hectárea. Para disminuir los costos por hectárea se hace necesario ampliar el área total plantada, lo que es más beneficioso porque permite involucrar un mayor número de productores.

Debido a que la IA es pequeña en el mercado internacional del carbono, no puede fijar el precio de venta y por esto tiene que tomar los precios establecidos, esto hace que la viabilidad del proyecto esté afectada por variables internas como el almacenamiento de carbono y el pago a los productores.

Las tres especies usadas para el desarrollo del proyecto poseen diferentes almacenamientos de carbono, donde teca tiene el mayor, eucalipto el intermedio y melina el más bajo. De la misma manera ocurre en cada especie de acuerdo a la calidad de sitio. Por esta razón el mayor porcentaje de proyectos viables a precios de carbono actuales son en los que se utiliza teca y en calidad de sitio alto, de la misma manera se aprecia que no existen proyectos viables con melina y calidad de sitio bajo, debido a que el almacenamiento de carbono es muy pequeño y las áreas de plantación utilizadas en el modelo no permite alcanzar la sostenibilidad financiera de la IA.

Con respecto al incentivo a los productores, mientras menor es el pago, mayor es la viabilidad de los proyectos bajo los precios utilizados. De la misma manera ocurre en el esquema de préstamo, pero la viabilidad de estos es mayor que con el pago.

En el modelo empírico se estableció que el almacenamiento de carbono tiene el mayor peso sobre el precio mínimo. Por esto, cuanto menor sea el precio del carbono, mayor tendrá que ser el almacenamiento para conseguir la viabilidad del proyecto. El almacenamiento deseado, se puede alcanzar con diferentes combinaciones entre especie, calidad de sitio y ritmo de plantación anual.

Si se tiene áreas de plantación pequeñas es necesario establecer especies de crecimiento y volumen altos con rotaciones largas (p.e. teca), por el contrario si se posee áreas de plantación grandes se pueden utilizar especies de menor crecimiento y con rotaciones más cortas (p.e. eucalipto).

En el modelo de cálculo se estableció un esquema de plantación normal en el cual todas las plantaciones se cortan en la rotación establecida, pero como esto no ocurre en la realidad, se utilizaron esquemas de imprevistos, simplificándolos en tres escenarios fijados al principio. Esto nos permite determinar como afectan los imprevistos y que cambios tiene que efectuar la IA, para poder garantizar la permanencia del carbono almacenada y su sostenibilidad financiera. Como los imprevistos fueron fijados al inicio y con base en estos en el modelo se calculó el almacenamiento promedio total, los resultados obtenidos no son muy realistas.

#### **4.4.5 Limitaciones del modelo**

Debido a que los imprevistos no pueden ser fijados y como la venta del carbono se hace por adelantado, es necesario incluir en el diseño del proyecto un factor de riesgo para cuando estos ocurran. La IA debe estar lista para enfrentar escenarios extremos, el negativo en el cual ocurren solo cortas por adelantado, para lo cual se hace necesario mantener reservas económicas que permitan financiar las plantaciones de reemplazo y el positivo, en el que no hay cortas.

Por esta razón la IA tiene que ser un ente dinámico y no estático que pueda adaptarse a estas situaciones con base en un esquema financiero establecido y sólido. Un modelo más complicado podría representar una IA que se adapte en tiempo real a los imprevistos, cuando surgen. La venta inicial se haría con base en el esquema normal y la IA debería ajustar su estrategia para garantizar un almacenamiento promedio igual a lo previsto. Por ejemplo en el caso de imprevistos positivos (sin corta), la IA podría volver a vender el incremento del almacenamiento promedio alcanzado.

Para contribuir con el objetivo de mitigar el cambio climático no es lo mismo compensar emisiones ahora que dentro de 100 años, ya que el efecto marginal de compensación hoy es mucho mayor que el efecto marginal futuro por el incremento anual de las emisiones. Debido a que la venta del carbono del proyecto se hace por adelantado, se crea la necesidad de descontar el carbono en el tiempo. Esto al final repercutiría en una mayor necesidad de almacenamiento dentro del proyecto para compensar emisiones o simplemente se debería negociar solamente el carbono almacenando y volver a vender el incremento en cada año de verificación.

Por encontrarse el modelo fuera del MDL, no se incluyeron costos de monitoreo luego del quinto año de la plantación. Esto en la realidad no ocurre ya que para poder mantener las plantaciones en perfecto estado de crecimiento, monitorear la cantidad de carbono almacenada y asegurar la permanencia, es necesario dar a las plantaciones un seguimiento riguroso. Al incluir en el modelo los costos de monitoreo, se incrementarían los costos de transacción y por ende el precio mínimo del carbono en los proyectos calculados.

En el modelo desarrollado se asume que el carbono almacenado en las plantaciones que no se cortan sigue siendo de la institución administradora, por esto se los utiliza para el cálculo del almacenamiento promedio. Para evitar que los productores puedan negociar este carbono con otras instituciones es necesario establecer cláusulas adecuadas en el contrato y además pagar por el servicio de secuestro como se haría si se tuviese que reemplazar las plantaciones.

Todas las debilidades antes mencionadas crean la necesidad de seguir trabajando en el modelo para mejorarlo y así obtener una herramienta más confiable que sirva para el desarrollo de nuevos proyectos forestales para venta de carbono.

## 5 CONCLUSIONES

La venta de carbono es viable para pequeñas plantaciones si estas se encuentran agregadas en proyectos tipo sombrilla para los cuales exista una institución administradora encargada de la organización de los productores, manejo del financiamiento y negociación del carbono en el mercado internacional.

Los esquemas de incentivos por el servicio de almacenamiento de carbono son atractivos para los pequeños productores, porque permiten acceder a fondos para la inversión en plantaciones forestales.

El esquema institucional y financiero desarrollado es viable y brinda una solución a la permanencia del almacenamiento de carbono a través de esquemas de plantación y reemplazo.

El modelo desarrollado es altamente sensible al precio del carbono, debido a que pequeñas variaciones pueden hacer que un proyecto sea viable o no. Cuanto mayor sea el precio mayor es el incentivo posible de pago y menor el área mínima anual a plantar.

Todos los valores de pago o préstamo utilizados incrementan la rentabilidad de una hectárea de plantación, lo que trae consigo mayores ingresos para los productores.

El esquema de préstamo es mejor para la IA porque las devoluciones garantizan la sostenibilidad financiera. Además, permite pagar a los productores un mayor incentivo inicial.

El esquema de pago tiene mayor aceptación por parte de los pequeños productores aunque los valores sean menores a los de préstamo.

Cuanto mayor sea el incentivo que se les brinda a los productores, mayor será el área que estos están dispuestos a plantar.

Los costos de transacción en la venta de carbono son muy altos para pequeñas plantaciones forestales por esto es necesario aumentar el área de plantación y con esto el ingreso por venta inicial.

La venta por adelantado del carbono de todo el proyecto es complicado de realizar, esto por la magnitud del volumen de CO<sub>2</sub> almacenado necesario para alcanzar la sostenibilidad con los precios actuales.

## **6 RECOMENDACIONES**

Las especies utilizadas para el desarrollo del modelo no son nativas de la zona, por esto sería interesante realizar el análisis utilizando especies nativas para tener un modelo con mayor aceptación.

Como los imprevistos establecidos en el modelo se conocen y no son producto del azar, se hace necesario desarrollar otro tipo de simulación para determinar como debería actuar la IA en la realidad y así mantener la sostenibilidad financiera.

En el modelo de calculo es importante incorporar una diversidad más grande de especies con distintos períodos de rotación.

Con el modelo de simulación se podría realizar un proceso que permita establecer el mayor valor de pago a los productores, de acuerdo a la evolución del saldo bancario con imprevistos.

Integrar todas las adecuaciones y desarrollar un modelo de una IA adaptativa que pueda cambiar su estrategia con variaciones en la oferta o demanda.

Determinar la verdadera voluntad de pago de los emisores de GEI en países industrializados que se encuentren fuera del PK.

## 7 LITERATURA

- Alfaro, M. 1990. Estudio de caso sobre la rentabilidad y uso óptimo de recursos en plantaciones forestales en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 149 p.
- Aukland, L; Moura Costa, P; Bass, S ; Huq, S; Landell-Mills, N; Tipper, R; Carr, C. 2002. Laying the Foundations for Clean Development: Preparing the Land Use Sector. A quick guide to the Clean Development Mechanism. London, UK. IIED: 50 p.
- Baumert, K. A. 2000. The Clean Development Mechanism: Understanding Additionality. Draft Working Paper. Washington D.C., US. Center for Sustainable Development in the Americas. 15 p.
- Beaumont, E. 1999. El Protocolo de Kyoto y el mecanismo de desarrollo limpio. Nuevas posibilidades para el sector forestal de América Latina y el Caribe. Santiago, CL. FAO. 99 p.
- Brown, S., 1999. Guidelines for Inventorying and Monitoring Carbon Offsets in Forest-Based Projects. Winrock International. Prepared for the World Bank. Arlington, VA, US. 11 p
- \_\_\_\_\_; Masera, O; Sathaye, J. 2000. Project-based activities in Land use, land-use change and forestry. Eds. R Watson, I Noble, B Bolin, N Ravindranath, D Verardo, D Dokken. A special report of the IPCC. Cambridge, UK. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS. p. 283-338
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 1994. Deglupta (*Eucalyptus deglupta*) especie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, CR, CATIE. 43 p
- \_\_\_\_\_. 2000. Normas para la preparación de tesis de estudiantes posgraduados. 2. ed. Turrialba, CR. CATIE. 19 p.
- Chaves, E. y Fonseca, W. 1991. Teca (*Tectona grandis*) especie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, CR, CATIE. 60 p.
- Cirad Forêt. 2003. Capacidad del programa de reforestación comercial realizado en la zona atlántica de Colombia de generar empleo y fomentar el desarrollo rural, desde la plantación hasta la transformación y comercialización de los productos. Consultoría colectiva, ONFI y CORMAGDALENA. Bogotá, CO. and Montpellier, FR. 187 p.
- Conservation finance, 2003. Carbon offset projects (en línea). Consultado 1 oct. 2003. Disponible en: <http://guide.conservationfinance.org/chapter/index.cfm?Page=4>
- COSEFORMA (Cooperación en los sectores forestal y maderero). 1993. Análisis financiero de la producción forestal en la zona norte. Documento del proyecto. (28) 20-43
- Davies, J. 1997. El sector forestal en la zona norte de Costa Rica: 1. La rentabilidad de sistemas de producción forestal. Colección Técnica Manejo de Bosque Natural (6) 46-66
- EPA (Environmental Protection Agency). 2000. Global Warming and Our Changing Climate: Answers to Frequently Asked Questions. Washington, US. EPA, Office of Air and Radiation. 430-F-00-011: 6 p.
- FONAFIFO (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal de Costa Rica). 2003. Pago de servicios ambientales (PSA) (en línea). San José, CR. Consultado 1 oct. 2003. Disponible en: <http://www.fonafifo.com/>

- FUNDECOR (Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central), 2001. Tecnologías financieras - servicios ambientales (en línea). San José, CR. Consultado 15 nov 2002. Disponible en: [http://www.fundecor.or.cr/ES/tecnologias/financieras/serv\\_amb.shtml](http://www.fundecor.or.cr/ES/tecnologias/financieras/serv_amb.shtml)
- \_\_\_\_\_, 2003. FUNDECOR y la estrategia para conservación del bosque: Un enfoque global innovador (en línea). San José, CR. Consultado 1 oct 2003. Disponible en: <http://www.fundecor.or.cr/acerca/>
- Global Environment Technology Development Department., 2003. Technology transfer activities against the global warming (en línea). Japón. Consultado 1 oct. 2003. Disponible en: [http://www.nedo.go.jp/get/eng/newsletter\\_pdf/vol09.pdf](http://www.nedo.go.jp/get/eng/newsletter_pdf/vol09.pdf)
- Gómez, M; Reiche, C. 1996. Costos de establecimiento y manejo de plantaciones forestales y sistemas agroforestales en Costa Rica. Turrialba, CR. CATIE. 50 p.
- Grütter, J; Kappel, R. y Staub, P. 2002. The GHG market on the even of Kyoto ratification. Updated simulations of the market for greenhouse gas emission reductions using the CER model vs. 1.3. december 2002 (en línea). Grütter Consulting, Suiza. Consultado 1 oct. 2003. Disponible en: <http://www.ghgmarket.info/download/ghgmarketcop8.pdf>
- Hughell, F. 1991. Modelo preliminar para la predicción del rendimiento de *Gmelina arborea* Roxb. en América Central. Silvoenergía. (44): 4 p.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura); CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 1999. Redacción de referencias bibliográficas. Normas técnicas del IICA y el CATIE. 4. ed. Turrialba, CR. Biblioteca Conmemorativa Orton. 41 p.
- InfoStat, 2003. InfoStat versión 1.5. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, AR. 236 p.
- IPCC. 2001a. Climate Change 2001: the scientific basis, IPCC. Third Assessment Report, Working Group 1, Technical Summary: 63 p
- \_\_\_\_\_, 2001b. Climate change 2001: synthesis report. Summary for policy makers (en línea). Wembley, UK. Consultado 1 nov. 2002. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/pub/SYRspm.pdf>
- Jiménez, S. 1991. Tablas de crecimiento preliminares de *Gmelina arborea* Roxb. aplicables al Pacífico seco, Costa Rica. Ciencias Ambientales. (7): 23-47
- Kumar, V. 2003. Level playing field for small-scale CDM projects (en línea). New Delhi. Consultado 1 oct. 2003. Disponible en: [http://www.devalt.org/newsletter/oct02/of\\_5.htm](http://www.devalt.org/newsletter/oct02/of_5.htm)
- Lloyd Masters Consulting, 2000. Project developers guide for the CDM. New York, US. UNDP. 33 p.
- Locatelli, B.; Karsenty, A. 2002a. Tropical forest dynamics and climate change. To be published in a UNESCO-CIRAD book: 18 p.
- \_\_\_\_\_; Graffin, A; Boisseaux, T. 2002b. La biodiversité est tombée dans le puits. Bois et forêts des tropiques 1(271): 51-60.
- \_\_\_\_\_; Pedroni, L. 2003. Accounting methods for carbon credits: impacts on the minimum size of CDM forestry projects. Working Paper, Turrialba, CR. CATIE. Por publicar en Climate Policy. 17 p.

- Murillo, O. y Valerio, J. 1991. Melina (*Gmelina arborea*) especie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, CR, CATIE. 72 p.
- Naciones Unidas. 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. New York, US. UN. 50 p.
- Navarro, G. 1999. Valuation techniques and investment decision model for private timber-oriented even-aged plantation forestry under monetary incentive instruments in Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Tharandt, DE, Dresden University of Technology. 117 p.
- Pedroni, L. 2000. Implementación conjunta y desarrollo limpio: una nueva oportunidad para Centro América. Berna, CH. INTERCOOPERATION. 39 p.
- \_\_\_\_\_. 2002. Ciclo de los proyectos MDL y requisitos de validación. Curso Internacional: Proyectos de cambio climático en los sectores forestal y energético, CATIE-PNUD. Sin publicar.
- Pembina Institute. 2002. A User's Guide to the Clean Development Mechanism (CDM). Drayton Valley, CA. Pembina: 71 p.
- Pérez, L; Ugalde, L. y Kanninen, M. 1999. Desarrollo de escenarios preliminares de crecimiento para plantaciones de *Tectona grandis* y *Bombacopsis quinata* en Costa Rica. Actas de la IV Semana Científica, Turrialba, CR, CATIE. p. 332-335
- \_\_\_\_\_. 2000. Desarrollo de escenarios de crecimiento para plantaciones de *Tectona grandis* en Costa Rica. Revista Forestal Centroamericana. (31): 16-22
- Peugeot. 2002. Marathon vert: live great adventure in amazonia. Support Peugeot's project for the Amazon (en línea). France. Consultado 15 nov. 2002. Disponible en: <http://www.peugeot-avenue.com/co2/en/html/>
- Pew Center. 2001. Facts and figures in climate change: science, strategies and solutions. Pew Center on Global Climate Change. p. 373-392
- PROFAFOR (Programa FACE de forestación), 2003. ¿Qué es PROFAFOR? (en línea). Quito, EC. Consultado 1 oct 2003. Disponible en: [http://www.profafor-face.com/index\\_span.htm](http://www.profafor-face.com/index_span.htm)
- Prototype Carbon Fund. 2002. Plantar project (en línea). Washington D.C., US. World Bank. Consultado 21 nov. 2002. Disponible en: <http://prototypecarbonfund.org/docs/ACF5CE.doc>
- Salas, F. 1993. Costos e ingresos del raleo de una plantación pura de *Eucalyptus deglupta*, en Turrialba. Silvoenergía. (54): 6 p.
- Samaniego, L. y Castro, R. s.f. El Acuerdo de Bonn y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (en línea). Consultado 1 nov. 2002. New York, US. PNUD. Disponible en: <http://www.cdmcentral.com/allusers/news/bonn.pdf>
- Ugalde, L. 1983. Rendimiento y aprovechamiento de dos intensidades de raleo selectivo en *Eucalyptus deglupta* BL en Turrialba, Costa Rica. Turrialba. 33(2): 143-150

- UICN (Unión Mundial para la naturaleza); OIKOS (Corporación de gestión científica y tecnológica sobre el ambiente). 2001. El mecanismo de desarrollo limpio y los proyectos forestales; lineamientos para formular políticas sobre la temática forestal y el mecanismo de desarrollo limpio (en línea). Quito, EC. Consultado 1 nov. 2002. Disponible en: <http://www.sur.iucn.org/programa/bosques/recursos/productouno.pdf>
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). s.f. Activities Implemented Jointly Under the Pilot Phase. Project CARFIX, sustainable forest management (en línea). Bonn, DE. Consultado 15 nov. 2002. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/1997/sbsta/12a01.pdf>
- \_\_\_\_\_. 1995. Report of the Conference of the Parties on its First session, held at Berlin from 28 march to 7 april 1995. FCCC/CP/1995/7/Add.1 (en línea). Bonn, DE. Consultado 1 oct. 2003. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/cop1/07a01.pdf>
- \_\_\_\_\_. 1996. Report of the Conference of the Parties on its Second session, held at Geneva from 8 to 19 july 1996. FCCC/CP/1996/15/Add.1 (en línea). Bonn, DE. Consultado 1 oct. 2003. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/cop2/15a01.pdf>
- \_\_\_\_\_. 1997. Activities Implemented Jointly Under the Pilot Phase. FCCC/SBSTA/1997/12/Add. 1 (en línea). Bonn, DE. Consultado 15 nov. 2002. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/1997/sbsta/12a01.pdf>
- \_\_\_\_\_. 1998. Report of the Conference of the Parties on its Third session, held at Kyoto from 1 to 11 december 1997. FCCC/CP/1997/7/Add.1 (en línea). Bonn, DE. Consultado 1 oct. 2003. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/cop3/07a01.pdf>
- \_\_\_\_\_. 1999a. Para comprender el cambio climático: guía elemental de la convención marco de las Naciones Unidas y el Protocolo de Kyoto. Bonn, DE. UNFCCC. 40 p.
- \_\_\_\_\_. 1999b. Report of the Conference of the Parties on its Fourth session, held at Buenos Aires from 2 to 14 november 1998. FCCC/CP/1998/16/Add.1 (en línea). Bonn, DE. Consultado 1 oct. 2003. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/cop4/16a01.pdf>
- \_\_\_\_\_. 2000. Report of the Conference of the Parties on its Fifth session, held at Bonn from 25 october to 5 november 1999. FCCC/CP/1999/6/Add.1 (en línea). Bonn, DE. Consultado 1 oct. 2003. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/cop5/06a01.pdf>
- \_\_\_\_\_. 2001a. Report of the Conference of the Parties on the first part of its Sixth session, held at The Hague from 13 to 25 november 2000. FCCC/CP/2000/5/Add.2 (en línea). Bonn, DE. Consultado 1 oct. 2003. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/cop6/05a02.pdf>
- \_\_\_\_\_. 2001b. Report of the Conference of the Parties on the second part of its Sixth session, held at Bonn from 16 to 27 julyr 2001. FCCC/CP/2001/5/Add.2 (en línea). Bonn, DE. Consultado 1 oct. 2003. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/cop6secpart/05a02.pdf>
- \_\_\_\_\_. 2001c. Decision 5/CP.6. Bonn, DE. UNFCCC, SBI. FCCC/CP/2001/L.7. 21 p.
- \_\_\_\_\_. 2002a. Informe de la Conferencia de las Partes sobre su Séptimo período de sesiones, celebrado en Marrakech del 29 de octubre al 10 de noviembre de 2001. Bonn, DE. UNFCCC, FCCC/CP/2001/13. 75 p.

- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2002b. Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (en línea). Bonn, DE. Consultado 1 nov. 2002. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- \_\_\_\_\_. 2002c. Informe de la Conferencia de las Partes sobre su Séptimo período de sesiones, celebrado en Marrakech del 29 de octubre al 10 de noviembre de 2001. Adición segunda parte: medidas adoptadas por la Conferencia de las Partes (en línea). Volumen II. Bonn, DE. Consultado 1 nov. 2002. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/spanish/cop7/cp713a02s.pdf>
- \_\_\_\_\_. 2002d. Activities Implemented Jointly Under the Pilot Phase. Scolel Té: carbon sequestration and sustainable forest management in Chiapas (en línea). Bonn, DE. Consultado 15 de nov 2002. Disponible en: <http://unfccc.int/program/coop/aij/aijact/mexusa02.html>
- \_\_\_\_\_. 2002e. Activities Implemented Jointly Under the Pilot Phase. Costa Rica / Norway reforestation and forest conservation AIJ pilot project (en línea). Bonn, DE. Consultado 15 de nov 2002. Disponible en: <http://unfccc.int/program/coop/aij/aijact01/crinor01-00.html>
- \_\_\_\_\_. 2002f. Activities Implemented Jointly Under the Pilot Phase. Klinki forestry project (en línea). Bonn, DE. Consultado 15 de nov 2002. Disponible en: <http://unfccc.int/program/coop/aij/aijact98/criusa07-98.html>
- \_\_\_\_\_. 2002g. Activities Implemented Jointly Under the Pilot Phase. Commercial reforestation in the Chiriquí province (en línea). Bonn, DE. Consultado 15 de nov 2002. Disponible en: <http://unfccc.int/program/coop/aij/aijact/panusa01.html>
- \_\_\_\_\_. 2003a. Report of the Conference of the Parties on its Eighth session, held at New Delhi from 23 october to 1 november 2002. FCCC/CP/2002/7/Add.3 (en línea). Bonn, DE. Consultado 1 oct. 2003. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/cop8/07a03.pdf>
- \_\_\_\_\_. 2003b. Total CO2 emissions of Annex I Parties. (en línea). Bonn, DE. Consultado 1 oct. 2003. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/kpco2.pdf>
- \_\_\_\_\_. 2003c. CDM Project Design Document (en línea). Bonn, DE. Consultado 1 oct. 2003. Disponible en: <http://cdm.unfccc.int/Reference/Documents/cdmpdd/English/cdmpdd.pdf>
- Vallejos, O. 1996. Productividad y relaciones del índice de sitio con variables fisiográficas, edafoclimáticas y foliares para *Tectona grandis* L.F., *Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand y *Gmelina arborea* Roxb. en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR., CATIE.
- Wigley, T. 1999. The science of climate change: global and US perspectives. Washington, US. Pew Center on Global Climate Change: 48 p.

## 8 ANEXOS

### ANEXO 1. Proyectos forestales de la Fase Piloto

Scolec Té: Secuestro de carbono y manejo forestal sostenible en Chiapas

PAIS HUÉSPED: México

OBJETIVOS: Secuestro de carbono mediante el desarrollo de pequeñas empresas agroforestales y forestales en nueve comunidades indígenas promoviendo prácticas agrícolas sostenibles, plantaciones, restauración de bosques degradados y mejor manejo del bosque natural.

DURACIÓN: 30 años

AREA: 2,000 ha dentro de 13,200 ha de comunidades indígenas

TAMAÑO DE LAS PLANTACIONES: S/I

TIPO DE PROYECTO: S/I

BENEFICIOS DE GEI: Secuestro de carbono acumulado 15,000 – 333,000 toneladas de carbono (t C). Promedio 26 t C / ha es decir una fijación promedio de 0.9 t C / ha / año

COSTO ESTIMADO: US \$ 3,4 millones

FINANCIAMIENTO: S/I

EFICIENCIA: US \$ 10 por t C finalmente secuestrada a las 30 años

BENEFICIOS AMBIENTALES: Conservación e incremento de biodiversidad forestal, reducción de la fragmentación del bosque y disminución de erosión.

BENEFICIOS SOCIALES: Mejoramiento del bienestar de las comunidades mediante el fortalecimiento de la economía local basados en agroforestería.

INSTITUCIONES INTERMEDIARIAS: S/I

ESTATUS DEL PROYECTO: En progreso

FUENTE DE INFORMACIÓN: UICN 2001; Brown *et al.* 2000; UNFCCC 2002d

Reforestación y conservación de bosques, Costa Rica / Norway (PFP)

PAIS HUÉSPED: Costa Rica

OBJETIVOS: Secuestrar carbono por medio de reforestación e impedir las emisiones conservando los bosques en la cuenca alta del río Virilla. Este forma parte del “Proyecto Forestal Privado – PFP”, un proyecto de alcance nacional diseñado para utilizar la inversión extranjera en AIJ y compensar a los agricultores por su esfuerzo en reforestación y conservación de bosques. Este sistema se conoce como “Pago por Servicios Ambientales - PSA”.

DURACIÓN: 25 años

AREA: 1,000 ha en plantación, 2,000 ha en conservación y 1,000 ha en regeneración natural.

TAMAÑO DE LAS PLANTACIONES: S/I

TIPO DE PROYECTO: S/I

BENEFICIOS DE GEI: Secuestro de carbono acumulado 231,000 t C

COSTO ESTIMADO: US \$ 3,4 millones

FINANCIAMIENTO: S/I

EFICIENCIA: US \$ 15.7 por t C

BENEFICIOS AMBIENTALES: Protección de la biodiversidad, acuíferas, reducción de erosión, mejora de la calidad de agua y estabilización del régimen hídrico en la cuenca.

BENEFICIOS SOCIALES: Mejora de los ingresos y las condiciones de vida de los residentes en el área, al involucrar pequeños y medianos propietarios en actividades forestales con contratos legalmente asegurados.

INSTITUCIONES INTERMEDIARIAS: S/I

ESTATUS DEL PROYECTO: En ejecución

FUENTE DE INFORMACIÓN: Beaumont 1999; Brown *et al.* 2000; UNFCCC 2002e

Proyecto Forestal Klinki

PAIS HUÉSPED: Costa Rica

OBJETIVOS: Creación de plantaciones forestales en tierras marginales y con pasturas para secuestrar carbono.

DURACIÓN: 46 años

AREA: 6,000 ha (Fase I 100 ha)

TAMAÑO DE LAS PLANTACIONES: S/I

TIPO DE PROYECTO: S/I

BENEFICIOS DE GEI: Secuestro de carbono acumulado de 2,263,200 t C con un promedio 8.2 t C / ha / año (Proyecciones)

COSTO ESTIMADO: US \$ 10 millones (Parcialmente financiado)

FINANCIAMIENTO: S/I

EFICIENCIA: US \$ 4 por t C almacenado al final del proyecto

BENEFICIOS AMBIENTALES: Reducción de erosión, incremento de la biodiversidad, disminución de la presión sobre los bosques naturales y mejoras en la calidad y flujo de agua.

BENEFICIOS SOCIALES: Provisión de materiales de construcción de bajo precio, ingresos constantes por pagos en el desarrollo de plantaciones y educación a través de entrenamiento.

INSTITUCIONES INTERMEDIARIAS: S/I

ESTATUS DEL PROYECTO: En proceso

FUENTE DE INFORMACIÓN: Beaumont 1999; Brown *et al.* 2000; UNFCCC 2002f

Reforestación comercial en la provincia Chiriquí

PAIS HUÉSPED: Panamá

OBJETIVOS: Plantación comercial de 500 ha de teca (*Tectona grandis*), con objetivo de secuestro de carbono y posterior venta de madera certificada.

DURACIÓN: 25 años

AREA: 500 ha

TAMAÑO DE LAS PLANTACIONES: S/I

TIPO DE PROYECTO: S/I

BENEFICIOS DE GEI: Secuestro de carbono acumulado 15,720 t C

COSTO ESTIMADO: US \$ 3,7 millones

FINANCIAMIENTO: S/I

EFICIENCIA: US \$ 235 por t C almacenada al final del proyecto

BENEFICIOS AMBIENTALES: Disminución de la presión sobre bosques naturales, reducción de la erosión, creación de hábitat en especial para aves,

BENEFICIOS SOCIALES: Cambios en el uso de la tierra, creación de nuevos puestos de trabajo, educación en el manejo de plantaciones certificadas e ingresos para la compañía creadora del proyecto.

INSTITUCIONES INTERMEDIARIAS: S/I

ESTATUS DEL PROYECTO: En proceso

FUENTE DE INFORMACIÓN: UNFCCC 2002g

Proyecto CARFIX - Manejo forestal sostenible

PAIS HUÉSPED: Costa Rica

OBJETIVOS: Secuestro de carbono basado en actividades de conservación de bosques, regeneración, reforestación, silvicultura, manejo sostenible y tala de bajo impacto.

DURACIÓN: 25 años

AREA: 108,256 ha

TAMAÑO DE LAS PLANTACIONES: S/I

TIPO DE PROYECTO: S/I

BENEFICIOS DE GEI: Secuestro de carbono de 2,166,097 t C

COSTO ESTIMADO: US \$ 12,5 millones

FINANCIAMIENTO: S/I

EFICIENCIA: US \$ 5 por t C

BENEFICIOS AMBIENTALES: Reducción de erosión, degradación de agua y pérdida de la biodiversidad. Creación de corredores biológicos entre parques nacionales.

BENEFICIOS SOCIALES: Ingresos constantes para los productores por la venta de madera, ecoturismo y productos madereros de alta calidad.

INSTITUCIONES INTERMEDIARIAS: S/I

ESTATUS DEL PROYECTO: En progreso

FUENTE DE INFORMACIÓN: UNFCCC s.f.; Beaumont 1999

FACE Profafor

PAIS HUÉSPED: Ecuador

OBJETIVOS: Establecimiento de plantaciones forestales con pequeños y grandes agricultores.

DURACIÓN: 30 años

AREA: 75,000 ha.

TAMAÑO DE LAS PLANTACIONES: S/I

TIPO DE PROYECTO: S/I

BENEFICIOS DE GEI : Secuestro de carbono estimado en 9,660,000 t C

COSTO ESTIMADO: S/I

FINANCIAMIENTO: S/I

EFICIENCIA: S/I

BENEFICIOS AMBIENTALES: En un inicio se reforestó con especies exóticas, pero actualmente se está realizando investigaciones para realizar la segunda fase del proyecto utilizando especies nativas, para favorecer al desarrollo y protección de la biodiversidad local.

BENEFICIOS SOCIALES: Plantaciones forestales de pequeños productores, lo que trae consigo un mayor ingreso de este sector de productores en la sierra ecuatoriana.

INSTITUCIONES INTERMEDIARIAS: S/I

ESTATUS DEL PROYECTO: En ejecución.

FUENTE DE INFORMACIÓN: UNFCCC s.f.; Beaumont 1999; Brown *et al.* 2000

## **ANEXO 2. Proyecto forestal financiado por Peugeot**

Sumidero de carbono en el estado de Mato Grosso en Brasil

PAIS HUÉSPED: Brasil

OBJETIVOS: Establecimiento de una plantación forestal con especies mixtas en pastizales.

DURACIÓN: 40 años

AREA: 2,500 ha. para plantación y 7,500 ha. de bosque natural sin intervención

TAMAÑO DE LAS PLANTACIONES:

TIPO DE PROYECTO:

BENEFICIOS DE GEI : Secuestro de carbono estimado en 50,000 t C / año en promedio durante los 40 años de vida (evaluación inicial)

COSTO ESTIMADO: US \$ 10 millones.

FINANCIAMIENTO:

EFICIENCIA: S.I.

BENEFICIOS AMBIENTALES: Protección de la biodiversidad por la utilización de especies nativas y locales de rápido crecimiento.

BENEFICIOS SOCIALES: Plantaciones forestales de pequeños productores cercanas al proyecto, extensión y empleo.

INSTITUCIONES INTERMEDIARIAS:

ESTATUS DEL PROYECTO: En ejecución.

FUENTE DE INFORMACIÓN: Locatelli 2002b; Peugeot 2002

### ANEXO 3. Montos pagados por concepto de Servicios Ambientales en Costa Rica

En el siguiente cuadro se muestran los montos en colones establecidos como PSA para el año 2003 de acuerdo a cada modalidad, basados en lo establecido por el Decreto Ejecutivo No. 31081 MINAE. Información tomada de FONAFIFO 2003.

Modalidad Monto (colones) / ha Porcentaje / Año						
	Monto colones	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año
Establecimiento de Plantaciones Forestales	223,000	50%	20%	15%	10%	5%
Protección de Bosque	87,100	20%	20%	20%	20%	20%
Sistemas Agroforestales	320/Arbol	65%	20%	15%		

#### ANEXO 4. Proyecto forestal financiado por el Prototype Carbon Fund

Proyecto Plantar

PAIS HUÉSPED: Brasil

OBJETIVOS: Recuperación de plantaciones forestales de eucalipto agotadas.

DURACIÓN: 21 años

AREA: 46,714 ha. de plantación

TAMAÑO DE LAS PLANTACIONES: Dos plantaciones grandes, Curvelo con 13,144 ha e Itacambira con 33,570 ha.

TIPO DE PROYECTO: S/I

BENEFICIOS DE GEI : Secuestro de carbono estimado en 3,070,481 t de C durante la vida del proyecto

COSTO ESTIMADO: US \$ 53,130,000

FINANCIAMIENTO: S/I

EFICIENCIA: S.I.

BENEFICIOS AMBIENTALES: Protección de la biodiversidad y del suelo evitando la deforestación. Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> por el reemplazo de los combustibles fósiles por energía renovable como carbón vegetal.

BENEFICIOS SOCIALES: Generación de empleos.

INSTITUCIONES INTERMEDIARIAS: S/I

ESTATUS DEL PROYECTO: En ejecución.

FUENTE DE INFORMACIÓN: Prototype Carbon Fund 2002

**ANEXO 5.** Esquemas de plantación para Teca (*Tectona grandis*) con rotación normal 30 años y 100 ha anuales.

Año	Normal		Con imprevistos		Con imprevistos de corta		Con imprevistos sin corta	
	Plantación anual	Rotación prevista	Plantación anual	Rotación prevista	Plantación anual	Rotación prevista	Plantación anual	Rotación prevista
1	100	30	100	15	100	15	100	100
2	100	30	100	30	100	30	100	30
3	100	30	100	100	100	15	100	100
4	100	30	100	30	100	30	100	30
5	100	30	100	30	100	30	100	30
6	100	30	100	15	100	15	100	100
7	100	30	100	30	100	30	100	30
8	100	30	100	100	100	15	100	100
9	100	30	100	30	100	30	100	30
10	100	30	100	30	100	30	100	30
11	100	30	100	30	100	30	100	30
12	100	30	100	30	100	30	100	30
13	100	30	100	30	100	30	100	30
14	100	30	100	30	100	30	100	30
15	100	30	100	15	100	15	100	100
16	100	30	100	30	100	30	100	30
17	100	30	200	30	200	30	100	30
18	100	30	100	30	100	30	100	30
19	100	30	100	30	200	30	100	30
20	100	30	100	100	100	15	100	100
21	100	30	100	30	100	30	100	30
22	100	30	200	30	200	30	100	30
23	100	30	100	30	100	30	100	30
24	100	30	100	100	200	15	100	100
25	100	30	100	30	100	30	100	30
26	100	30	100	30	100	30	100	30
27	100	30	100	30	100	30	100	30
28	100	30	100	30	100	30	100	30
29	100	30	100	30	100	30	100	30
30	100	30	100	15	100	15	100	100
31	100	30	200	100	200	15	100	100
32	100	30	0	30	0	30	0	30
33	100	30	100	15	100	15	100	100
34	100	30	0	100	0	15	0	100
35	100	30	100	30	100	30	100	30
36	100	30	100	30	200	30	100	30
37	100	30	0	30	0	30	0	30
38	100	30	100	30	100	30	100	30
39	100	30	0	30	0	30	0	30
40	100	30	100	30	300	30	100	30
41	100	30	100	30	100	30	100	30
42	100	30	100	30	100	30	100	30
43	100	30	100	30	100	30	100	30
44	100	30	100	30	100	30	100	30
45	100	30	100	30	100	30	100	30
46	100	30	100	30	100	30	0	30
47	100	30	100	30	300	30	100	30
48	100	30	200	100	200	15	100	100
49	100	30	200	15	200	15	100	100
50	100	30	100	30	200	30	100	30
51	100	30	0	15	0	15	0	100
52	100	30	100	30	100	30	100	30
53	100	30	200	30	200	30	100	30
54	100	30	100	30	100	30	100	30
55	100	30	0	30	0	30	0	30

56	100	30	100	30	100	30	100	30
57	100	30	100	100	100	15	100	100
58	100	30	100	30	100	30	100	30
59	100	30	100	30	100	30	100	30
60	100	30	100	30	100	30	100	30
61	100	30	0	30	0	30	0	30
62	100	30	0	15	0	15	0	100
63	100	30	0	100	0	15	0	100
64	100	30	0	30	200	30	0	30
65	100	30	200	15	200	15	0	100
66	100	30	100	15	100	15	100	100
67	100	30	100	30	200	30	100	30
68	100	30	0	30	0	30	0	30
69	100	30	100	100	100	15	100	100
70	100	30	0	100	0	15	0	100
71	100	30	100	30	300	30	100	30
72	100	30	100	30	100	30	100	30
73	100	30	100	100	200	15	100	100
74	100	30	100	30	100	30	100	30
75	100	30	100	100	100	15	100	100
76	100	30	100	30	100	30	100	30
77	100	30	100	30	100	30	0	30
78	100	30	100	30	300	30	100	30
79	100	30	0	30	0	30	0	30
80	100	30	0	30	0	30	0	30
81	100	30	300	30	400	30	100	30
82	100	30	100	30	100	30	0	30
83	100	30	100	30	100	30	100	30
84	100	30	200	30	200	30	100	30
85	100	30	100	30	200	30	100	30
86	100	30	0	30	0	30	0	30
87	100	30	100	30	100	30	100	30
88	100	30	0	30	0	30	0	30
89	100	30	100	15	300	15	100	100
90	100	30	100	30	100	30	100	30
91	100	30	100	30	200	30	100	30
92	100	30	0	30	0	30	0	30
93	100	30	0	30	0	30	0	30
94	100	30	0	30	0	30	0	30
95	100	30	0	30	200	30	0	30
96	100	30	0	30	0	30	0	30
97	100	30	0	30	0	30	0	30
98	100	30	100	30	200	30	100	30
99	100	30	0	30	0	30	0	30
100	100	30	0	15	0	15	0	100

**ANEXO 6.** Costo promedio de plantación de una hectárea con 1111 árboles en la Región Huetar Norte, Costa Rica adaptado de CODEFORSA (2002)

	Actividad	Jornales / ha	\$ / ha	\$ / ha
Año 1	Chapea inicial	5,00		46,90
	Trazado-marcación	2,00		18,76
	Rodajea química	1,00	14,31	9,38
	Hoyado	1,50		14,07
	Distribución Material	1,00		9,38
	Fertilizante	1,00	14,39	9,38
	Plantación	2,50		23,45
	Árboles			188,87
	Resiembra	0,50		4,69
	Árboles resiembra			18,89
	Chapea Manual	4,00		37,52
	Rodajea química	1,00	14,31	9,38
	Poda deshija	1,00		9,38
	Fertilización	1,00	14,39	9,38
	Desbejuca	1,00		9,38
	Control de plagas	0,50	4,77	4,69
	Rondas cortafuego	1,50		14,07
	Asistencia Técnica			45,04
	<b>Total Año 1</b>		<b>62,17</b>	<b>482,61</b>
	Administración y Vigilancia			96,52
<b>Gran Total Año 1</b>			<b>641,29</b>	
Año 2	Chapea Manual	3,00		28,14
	Rodajea química	1,00	14,31	9,38
	Poda y desbujuca	3,00		28,14
	Control de plagas	0,50	4,77	4,69
	Rondas cortafuego	1,50		14,07
	Asistencia Técnica			18,02
	<b>Total Año 2</b>		<b>19,08</b>	<b>102,44</b>
	Administración y Vigilancia			20,49
<b>Gran Total Año 2</b>			<b>142,01</b>	
Año 3	Chapea Manual	3,00		28,14
	Control de plagas	0,50	4,77	4,69
	Rondas cortafuego	1,50		14,07
	Poda	3,00		28,14
	Asistencia Técnica			13,51
	<b>Total Año 3</b>		<b>4,77</b>	<b>88,55</b>
Administración y Vigilancia			17,71	
<b>Gran Total Año 3</b>			<b>111,03</b>	
Año 4	Chapea Manual	3,00		28,14
	Raleo y Poda	5,00		46,90
	Control de plagas	0,50	4,77	4,69
	Rondas cortafuego	1,50		14,07
	Asistencia Técnica			9,01
	<b>Total Año 4</b>		<b>4,77</b>	<b>102,81</b>
	Administración y Vigilancia			20,56
<b>Gran Total Año 4</b>			<b>128,14</b>	
Año 5	Chapea Manual	2,00		18,76
	Control de plagas	0,50	4,77	4,69
	Rondas cortafuego	1,50		14,07
	Asistencia Técnica			4,50
	<b>Total Año 5</b>		<b>4,77</b>	<b>42,02</b>
	Administración y Vigilancia			8,40
<b>Gran Total Año 5</b>			<b>55,19</b>	
<b>TOTAL GENERAL</b>			<b>1.077,67</b>	

Unidad	Dólares
Jornal	9,38
Fertilizante	13,08
Herbicida	9,54
Plántula	0,17

**ANEXO 7.** Almacenamiento temporal promedio de carbono medido durante cinco años y expresado en t CO<sub>2</sub>/ha

	<b>Teca</b>	<b>Teca</b>	<b>Teca</b>	<b>Eucalipto</b>	<b>Eucalipto</b>	<b>Eucalipto</b>	<b>Melina</b>	<b>Melina</b>	<b>Melina</b>
<b>Año</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
<b>5</b>	117,90	85,55	60,70	78,38	28,28	9,61	71,84	36,01	11,35
<b>10</b>	259,15	195,23	166,92	367,60	187,17	81,48	205,95	122,15	46,31
<b>15</b>	363,97	274,17	236,99	489,17	322,02	187,78	265,01	159,09	61,29
<b>20</b>	411,63	310,06	273,02	464,17	307,86	237,12			
<b>25</b>	434,58	327,26	290,92						
<b>30</b>	438,55	330,33	305,43						
<b>TOTAL</b>	<b>2.026</b>	<b>1.523</b>	<b>1.334</b>	<b>1.399</b>	<b>845</b>	<b>516</b>	<b>543</b>	<b>317</b>	<b>119</b>

Calculo del precio interno del carbono con base en: especie, calidad de sitio, préstamo, almacenamiento temporal y coeficiente de devolución

<b>Especie</b>	<b>Sitio</b>	<b>Pago del préstamo con intereses (\$/ha)</b> (Capital x (1 + tasa activa)^rotación)			<b>Coefficiente</b>	<b>Pago del préstamo real (\$/ha)</b> (Capital x coeficiente)		
		<b>1100</b>	<b>825</b>	<b>550</b>		<b>1100</b>	<b>825</b>	<b>550</b>
		<b>Teca 30 años</b>	<b>1</b>	14.594		10.946	7.297	<b>2,5</b>
	<b>2</b>	14.594	10.946	7.297	<b>2,5</b>	2.750	2.063	1.375
	<b>3</b>	14.594	10.946	7.297	<b>2,5</b>	2.750	2.063	1.375
<b>Eucalipto 20 años</b>	<b>1</b>	6.165	4.624	3.082	<b>2,0</b>	2.200	1.650	1.100
	<b>2</b>	6.165	4.624	3.082	<b>2,0</b>	2.200	1.650	1.100
	<b>3</b>	6.165	4.624	3.082	<b>2,0</b>	2.200	1.650	1.100
<b>Melina 12 años</b>	<b>1</b>	3.094	2.320	1.547	<b>1,5</b>	1.650	1.238	825
	<b>2</b>	3.094	2.320	1.547	<b>1,5</b>	1.650	1.238	825
	<b>3</b>	3.094	2.320	1.547	<b>1,5</b>	1.650	1.238	825

<b>Especie</b>	<b>Sitio</b>	<b>Almacén temporal (t CO<sub>2</sub>/ha)</b>	<b>Pago con almacenamiento temporal (\$/ha)</b> (Pago con intereses - Pago real)			<b>Precio interno del carbono calculado (\$/t CO<sub>2</sub>)</b> (Pago almacenamiento/Almacén temporal)		
			<b>1100</b>	<b>825</b>	<b>550</b>	<b>1100</b>	<b>825</b>	<b>550</b>
			<b>Teca 30 años</b>	<b>1</b>	<b>2.026</b>	11.844	8.883	5.922
	<b>2</b>	<b>1.523</b>	11.844	8.883	5.922	7,78	5,83	3,89
	<b>3</b>	<b>1.334</b>	11.844	8.883	5.922	8,88	6,66	4,44
<b>Eucalipto 20 años</b>	<b>1</b>	<b>1.399</b>	3.965	2.974	1.982	2,83	2,13	1,42
	<b>2</b>	<b>845</b>	3.965	2.974	1.982	4,69	3,52	2,35
	<b>3</b>	<b>516</b>	3.965	2.974	1.982	7,68	5,76	3,84
<b>Melina 12 años</b>	<b>1</b>	<b>543</b>	1.444	1.083	722	2,66	2,00	1,33
	<b>2</b>	<b>317</b>	1.444	1.083	722	4,55	3,41	2,28
	<b>3</b>	<b>119</b>	1.444	1.083	722	12,14	9,10	6,07

## **ANEXO 8.** Cargos y responsabilidades dentro de la institución administradora

Gerente General.- Representante legal de la institución, encargado de la venta de carbono y manejo adecuado del recurso humano y capital.

Asesor Legal.- Suministra asesoría en asuntos legales como: contratos, garantías, impuestos, entre otros.

Asistente Financiero.- Encargado de la revisión de las finanzas y adecuado manejo del capital.

Secretaria.- Responsable del papeleo de la oficina, comunicaciones, relaciones públicas, entre otros.

Coordinador Técnico.- Encargado del diseño de proyectos, búsqueda de productores interesados en las plantaciones y venta de imagen.

Asesor Técnico.- Responsable del control general de las plantaciones y del trabajo de los jefes de plantación..

Jefe de Plantación.- Encargado de la asistencia técnica y responsable de procesos vitales para el buen desarrollo de las plantaciones, trabaja directamente con los productores.

Productor.- Se encuentra fuera de la IA, tiene un promedio de plantación 10 ha.

## **ANEXO 9.** Distribución de los costos variables por ítem

Salario.- Determinado de acuerdo a información de sueldos de RTT, CORMADERA y PROFAFOR.

Viajes.- Se utilizó un costo aproximado de \$ 40 / día y para cada funcionario un número determinado de salidas al mes: jefe de plantación = 16, asesor técnico = 10, coordinador técnico = 8 y gerente general = 6 más una al exterior.

Vehículo.- Incluye \$ 5.000 por depreciación de vehículos (5 años) y un costo aproximado por mantenimiento de \$ 30 por viaje.

Combustible.- Al igual que los casos anteriores se basa en el número de viajes y con un costo aproximado \$ 26 por viaje.

Inversiones.- Se tomo en cuenta un valor inicial de inversión en equipos para oficina de \$ 30.000 y un costo por vehículo de \$ 25.000, mismo que aumenta cuando el número de personal se incrementa.

**ANEXO 10.** Cambios en el número de personal y productores de acuerdo a la escala del proyecto.

Hectáreas	Productores	Gerente General	Coordinador Técnico	Asesor técnico	Jefe de Plantación	Personal Total
520	52	1		1	1	3
1040	104	1		1	2	4
1560	156	1		1	3	5
2080	208	1		1	4	6
2600	260	1		1	5	7
3120	312	1		2	6	9
3640	364	1		2	7	10
4160	416	1		2	8	11
4680	468	1		2	9	12
5200	520	1		2	10	13
5720	572	1		3	11	15
6240	624	1		3	12	16
6760	676	1		3	13	17
7280	728	1		3	14	18
7800	780	1		3	15	19
8320	832	1		4	16	21
8840	884	1		4	17	22
9360	936	1		4	18	23
9880	988	1		4	19	24
10400	1040	1		4	20	25
10920	1092	1	1	5	21	28
11440	1144	1	1	5	22	29
11960	1196	1	1	5	23	30
12480	1248	1	1	5	24	31
13000	1300	1	1	5	25	32
13520	1352	1	2	6	26	35
13520	1352	1	2	6	27	36
13520	1352	1	2	6	28	37
13520	1352	1	2	6	29	38
13520	1352	1	2	6	30	39
13520	1352	1	2	7	31	41
13520	1352	1	2	7	32	42
13520	1352	1	2	7	33	43
13520	1352	1	2	7	34	44
13520	1352	1	2	7	35	45
13520	1352	1	2	8	36	47
13520	1352	1	2	8	37	48
13520	1352	1	2	8	38	49
13520	1352	1	2	8	39	50
13520	1352	1	2	8	40	51
13520	1352	1	2	9	41	53
13520	1352	1	2	9	42	54
13520	1352	1	2	9	43	55
13520	1352	1	2	9	44	56
13520	1352	1	2	9	45	57
13520	1352	1	2	10	46	59
13520	1352	1	2	10	47	60
13520	1352	1	2	10	48	61
13520	1352	1	2	10	49	62
13520	1352	1	2	10	50	63
13520	1352	1	3	11	51	66
13520	1352	1	3	11	52	67
13520	1352	1	3	11	53	68
13520	1352	1	3	11	54	69

## ANEXO 11. Guía del encuestador y encuesta utilizadas

### A.- GUÍA DE LA ENCUESTA

#### PRESENTACION

Buenos días, mi nombre es Jaime Black soy alumno de Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y durante este año estoy realizando un trabajo de investigación para mi tesis de grado.

El siguiente grupo de preguntas serán utilizadas en mi investigación para desarrollar un modelo computacional que permita impulsar proyectos de plantaciones forestales.

1. Información socioeconómica de la finca
2. Información sobre reforestación en la finca
3. Disponibilidad para reforestar sin incentivos
4. Disponibilidad para desarrollar una plantación forestal con incentivo o préstamo

Encuestador: “Explicar que el costo de establecimiento de una manzana de plantación forestal esta en promedio cerca de los 300.000 colones y que los mayores gastos se producen durante los cinco primeros años de la plantación”

- Cuál sería el incentivo que le gustaría recibir y con este dinero cual es la extensión de terreno que estaría dispuesto a plantar
- El incentivo lo desea recibir: todo el primer año o en partes

Encuestador: “Teniendo en cuenta el costo de plantación por manzana y sabiendo que al recibir un préstamo parte del mismo se paga con el servicio ambiental (captura de carbono) proporcionado durante el período de duración de la plantación, el saldo será cancelado al final del período con parte de la venta de madera”

- Cuál sería el porcentaje del costo de plantación que le gustaría obtener como préstamo y con este dinero cual es la extensión de terreno que estaría dispuesto a plantar
- El préstamo lo desea recibir: todo el primer año o en partes
- Monto máximo de inversión
- Cuál sería el porcentaje máximo de la venta final de madera que estaría dispuesto a pagar por su préstamo

Encuestador: “Si mantiene la plantación más allá del período establecido en el contrato se le seguiría pagando el servicio ambiental y además se le pagaría un incentivo adicional, pero no se podría recibir ganancias de la venta de madera”

- Estaría dispuesto a no cortar la plantación y por qué tiempo más

5. Compromisos, contratos y garantías

Encuestador: “Una cosa muy importante que tiene que saber es que la plantación no puede ser cortada antes del período de tiempo fijado y que para eso se establece un contrato donde se estipulan las garantías”

- Que garantía puede dar de que la plantación no será cortada antes del plazo establecido
- En caso de incendios, robos o algún evento natural fuera del control de productor que cree que sería interesante incluir en las cláusulas del contrato

b.- ENCUESTA # \_\_\_\_\_

Información socioeconómica de la finca

Nombre del propietario: \_\_\_\_\_

Extensión: \_\_\_\_\_

Uso de la tierra:

Actividad Productiva	Extensión
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

1. Realiza reforestación: si \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_ extensión: \_\_\_\_\_

2. Recibió incentivos: si \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_  
 (si)de quién: FONAFIFO \_\_\_\_\_ CATIE \_\_\_\_\_ Otro \_\_\_\_\_

Cuál fue el monto, la forma de pago y qué piensa del incentivo: \_\_\_\_\_

3. Volvería a hacer reforestación bajo este esquema e incentivo: si \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_  
 (si)extensión: \_\_\_\_\_

4. Realizaría reforestación sin incentivos: si \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_  
 extensión: \_\_\_\_\_  
 (no)por qué: \_\_\_\_\_

Tipo de reforestación: plantación \_\_\_\_\_ cercas \_\_\_\_\_ árboles aislados \_\_\_\_\_

Especies y razón: \_\_\_\_\_

Tipo de asistencia técnica que desearía recibir: \_\_\_\_\_

5. Realizaría una plantación forestal si recibe un incentivo o un préstamo: si \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_  
 (no)por qué: \_\_\_\_\_

Qué incentivo estaría dispuesto a recibir por manzana:  
 incentivo: \_\_\_\_\_ extensión: \_\_\_\_\_

El incentivo lo desea recibir: el primer año \_\_\_\_\_ durante 5 años \_\_\_\_\_

Qué porcentaje de los costos de plantación estaría dispuesto a recibir como préstamo:

porcentaje:\_\_\_\_\_ extensión:\_\_\_\_\_

Monto máximo de inversión: \_\_\_\_\_

El préstamo lo desea recibir: el primer año\_\_\_\_\_ durante 5 años\_\_\_\_\_

De la venta final de madera cual sería el porcentaje máximo que estaría dispuesto a devolver por el préstamo:\_\_\_\_\_

Al cumplir el período de tiempo establecido si recibe un incentivo extra y se continúa pagando el servicio ambiental estaría dispuesto a dejar la plantación por un período mayor de tiempo: si\_\_\_\_\_no\_\_\_\_\_ tiempo:\_\_\_\_\_ por qué: \_\_\_\_\_

#### 6. Compromisos, contratos y garantías

Que garantía puede ofrecer de que la plantación no va a ser cortada antes del período establecido en el contrato:\_\_\_\_\_

En caso de incendios, robos o algún evento natural fuera de su control que piensa que sería interesante incluir en las cláusulas del contrato: \_\_\_\_\_

**ANEXO 12.** Especies a utilizar en reforestación de acuerdo a la encuesta aplicada.

<b>Nativas</b>	<b>Exóticas</b>	<b>Frutales</b>
Aceituno	Ciprés	Jocote
Caoba	Eucalipto	Mango
Cedro	Melina	Manzano de agua
Cenízaro	Pino	Naranja
Chanco	Teca	
Cocobolo		
Guachipelín		
Guanacaste		
Guayaquil		
Laurel		
Madero negro		
Paraíso		
Pilón		
Pochote		
Poro		
Roble		

**ANEXO 13.** Respuestas obtenidas de la encuestas con las disponibilidad para realizar plantaciones con y sin incentivos.

Encuesta	Plantación sin incentivos
1	0
2	1
3	1
4	0
5	1
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0
19	0
20	1
21	0
22	0
23	0
24	0
25	0
26	0
27	1
28	0
29	0
30	0
31	0
32	0
33	0
34	0
35	0
36	0
37	0
38	0
39	1
40	0
41	0
42	0
43	0
44	1
45	1
46	1
47	0
48	0
49	0
50	0
51	1
52	0
53	0
54	0
55	0
56	0
57	0
58	1
59	0
60	1
61	0
62	0

No plantación sin incentivos	Plantación con incentivo	Plantación con préstamo
0	1	1
0	0	0
0	0	0
0	1	1
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	1	1
0	1	1
0	0	0
0	1	0
0	1	0
0	0	0
0	1	1
0	1	1
0	0	0
0	1	1
0	1	1
0	1	0
0	1	1
0	1	1
0	1	0
0	1	1
0	1	1
0	0	0
0	1	1
0	1	1
0	1	1
0	0	0
0	1	1
0	0	0
0	1	0
0	1	0
0	1	1
0	1	0
0	1	1
0	0	0
0	1	1
0	1	1
0	0	0
0	1	1
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	1	1

63	0
64	1
65	1
66	1
67	0
68	0
69	0
70	1
71	1
72	0
73	0
74	0
75	0
76	0
77	0
78	0
79	0
80	0
TOTAL	17

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	1	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	1	1
0	0	0
0	0	0
0	0	0
63	34	25

Salida del modelo en el programa Lindep

```

logit; lhs=coninc; rhs=one,sitio; marginal effects$

-----+-----
| Multinomial Logit Model
| Maximum Likelihood Estimates
| Dependent variable           CONINC
| Weighting variable           ONE
| Number of observations       63
| Iterations completed         4
| Log likelihood function      -40.65108
| Restricted log likelihood     -43.46965
| Chi-squared                  5.637137
| Degrees of freedom           1
| Significance level           .1758390E-01
|-----+-----

| Variable | Coefficient | Standard Error | b/St.Er. | P[|Z|>z] | Mean of X|
|-----+-----+-----+-----+-----+-----|
|          |             |                |          |         |          |
| Characteristics in numerator of Prob[Y = 1]
| Constant | .7375989431 | .36658880      | 2.012   | .0442  |
| SITIO    | -1.230075428 | .52995471     | -2.321  | .0203  | .46031746
|
| Marginal effects on Prob[Y = 1]
| Constant | .1830524283 | .87925194E-01 | 2.082   | .0374  |
| SITIO    | -.3052719858 | .13145087     | -2.322  | .0202  | .46031746
|
| Predicted
|-----+-----+-----+-----|
| Actual   | 0    1    | Total
|-----+-----+-----+-----|
| 0        | 18   11   | 29
| 1        | 11   23   | 34
|-----+-----+-----+-----|
| Total    | 29   34   | 63

```

ANEXO 14. Resumen de los casos viables y viables con restricción del modelo de cálculo

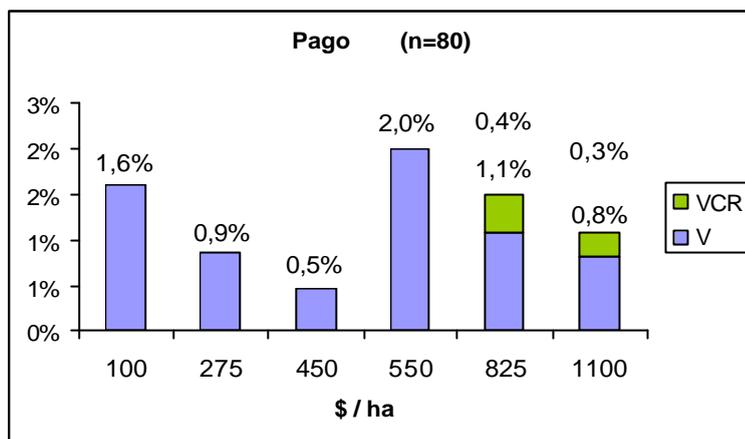
Esquema plantación	Especie	Calidad sitio	Ritmo de plantación anual	Pago total	Devol	Precio CAC	Miles t de CO2	Tamaño proyecto	Saldo final miles \$	Viabilidad
Normal	1	1	500	100	0	5	4134,44	15500	109198	V
Normal	1	1	500	275	0	5	4134,44	15500	57658	V
Normal	1	1	500	450	0	5	4134,44	15500	6118	V
Normal	1	1	500	550	1375	5	4134,44	15500	135200	V
Normal	1	1	500	825	2062,5	5	4134,44	15500	133475	V
Normal	1	1	500	1100	2750	5	4134,44	15500	131749	V
Normal	1	1	1000	100	0	3	8268,88	31000	38063	V
Normal	1	1	1000	100	0	5	8268,88	31000	346639	V
Normal	1	1	1000	275	0	5	8268,88	31000	243558	V
Normal	1	1	1000	450	0	5	8268,88	31000	140478	V
Normal	1	1	1000	550	1375	3	8268,88	31000	90065	V
Normal	1	1	1000	550	1375	5	8268,88	31000	398641	V
Normal	1	1	1000	825	2062,5	5	8268,88	31000	395191	V
Normal	1	1	1000	1100	2750	5	8268,88	31000	391741	V
Normal	1	2	500	100	0	5	3106,12	15500	13261	V
Normal	1	2	500	550	1375	5	3106,12	15500	39263	V
Normal	1	2	500	825	2062,5	5	3106,12	15500	33273	VCR
Normal	1	2	1000	100	0	5	6212,23	31000	154765	V
Normal	1	2	1000	275	0	5	6212,23	31000	51684	V
Normal	1	2	1000	550	1375	5	6212,23	31000	206767	V
Normal	1	2	1000	825	2062,5	5	6212,23	31000	203317	V
Normal	1	2	1000	1100	2750	5	6212,23	31000	187530	VCR
Normal	1	3	500	550	1375	5	2710,06	15500	2313	V
Normal	1	3	1000	100	0	5	5420,12	31000	80866	V
Normal	1	3	1000	550	1375	5	5420,12	31000	132868	V
Normal	1	3	1000	825	2062,5	5	5420,12	31000	127099	VCR
Con impre1	1	1	500	100	0	5	4374,21	15500	129410	V
Con impre1	1	1	500	275	0	5	4374,21	15500	79281	V
Con impre1	1	1	500	450	0	5	4374,21	15500	29151	V
Con impre1	1	1	500	550	1375	5	4374,21	15500	146013	V
Con impre1	1	1	500	825	2062,5	5	4374,21	15500	139991	V
Con impre1	1	1	500	1100	2750	5	4374,21	15500	133970	V
Con impre1	1	1	1000	100	0	3	8748,43	31000	66108	V
Con impre1	1	1	1000	100	0	5	8748,43	31000	392579	V
Con impre1	1	1	1000	275	0	5	8748,43	31000	292320	V
Con impre1	1	1	1000	450	0	5	8748,43	31000	192061	V
Con impre1	1	1	1000	550	1375	3	8748,43	31000	99313	V
Con impre1	1	1	1000	550	1375	5	8748,43	31000	425784	V
Con impre1	1	1	1000	825	2062,5	3	8748,43	31000	82221	VCR
Con impre1	1	1	1000	825	2062,5	5	8748,43	31000	413742	V
Con impre1	1	1	1000	1100	2750	5	8748,43	31000	401699	V
Con impre1	1	2	1000	100	0	5	5475,79	31000	87261	V
Con impre1	1	2	1000	550	1375	5	5475,79	31000	120466	V
Con impre1	1	2	1000	825	2062,5	5	5475,79	31000	108423	V
Con impre1	1	3	500	550	1375	5	2897,05	15500	8202	V
Con impre1	1	3	1000	100	0	5	5794,10	31000	116957	V
Con impre1	1	3	1000	275	0	5	5794,10	31000	16698	V
Con impre1	1	3	1000	550	1375	5	5794,10	31000	150162	V
Con impre1	1	3	1000	825	2062,5	5	5794,10	31000	138120	V
Con impre1	1	3	1000	1100	2750	5	5794,10	31000	75675	VCR
Con impre2	1	1	500	100	0	5	3942,91	15500	68336	V
Con impre2	1	1	500	275	0	5	3942,91	15500	11182	V
Con impre2	1	1	500	550	1375	5	3942,91	15500	125491	V
Con impre2	1	1	500	825	2062,5	5	3942,91	15500	137740	V
Con impre2	1	1	500	1100	2750	5	3942,91	15500	149988	V

Con impre2	1	1	1000	100	0	5	7885,82	31000	272434	V
Con impre2	1	1	1000	275	0	5	7885,82	31000	158128	V
Con impre2	1	1	1000	450	0	5	7885,82	31000	43821	V
Con impre2	1	1	1000	550	1375	3	7885,82	31000	92465	V
Con impre2	1	1	1000	550	1375	5	7885,82	31000	386746	V
Con impre2	1	1	1000	825	2062,5	3	7885,82	31000	81261	VCR
Con impre2	1	1	1000	825	2062,5	5	7885,82	31000	411242	V
Con impre2	1	1	1000	1100	2750	5	7885,82	31000	435739	V
Con impre2	1	2	500	550	1375	5	2960,96	15500	33881	V
Con impre2	1	2	500	825	2062,5	5	2960,96	15500	42153	VCR
Con impre2	1	2	1000	100	0	5	5921,93	31000	89214	V
Con impre2	1	2	1000	550	1375	5	5921,93	31000	203525	V
Con impre2	1	2	1000	825	2062,5	5	5921,93	31000	228022	V
Con impre2	1	2	1000	1100	2750	5	5921,93	31000	251476	VCR
Con impre2	1	3	1000	100	0	5	5137,55	31000	16036	V
Con impre2	1	3	1000	550	1375	5	5137,55	31000	130348	V
Con impre2	1	3	1000	825	2062,5	5	5137,55	31000	154244	VCR
Con impre2	1	3	1000	1100	2750	5	5137,55	31000	35990	VCR
Con impre3	1	1	500	100	0	3	4646,40	15500	272	V
Con impre3	1	1	500	100	0	5	4646,40	15500	173666	V
Con impre3	1	1	500	275	0	5	4646,40	15500	128795	V
Con impre3	1	1	500	450	0	5	4646,40	15500	83925	V
Con impre3	1	1	500	550	1375	5	4646,40	15500	159979	V
Con impre3	1	1	500	825	2062,5	5	4646,40	15500	140316	V
Con impre3	1	1	500	1100	2750	5	4646,40	15500	120653	V
Con impre3	1	1	1000	100	0	3	9292,80	31000	129297	V
Con impre3	1	1	1000	100	0	5	9292,80	31000	476083	V
Con impre3	1	1	1000	275	0	3	9292,80	31000	39557	V
Con impre3	1	1	1000	275	0	5	9292,80	31000	386343	V
Con impre3	1	1	1000	450	0	5	9292,80	31000	296603	V
Con impre3	1	1	1000	550	1375	3	9292,80	31000	101925	V
Con impre3	1	1	1000	550	1375	5	9292,80	31000	448711	V
Con impre3	1	1	1000	825	2062,5	3	9292,80	31000	60118	VCR
Con impre3	1	1	1000	825	2062,5	5	9292,80	31000	409385	V
Con impre3	1	1	1000	1100	2750	5	9292,80	31000	370058	V
Con impre3	1	2	1000	100	0	5	5170,56	31000	91502	V
Con impre3	1	2	1000	275	0	5	5170,56	31000	1762	V
Con impre3	1	2	1000	550	1375	5	5170,56	31000	64130	V
Con impre3	1	3	500	100	0	5	3105,02	15500	29863	V
Con impre3	1	3	500	550	1375	5	3105,02	15500	16177	V
Con impre3	1	3	1000	100	0	5	6210,03	31000	188479	V
Con impre3	1	3	1000	275	0	5	6210,03	31000	98739	V
Con impre3	1	3	1000	450	0	5	6210,03	31000	8999	V
Con impre3	1	3	1000	550	1375	5	6210,03	31000	161106	V
Con impre3	1	3	1000	825	2062,5	5	6210,03	31000	121780	V
Con impre3	1	3	1000	1100	2750	5	6210,03	31000	19037	VCR
Normal	2	1	500	100	0	5	3049,44	10500	7973	V
Normal	2	1	500	550	1100	5	3049,44	10500	52191	V
Normal	2	1	500	825	1650	5	3049,44	10500	59574	V
Normal	2	1	500	1100	2200	5	3049,44	10500	66957	V
Normal	2	1	1000	100	0	5	6098,87	21000	144189	V
Normal	2	1	1000	275	0	5	6098,87	21000	41108	V
Normal	2	1	1000	550	1100	3	6098,87	21000	5028	V
Normal	2	1	1000	550	1100	5	6098,87	21000	232624	V
Normal	2	1	1000	825	1650	5	6098,87	21000	247390	V
Normal	2	1	1000	1100	2200	5	6098,87	21000	262156	V
Normal	2	2	1000	550	1100	5	3658,87	21000	4986	V
Con impre1	2	1	500	100	0	5	3177,54	10500	18500	V
Con impre1	2	1	500	550	1100	5	3177,54	10500	54123	V
Con impre1	2	1	500	825	1650	5	3177,54	10500	57878	V

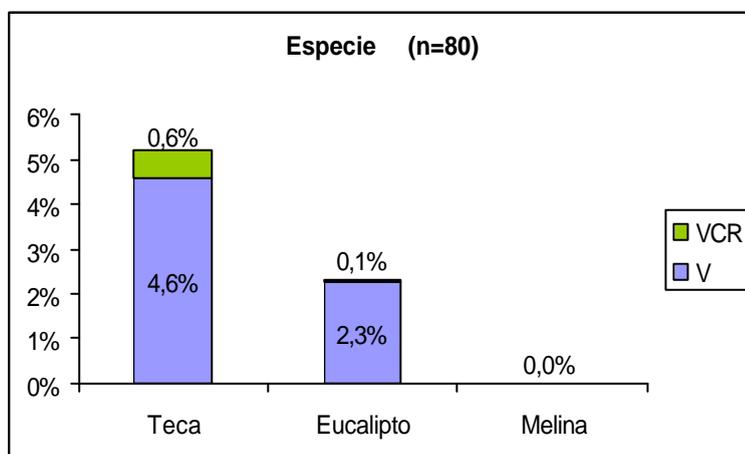
Con impre1	2	1	500	1100	2200	5	3177,54	10500	61633	V
Con impre1	2	1	1000	100	0	5	6355,07	21000	173638	V
Con impre1	2	1	1000	275	0	5	6355,07	21000	75241	V
Con impre1	2	1	1000	550	1100	3	6355,07	21000	7728	V
Con impre1	2	1	1000	550	1100	5	6355,07	21000	244885	V
Con impre1	2	1	1000	825	1650	5	6355,07	21000	252395	V
Con impre1	2	1	1000	1100	2200	5	6355,07	21000	259906	V
Con impre1	2	2	1000	550	1100	5	3884,45	21000	14390	V
Con impre2	2	1	500	550	1100	5	2895,74	10500	37889	V
Con impre2	2	1	500	825	1650	5	2895,74	10500	55921	V
Con impre2	2	1	500	1100	2200	5	2895,74	10500	73953	V
Con impre2	2	1	1000	100	0	5	5791,48	21000	74701	V
Con impre2	2	1	1000	550	1100	5	5791,48	21000	212270	V
Con impre2	2	1	1000	825	1650	5	5791,48	21000	248335	V
Con impre2	2	1	1000	1100	2200	5	5791,48	21000	284400	V
Con impre3	2	1	500	100	0	5	3465,51	10500	74452	V
Con impre3	2	1	500	275	0	5	3465,51	10500	34079	V
Con impre3	2	1	500	550	1100	5	3465,51	10500	72773	V
Con impre3	2	1	500	825	1650	5	3465,51	10500	60398	V
Con impre3	2	1	500	1100	2200	5	3465,51	10500	48022	V
Con impre3	2	1	1000	100	0	3	6931,01	21000	20784	V
Con impre3	2	1	1000	100	0	5	6931,01	21000	279434	V
Con impre3	2	1	1000	275	0	5	6931,01	21000	198686	V
Con impre3	2	1	1000	450	0	5	6931,01	21000	117939	V
Con impre3	2	1	1000	550	1100	3	6931,01	21000	17425	V
Con impre3	2	1	1000	550	1100	5	6931,01	21000	276074	V
Con impre3	2	1	1000	825	1650	5	6931,01	21000	251324	V
Con impre3	2	1	1000	1100	2200	5	6931,01	21000	226573	V
Con impre3	2	2	1000	100	0	5	4358,29	21000	39413	V
Con impre3	2	2	1000	550	1100	5	4358,29	21000	36054	V
Con impre3	2	2	1000	825	1650	5	4358,29	21000	11029	VCR

**ANEXO 15.** Viabilidad de proyectos en el modelo de cálculo de acuerdo a pago a los productores, especie, calidad de sitio y ritmo anual de plantación.

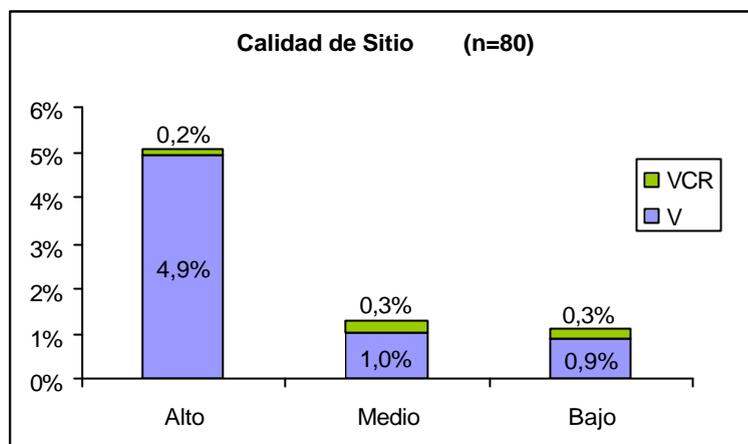
- **Proyectos viables por pago a los productores**



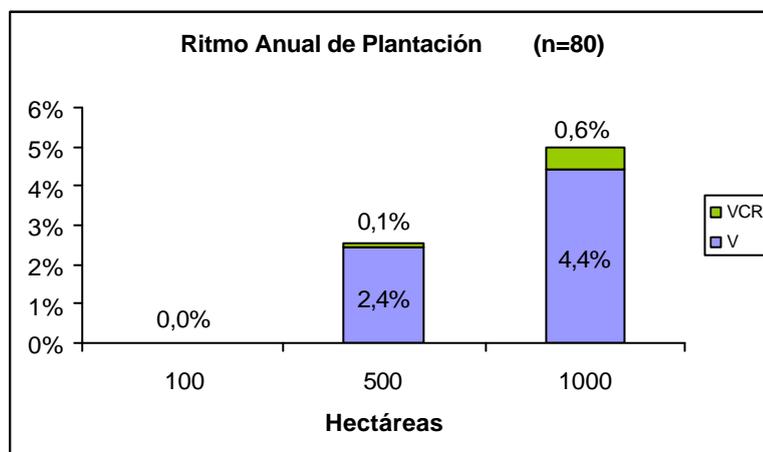
- **Proyectos viables por especie**



- **Proyectos viables por calidad de sitio**



- **Proyectos viables por ritmo anual de plantación**



**ANEXO 16. Análisis de regresión lineal salida de InfoStat**

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj
LN_Precio Minimo	1269	0,97	0,97

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	EE	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	Cp	Mallows
const	14,20	0,05	14,09	14,31	261,97	<0,0001		
LN_t de CO2	-0,84	4,0E-03	-0,84	-0,83	-207,31	<0,0001	42946,18	
Pago total	2,0E-04	3,6E-05	1,3E-04	2,7E-04	5,70	<0,0001	35,45	
Devol	-0,24	0,02	-0,29	-0,19	-10,05	<0,0001	103,83	

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2466,89	3	822,30	14359,56	<0,0001
LN_t de CO2	2461,07	1	2461,07	42977,13	<0,0001
Pago total	1,86	1	1,86	32,48	<0,0001
Devol	5,78	1	5,78	100,91	<0,0001
Error	72,44	1265	0,06		
<b>Total</b>	<b>2539,33</b>	<b>1268</b>			