



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y SOCIALES

ESCUELA DE ECONOMÍA

**ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN SISTEMAS AGROFORESTALES
DE YARACUY, VENEZUELA COMO ACTIVO PARA EL DESARROLLO.**

Tutor: Alexis López

Autores: Jorge Merchán

Richard De Freitas

Caracas, Octubre de 2006

El presente trabajo está dedicado a aquellas personas que nos han apoyado a lo largo de nuestra carrera, siendo inspiración y fortaleza.

Jorge Merchán, Carolina Sánchez,
Lina De Freitas, Luís M. De Freitas.

Agradecemos a Víctor Gutiérrez.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.1 Planteamiento del Problema.....	11
1.2 Objetivos de la Investigación	13
1.3 Justificación	14
1.4 Hipótesis.....	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	15
2.1 Protocolo de Kyoto:	15
2.1.1) Mecanismos de Flexibilidad:.....	17
2.1.2) Tipos de comercialización:.....	24
2.2 Servicios Ambientales y Sistemas Agroforestales:.....	27
2.2.1) Servicios ambientales:.....	27
2.2.2) Problemas derivados del pago por servicios ambientales:	29
2.3 El Pago por Servicios Ambientales en los Sistemas Agroforestales: .	32
2.3.1) Tipos de pago por Servicios Ambientales:.....	34
2.3.3) Sostenibilidad del Sistema de Pago por Servicios Ambientales:	34
2.3.3) Sustentabilidad de los sistemas de Pago por Servicios Ambientales:	35
2.4 Ambiente, mercados, economía y transparencia:.....	38
2.4.1) Ambiente:.....	39
2.4.2) Mercado:.....	39

2.4.3) Economía:.....	40
2.4.4) Transparencia del Mercado:	41
2.5 Marco legal:	42
2.5.1) Constitución de la República Bolivariana de Venezuela: Capítulo IX “De los derechos ambientales”:.....	42
2.5.2) Ley Nacional de Bosques:	42
2.5.3) Ley sobre el Protocolo de Kyoto:	43
2.5.4) Ley de Pago por Servicios Ambientales:	44
2.6 Sistemas Agroforestales:.....	44
2.6.1) Sistema de producción agropecuario tradicional:	45
2.6.2) Potencialidades de los Sistemas agroforestales:.....	46
2.6.3) Definición de los Sistemas Agroforestales:.....	49
2.7 Gliricidia sepium	53
2.7.1) Reproducción Vegetativa de la gliricidia sepium:.....	54
2.7.2) Crecimiento y Rendimiento:.....	55
2.7.3) Usos de la Gliricidia Sepium:	56
CAPÍTULO III: DISEÑO DEL ESTUDIO.....	59
3.1 Localización y condiciones agroclimáticas de la zona de estudio	59
3.2 Características del sistema silvopastoril (SSP) y condiciones de manejo.....	60
3.3 Cuantificación del almacenamiento de carbono por la Gliricidia Sepium	60
3.4 Carbono orgánico del suelo.....	62

3.5 Aproximación al balance de carbono en el sistema silvopastoril	63
CAPÍTULO IV: VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA FIJACIÓN DE	
CARBONO EN UN SISTEMA AGROFORESTAL DE YARACUY DE	
GLIRICIDIA SEPIUM	65
4.1 Simulación de diferentes estrategias de manejo	65
4.2 Criterios empleados para el análisis económico.....	68
4.3 Descuento del flujo de carbono (VPNc).....	71
4.4 Frontera de posibilidades de producción y costos de oportunidad	72
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	74
5.1 Estrategias Simuladas	74
5.2 Simulación de crecimiento.....	75
5.3 Frontera de posibilidades de producción	76
5.4 Costo de oportunidad de la fijación de carbono.....	79
5.5 Estrategias de manejo que componen la frontera de posibilidades de producción y el costo de oportunidad.	81
5.6 Precios de la fijación de carbono	84
5.7 Discusión de la evaluación de los precios fijados de carbono	86
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFÍA	93
ANEXO 1: Países Anexo 1	104
ANEXO 2: Tabla de simulación para el crecimiento de la Gliricidia Sepium	105
ANEXO 3: Simulación de fijación de carbono.	108

ANEXO 4: Almacenamiento de carbono en el tiempo por la <i>Gliricidia Sepium</i>	110
ANEXO 5: Valores de fijación de carbono en el resto del mundo y diferentes proyectos	111

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1. Sistema agroforestal.	53
Figura 2. Zona geográfica de crecimiento de la Gliricidia Sepium	54
Tabla 1. Valores de almacenamiento de carbono en SSP por Gliricidia Sepium, Yaracuy, Venezuela, 2000.....	61
Tabla 2. COS de SSP en Yaracuy, Venezuela.	62
Tabla 3. Balance aproximado del carbono en un sistema silvopastoril en Yaracuy, Venezuela.	64
Tabla 4. Simulaciones de diferentes estrategias de manejo.	67
Tabla 5. Ecuaciones de crecimiento para la Gliricidia Sepium.....	68
Tabla 6. Supuestos de costos e ingresos usados para el cálculo del VPN..	70
Figura 3. Carbono y crecimiento en altura para la Gliricidia Sepium.....	75
Figura 4. Frontera de posibilidades de producción entre VPN Y VPNc para una TDR del 6%.....	77
Figura 5. Frontera de posibilidades de producción entre VPN y VPNc para una TDR del 9%.....	78
Figura 6. Frontera de posibilidades de producción entre VPN y VPNc para una TDR del 12%.....	78
Figura 7. Costo de oportunidad de la fijación de carbono para una TDR del 6%.....	79
Figura 8. Costo de oportunidad de la fijación de carbono para una TDR del 9%.....	80

Figura 9. Costo de oportunidad de la fijación de carbono para una TDR del
12%..... 80

INTRODUCCIÓN

En 1997 fue elaborado el Protocolo de Kyoto (PK), como consecuencia a una preocupación global respecto a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). El objetivo del PK fue la de mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), donde los países desarrollados en su gran mayoría se comprometen a reducir la emisiones de estos gases en un 5% con respecto a las emisiones de 1990, para el primer período de cumplimiento entre 2008 - 2012. El Protocolo de Kyoto establece diferentes instrumentos de flexibilidad, el más relevante desde el punto de vista de Venezuela es el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), porque permite a los países desarrollados comprometidos en la reducción de sus emisiones GEI la inversión en proyectos de este tipo en países en desarrollo. Con este instrumento de flexibilidad los países desarrollados pueden cumplir con las reducciones establecidas por el PK, sin compromisos de reducción de emisiones y promoviendo en países en desarrollo un desarrollo sustentable.

Las plantaciones forestales en el trópico (Gliricidia Sepium), por su capacidad de fijar carbono, representa una alternativa interesante para desarrollar proyectos que puedan ayudar a mitigar la emisiones de GEI, bajo la forma de MDL.

El hecho de reconocer los bosques como sumideros de carbono puede influir en la toma de decisiones de manejo de los bosques con respecto a las decisiones tradicionales basadas en la producción de madera. Un determinante importante en la toma de decisiones sobre el manejo del bosque es el valor económico de la fijación de carbono, y este determinante debe ser considerado cuando se plantea usar el bosque con un fin de sumidero de carbono.

Una de las mayores incertidumbres es el valor de este servicio ambiental (precio del carbono por tonelada), debido a que no existe un mercado para el comercio de carbono que determine los precios del carbono, tampoco reglas claras a los métodos y formas de valorar este beneficio ambiental de los bosques. Buscando una alternativa independiente a los precios internacionales, este trabajo busca valorar económicamente la fijación de carbono en la *Gliricidia Sepium* en un sistema agroforestal situado en Yaracuy, Venezuela, mediante diferentes estrategias de manejo de bosques, las cuales consisten en entresacas de diferente intensidad y frecuencia. El método de valoración económica utilizado en este trabajo se basa en el costo de oportunidad de las diferentes estrategias utilizadas, es decir, los precios se obtienen del trade off entre fijación de carbono o producción de madera para uso comercial.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

A nivel mundial existe una gran preocupación por los Gases de Efecto Invernadero (GEI) que son producidos y enviados a la atmósfera. Es por ello que esta preocupación se ha llevado a los bosques del trópico y se han planteado posibles soluciones en ellos, ya que desempeñan una función importante en la moderación del flujo neto de (GEI) entre la tierra y la atmósfera.

Los bosques funcionan como depósitos de carbono en la biomasa y los suelos, actúan como sumideros de carbono cuando se aumenta su superficie. Por el contrario, cuando el hombre interviene indiscriminadamente en el uso de los bosques, a través de la tala, quema, deforestación, descomposición de la biomasa y alteraciones del suelo, contribuye al aumento de las emisiones de CO₂ en la atmósfera. “Los bosques del trópico contienen una gran concentración de biomasa y biodiversidad de la tierra, por lo tanto su destrucción tiene serias consecuencias para la vida del planeta. Cuando uno de estos bosques cambia a otros usos de la tierra a través de la quema de su biomasa, más del 85% del carbón almacenado en la vegetación se pierde en la atmósfera, principalmente como CO₂, esta es la

causa principal de la acumulación de CO₂ en la atmósfera después de los efectos de combustión de carburantes fósiles. Ante estos sucesos, la comunidad mundial está apoyando medidas de política que frenen la degradación del medio y promuevan la conservación y desarrollo sostenible de los recursos naturales” (Guzmán y Arévalo, 2003, p. 3).

Diversos enfoques teóricos se han venido promoviendo en relación a este tema. Tal como Norverto, (2004) donde estudia el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) y nuevas posibilidades de inversión para el sector forestal. En relación al mismo tema se hace referencia al trabajo de Guzmán y Arévalo (2003), donde estudian el almacenamiento de carbono en la amazonia peruana.

Esto conlleva a la siguiente pregunta:

¿Existe realmente un potencial en los sistemas agroforestales de Yaracuy, Venezuela para llevar a cabo proyectos de pago por servicios ambientales de almacenamiento de carbono?

1.2 Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Determinar las posibilidades de pago por servicios ambientales de almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de Yaracuy, Venezuela.

Objetivos Específicos

1. Análisis comparativo de almacenamiento de carbono por diferentes sistemas de uso de la tierra en sistemas agroforestales de Yaracuy, Venezuela.
2. Evaluación de los resultados de la valoración económica de los servicios ambientales de almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de Yaracuy, Venezuela y sus implicaciones de activo para el desarrollo.
3. Caracterizar los mecanismos de pago existentes por servicios ambientales de almacenamiento de carbono e identificar las posibilidades de aplicarlos en sistemas agroforestales de Yaracuy, Venezuela.

1.3 Justificación

Existe un mercado potencial que “hasta la fecha el comercio de carbono fue de 200.000 t CO₂¹. La dimensión del mercado de carbono para el primer período de compromiso 2008-2012, será de 1.870 a 3.400 millones de t CO₂. A esto habría que restarle 2.000 millones del aire caliente y el resto sería negociable en el MDL, donde India y China se llevan el 70%” (Norverto, 2004, p. 4). Según Arcila, (2000) el mercado de Mecanismo de Desarrollo Limpio para Latinoamérica puede ser de 8 mil millones de dólares estadounidenses anuales en el período de compromiso 2008-2012 y 30 mil millones anuales aproximadamente en el año 2020, este es un mercado potencial en el cual Venezuela puede formar parte a través de los sistemas agroforestales de Yaracuy.

1.4 Hipótesis

Los sistemas agroforestales de Yaracuy, Venezuela, mediante el almacenamiento de carbono poseen un potencial para el pago de servicios ambientales

¹ t CO₂: Tonelada de Dióxido de Carbono.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Protocolo de Kyoto:

El cambio climático producto del calentamiento global es una de las principales preocupaciones ambientales surgidas en los últimos años. El aumento de la temperatura de la tierra se relaciona con las crecientes emisiones de CO₂ a la atmósfera debido a las actividades humanas. Esta creciente preocupación por el posible cambio climático ha generado una discusión internacional sobre cómo reducir las emisiones de CO₂ y disminuir su stock en la atmósfera mediante la fijación de carbono (Mogas y Riera, 2004).

La primera acción concreta, fue crear una organización de carácter mundial en 1988 para estudiar el problema y proponer acciones de mitigación, tomando el nombre de Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) y contó con la representación de más de cien países. Como resultado, se formuló un tratado mundial para hacer frente al problema de cambio climático, que fue adoptado el 9 de mayo de 1992 por las Naciones Unidas como Convenio Marco sobre Cambio Climático (CMCC). Este tratado compromete a ejercer acciones para mitigar y enfrentar el cambio climático,

ya que los acontecimientos climatológicos no hacen distinción alguna sobre sus consecuencia para la humanidad (Norverto, 2002).

Según Valero, (SF) si bien Estados Unidos es el país responsable del 36% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero, decidió no firmar el Protocolo de Kyoto, ellos argumentan que no están dispuestos a desmejorar su calidad de vida², sin embargo esto no ha sido impedimento para que la mayoría de los gobiernos del mundo reconozcan que la atmósfera es un bien y una responsabilidad común de toda la humanidad. Por ello nace el Protocolo de Kyoto en 1997 y tiene como objetivo poner la convención en marcha

El Protocolo de Kyoto (Artículo 3), tiene como objetivo el compromiso legal de 39 países desarrollados (países Anexo 1) de reducir sus emisiones de GEI enumeradas en el anexo A, estos son, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonados (HFC), perfluorocarbonados (PFC) y hexafloruro de azufre (SF₆) en un promedio de 5,2 %, con respecto a los niveles de emisiones que tenían en el año 1990. Esta reducción de emisiones debe ser lograda en el período 2008-2012, llamado “Primer Período de Compromiso”. Las naciones en vías de desarrollo (países no-Anexo 1), incluso algunas economías emergentes consideradas potencias económicas como China, India o Brasil no están obligadas a

² Cumbre Clima de Bonn, 2001

recortar sus emisiones al menos en su primera fase de aplicación (Auckland et al., 2002). Así mismo, en La Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela en la Ley Aprobatoria del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, (2004) ratificó en los Artículos 7 y 8 que las variaciones netas de las emisiones por fuente y absorción de carbono en los sumideros de gases de efecto invernadero que se deban a la actividad humana directamente relacionada con el cambio del uso de la tierra y la silvicultura, limitada a la forestación, reforestación y deforestación desde 1990, serán utilizadas a los efectos de cumplir los compromisos de cada Parte incluida en el Anexo 1. Además de fijar compromisos de reducción, el Protocolo de Kyoto establece tres Mecanismos Flexibles para cumplir las metas acordadas por los países Anexo 1 en el llamado Primer Período de Compromiso:

2.1.1) Mecanismos de Flexibilidad:

2.1.1.1) Comercio de Emisiones de CO₂:

Es una transacción financiera de “permisos de exceso de emisiones” entre países desarrollados cuya condición es que los países con exceso de emisiones puedan comprar créditos de emisión a otros países que hayan logrado reducir sus emisiones respecto al límite impuesto por el Protocolo de Kyoto. La Unión Europea (UE), utiliza este instrumento para redistribuir el peso de reducir las emisiones (Norverto, 2004). De acuerdo con

investigaciones realizadas por Miliarium empresa de consultaría encargada de suministrar información y documentación técnica para los sectores de Ingeniería Civil y Medio Ambiente, (2001) afirma que el comercio de derechos de emisiones comenzó a funcionar de forma no oficial el 1 de enero de 2005, a través del denominado Sistema Europeo de Comercio de Emisiones (ETS). La apertura oficial está prevista para el 1 de enero de 2008 y estiman que el comercio de permisos de exceso de emisiones podría alcanzar los 30.000 millones de dólares al año³. Pero como esta fórmula no revierta en las emisiones de gases contaminantes globales del planeta, podría provocar un incremento neto de las mismas, en lugar de la reducción del 5,2% adoptada en el Acuerdo del Protocolo de Kyoto. Así mismo, los mayores proveedores serán Rusia, Ucrania y Kazajstán, cuyas emisiones de CO₂ son 45% inferiores a las que emitían en 1990. El Sistema Europeo de Comercio de Emisiones se perfila como el modelo que se impondrá en los mercados financieros internacionales, no sólo por la seguridad jurídica que ofrece el Sistema Jurídico y el Tribunal de Justicia de la UE, sino porque dentro de la Unión hay países compradores como España y vendedores como Rusia y los nuevos adherentes de la Europa del Este.

2.1.1.2) Implementación Conjunta:

Según el Ministerio de Ambiente de España, (2006) este mecanismo de flexibilidad se plasma en el Artículo 6 del Protocolo de Kyoto el cual permite

³ Miliarium Aureum, S.L., 2001.

que un país Anexo 1 invierta en otro país Anexo 1, en proyectos de energía limpia en cuanto a reducción de emisiones o de fijación de carbono. Comenta además que el país inversor se beneficia porque obtiene certificados para reducir emisiones (CERs) a un precio menor del que le habría costado en su ámbito nacional, cumpliendo los compromisos de Kyoto, del mismo modo el país receptor se beneficia de la inversión que recibe y de nuevas tecnologías más limpias. Sin embargo, en la actualidad todavía no se ha establecido el Comité de Supervisión del Artículo 6, que será el órgano supervisor de este mecanismo y encargado entre otras funciones, de elaborar normas de procedimiento adicionales para regular el funcionamiento del mecanismo de Implementación Conjunta.

2.1.1.3) Mecanismo de Desarrollo Limpio:

Es el único de los 3 mecanismos de flexibilización que incluye a los países en desarrollo como Venezuela. Según el Artículo 12 del Protocolo de Kyoto los países Anexo 1 deben desarrollar proyectos en los países no Anexo 1 que redunden en la mitigación y fijación de carbono. Las Partes incluidas en el Anexo 1 podrán utilizar las Reducciones Certificadas de Emisiones (CERs) resultante de los proyectos emprendidos para contribuir al cumplimiento de los compromisos contraídos en el artículo 3. Así mismo, los proyectos que se efectúen en los países No Anexo 1, pueden lograr un desarrollo sostenible y contribuir con el objetivo último de la convención, esto

es, lograr la estabilización de las concentraciones de los gases efecto invernadero señaladas en el Anexo A, en un nivel que impida interferencias humanas peligrosas en el sistema climático (Arcila, 2000).

Según el IPCC, (2000) un aumento de la superficie forestal puede ayudar a mitigar el efecto del calentamiento global al menos en el corto plazo. Los proyectos agroforestales son un reflejo de ello. Del mismo modo “las plantaciones forestales por su capacidad de fijar carbono en la madera, en los tejidos vegetales, ramas, raíces, necromasa y suelos son una alternativa que se debe tomar en cuenta económicamente” (Lopera y Gutiérrez, 2001).

Los incentivos financieros tanto nacionales como internacionales son los que pueden dar vida a estos proyectos agroforestales, capaces de secuestrar CO₂ de la atmósfera, a través de contratos formales previamente discutidos y aprobados entre las partes involucradas, estos son, los promotores de proyectos bajo Mecanismo de Desarrollo Limpio representados por entes gubernamentales de los países no Anexo 1, los demandantes de proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio que son inversionistas públicos o privados pertenecientes a los países Anexo 1, organismos internacionales como el Banco Mundial (BM), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y demás entes financieros que a través del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) constituyen un fondo importante para el

desarrollo de proyectos agroforestales que permiten la transferencia de recursos económicos y tecnológicos. Córdova, (2004) hace referencia a la contribución del Banco Mundial en el año 2001 a proyectos con carácter medioambiental, éste distribuye sus fondos principalmente en conservación de la biodiversidad en un 60% y un 30% en proyectos relacionados con el cambio climático.

En América Latina existen ya estrategias para afrontar el problema de cambio climático utilizando los mecanismos de flexibilización derivados del Protocolo de Kyoto y modelos de Mecanismo de Desarrollo Limpio. Costa Rica, es el primer país no Anexo 1 que estableció oficinas nacionales de Cambio Climático. También aprobó en 1996 una Ley Forestal que incorpora el concepto de “Servicios ambientales que brindan los bosques, las plantaciones forestales y otras actividades necesarias para fortalecer el desarrollo del sector de recursos naturales” (Arcila, 2000, p.10). Por su parte Córdova, (2004) señala el contrato entre Costa Rica y Noruega el cual consistió en un fondo de 2 millones de dólares, de los cuales 1,7 millones fueron aportados por el gobierno de Noruega y el resto fue aportado por consorcios privados de ese país para llevar a cabo el proyecto agroforestal bajo Mecanismo de Desarrollo Limpio. Con ello Noruega tiene a cambio unos 200 mil certificados de reducción de emisiones CERs de GEI y Costa Rica se beneficia de inversiones extranjeras en proyectos de reforestación,

conservación de bosques y ampliación de la central hidroeléctrica más importante de ese país. Argentina también ha tenido avances significativos en este aspecto creando la oficina para promover proyectos agroforestales que lleva el nombre de Oficina para el Mecanismo de Desarrollo Limpio (OMDL). Perú es otro país que ha realizado estudios acerca del tema, los trabajos se vienen realizando en la amazonia peruana y consisten principalmente en el pago en moneda para aquellos agricultores dispuestos a preservar el bosque o aquellos dedicados a la agroforestería. (Guzmán y Arévalo, 2003). Por su parte en Venezuela se pueden encontrar diversos trabajos sobre captura de carbono. La Fundación Polar conjuntamente con el Instituto Universitario de Tecnología del Estado Yaracuy en San Felipe y el Instituto de Producción Animal de la Universidad Central de Venezuela de Maracay, determinó el almacenamiento de Carbono del árbol *Gliricidia Sepium*. (Arias et al., 2001)

Concretamente “el Mecanismo de Desarrollo Limpio es un instrumento económico financiero que permite la transferencia de fondos de países desarrollados a países en desarrollo, basado en las cargas financieras de protección ambiental” (Arcila, 2000, p.12). Además Arcila, (2000) señala que la principal función consiste en velar porque los proyectos de reducción de emisiones o su compensación cumplan con los siguientes criterios de elegibilidad:

- a. Que contribuyan al desarrollo sostenible de los países en desarrollo, bajo criterios definidos soberanamente por cada país.
- b. Que redunden en la mitigación del cambio climático.
- c. Que la reducción sea medible y certificable en el tiempo, a través de un estudio empírico en la zona donde se va a realizar el proyecto.

Los criterios necesarios propuestos por Arcila, (2000) para que se aprueben proyectos agroforestales bajo Mecanismo de Desarrollo Limpio, se debe evaluar la adicionalidad ambiental, financiera y programática del proyecto. Según la Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de Colombia (ACCEFAN) en su Capítulo 4 sobre los Criterios para la Elegibilidad de Proyectos bajo MDL sugiere que sobre la adicionalidad, no existen en la actualidad delineamientos claramente establecidos. Por ahora la Academia llega al consenso general de que la adicionalidad debe cumplir tres requisitos:

1. Formulación y justificación de la Línea Base.
2. Formulación y justificación del proyecto agroforestal bajo Mecanismo de Desarrollo Limpio o Implementación Conjunta.
3. Determinación empírica de la reducción de emisiones. Este es un valor estimado que dependerá de la metodología que se vaya a utilizar y de las variables empleadas.

Además la ACCEF, (SF) señala que la Adicionalidad Medioambiental está ligada a los beneficios medioambientales relacionados con los gases efecto invernadero que ocurren solamente si existen proyectos de tipo agroforestal. Por otro lado, la Adicionalidad Financiera se refiere a evaluar las condiciones actuales que permiten o no el desarrollo del proyecto agroforestal en cuanto a ventajas económicas de tipo comercial y competitivo. Así mismo, la Adicionalidad Programática exige que el proyecto agroforestal responda a una iniciativa dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio y no corresponda a acciones particulares o gubernamentales. Por último, se introdujo un nuevo concepto denominado la Adicionalidad de Comportamiento el cual consiste en analizar el comportamiento del inversor frente al proyecto bajo Mecanismo de Desarrollo Limpio, ya que éste tiene que abordar una serie de barreras de implementación las cuales son de tipo institucional, reglamentario, Know-how, entre otros.

2.1.2) Tipos de comercialización:

Según la Organización Latinoamericana de Energía, (OLADE, 2005) existen tres posibles modelos para desarrollar proyectos agroforestales bajo Mecanismo de Desarrollo Limpio el cual será determinado por la negociación de las partes en el Convenio Marco de Cambio Climático (CMCC). Los modelos propuestos son los siguientes:

2.1.2.1) El Modelo Bilateral:

Este modelo permite que uno o más países del Anexo 1 inviertan conjuntamente con los países no Anexo 1, en la implementación y desarrollo de un proyecto bajo Mecanismo de Desarrollo Limpio. En este modelo, la selección del proyecto, el diseño, la financiación y el beneficio de los certificados de reducción de emisiones (CERs) es consensuado entre las partes. Desde la perspectiva de los países desarrollados, la formulación bilateral impone costos de transacción más altos que las demás opciones de cumplimiento. Ellos deben buscar el socio dentro de los países en vías de desarrollo, estudiar y negociar su participación en un proyecto de este tipo, desarrollar los compromisos contractuales, asumir los costos legales y administrar el proyecto conjuntamente.

2.1.2.2) El Modelo Multilateral:

Se maneja a través de un fondo de inversión donde van dirigidos los recursos financieros de los sectores públicos y privados de los países del Anexo 1 y son intercambiados por CERs de los países no Anexo 1. Este tipo de modelo, es análogo a lo que puede ser un fondo mutual destinado a proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio. OLADE, (2005) señala también que el fondo de inversión puede proveer asesoría financiera, servicios técnicos para el diseño de los proyectos, entre los que pueden

estar incluidos el análisis de la línea de base o el diseño de los contratos con los certificadores así como el arreglo de los precios de los CERs. Una vez que las reducciones de emisión de CO₂ en proyectos agroforestales sean certificadas, los CERs se venden a través de un mercado centralizado, donde los inversionistas reciben una parte de los CERs proporcional a sus contribuciones de capital en el fondo, o su equivalente en dinero. La puesta en práctica de este modelo es el denominado Fondo Prototipo para el Carbono lanzado por el Banco Mundial con un capital inicial de 150 millones de dólares. El fondo maneja su propio sistema de administración y selecciona los proyectos a financiar consistentemente con los principios del Mecanismo de Desarrollo Limpio. Según OLADE, (2005) es la modalidad preferida por los compradores de certificado de reducción de emisiones (CERs) y en donde se están comercializando la mayor parte de los créditos.

2.1.2.3) El Modelo Unilateral:

Este modelo es el único que plantea la ausencia de países que integran el Anexo 1. El desarrollo, la financiación, la implementación y los riesgos del proyecto corren por cuenta del país no Anexo 1. Como cualquier otro proyecto bajo Mecanismo de Desarrollo Limpio, es necesario que exista una parte que apruebe el diseño, la línea base y que emita los certificados de reducción de emisiones (CERs).

Una vez que estos son certificados, el país no Anexo 1 puede vender todo o parte de los CERs a las corporaciones o gobiernos del Anexo 1. El precio puede ser negociado por el comprador y el vendedor o comercializados por una tercera parte bajo la supervisión del Comité Ejecutivo del Mecanismo De desarrollo Limpio. La posibilidad de la comercialización de los CERs en mercados secundarios es esencial para el funcionamiento del Modelo Unilateral de formulación de proyectos.

2.2 Servicios Ambientales y Sistemas Agroforestales:

2.2.1) Servicios ambientales:

“Los Servicios Ambientales son aquellos que brindan fundamentalmente pero exclusivamente las áreas silvestres (sean bosques, pantanos y humedales, arrecifes, manglares, llanuras, sabanas), áreas que en su conjunto conforman ecosistemas, eco regiones y cuencas hidrográficas” (Arcila, 2000, p. 6). Por otro lado, si el sistema productivo empleado en esos ecosistemas o eco-regiones son de tipo agroforestal, generan una externalidad positiva, entre ellas están, el secuestro de CO₂ de la atmósfera, protección de las cuencas hidrográficas, la conservación de la biodiversidad, belleza escénica, aumento de la fertilidad de los suelos, entre otros. Sin embargo, el reconocimiento económico de estos servicios ambientales ha

estado ligado más que todo a la conservación de los bosques y a la reforestación, sobre todo en lo que se refiere a secuestro de carbono CO₂ debido al interés global sobre la materia. (Solórzano, 2004)

A partir de experiencias en diversos países, como por ejemplo Costa Rica, Colombia, Venezuela, Uruguay, etc., se cuenta con información sobre los efectos positivos que tienen los bosques para generar servicios ambientales, que han dado pie al pago de los mismos. Los trabajos más destacados en Centro y Sur América son los referentes a la capacidad que tienen los bosques para fijar CO₂. Entre ellos tenemos el de Lopera et al., (2000) en Colombia, el de Arias et al., (2001) en Venezuela, el de Loza-Balbuena, (2001) en Uruguay.

Costa Rica es el país pionero en Latinoamérica. A través de un esfuerzo mancomunado se realizaron los estudios de secuestro de carbono utilizando diferentes métodos y estrategias de contabilización, un vez cuantificado el CO₂ fijado en los bosques se crearon las estructuras legales que permitieron definir el pago que se le iba a dar a ese servicio ambiental. (Ley Forestal No 7.575 de la República de Costa Rica en la Gaceta No 72 de fecha 16 de abril de 1996).

Ese país en el año 2002, reconoció por primera vez el Pago por Servicios Ambientales en Sistemas Agroforestales (SAF), se definió como las

plantaciones de árboles forestales en SAF cuyos servicios ambientales son, el secuestro de carbono, la biodiversidad, mayor cantidad y calidad de agua y belleza escénica (Solórzano, 2004). Incluso ya se han hecho negociaciones entre Noruega y Costa Rica respecto a proyectos de Implementación Conjunta (Ramírez et al., 1997).

Este proceso fue largo, se requirió de toda una serie de cambios respecto al manejo que se le dan a los bosques y se identificó una serie de problemas que son necesarios resolver para realizar proyectos agrosilvopastoriles.

2.2.2) Problemas derivados del pago por servicios ambientales:

Es necesario identificar y valorizar los servicios ambientales, es decir, quiénes son los proveedores de los servicios ambientales derivado de los SAF y quiénes son los que disfrutan de esos servicios para establecer sistemas diferenciados de pago por servicios ambientales (Kiersch, 2004).

2.2.2.1) Problemas de adopción de tecnologías para los Sistemas Agroforestales (SAF):

“La adopción de la agricultura conservacionista está en encontrar sistemas de capacitación que logren un cambio mental en los productores, dejando atrás las prácticas utilizadas en la agricultura convencional. Para lograrlo, es

necesario interiorizar de forma muy clara las principales técnicas de la agricultura conservacionista, estableciendo una conexión directa con la generación de servicios y beneficios ambientales” (Solórzano, 2004, p. 28). Además Solórzano, (2004) plantea que los productores y el resto de la sociedad, deben reconocer dos tipos de usos que se le dan a los bosques manejados generadores de servicios ambientales: el beneficio económico y el beneficio social.

En primer lugar está el beneficio económico respecto al valor de uso que se le dan a los bosques. Es decir, todo proyecto sea de tipo agroforestal o no tiene un costo asociado para que éste se pueda llevar a cabo, esto se refleja en los costo de inversión, costos operativos y de manejo que en el caso de los SAF es necesario desarrollar técnicas requeridas para que se produzca el beneficio ambiental. Una vez identificado el servicio ambiental puede expresarse como un bien o servicio que se puede vender en el mercado a un precio fijado por la relación entre oferta y demanda (Solórzano, 2004). Sin embargo, “las transacciones de materia prima y energía entre el sistema global (ambiente) y el subsistema económico, no están regidas por relaciones de mercado, esto es, hay ausencia de precio por el uso del ambiente en la función económica” (Rudas, 1995, p. 65). Este impedimento que hay en la actualidad confirma aun más los esfuerzos que se deben hacer para poder desarrollar proyectos agroambientales.

Según Solórzano, (2004) el valor económico es producto de la percepción del beneficio entre oferentes y demandantes en el mercado. Por lo tanto, las relaciones entre oferentes (agricultores) y demandantes (consumidores) de bienes y servicios para satisfacer necesidades humanas, tienen un valor o precio. Es decir, se debe identificar la externalidad positiva que generan las plantaciones agroforestales para luego darle un valor de mercado.

En segundo lugar, está el beneficio social respecto al valor de no uso, en tal sentido, no sólo es importante adoptar técnicas de conservación que generen servicios ambientales con valor de uso sino también con valor de no uso. "El valor de no uso implica adoptar sistemas productivos que generen un mejor ambiente y que conservan los recursos para las futuras generaciones" (Solórzano, 2004, p. 64).

2.2.2.3) Problemas de estrategia para los países Latinoamericanos cuyo manejo del bosque constituya un escenario económico, ecológico y socialmente sostenible:

Se requiere una estrategia para los países de Centro y Sur América en cuanto a la producción agrosilvopastoril, ésta debe ser económica, ecológica y socialmente sostenible, lo que requiere de una visión diferente del proceso productivo. Algunos economistas ecológicos parten de que "el sistema económico que se desarrolla en el ambiente está dentro de un ecosistema

que se relaciona y forma parte de un sistema amplio y complejo que es el sistema natural” (Solórzano, 2004, p. 29). Por lo que el sistema productivo está en una relación doble con el sistema natural, es decir, toma los recursos naturales (materia y energía) del ambiente y generan desechos que se descargan nuevamente a dicho sistema. Así mismo Solórzano, (2004) afirma que el sistema natural tiene un “límite finito” en la aportación de recursos naturales y su capacidad de asimilación de los desechos generados en los procesos productivos, dependerá entonces del tipo de materiales utilizados y del manejo que haga el ser humano de los recursos a través del tiempo.

Siguiendo el trabajo de Lopera y Gutiérrez, (2001) nos da una aproximación sobre el mejor manejo que se le pueden dar a los sistemas agroforestales a través de diferentes estrategias que se usan en los bosques, es decir, elegir cuál será el proceso productivo que maximice la producción de madera aunado a la máxima producción de servicios ambientales como la fijación de CO₂. De este modo se puede ordenar el proceso productivo de manera más eficiente.

2.3 El Pago por Servicios Ambientales en los Sistemas Agroforestales:

El pago por servicios ambientales se debe desarrollar en un mercado internacional en el cual las partes involucradas puedan capitalizar los

beneficios derivados de proyectos agrosilvopastoriles. La idea fundamental de los sistemas de Pago por Servicios Ambientales, es crear un mercado para un servicio ambiental que habitualmente no tiene un precio estándar a nivel internacional, como por ejemplo la estimación del precio de la fijación de CO₂ en los Sistemas Agroforestales (Solórzano, 2004).

“El pago por servicios ambientales es un mecanismo flexible y adaptable a diferentes condiciones, que apunta a un pago o compensación directo por el mantenimiento o provisión de un servicio ambiental, por parte de los usuarios del servicio el cual se destina a los proveedores” (Kiersch, 2004, p. 36).

El sistema parte de la identificación de los agentes económicos responsables de la externalidad ambiental positiva, que son precisamente aquellos productores que dentro del proceso productivo proveen un servicio ambiental derivado de la siembra de árboles capaces de fijar Carbono de la atmósfera, por otro lado, están los receptores del servicio ambiental que son la sociedad en conjunto por tener un aire más limpio y también están las empresas porque les permite obtener Certificados de Reducción de Carbono (CERs) a través de proyectos bajo Mecanismo de Desarrollo Limpio en los países no Anexo 1 como Venezuela (Kiersch, 2004).

2.3.1) Tipos de pago por Servicios Ambientales:

De acuerdo a Solórzano, (2004) se pueden distinguir dos tipos de sistemas de Pagos por Servicios Ambientales los cuales son:

El primer tipo, está relacionado con servicios de ámbito global a una escala geográfica amplia y tiene como finalidad la utilización de instrumentos de mercado para el pago de servicios cuyos usuarios no están restringidos al nivel local, como por ejemplo el mantenimiento de la biodiversidad, la belleza escénica, la fijación de carbono y otros. El segundo tipo de sistemas de Pagos por Servicios Ambientales está dirigido a la compensación de proveedores a través de un mercado local, donde los usuarios están en general, mejor definidos y circunscriptos a una escala geográfica concreta y cercana al lugar donde los proveedores ejercen sus actividades productivas. La cercanía geográfica entre usuarios y proveedores debería facilitar el funcionamiento del pago por el servicio ambiental, al reducir los costos de transacción y hacer más sencillo el flujo de información entre los agentes económicos. Estos instrumentos están planteados en el Protocolo de Kyoto a través de los Mecanismos de Flexibilidad.

2.3.3) Sostenibilidad del Sistema de Pago por Servicios Ambientales:

“Un sistema de Pagos por Servicios Ambientales puede ser un mecanismo sostenible a largo plazo si este se genera a partir de recursos locales, partiendo de resolver un problema concreto de la población. Sin embargo, existe el riesgo de que los Pago por servicios Ambientales traigan dependencia económica, si están basados en recursos externos. Uno de los aportes de los Pagos por Servicios Ambientales es contribuir a la solución de conflictos a través de la negociación entre los agentes” (Kiersch, 2004, p.37). Esto implica proyectos agroambientales con previos estudios de campo, valoraciones económicas, factibilidad institucional, legal y aceptación de la sociedad con el fin de disminuir los costos de transacción.

2.3.3) Sustentabilidad de los sistemas de Pago por Servicios Ambientales:

De acuerdo a Kiersch, (2004) hay que evaluar la factibilidad de un sistema de pago por servicios ambientales, además es necesario realizar estudios sobre la demanda y la oferta de los servicios ambientales derivado de la fijación de carbono en los Sistemas Agroforestales, por lo que debemos tomar en cuenta los cambios tecnológicos necesarios para mantener la provisión del servicio ambiental en el tiempo. Diferentes estudios hacen análisis comparativos de tipo intertemporal sobre el mejor manejo que se le puede dar a los sistemas productivos de tipo agrosilvopastoriles respecto a sistemas productivos tradicionales donde no se paga el servicio ambiental:

- Análisis global en términos de costo/beneficio del SAF, a través de una valoración que considere los costos y beneficios económicos, sociales y ambientales, incluyendo los costos de transacción.

- La valoración económica de los recursos ambientales debe realizarse incluyendo los diversos actores involucrados en el SAF. Diferentes estudios comulgan en utilizar el Valor Actual Neto como instrumento de análisis, los estudios más relevantes son los realizados en Colombia por Lopera y Gutiérrez, (2001), el cual evaluó el manejo de las plantaciones de su localidad a través del Valor Presente Neto de la actividad maderera junto con las tasas de descuento de flujo de carbono VPNC. Así mismo Loza-Balbuena, (2001) propone la Tasa Interna de Retorno como alternativa de análisis para proyectos forestales.

- En términos de costo del servicio:

Debe calcularse en base al cambio marginal en la externalidad. Es decir cuánto está dispuesto el productor agroforestal a renunciar en ganancias derivadas de la explotación maderera a cambio de dejar sembrados los árboles para fijar carbono. La gran mayoría de los estudios que han estimado el valor del carbono almacenado mediante plantaciones forestales se han basado en los costes de captación de carbono. Richards y Stokes (2003, citados por Mogas y Riera, 2004) hicieron algunas estimaciones

sugiriendo que el costo de almacenamiento de carbono está entre 10 - 150 \$/t.

- En términos de Información entre las partes:

Debe haber un consenso entre todos los actores sobre los servicios ambientales generados y las actividades para lograrlo, así como un sistema de monitoreo para evitar incumplimientos y conciliar intereses. Los métodos y las entidades o instancias de fiscalización deberán ser establecidos en el diseño del Pagos por Servicios Ambientales a través de las instituciones involucradas en el país (Kiersch, 2004).

- En términos de los incentivos para el proveedor del servicio:

Según Kiersch, (2004) los Pagos por Servicios Ambientales no necesariamente involucran pagos de dinero en efectivo a los proveedores del servicio, también pueden existir otros incentivos no pecuniarios, tales como, incentivos fiscales, incentivos a los créditos preferenciales para el desarrollo de proyectos agroforestales, etc. Los incentivos brindados a los productores son de tipo individual (empresa o un particular de esa sociedad) o colectivos (organizaciones gubernamentales y no gubernamentales). Para poder motivar al proveedor de los servicios a conservar los recursos naturales, el Pago por Servicios Ambiental debería pagarle de manera tal que pudiese percibir al mismo nivel que si produjera rentablemente en su finca.

La economía ambiental ha desarrollado un conjunto de técnicas que permiten cuantificar en unidades monetarias, el cambio en el bienestar de las personas debido a un cambio en la cantidad o calidad de un bien ambiental. Con ello, se busca estimar lo que la sociedad estaría dispuesta a pagar por un beneficio externo que aumenta su bienestar, así como lo que estaría dispuesto a aceptar un productor agroforestal como compensación por proveer el servicio ambiental. Las técnicas más utilizadas se diferencian entre métodos basados en mercados reales (métodos de preferencias reveladas) y los métodos basados en mercados hipotéticos (método de preferencias declaradas). El método más usado para la valoración de bienes y servicios medioambientales es la Valoración Contingente (Mogas y Riera, 2004).

- En términos del uso de tierra:

Según el uso que se le de a la tierra tendremos un sistema Pago por Servicios Ambientales determinado, se privilegian los sistemas agrosilvopastoriles por su capacidad para brindar servicios ambientales, además de proveer opciones productivas a las comunidades (Kiersch, 2004).

2.4 Ambiente, mercados, economía y transparencia:

2.4.1) Ambiente:

El ambiente puede ser definido como "el entorno dentro del cual se realizan todo tipo de actividades humanas y dentro del cual opera la sociedad en sus diversas dimensiones económicas, culturales, políticas y organizativas" (Solórzano, 2004, p. 58). De esta forma, es necesario comprender estas interrelaciones sobretodo en aquellas actividades de tipo productivas que afectan de manera positiva o negativa al medio natural donde se llevan a cabo. Por lo tanto, se debe incluir en la definición de sistema productivo la parte ambiental.

2.4.2) Mercado:

Siguiendo a Solórzano, (2004) no existe un mercado donde se refleja la oferta y la demanda de actividades productiva del tipo agroforestal con capacidad de generan externalidades positivas o negativas (agricultura tradicional ineficiente) sobre el medioambiente, en consecuencia, quienes se ven afectados por impactos negativos derivados del proceso productivo, no perciben una compensación adecuada para esta situación en la que se ven sometidos. El autor afirma que "unos actores sociales asumen comportamientos que tienen repercusiones indeseables para otros y sacan provecho propio, es decir, obtienen beneficios derivados de estos comportamientos sin compensar al perjudicado. En el proceso productivo

habrá entonces beneficiarios del daño ambiental y otros que se perjudican del mismo” (Solórzano, 2004, p. 58). Del mismo modo, quienes se ven afectados por impactos positivos derivado de procesos productivos de tipo agroforestal, tampoco perciben una compensación adecuada. Es por ello que se deben identificar todos los determinantes de la oferta y de la demanda incluyendo estas externalidades sean positivas o negativas para desarrollar este mercado.

2.4.3) Economía:

En el proceso económico se establecen relaciones entre los productores (oferentes) quienes a través de la implementación de los Sistemas Agroforestales generan un servicio ambiental y los consumidores (demandantes) que son aquellas personas que se benefician del servicio ambiental. En este proceso hay un beneficio por el bien transado, expresado en la fijación de carbono en los árboles de los SAF, el cual se expresa en un precio (Solórzano, 2004).

En términos económicos, se pueden analizar dos situaciones, la primera considerando a quienes participan directamente en una determinada relación de intercambio (bilateral o multilateral) que genera cierto impacto positivo para alguien (oferente), pero que pueden expresar sus propias diferencias al participar en la decisión que genera dicho impacto (demandante), en

segundo lugar, determinada por una relación de intercambio unilateral, teniendo en cuenta a quienes se benefician por las repercusiones positivas de los SAF, sin haber tenido ninguna injerencia en las decisiones tomadas y por tanto sin poder expresar sus preferencias frente a un determinado hecho (Solórzano, 2004).

2.4.4) Transparencia del Mercado:

Cuando los mercados no reflejan los daños de la actividad económica sobre el ambiente, expresándolos como costos, estos daños no inciden en las decisiones económicas de productores y consumidores. Se genera así una tendencia a la sobre-utilización de bienes y servicios ambientales, conduciendo a procesos degradadores del ambiente (Rudas, 1995). Estas asimetrías en el mercado agroambiental para asignar recursos de acuerdo a las expectativas de bienestar de la sociedad, así como la estimulación de actividades productivas sin valorar adecuadamente el ambiente, generan una situación de deterioro. Por lo tanto, es necesario que este mercado tenga toda la información adecuada que permita que productores y consumidores se enmarquen en un sistema productivo capaz de retribuir económica y socialmente los bienes y servicios ambientales. Los estudios realizados por Lopera y Gutiérrez, (2001) contribuyen a valorar económicamente los beneficios producto de las externalidades positivas que causan los sistemas agroforestales.

2.5 Marco legal:

2.5.1) Constitución de la República Bolivariana de Venezuela: Capítulo IX

“De los derechos ambientales”:

Cabe destacar los Artículos № 127, 128 y 129 de la Constitución de 1999 de la República Bolivariana de Venezuela, la cual trata sobre los derechos y deberes ambientales que tiene esta generación y las futuras, de proteger y mantener el ambiente en beneficio propio y del mundo. Además, el Estado tendrá tres obligaciones fundamentales, la primera, es garantizar un ambiente libre de contaminación; la segunda es desarrollar políticas atendiendo a las realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales económicas y políticas basado en la premisa de desarrollo sustentable; en tercer lugar, prohibir cualquier actividad que no conserve el equilibrio ecológico, si un contrato genera algún impacto ambiental negativo debe acompañarse de una tecnología que permita restablecer el ambiente a su estado natural.

2.5.2) Ley Nacional de Bosques:

El régimen jurídico sobre la gestión de los bosques comienza en el año 1966 a través del Reglamento de la Ley Forestal de Suelos y Aguas de 1966,

cuya última reforma parcial data del año 1977, seguidos de los reglamentos parciales sobre regulación de actividades que impliquen destrucción de la vegetación con fines agropecuarios, repoblación forestal en explotaciones forestales, así como toda una serie de Decretos, Normas Técnicas y Resoluciones Ministeriales dictadas en materia de conservación, protección y uso en general del patrimonio forestal.

La Ley Nacional de Bosques publicada en la Gaceta Oficial N° 4418 en la Republica de Venezuela en la fecha del 27 de abril de 1992, se distribuye en 5 títulos, estructurados a su vez en capítulos, englobando un total de 106 artículos. Se destaca el primer artículo N° 1 ya que es el elemento de justificación de todas las regulaciones contenidas en la Ley. Así mismo, el Título III de la Ley en su Capítulo I y III, se refiere al uso y aprovechamiento de los diversos bienes y servicios derivados del bosque, destacando los artículos N° 20, 26, 31 y 33. El Título IV en su capítulo III, se enmarcan los incentivos otorgados por el Estado y certificaciones forestales en actividades productivas que generen bienes y servicios agroforestales.

2.5.3) Ley sobre el Protocolo de Kyoto:

En lo que respecta al Protocolo de Kyoto, Venezuela a través de la Asamblea Nacional, aprueba el 7 de diciembre de 2004 en la Gaceta Oficial N° 38.081 lo siguiente:

Artículo Único: “Se aprueba en todas sus partes y para que surta efectos internacionales en cuanto a la República Bolivariana de Venezuela se refiera, el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, adoptado en la ciudad de Kyoto-Japón, el 11 de diciembre de 1997”.

2.5.4) Ley de Pago por Servicios Ambientales:

En Venezuela no cuenta con ninguna Ley referente a esta materia, por lo tanto es necesario realizar estudios que permitan establecer el marco legal adecuado. Entre tanto, podemos tomar como referencia la Ley de Pago por Servicios Ambientales de Costa Rica ya que es el único país Latinoamericano que cuenta con un marco regulatorio de este tipo. Se define como Ley Forestal 7.575 de 1996 en su Artículo 3, señala “las formas de usar la tierra que implica la combinación de especies forestales en tiempo y espacio con especies agronómicas, en procura de la sostenibilidad del sistema”. Entendidas por sistemas agroforestales, sistemas silvopastoriles, silvoagrícolas y agrosilvopastoriles.

2.6 Sistemas Agroforestales:

La Agroforestería como disciplina científica se origina apenas en la década de los 70's, sin embargo, nuestros agricultores han venido practicando con bastante éxito diversos Sistemas Agroforestales durante muchos años. Desde entonces, se han hecho avances significativos en el conocimiento y desarrollo de los Sistemas Agroforestales, a través de una gran labor pionera desplegada por instituciones como el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), el Consejo Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en el campo de investigación, capacitación y difusión a nivel mundial de esta forma de uso de la tierra (Hansen, 2004).

Existen varias definiciones de Sistema Agroforestal, pero debemos preguntarnos primero, cuál es la diferencia principal entre un sistema de producción tradicional al de un Sistema Agroforestal, cuáles son las potencialidades de los sistemas agroforestales y cómo su implantación contribuye al Mecanismo de Desarrollo Limpio y a su vez a beneficios económicos.

2.6.1) Sistema de producción agropecuario tradicional:

En los sistemas de producción tradicionales, el uso y manejo inadecuado de los recursos naturales como, el sobre pastoreo, la tala y quema, ha

conducido a la degradación y contaminación de las pasturas, suelos, fuentes de agua y pérdida de biodiversidad. En estos sistemas, se requiere de programas gubernamentales de asistencia técnica, educación ambiental, incentivos económicos para los productores y transformaciones tecnológicas que impliquen mejoras en todo orden en el sistema productivo incluyendo además servicios ambientales, mediante el uso y la adaptación de prácticas agrícolas mejoradas capaces de: almacenar carbono en suelo y biomasa aérea, disminuir emisiones de gases de efecto invernadero CO₂, metano, óxido nitroso, incrementar biodiversidad en flora y fauna y mantener fuentes de agua potable (Ibrahim y Mora, 2001). La sobre explotación de los recursos naturales ha contribuido a debates importantes en todo el mundo sobre nuevas técnicas de producción que incluyan no solamente los intereses económicos sino también los intereses de tipo medioambiental , es por ello que los sistemas silvopastoriles son un sistema de producción alternativo.

2.6.2) Potencialidades de los Sistemas agroforestales:

2.6.2.1) Conservación de la Biodiversidad:

Los sistemas silvopastoriles pueden generar efectos positivos sobre el medioambiente y por lo tanto ofrecer servicios ambientales. Sin embargo

debe sustentarse en la base científica y en la evidencia empírica que demuestren que el manejo adecuado de los recursos naturales conduce a una mayor calidad de la biodiversidad, permitiendo preservar la biodiversidad en una región (Solórzano, 2004).

2.6.2.2) Contribuye a la absorción de carbono de la atmósfera:

Para poder corroborar esta afirmación, debemos basarnos en estudios previamente realizados sobre absorción de carbono en cada uno de los componentes que integra el sistema agroforestal, esto es, en los tejidos vegetales, ramas, raíces, necromasa y suelos. También es necesario aprender a monitorear el proceso de secuestro de carbono en el sistema a medida que pasa el tiempo y valorar los riesgos de pérdida lo que indica que dependerá de la metodología establecida, los resultados pueden variar de una investigación a otra. Numerosos estudio de absorción de carbono se han realizado en Latinoamérica entre ellos está Lopera y Gutiérrez, (2000), Jara et al., (2001) en Ecuador, Loguercio y Defosse, (2001) en Argentina, Arias et al., (2001) en Venezuela, entre otros y constituyen un paso significativo para la aprobación de proyectos agroforestales.

Según Ibrahim et al., (2001) existen aún muchas preguntas que requieren investigación, y que es necesario definir para esclarecer los procesos de acumulación asintótica del carbono en las raíces, los árboles y los suelos. Y

relacionado con ello, cómo ocurre el proceso de oxidación. Al comparar los estudios realizados tenemos que los resultados tienen ciertas discrepancias. Por ejemplo, tenemos el trabajo realizado Lopera y Gutiérrez, (2000) quien analiza la capacidad que tienen los tejidos vegetales y otros componentes del bosque para fijar carbono de la atmósfera, por otro lado tenemos el trabajo realizado por Loguercio y Defosse, (2001) el cual incluye además en sus cálculos la pérdida de biomasa en los árboles por efecto de la pudrición de la madera. Sin embargo las investigaciones han avanzado, se sabe en primera instancia que el nivel de absorción de carbono en los sistemas silvopastoriles evoluciona en mayor o menor velocidad con el transcurso del tiempo, dependiendo del ecosistema donde se va realizar el proyecto.

2.6.2.3) Contribuye a la mejora socioeconómica del agricultor:

Luego de comprender los aspectos físico-biológico de los procesos en ausencia del hombre, es necesario entender cómo su presencia puede modificar estos procesos en forma positiva o negativa según el uso y manejo que éste le dé a los recursos naturales. En consecuencia, es importante monitorear la gestión agroambiental en los sistemas agrosilvopastoriles para obtener buenos resultados. Ofrecer servicios ambientales en bosques, parques nacionales y áreas protegidas tiene la gran ventaja administrativa que solo hay que monitorear el desarrollo de la naturaleza. Hacer esto en sistemas silvopastoriles, exige un entendimiento claro de las relaciones

plantas-animales-hombre. Esto a su vez es influenciado por costumbres de las personas y precios de los bienes y servicios. Además de la relación planta-animal-hombre debemos incluir la viabilidad de poder ofrecer servicios ambientales en países en desarrollo desde pequeñas unidades de producción en zonas degradadas. La pregunta es si debe en este caso otorgarse un incentivo económico por el servicio ofrecido, o si debe ofrecerse un subsidio para que esos productores puedan vivir sin acabar de agotar los ya magros recursos que poseen (Ibrahim et al., 2001).

2.6.3) Definición de los Sistemas Agroforestales:

Una vez identificadas las ventajas que ofrecen los sistemas agrosilvopastoriles caemos en su definición. Diferentes autores tienen una concepción particular pero no muy distinta de lo que debe ser y tener este sistema.

Las definiciones se pueden agrupar en 3 sectores, en primer lugar, por su influencia en lo ecológico, Coen et al., (1998) afirman que las especies leñosas explotan mejor el espacio disponible para el crecimiento radicular y aéreo, reciclan mejor los nutrientes, el agua disponible y tienen plasticidad en caso de período o condiciones difíciles. Coen et al., (1998) reconocen las cualidades que tienen las especies arbóreas sembradas en estos sistemas agroforestales. Por su parte Padilla, (1995) manifiesta que en la agroforestería, se cultivan plantas en diferentes épocas y en zonas

agroecológicas diferentes, evadiendo la acción de las condiciones adversas del clima sobre los cultivos, se hace rotar animales y cultivos en lugares escalonados en altitud para usar racionalmente el suelo, el clima y asegurar la cosecha. Por su parte Olivera, (2003) señala que los árboles aportan a los sistemas agrosilvopastoriles una serie de beneficios ecológicos que son la base de la estabilidad de los ecosistemas naturales, como regulación de las condiciones ambientales, el reciclado de nutrientes, favorece el ciclo del agua, protege al suelo y reduce la erosión y favorece el equilibrio biológico al ser refugio y fuente de alimentos de numerosos controladores biológicos, favoreciendo la vida del suelo a través de su aporte de materia orgánica o la regulación de la temperatura del suelo y su humedad.

En segundo lugar tenemos definiciones que priorizan la influencia que tiene el sistema en lo social, según Fernández, (1998) considera que los agroecosistemas tienen como objetivo satisfacer directa o indirectamente las necesidades humanas, por lo tanto el sistema dependerá fundamentalmente de ello así como de otros factores externos. Reynel y Morales, (1987, citados por Olivera, 2003) van un poco más allá, afirman que la agroforestería se constituye como una alternativa para el uso de la tierra del bosque protector y el cultivo erosivo. Ella representa una solución óptima para el problema mencionado, al garantizar la protección y conservación del suelo propiciando la propagación de vegetación leñosa, conciliándolo con la necesidad creciente de la población rural de ocupar cada vez más tierras en actividades

agropecuarias a fin de obtener productos que le aseguren su subsistencia. En tercer lugar, tenemos definiciones que priorizan la influencia que tiene el sistema en lo económico, los sistemas agroforestales son un conjunto de técnicas de uso que implican la combinación de árboles forestales con cultivos, ganadería o ambos, en forma simultánea o escalonada en el tiempo con el objetivo de optimizar la producción por unidad de superficie respetando el principio de rendimiento sostenido (Budowski, 1980). El Consejo Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF) lo define de forma global "la agroforestería se define como un sistema de manejo de la tierra que aumenta su rendimiento total, combina la producción de cultivos (incluyendo cultivos arbóreos) con especies forestales y animales, en forma simultánea o secuencial sobre la misma superficie del terreno y aplica prácticas de manejo que son compatibles con las prácticas culturales de la población local" (Olivera, 2003, p. 16).

No obstante Fassbender, (1993) y Payne, (1985) fueron más académicos, ellos distinguieron 3 tipos de sistemas agroforestales según los componentes dentro de ellas.

- 1) sistema agroforestal o agrosilvícola = (árboles + cultivo).
- 2) sistema agrosilvopastoriles = (árboles + pasto + cultivo).
- 3) sistema silvopastoril = (árboles + pasto + animales).

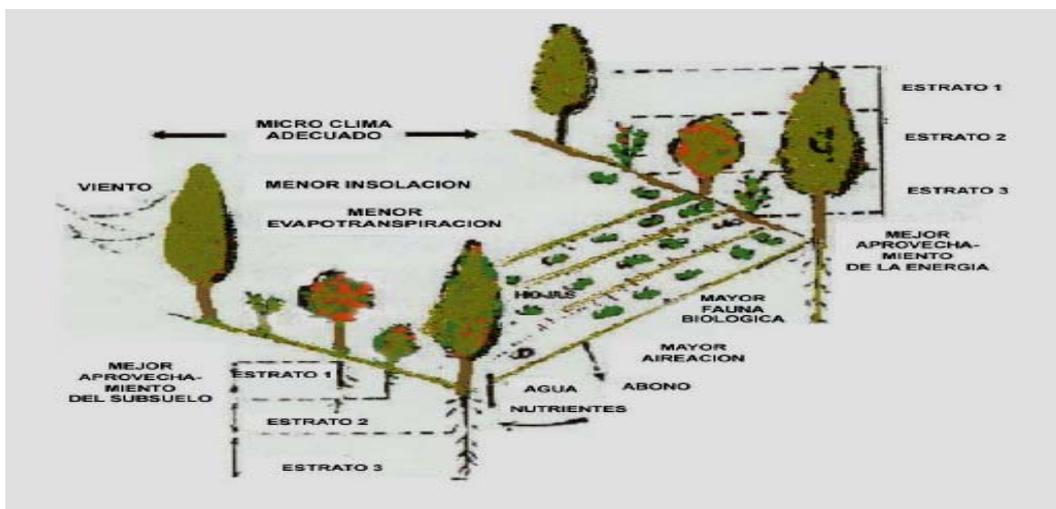
Payne, (1985) subdivide aún más el sistema silvopastoril en 3 sub-componentes, el ramoneo en bosques naturales, ramoneo o cosechas de forrajes en plantaciones y ramoneo en árboles forrajeros. Además de esto, Ibrahim et al., (2001) caracterizaron los sistemas agroforestales según las tecnologías empleadas estas pueden ser:

- 1) la siembra de árboles en potreros.
- 2) uso de cercas vivas.
- 3) cortinas rompevientos.
- 4) bancos forrajeros.

Por último, en Venezuela la Ley de Bosques en su Capítulo Único, Artículo N° 2, define a la agroforestería como “el conjunto de técnicas y procedimientos mediante los cuales se manejan de forma racional y sustentable, cultivos agrícolas o actividades pecuarias de diferente tipo en asociación con bosques”. Las investigaciones realizadas por Yáñez, (2005) afirman que en el contexto nacional existen enormes posibilidades para el establecimiento y desarrollo de proyectos forestales y agroforestales, fundamentados en el ordenamiento y manejo de los bosques naturales y en las plantaciones forestales industriales, como en el desarrollo de bosques de uso múltiple y de diferentes arreglos agroforestales. Los estudios realizados en el Estado Yaracuy, Venezuela por Arias et al., (2001) sobre almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales apuntan a esa idea. Yáñez, (2005) afirma también que hay gran disponibilidad de extensas áreas

degradadas y ociosas, las hectáreas degradadas en suelos con vocación agrícola en el año 2004 fueron de 12.261.479 ha. Esto confirma aun más el potencial que tiene los sistemas agroforestales como proyectos multipropósito en nuestro país.

Figura 1. Sistema agroforestal.



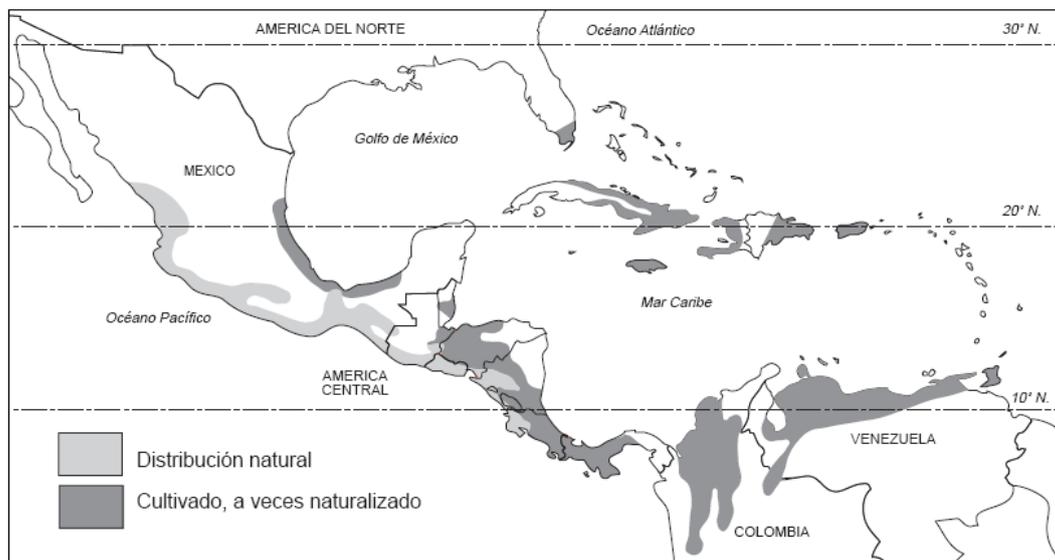
Fuente: (Olivera, 2003, p. 36).

2.7 *Gliciridia sepium*

Es conocida comúnmente como gliricidia, madre de cacao, mata-ratón o madero negro su nombre científico es *gliricidia sepium*, éste es un árbol caducifolio de tamaño pequeño o mediano y sin espinas, con un tronco corto y una copa esparcida e irregular. La gliricidia es nativa de México y parte de la América Central, sin embargo el cultivo se ha extendido a zona mas allá

de su distribución natural, entre ellas está Cuba, Jamaica, las Antillas Menores, Trinidad & Tobago, Curazao, Colombia, Venezuela, África Occidental, el sur de África, la India, Sri Lanka, Tailandia, las Filipinas, Indonesia y Australia (Parrotta, 1992).

Figura 2. Zona geográfica de crecimiento de la *Gliricidia Sepium*



Fuente: (Parrotta, 1992, p. 237)

2.7.1) Reproducción Vegetativa de la *gliricidia sepium*:

La madre de cacao se propaga con facilidad mediante estacas con o sin tratamiento con auxinas, siempre que las estacas sean de una edad y tamaño adecuados. Se obtienen por lo usual buenos resultados usando estacas de tallos que tengan 6 meses o más de edad, con una longitud mínima de 50 cm. y plantando las estacas en suelos húmedo a una profundidad mínima de 10 cm. (Wiersum y Dirdjosoemarto, 1987).

La gliricidia rebrota con facilidad después de cortado y a menudo se maneja mediante la corta y el desmochado. Un nuevo crecimiento vegetativo rápido ocurre incluso después de que los incendios severos han matado la parte superior de los árboles (Hughes, 1987). De manera similar, en América Central las plantas cuyas porciones aéreas son destruidas por vientos huracanados se recuperan rápidamente mediante la producción de numerosos rebrotes basales (Parrotta, 1992).

2.7.2) Crecimiento y Rendimiento:

Los árboles maduros se caracterizan por troncos cortos con una corteza gris o parda clara, lisa o ligeramente agrietada con copas irregulares y esparcidas. El tamaño promedio cuando llega a la madurez varía de 5-15 mts. Podrán alcanzar un diámetro de hasta 30 cm., las hojas son alternadas con un largo de 15-40 cm. con ejes delgados y verde-amarillos cubiertos con vellos finos. Cada pina está compuesta de 7-17 pares de hojuelas y una hojuela terminal. Las hojuelas son elípticas lanceoladas de 3-6 cm. de largo y 1,5-3 cm. de ancho. Cuando se maneja como una siembra en forma de hileras o como una cerca viviente, la gliricidia se planta a unos espaciamientos de 30-45 cm. o más. En tales plantaciones, la producción de biomasa foliar se optimiza mediante el cosechado una o dos veces al año

durante los primeros 2 años y cada 3 meses subsecuentemente (Wiersum y Dirdjosoemarto, 1987). En América Central, la gliricidia se corta típicamente para leña, en rotaciones de 6-8 años. Las plantaciones para leña en esta región se establecen por lo común a densidades que varían entre 1,000 y 5,000 árboles por hectárea (Hughell, 1990). Las tasas de crecimiento al igual que la producción de follaje y madera, son altamente variables y dependen de las condiciones y del manejo del sitio (Bumatay et al., 1987).

Al inicio de la década de 1980, un estudio exhaustivo de la *Gliricidia Sepium* fue hecho en plantaciones de leña experimentales a través de una gran variedad de condiciones de sitio en Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica y Panamá. Este estudio proveyó información abundante sobre el crecimiento y el rendimiento. Basándose en este estudio se han desarrollado curvas de índice de sitio para la altura dominante, el área basal y la producción total de madera para rodales de entre 12 y 60 meses de edad con un aprovisionamiento inicial de 2.500 árboles por hectárea (Hughell, 1990).

2.7.3) Usos de la *Gliricidia Sepium*:

La gliricidia se cultiva a menudo como una cerca viviente, y los vástagos se cortan a intervalos frecuentes para ser usados como fertilizante orgánico (Liyanage et al., 1988), forraje para el ganado (Smith y Van Houtert, 1987) y

como combustible. Las hojas de la gliricidia son usadas como forraje para rumiantes pequeños y grandes tienen un contenido crudo promedio de proteína y de lignina y una digestibilidad in Vitro de la materia seca del 19-30%, 9.14 %, y del 48-75 %, respectivamente (Wiersum y Dirdjosoemarto, 1987).

La gliricidia se ha usado también en barreras contra incendios y como rompevientos, y para la reforestación de cuencas desnudas (Wiersum y Dirdjosoemarto, 1987). Se cultiva extensamente en sistemas agroforestales como un árbol de sombra para café, té y cacao (Handawela, 1987). Se ha reportado que el usar la gliricidia como un fertilizante orgánico en suelos inundados y contaminados con DDT acelera la decloración reductiva del pesticida sin propiciar la formación de productos secundarios tóxicos (Mitra y Raghu, 1988).

La albura es de un color pardo claro y el duramen es pardo oscuro. La madera se vuelve rojiza con la exposición y es dura, pesada, fuerte, de textura tosca y con una fibra irregular. La madera se seca bien al aire y a pesar de que no se trabaja con facilidad, se puede lijar bien para obtener un buen acabado y es resistente a las termitas y a la pudrición. Es una buena fuente de madera para combustible y tiene un peso específico de 0.47-0.75 gr. por cm^3 (Wiersum y Dirdjosoemarto, 1987). La madera se usa extensamente para postes, traviesas de ferrocarril y para la construcción

pesada y localmente para muebles, implementos agrícolas, mangos de herramientas y artículos pequeños (Little, SF).

CAPÍTULO III: DISEÑO DEL ESTUDIO

3.1 Localización y condiciones agroclimáticas de la zona de estudio

La unidad de producción denominada Modelo Físico de Agricultura Tropical Sostenible, se localiza en el Campo Experimental de la Fundación para la Investigación Agrícola Danac, vía San Javier-Guarataro, Municipio San Felipe del Estado Yaracuy, Venezuela. Ocupa una superficie de 16 ha, en una zona correspondiente al Bosque Seco Tropical (Holdridge, 1987), con temperatura media mensual de 27° C, altitud de 100 msnm, precipitación media anual de 1296 mm y un período de lluvias definido entre los meses de mayo y noviembre. Los suelos predominantes corresponden a la clase III por su capacidad de uso, con limitaciones de profundidad efectiva, salinidad potencial y exceso de humedad en el suelo por periodos frecuentes o durante todo el año (Zambrano, 1986, citado por Arias et al., 2001). Se ha determinado la presencia de un estrato con carácter de fragipan, que incrementa los riesgos de erosión hídrica del suelo, recomendando su cobertura en forma continua durante el año (UCV-Danac, 1999).

3.2 Características del sistema silvopastoril (SSP) y condiciones de manejo

El sistema silvopastoril (SSP) con dos años y medio de establecimiento, ocupa una superficie de 10 ha, en una asociación de pasto estrella *Cynodon nlemfuensis*, mata ratón *Gliricidia Sepium* (2.204 plantas/ha) y *Leucaena Leucocephala* (330 plantas/ha), establecidas en hileras dobles distanciadas a 5 m. Los animales (mestizos de doble propósito) se manejan bajo pastoreo rotativo en unidades de 0,25 ha, delimitados por cercas electrificadas, con un tiempo de ocupación de dos días, 75 días de descanso y una carga animal (una unidad animal equivale a un animal de 450 kg de peso vivo) promedio de 2,1 UA/ha (Arias et al., 2001). A la salida de los animales de cada unidad de pastoreo, se efectúa el control de malezas en forma manual. La leguminosa arbustiva se mantiene a la altura de 1 m, mediante podas correctivas periódicas. La producción de forraje verde de *Gliricidia Sepium* determinada para 1999 fue de 0,6 Mg de MS/ha/año en época seca y de 1,4 Mg de MS/ha/año en época de lluvias (Arias et al., 2001).

3.3 Cuantificación del almacenamiento de carbono por la *Gliricidia Sepium*

Se determinó el carbono almacenado como el producto del valor del peso seco de la madera (obtenido por regresión lineal a partir del volumen) por el valor en proporción del carbono en la biomasa, estimada en 0,5 a partir de diversos trabajos (Brown y Lugo, 1984). El almacenamiento de carbono por ha (carbono retenido en la biomasa) y fijación por ha/año (crecimiento de la biomasa convertido en carbono) se determinaron con base en la densidad y edad en los árboles de cada sistema (Arias et al., 2001).

Ecuación de regresión: R^2
 PS=0,433*VOL 0,97

El almacenamiento de carbono por *Gliricidia Sepium* en SSP fue de 309 kg C/ha y la fijación de 124 kg C/ha/año (Tabla 1).

Tabla 1. Valores de almacenamiento de carbono en SSP por *Gliricidia Sepium*, Yaracuy, Venezuela, 2000.

Edad arboles año	Densidad pl/ha	Altura	C almacenado en la madera,		Tasa de fijacion de C,
			kg/pl	Mg/ha	Mg/ha/año
2,5	2204	1	0,14	0,309	0,124

Fuente: (Arias et al., 2001, p. 5)

La capacidad de la *Gliricidia Sepium* para fijar carbono, está estrechamente relacionada con la producción de tallos leñosos, aparentemente, el incremento en la altura de las plantas tiene un mayor efecto sobre la fijación

de carbono que el aumento de la densidad de las plantas (Arias et al., 2001). (Romero et al., 1996) obtuvieron una relación entre densidad y fijación de carbono de 2:1, mientras que entre la altura y la fijación de carbono fue 1:1.

3.4 Carbono orgánico del suelo

El carbono orgánico del suelo (COS) almacenado en el SSP se estimó en 13,2 C/ha como promedio para los 10 cm (Tabla 2). Se considera que en pasturas, el carbono acumulado en el suelo debe originarse a partir de carbono fijado por pasto. A diferencia de los cultivos anuales de ciclo corto, los pastos tienen un ciclo continuo de iniciación, crecimiento y muerte de unidades individuales (rizones o estolones en gramíneas y ramas en leguminosas) que generan materia orgánica (Fisher y Trujillo, 2000).

Tabla 2. COS de SSP en Yaracuy, Venezuela.

Profundidad del estrato, cm	Densidad aparente, Mg/m ³	COS (1998) % Mg/ha	COS (2000) % Mg/ha	Fijación estimada Mg C/ha/año
0-5	1,75	14	17,7	
5-10	1,84	12,3	12,5	0,98

Fuente: (Arias et al., 2001, p. 6)

El alcance de acumulación de COS se asocia con el manejo de pastoreo, tipo de suelo, estado fisiológico del pasto y el contenido de nutrientes (Fisher y Trujillo, 2000).

3.5 Aproximación al balance de carbono en el sistema silvopastoril

Una aproximación al balance de carbono en el SSP, podría considerar las emisiones a partir de las excretas de los animales en pastoreo y el metano producto de la fermentación ruminal, estimado en 35 kg/animal/año en condiciones tropicales (Leng, 1993). La fijación estaría representada por las contribuciones de *Gliricidia Sepium* y del suelo del pastizal (9,9 Mg C/ha/año).

La producción de excretas (orina + estiércol) por el rebaño bovino en pastoreo, representa un estimado de 40 Mg de MS de estiércol/año (Arias et al., 2001; Fundación Danac, [datos sin publicar]), los cuales se consideran en su totalidad materia orgánica (Martín y Palma, 1999), y equivalen a 23,2 Mg de carbono, de los cuales 11,6 Mg C/año y 1,2 Mg C/ha/año son emitidos a la atmósfera “50% del carbono orgánico en condiciones aeróbicas se incorpora en la biomasa microbiana” (Chará, 1999). Sin considerar otros procesos para la estimación, el SSP tiende a un balance anual positivo, con un significativo aporte del recurso suelo a la fijación o secuestro de carbono en el sistema (Arias et al., 2001).

Tabla 3. Balance aproximado del carbono en un sistema silvopastoril en Yaracuy, Venezuela.

Propiedad	Valor estimado, Mg C/ha/año
Emision	
Excretas	1,2
Fermentacion ruminal*	0,42
Fijacion	
Gliricidia Sepium	0,12
Suelo**	9,8

*C equivalente para 21 bovinos adultos que emiten 35 kg de etano/animal/año

**Estimado para 1 m de profundidad

Fuente: (Arias et al., 2001, p. 7)

En Venezuela se dedican 17 millones de ha a la producción de pastos y forrajes (Quevedo, 1999). Extrapolando la información de fijación de carbono para esta superficie en sistemas silvopastoriles que incluyen especies forrajes arbustivas, las estimaciones podrían representar una tasa de fijación anual de 0,002 Pg C/año, con potencial para contribuir con la compensación de las emisiones de carbono asignadas a los pastizales, como producto de la presencia de los animales (Arias et al., 2001).

CAPÍTULO IV: VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA FIJACIÓN DE CARBONO EN UN SISTEMA AGROFORESTAL DE YARACUY DE GLIRICIDIA SEPIUM

4.1 Simulación de diferentes estrategias de manejo

Para realizar el estudio de valoración económica de la fijación de carbono en un sistema agroforestal, en este trabajo se utilizaron los siguientes supuestos:

- El sistema agroforestal se estudió como almacenamiento en plantaciones y bosques manejados.
- El carbono fijado o secuestrado por el suelo se considera constante en el tiempo.

Con el objetivo de analizar el impacto de diferentes estrategias de manejo sobre la producción de madera y el flujo de carbono en un sistema agroforestal de *Gliricidia Sepium*, se simularon 10 estrategias de manejo diferentes, distribuidas de la siguiente forma: 2 escenarios sin entresaca para diferentes turnos, 8 escenarios con entresaca para diferentes turnos, con tres variables de decisión (edad e intensidad de la entresaca y edad de

turno). Las simulaciones son descritas en la Tabla 4 las cuales conforman 10 diferentes manejos del bosque, elaborados con la finalidad de poder obtener un valor único de Valor Presente Neto (VPN) al igual que un Valor Presente Neto de Carbono (VPNc) para cada uno de los manejos descritos en la Tabla 4 y con ello poder estudiar el comportamiento de la especie cuando se aplica un manejo más agresivo en la producción de madera para leña o almacenamiento de carbono. En los manejos se utilizan unas combinaciones de edad para entresaca de 6 y 8 años, las cuales son comunes para la especie en estudio de acuerdo a Parrota, (1992). Al igual que la entresaca se utilizan unas combinaciones de edad para el turno⁴ las cuales son 20 y 30 años. La intensidad de la entresaca utilizada (30% y 60%) es la característica para la región cuando los bosques son destinados a producción de madera para leña. Cada simulación suministro datos del carbono fijado, extraído (tanto en la entresaca como en el turno) y remanente (en el caso de la entresaca) por hectárea para el árbol, así como carbono para una categoría de uso final la cual es la más común para esta especie (leña).

⁴ Turno: en el trabajo turno se refiere a la edad útil del proyecto.

Tabla 4. Simulaciones de diferentes estrategias de manejo.

Clase de simulaciones	Tipo de entresaca		Turno (años)	
	Edad (años)	Extraída (%)	20	30
SM	-	-	X	X
E 6-30%	6	30	X	X
E 6-60%	6	60	X	X
E 8-30%	8	30	X	X
E 8-60%	8	60	X	X

Estrategia: Para las estrategias sin manejo el nombre de cada estrategia se compone de: las primeras dos letras (SM) indican sin manejo. En el caso de las entresacas, los números acompañados de la letra E indican la continuidad en edad que se realiza cada entresaca, seguida del porcentaje de árboles extraídos y de la edad de turno.

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar los diferentes manejos del bosque es necesario determinar el crecimiento de la especie en el tiempo, para poder determinar el crecimiento se emplearon las ecuaciones de crecimiento elaboradas por Parrotta, (1992) las cuales satisfacen las expectativas para simular las variables en altura promedio, área basal⁵, índice sitio⁶, y de este modo poder estimar la fijación de carbono a medida que el árbol crece hasta que completa su madurez para la especie en estudio.

⁵ Área Basal: el área o superficie de cada árbol calculada usando el diámetro a la altura del pecho (1,30 mts) y se expresa como el área basal total en metros cuadrados, por unidad de área.

⁶ Índice sitio: características a ser utilizadas del área donde se hace el estudio.

Tabla 5. Ecuaciones de crecimiento para la Gliricidia Sepium.

Ecuaciones	R^2
Índice sitio:	
$\ln(SI) = 2.5055 + \left(\frac{edad^{0.4551}}{5.823}\right) * (\ln(Hd) - 2.5055)$	0.80
Altura promedio (m):	
$\ln(H) = 0.1671 - \frac{14.684}{edad} + 0.9538 * \ln(SI)$	0.85
Área Basal (m ² /ha):	
$BA = 12.249 * (1 - e^{-0.005948 * SI * edad})^{2.0981}$	0.62

Hd: Altura dominante en metros, la edad se encuentra en meses.

Fuente: (Parrotta, 1992).

4.2 Criterios empleados para el análisis económico

El comportamiento de cada escenario de manejo simulado fue de acuerdo a los criterios de retorno financiero y descuento del flujo de carbono.

Retorno financiero (VPN). Fue medido por medio del valor presente neto (VPN) de la producción de madera para un período de tiempo definido.

Dentro de las simulaciones realizadas se presentan turnos diferentes para una misma edad e intensidad de entresaca, correspondiendo, según los postulados clásicos de la ingeniería económica, a alternativas con diferentes vidas útiles (Lopera y Gutiérrez, 2001). Esto implicaría, en el caso que se empleara el VPN tradicional, la necesidad de realizar los cálculos para una frontera de tiempo u horizonte económico, equivalente al mínimo común múltiplo de todas las vidas útiles para una misma estrategia de entresaca (Lopera y Gutiérrez, 2001). Para evitar estos inconvenientes, se acudió al cálculo del VPN según la fórmula del valor Terminal propuesta por Faustmann para ciclos sucesivos, calculada como:

$$VPN = \frac{\sum_0^T (I_t - E_t)}{(1 + i)^t}$$

Donde:

I_t : Ingresos por venta de madera en el año t (\$⁷/ha).

E_t : Egresos en el año t por cosecha, mantenimiento, transporte, rotación, plantación.

T: turno forestal

i: tasa real de descuento (TDR).

⁷ La tasa de cambio utilizada fue 1 US\$=2150 Bs.

La tasa real de descuento representa la preferencia temporal del dinero. Para completar los efectos de inflación en los flujos de capital, se considera que la tasa de descuento equivale a la tasa de interés real. Al presentar costos e ingresos en valores constantes, (dólares del año en curso), la tasa de interés se da por la siguiente relación (Norverto, 2002):

$$TDR = \frac{r - in}{1 + in}$$

Donde:

TDR= tasa real de descuento.

r= tasa nominal de interés (pago en ahorro a plazo fijo).

in= tasa de inflación.

La estructura de costos (egresos y precios de la madera) para el cálculo del VPN fue la siguiente:

Tabla 6. Supuestos de costos e ingresos usados para el cálculo del VPN.

Costos		Ingresos	
Plantacion (ha)	\$200,00	Venta madera (m3) (puesto en aserradero)	\$45,00
Mantenimiento (ha/año)	\$15,00		
Rotacion (m3)	\$9,00		
Cosecha (m3)	\$10,00		
Transporte (m3)	\$3,00		

Fuente: (Loza-Balbuena, 2001, p. 148).

Para este trabajo, se asumió que los costos de la actividad forestal y los precios de la madera se mantienen constantes, por lo que el VPN se calculó con la tasa real de descuento (TRD), tal como lo hacen Hoen y Solberg, (1994), si no se hiciera de esta manera se producirían sesgos que invalidarían las conclusiones (González et al., 1994). Con el fin de determinar la sensibilidad del VPN a la tasa de interés, esta se calculó para tres TRD diferentes: 6, 9 y 12%.

4.3 Descuento del flujo de carbono (VPNc)

Siguiendo a Lopera y Gutiérrez, (2001), la fijación de carbono neta carbono fue medida como la diferencia entre el carbono almacenado (fijado) y emitido año tras año. El flujo neto de acumulación de carbono en cada año, fue entonces descontado por a TDR para obtener el valor presente neto o descuento del flujo de carbono (VPNc), el cual fue calculado como Lopera y Gutiérrez, (2001).

$$VPNc = \sum_{t=0}^T \frac{(F_t - E_t)}{(1 + i)^t}$$

Donde:

F_t : carbono fijado (en Mg C/ha) en el año t

E_t : carbono emitido (en Mg C/ha) en el año t

T: turno forestal

i: tasa real de descuento (TDR)

El carbono en el suelo se tomó como una constante en el tiempo ya que éste no presenta una tendencia al incremento con respecto a la edad de la plantación (Lopera y Gutiérrez, 2001).

4.4 Frontera de posibilidades de producción y costos de oportunidad

La frontera de posibilidades de producción será la combinación entre los resultados de VPN y VPNc para las diferentes estrategias para cada TDR. Se establece una línea base, la cual es la estrategia donde se maximiza el VPN; esto se debe a que en el momento de establecer una plantación forestal con fines de producción de madera, se busca un manejo que reditúe las mayores ganancias, es decir, la estrategia que produzca un mayor VPN (Lopera y Gutiérrez, 2001). La adicionalidad (carbono adicional al que ocurriría en la situación sin proyecto) se presenta entonces, al cambiar a una estrategia de manejo que fije más carbono, lo cual en muchos casos representa una disminución en los ingresos por venta de madera. En otras palabras, las ganancias (en dinero) que se dejan de percibir en el negocio tradicional (venta de madera) por un aumento en la fijación de carbono (en Mg) (Lopera y Gutiérrez, 2001).

El costo de oportunidad de fijar carbono por medio de la actividad forestal se definió como el valor mínimo al que se podría negociar la captura de carbono para percibir ingresos iguales a los obtenidos por la venta de madera (Lopera y Gutiérrez, 2001). Para obtener este costo se graficó la frontera de posibilidades de producción entre VPN (eje de coordenadas) y VPNc (eje de abscisas), la cual surge de la combinación de los resultados para todas las estrategias de manejo que producen el Óptimo de Pareto, donde una de las variables o niveles de producción (VPN o VPNc) no puede ser aumentada sin disminuir la otra. Asumiendo que todas las posibles combinaciones están contenidas en un conjunto convexo, la frontera de posibilidades de producción fue dibujada conectando los puntos extremos de la nube de datos entre VPNc y VPN (Lopera y Gutiérrez, 2001). De esta gráfica fue posible obtener el costo de oportunidad, el cual se calculó como la disminución en VPN dividida por el incremento en VPNc: $d(\text{VPN})/d(\text{VPNc})$ (Lopera y Gutiérrez, 2001).

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Estrategias Simuladas

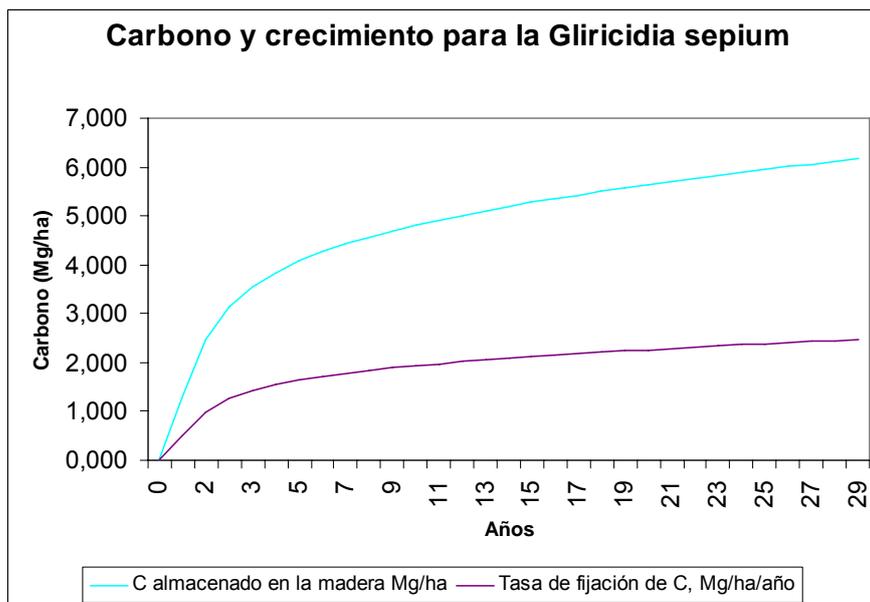
Una de las variaciones de la edad de manejo es la de entresaca, la cual se definió usando como criterio las edades comunes para realizar cortes para tipo comercial para la *Gliricidia Sepium*, de este modo se proponen 2 edades de entresaca, 6 y 8 años. Para realizar las simulaciones se escogieron dos intensidades de entresacas diferentes, una del 30% y otra del 60% del número de árboles, las cuales son comúnmente utilizadas en las zonas tropicales. Así mismo, el rango de turnos elegidos, corresponde al utilizado generalmente en este tipo de plantaciones en Venezuela.

De esta manera se analizó el comportamiento del VPN y VPNC cuando se hace la entresaca, beneficiando por un lado la tasa de producción de madera con fines comerciales y por otro lado la tasa de fijación de carbono en la especie.

5.2 Simulación de crecimiento

Usando las ecuaciones reportadas en la Tabla 5, se proyectó el crecimiento promedio de la *Gliricidia Sepium* en altura como en área basal. Teniendo en cuenta el crecimiento proyectado de la especie se pudo estimar el carbono almacenado por esta especie a lo largo del tiempo.

Figura 3. Carbono y crecimiento en altura para la *Gliricidia Sepium*



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3 observamos que para este tipo de especie en los primeros años de vida la planta crece muy rápidamente por lo tanto tiene gran almacenamiento de carbono en ese período, a medida que transcurre el tiempo la planta va madurando y acercándose a su tamaño máximo,

pudiendo observar que el almacenamiento de carbono tiende a estabilizarse a una horizontal debido a que la planta está llegando a sus máximos de almacenamiento. La *Gliricidia Sepium* según estudios de Arias et al., (2001) posee una relación de 1:1 entre altura y almacenamiento de carbono, es por ello que podemos observar un almacenamiento mayor a temprana edad, debido a que es el período en el cual la planta crece mucho más rápido.

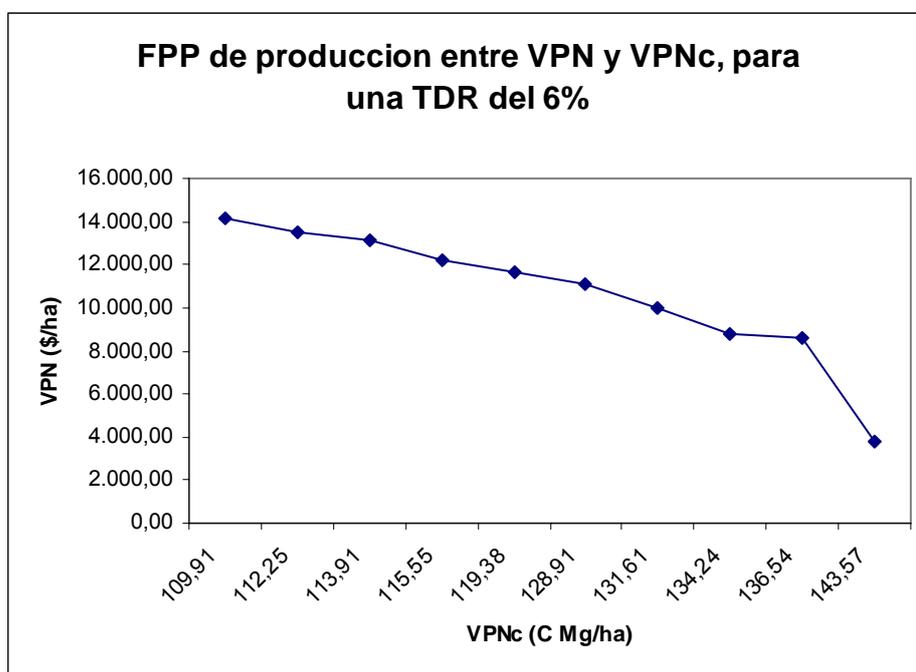
5.3 Frontera de posibilidades de producción

Siguiendo las consideraciones presentadas en el capítulo anterior, la línea base fue definida para cada TDR como aquella estrategia donde se maximiza el VPN. Cada punto que forma la frontera de posibilidades de producción en las figuras 4, 5 y 6, representa las combinaciones entre VPN y VPNc para cada estrategia de manejo simuladas descritas anteriormente, las cuales conforman un total de 10 estrategias de manejo simuladas.

Los valores máximos y mínimos del VPN en los cuales se mueven la frontera de posibilidades de producción, son menores al aumentar la TDR, como se puede apreciar en las Figuras 4, 5 y 6. Puede incluso arrojar valores negativos para el último punto que forma la frontera de posibilidades de producción para una TDR del 12% (Figura 6), señalando que para esta TDR, la actividad comercial de madera o tradicional (con esta estrategia) no sería rentable, por lo que el análisis se tendría que hacer en base en la cantidad

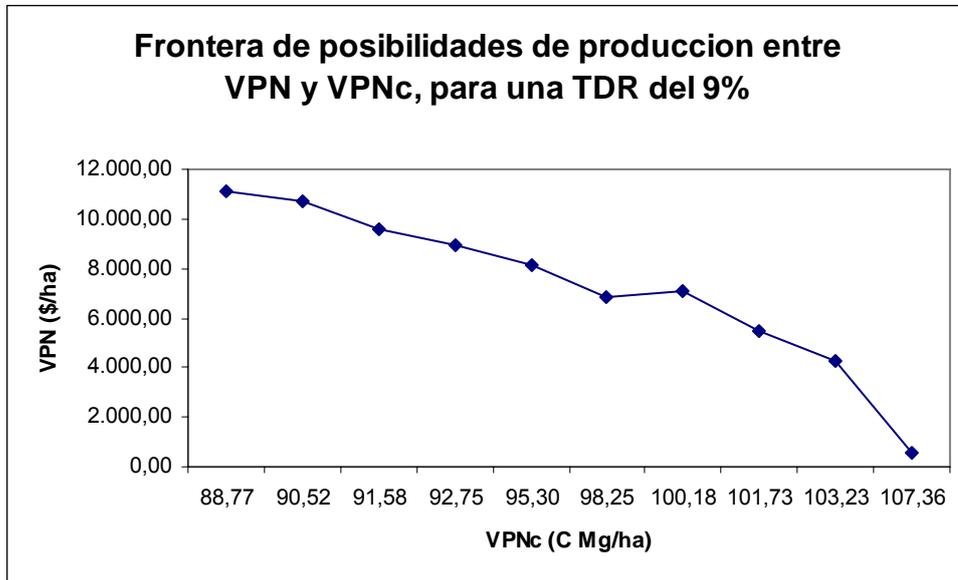
de dinero que se perdería por aumentar la fijación de carbono, en términos del VPNc. Es decir, a medida que se aumenta la TDR el VPN para cada manejo del bosque se va haciendo mayor, debido a una mayor TDR el descuento del dinero en el tiempo se hace mayor y como los egresos en las plantaciones forestales ocurren primero que los ingresos, los ingresos no pueden ser los suficientemente altos para sopesar los egresos como consecuencia de ello tendríamos pérdidas en algún manejo propuesto como se puede evidenciar en la Figura 6.

Figura 4. Frontera de posibilidades de producción entre VPN Y VPNc para una TDR del 6%.



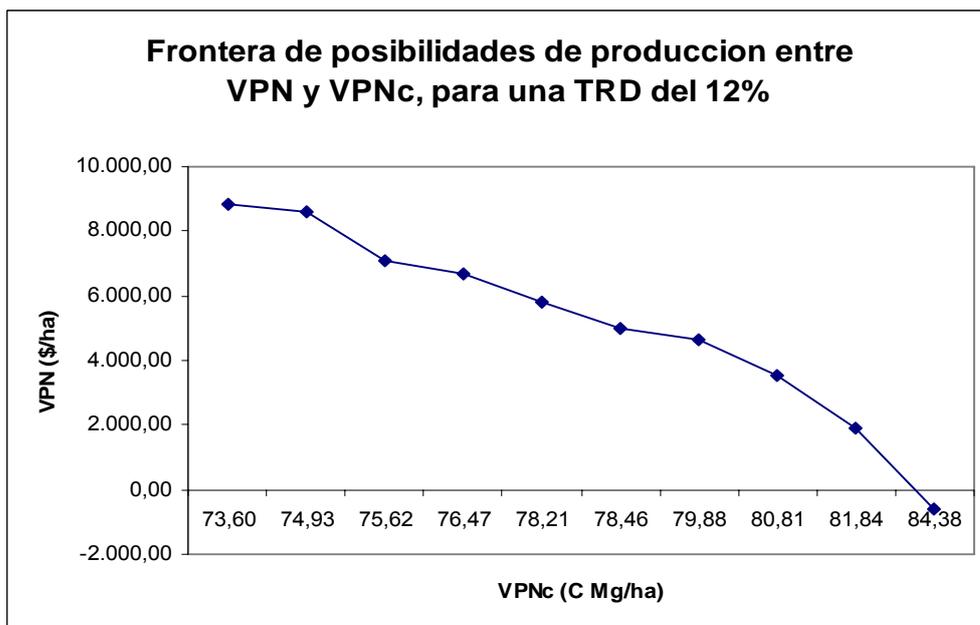
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Frontera de posibilidades de producción entre VPN y VPNc para una TDR del 9%.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Frontera de posibilidades de producción entre VPN y VPNc para una TDR del 12%.

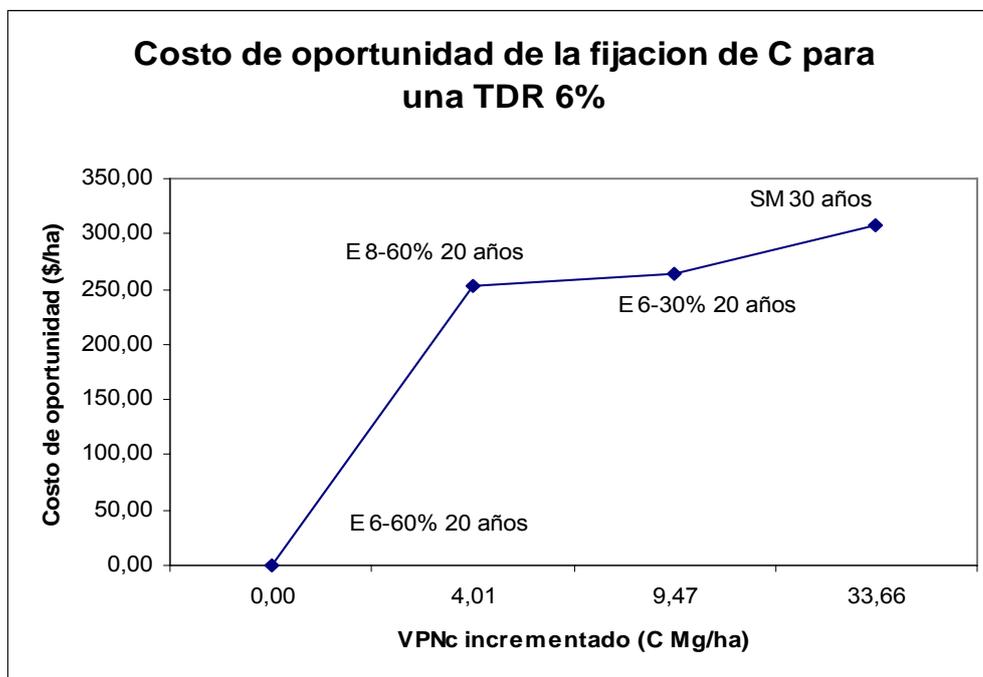


Fuente: Elaboración propia.

5.4 Costo de oportunidad de la fijación de carbono

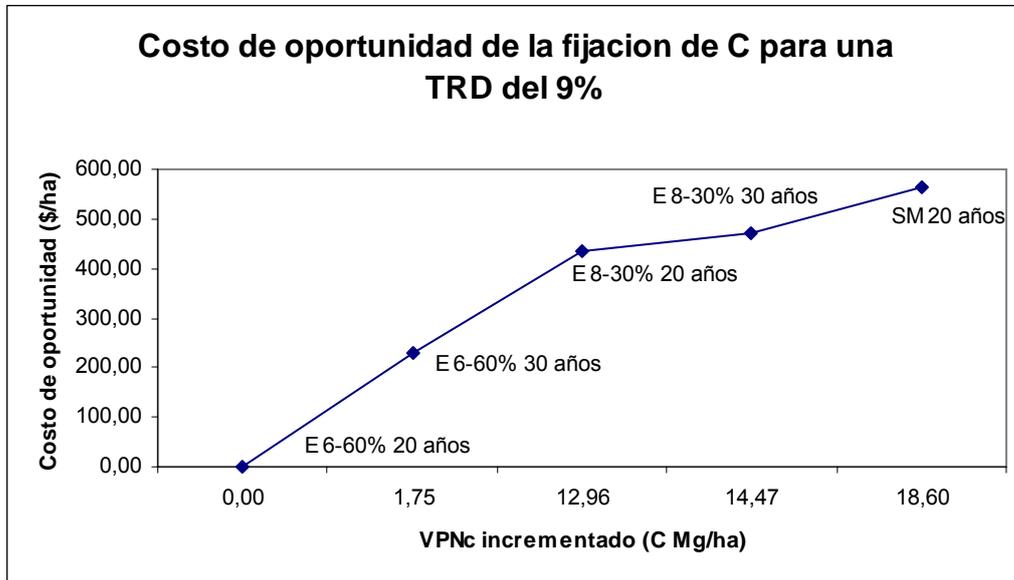
A partir de la frontera de posibilidades de producción fue graficado el costo de oportunidad de incrementar el almacenamiento de carbono, y disminuir el ingreso monetario por la venta de madera para fin comercial, es decir, la disminución de VPN causada por el aumento de VPNC. El VPNC incrementado, se definió como el aumento del VPNC a partir de su valor correspondiente a la línea base, es decir, desde el punto donde se maximiza el VPN. Los costos de oportunidad se muestran en las Figuras 7, 8 y 9.

Figura 7. Costo de oportunidad de la fijación de carbono para una TDR del 6%.



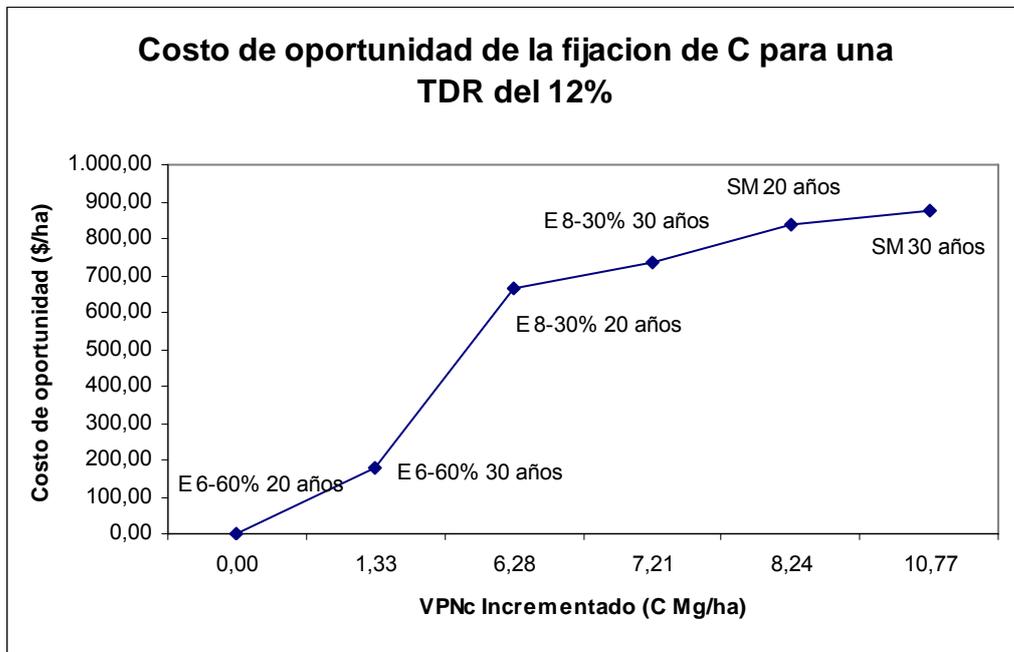
Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Costo de oportunidad de la fijación de carbono para una TDR del 9%.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Costo de oportunidad de la fijación de carbono para una TDR del 12%.



Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en las Figuras 7, 8 y 9 que a medida que las plantaciones se van dedicando a almacenar carbono el costo de oportunidad va creciendo, esto es como consecuencia que a medida que se decide tener estrategias o manejos menos agresivos en la producción de madera para leña y a su vez el bosque o plantación se mantiene para el almacenamiento de carbono se renuncia a una cantidad más grande de ingresos por la actividad de comercial de madera y se obtiene una cantidad mayor de almacenamiento de carbono, debido al trade off que existe entre sembrar para almacenar carbono o para producción de madera para leña.

5.5 Estrategias de manejo que componen la frontera de posibilidades de producción y el costo de oportunidad.

La gráfica de costo de oportunidad tiene su origen en el punto donde se maximiza el VPN, el cual corresponde a su vez a la línea base. En este trabajo se definió el máximo potencial de incremento del VPNc como el máximo VPNc que se puede obtener para cada TDR en las respectivas figuras de costo de oportunidad, correspondientes al punto más a la derecha de la gráfica.

La gráfica de costo de oportunidad se compone de una serie de puntos intermedios, los cuales corresponden a estrategias de manejo alternativas

además de las estrategias que maximizan el VPN y VPNc, con las cuales es posible incrementar la fijación de carbono a niveles que no necesariamente son los máximos. Debido a que buena parte del análisis económico se basa en el comportamiento de estas estrategias, fue necesario codificarlas de acuerdo al tipo de manejo, la edad y nivel de entresaca y la edad del turno forestal.

Siguiendo Lopera y Gutiérrez, (2001) para hacer el análisis de las tendencias encontradas en el comportamiento del VPN y VPNc, se hacen las siguientes consideraciones, las cuales se deducen de las respectivas formulas de VPN y VPNc:

- Como consecuencia a que en las fórmulas, el tiempo se encuentra como exponente en el denominador, los flujos de caja y carbono que ocurren más cerca al presente, repercuten más en el valor final de la sumatoria, tendiendo a cero los flujos que ocurren en un futuro más lejano.
- La tasa de interés, al ser parte de la base del denominador, hace más sensible el VPN a los flujos más cercanos al presente a medida que está aumenta. Esta es la razón por la cual fue necesario el análisis contemplando diferentes TDR.

Partiendo de las consideraciones anteriores, se describen y analizan las siguientes tendencias observadas en el comportamiento de las estrategias

que componen el costo de oportunidad, las cuales se pueden observar tanto en las Figuras 7, 8 y 9. como en la Tabla 7:

- Como consecuencia de que en el VPN ocurren primero los egresos que los ingresos, éste se vera beneficiado cuando las ganancias son más altas y ocurren más cerca del presente. Debido que la línea base pertenece a la estrategia que maximiza el VPN, esta estrategia debe reflejar un comportamiento que beneficie la actividad tradicional de madera (para este caso madera para leña). Por esta razón, las estrategias que componen la línea base, tienen en común una entresaca del 60% cada 6 años para cada turno (esta estrategia es la más intensa en cuanto a la extracción de madera para fin comercial), las cuales representan un ingreso más alto (en comparación a las estrategias con entresacas de 30% ya que la intensidad de extracción de madera para uso comercial es menor), en el momento más próximo al presente de la edades de entresaca consideradas, compensando así los continuos gastos que ocurren en los primeros años.

- Contrario al VPN, en el VPNC está influenciado por la fijación de carbono. Debido a que el VPNC está beneficiado positivamente por la fijación o secuestro de carbono y esta fijación se va incrementando a medida en que los árboles van creciendo y aumentando su volumen, es por ello que las estrategias que más va a favorecer el VPNC son aquellas en la cuales las entresacas se realicen en menor intensidad y más lejos en el tiempo. Esto

demuestra por qué las estrategias que corresponden a VPNc máximo en todas las TDR, equivalen a aquellas sin entresaca a los 30 años, siendo este el turno más lejano del presente sin extracciones alguna.

- De acuerdo a los resultados obtenidos de la frontera de posibilidades de producción y costo de oportunidad por fijación de carbono, las Figuras 4, 5, 6, 7, 8 y 9. se comportan de la misma manera, en donde las primeras estrategias (ubicadas a la izquierda de las figuras) benefician más el VPN y a medida que se avanza en la curva tendrán a privilegiar el VPNc.

5.6 Precios de la fijación de carbono

Para cada estrategia que compone el costo de oportunidad, el precio del carbono fijado en \$/ha, siguiendo a Lopera y Gutiérrez, (2001) fue hallado a partir de la división entre el VPNc incrementado y el costo de oportunidad. En la Tabla 7, se muestran las estrategias en el mismo orden que ocurren en la gráfica, relacionándolas con su respectivo costo de oportunidad, VPN incrementado y precio de carbono fijado.

De la Tabla 7 se pueden extraer las siguientes tendencias, basadas en los valores obtenidos en las estrategias de VPNc máximo (SM 30 años) para facilitar las comparaciones:

- El costo de oportunidad tiende a aumentar y el VPNC máximo tiende a disminuir a medida que aumenta la TDR, pasando el primero de 308,67 \$/ha para una TDR del 6% hasta 877,15 \$/ha para una TDR del 12% y el segundo de 143,57 Mg C/ha hasta 84,38 Mg C/ha.
- Debido a lo anterior, los precios del carbono fijado tienden a disminuir a medida que aumenta la TDR.

Tabla 7. Costo de oportunidad, VPNC incrementado, y precio de carbono fijado (PCF), de las diferentes estrategias que componen la curva de costos de oportunidad, para varias TDR.

TDR	Estrategia	VPNC incrementado Mg C/ha	Costo de oportunidad \$/ha	PCF \$/ha
TRD 6%	E 6-60% 20 años	0,00	0,00	0,00
	E 8-60% 20 años	4,01	252,65	15,85
	E 6-30% 20 años	9,47	264,79	35,77
	SM 30 años	33,66	308,67	109,05
TRD 9%	E 6-60% 20 años	0,00	0,00	0,00
	E 6-60% 30 años	1,75	227,77	7,67
	E 8-30% 30 años	12,96	436,54	29,69
	SM 20 años	14,47	472,64	30,61
	SM 30 años	18,60	565,40	32,89

	E 6-60% 20 años	0,00	0,00	0,00
	E 6-60% 30 años	1,33	177,48	7,49
	E 8-30% 20 años	6,28	664,30	9,45
TRD 12%	E 8-30% 30 años	7,21	736,33	9,79
	SM 20 años	8,24	839,13	9,82
	SM 30 años	12,28	877,15	12,28

Estrategia: Para las estrategias sin manejo el nombre de cada estrategia se compone de: las primeras dos letras (SM) indican sin manejo. En el caso de las entresacas, los números acompañados de la letra E indican la continuidad en edad que se realiza cada entresaca, seguida del porcentaje de árboles extraídos y de la edad de turno.

Fuente: Elaboración propia

5.7 Discusión de la evaluación de los precios fijados de carbono

Uno de los principales problemas para valorar la fijación de carbono es la falta de un mercado establecido; esto hace que en la actualidad exista gran variación en los estimativos del precio según el método de cuantificación (impuestos, costos del daño y del control de emisiones, estimaciones basadas en el potencial del comercio de carbono, etc.) y la naturaleza de los proyectos (conservación de reservas, proyectos agroforestales, manejo de bosques, establecimiento de plantaciones, etc.) (Lopera y Gutiérrez, 2001). Existe un rango de variación de precios que abarca desde 5 \$ t C calculado por Winjun et al., (1993, citados por Ramírez et al., 1997) en Estados Unidos hasta un precio de 364 \$ t C calculado por Lewis et al., (1995) en Estados Unidos. Esto crea una gran dificultad para la comparación de los

precios, debido a que la posibilidad de la realización de estos proyectos y el precio de la fijación de carbono, están estrechamente relacionados por las variables que se utilicen para el estudio, como por ejemplo: la oferta y la demanda de fijación de carbón, costos de transacción, el objetivo del proyecto, la adicionalidad, impuestos, entre otros.

A diferencia de los análisis hechos por programas sofisticados de valoración económica, en los cuales se requieren impuestos al carbono entre 100 – 300 \$ t/C para lograr reducciones del Protocolo de Kyoto, los expertos financieros argumentan que el comercio de emisiones de carbono puede lograr los mismos resultados con promedios de 20 \$ t/C (Richards y Stokes, 1995).

Los países tropicales en vías de desarrollo tienen potencial para el desarrollo de proyectos de secuestro o fijación de carbono, debido a que poseen costos bajos, en cuanto a mano de obra y costo de la tierra, a pesar de los altos costos de transacción y riesgos, en comparación a los países desarrollados (Lopera y Gutiérrez, 2001).

A partir del Anexo 5 se hacen algunas consideraciones generales con los valores reportados en dicho Anexo:

- Dado que en los países desarrollados a las emisiones de carbono se les imponen altos impuestos (16 – 172 \$ C/t) resulta atractiva la inversión en proyectos de plantaciones forestales, pues según otros estudios y los resultados de éste, la fijación de carbono tendría un menor precio.

- De acuerdo Lopera y Gutiérrez, (2001) los proyectos agroforestales y de conservación presentan un bajo valor de fijación (0,25 – 3,7 \$ C/t) el cual es estimado al dividir el costo o la inversión total del proyecto por el número de toneladas de carbono mitigadas, que a su vez son calculadas no sólo como la cantidad de carbono que fijan los bosques, sino como las que se dejan de emitir al conservar los bosques y prevenir su degradación antrópica, al cambiar de tecnologías de aprovechamiento más eficientes, al hacer educación para la conservación, entre otras.

- Los costos obtenidos en esta investigación, los cuales dependen de la TDR y del número de Mg fijadas de carbono en cada una de ellas (Tabla 2) se encuentran dentro del rango de almacenamiento de carbono en plantaciones en varias partes del mundo.

- En el caso de Colombia, también se encuentra gran variación en los precios a los cuales se negocia la fijación de carbono, que van desde 3,94 \$ C/t hasta 47,51 \$ C/t (Lopera y Gutiérrez, 2001). Esto conlleva a reafirmar que dadas las condiciones actuales (no existe un mercado establecido para

la fijación de carbono) del comercio de carbono, es complicado predecir precios y definir las estrategias más viables para una negociación de carbono.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dentro el contexto y bajo el marco de MDL, el Banco Mundial, ha establecido dos programas a través de los cuales acceder a fuentes de financiamiento, el Fondo Prototipo de Carbono, FPC, establecido en 1998, del Fondo de Biocarbono.

La gran diferencia de estos dos mecanismos de acceso a fondos por pagos de servicios ambientales de captura de carbono es que FPC se restringe hacia actividades relacionadas con el uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la forestaría, estas son conocidas por sus siglas en ingles LULUF (land use and use land and forestry) y hasta el momento solo incluyen actividades de forestación y reforestación a diferencia del Fondo de Biocarbono el cual considera, como actividades a ser apoyadas con fondos de pago de servicios ambientales, a todas aquellas que propendan a la conservación del medio ambiente incluso dentro de áreas naturales protegidas.

Venezuela podría entrar en un proyecto de MDL buscando financiamiento en cualquiera de estos dos Fondos propuestos por el Banco Mundial, ya que para Venezuela sería una gran oportunidad y en la cual la República no perdería nada con intentarlo.

Sin embargo los problemas principales que se encuentran para acceder a estos fondos son:

- Falta de conocimiento de la silvicultura de muchas especies de árboles. Por lo general los estudios de manejo silvicultural se han dado en especies maderables debido a su importancia económica, adicionalmente, las investigaciones han tenido sesgos a la carencia de fondos e interés por el estudio.
- El nivel de organizaciones en las comunidades. Es conocida la gran dificultad que existe dentro de las comunidades para dirigir esfuerzos conjuntos.
- Carencia de seguridad jurídica en Venezuela es un impedimento para la realización de proyectos de esta envergadura.
- La carencia de derechos de propiedad. La falta de titularidad en la propiedad de las tierras es un desincentivo para llevar a cabo alternativas de desarrollo en la medida que estas sustentan o avalan el derecho que, sobre los recursos o servicios de un área, merecen ser respetadas afín de obtener los ingresos que de ella se derivan.

El método empleado para la valoración económica de la fijación de carbono presenta la ventaja de no depender de la fijación de los precios internacionales, los cuales aún al no tener un mercado estructurado para el comercio de carbono generan una gran incertidumbre. El método utilizado

crea una desventaja la cual radica en la alta sensibilidad de los precios a las tasas de interés (TDR). Como consecuencia a la gran sensibilidad de los precios originado por las tasas de interés, se utilizaron diferentes TDR con el objetivo de otorgar opciones para evaluar las posibilidades de realizar este tipo de negociaciones.

Existen varios factores que influyen tanto el stock de carbono secuestrado por los bosques como el resultado económico de los proyectos. Todos estos factores deben ser tomados en cuenta antes de tomar decisiones respecto a manejos silviculturales y largos de rotación. Los factores más importantes a considerar serían: 1. variaciones en el stock de carbono causado por los distintos manejos y largos de rotación; 2. precios obtenidos por la fijación de carbono o precios pre-establecidos por créditos de carbono en el caso de utilizar estándares internacionales; 3. metodología de contabilidad del carbono; 4. costos en los que se incurren al realizar el proyecto, bien sean: costos de transacción, costos del terreno, mantenimiento del bosque, entre otros. Si dichos costos fueran altos, podrían invalidar el VPN, es decir, los costos son un determinante importante en la toma de decisiones para participar o no en el mercado de carbono.

BIBLIOGRAFÍA

1. Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas, (SF). *Proyecto colombiano de proyectos para el MDL-Sector energía. Elegibilidad de los Proyectos en el MDL*. Colombia. P. 11-14.
2. Análisis del sistema de pago por Servicios Ambientales en la rentabilidad de una plantación de Gmelina arborea, en la zona Huetar Norte, Costa Rica *Revista Forestal Iberoamericana, Vol. 1 Nª 1, p. 73*.
3. Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela. Ley Aprobatoria del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, (2004). Recuperado el 10 de Septiembre de 2006 de la World Wide Web: <http://www.asambleanacional.gov.ve/ns2/leyes.asp?id=618&dis=4>
4. Arcila, D. (2000) *Negociación de servicios ambientales en las bolsas de productos agropecuarios*, VII Encuentro de la Asociación Panamericana de Bolsas de Productos.
5. Arias, K. Ruiz-Silvera, C. Milla, M. y Fabio, H. (2001) *Almacenamiento de carbono por Gliricidia sepium en sistemas agroforestales de Yaracuy, Venezuela*, Programa de Agricultura Sostenible, Fundación Polar, San Felipe, Venezuela.
6. Auckland, L. Moura, P. Bass, S. Huq, S. y Landell-Mills, N. (2002) *Colocando los Cimientos para el Desarrollo Limpio: Preparando al Sector del Uso de la Tierra*, IIED natural resource issues paper.

7. Banco Mundial NSS/ Grütter Consulting (2001). *El Mercado Potencial MDL en América Latina*. Programa NSS. Washington, D.C., marzo.
8. Batjes, NH; Sombroek, WG. 1997: *Possibilities for carbon sequestration in tropical and subtropical soils*. *Global Change Biology* 3(2): 161-173.
9. Boscolo, M, Vincent, J, Panayotou, T. (1998). *Discounting Costs and Benefits in Carbon Sequestration Projects*. Development Discussion Paper No. 638. Harvard Institute for International Development.
10. Brown S, Sathaye, J, Cannel M, Kauppi, P. (1996). *Mitigation of carbon emissions to the atmosphere by forest management*. *Journal of Commonwealth Forestry review*, No. 75.
11. Brown, S. y Lugo, A. (1984) *Biomass of tropical forests: A new estimate based of forest volume*. *Science*, 233: 1290-1293.
12. Bumatay, E., Escalada, R., Buante, C. (1987). *Preliminary study on the Gliricidia sepium (Jacq.) Walp. germplasm collection in Visca*. En: *Gliricidia Sepium (Jacq.) Walp. Management and Improvement: Actas, 1987 Junio 21-27*, Turrialba, Costa Rica. Publicación especial 87-01. Waimanalo, HI: Nitrogen Fixing Tree Association: 162-167.
13. Budowski, G. (1980). *The place of agro-forestry in managing tropical forest*. *Int. Symp. Trop. For. Util. Cons.* Yale Univ. New Heaven. CATIE, Turrialba.
14. Chará, J. (1999). *El potencial de las excretas porcinas para uso múltiple y los sistemas de descontaminación productiva*. CIPAV.

15. Coen, R., Bertus, H y Waters-Bayer, A. (1998) *Curso de Educación a Distancia, Agroecología y Desarrollo Rural CLADES*.
16. Córdova, S (2004). *Crédito Turístico Latinoamericano*. Recuperado el 7 de septiembre de 2006 de World Wide Web [versión Html]: http://www.cormotur.gov.ve/La_Corporacion/Credito%20Turismo%20Latinoamericano.pdf
17. Cumbre Clima de Bonn (2001). *Protocolo de Kyoto y Cambio Climático, Razones y Consecuencias*. Recuperado el 6 de septiembre de 2006 de World Wide Web: <http://waste.ideal.es/kioto.htm#entrar>
18. Fassbender, H. (1993). *Modelos edafológicos de sistemas agroforestales*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanzas (CATIE), Turrialba. p. 114.
19. Fernández, J. (1998). *Economía Ecológica, Agroecología y Desarrollo Sustentable*. ed. Olivera Fernández, S. Chile.
20. Fisher, M, Trujillo, W. (2000). *Fijación de carbono por pastos tropicales en las sabanas de los suelos ácidos neotropicales*. CATIE/FAO/SIDA. Costa Rica.
21. González, H. Piedrahita, E. y Vélez, N. (1994). *Fundamentos técnicos y financieros para el manejo de plantaciones forestales*. Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. 224 p.
22. Gutiérrez, V, Zapata, M, Sierra, C, Laguado, W, Santacruz, A. (2005). *Maximizing the Profitability of Forestry Projects under the Clean Development Mechanism Using a Forest Management Optimization*

Model. Research Center on Ecosystems and Global Change, Carbono & Bosques. Colombia.

23. Guzmán, W. y Arévalo, L. (2003). *La diversidad como activo para el desarrollo, Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana.*
24. Handawela, J. (1987). *Effect of trees on upland agriculture in the low country dry zone in Sri Lanka.* En: Prinsley, R.T., Swift, M.J., eds. *Amelioration of soil by trees. A review of current concepts and practices.* London: Commonwealth Secretariat, Commonwealth Science Council: 145-154.
25. Hansen, A. (2004). *Los servicios ambientales y la agricultura conservacionista una opción para el desarrollo sustentable.* II CONGRESO NACIONAL DE AGRICULTURA CONSERVACIONISTA RENACO.
26. Hoen, H. Solberg, B. (1994). *Potential and Economic efficiency of Carbon Sequestration in Forest Biomass through silvicultura management.* *Forest Science* 40(3): 429-451.
27. Holdridge, L. (1987). *Ecología basada en zonas de vida.* Costa Rica.
28. Hughell, D. (1990). *Modelos para la predicción del crecimiento y rendimiento de Eucalyptus camaldulensis, Gliricidia sepium, Guazuma ulmifolia y Leucaena leucocephala en América Central.* Technical Series, Tech. Bull. 22. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 57 p.

29. Hughes, C.E. (1987). *Biological considerations in designing a seed collection strategy for Gliricidia Sepium (Jacq.) Walp. (Leguminosae)*. Commonwealth Forestry Review. 66(1): 31-48.
30. Ibrahim, M. Mora, J. (2001). *Potencialidades de los Sistemas Silvopastoriles para la Generación de Servicios Ambientales*. CATIE, Turrialba. p. 10-27.
31. Ibrahim, M. Schlonvoigt, A. Camargo, J. Souza, M. (2001). *Multi-strata silvopastoral systems for increasing productivity and conservation of natural resources in Central America*. In Gomide, JA, Mattos, WRS, da Silva, SC eds. Proceedings. Of the XIX International Grassland Congress. Piracicaba, Brazil, FEALQ. p. 645-650.
32. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2000). *IPCC Special Report: Land Use, Land-Use Change, and Forestry*. Cambridge: University Press.
33. Jara, L. Gutiérrez, A. Ordóñez, G. Asimbaya P. (2001). *Monitoreo de Plantaciones Forestales para Fijación de Carbono en el Ecuador*. PROFASA, S.A. Quito, Ecuador. P. 29.
34. Kiersch, B. (2004). *La Agricultura Conservacionista de los Recursos Ambientales*. Aplicación de Pagos por Servicios Ambientales en Manejos de Cuencas Hidrográficas: Lecciones de Experiencias Recientes en América Latina. Memoria VII Reunión de la Red Latinoamericana y II Congreso Nacional de Agricultura Conservacionista, Costa Rica. p. 35-41.

35. Leng, R. (1993). *Quantitative ruminant nutrition: A green Science*. Recuperado de la World Wide Web el 15 de septiembre de 2006: <http://www.ciesin.org/>
36. Lewis, D, Turner, D, Winjum, J. (1995). *An Inventory-based procedure to estimate economic costs of forest management on a regional scale to conserve and sequester atmospheric carbon*. *Ecological Economics* 16: 35-49.
37. Little, E.L. Jr. [SF]. *Common fuelwood crops: a handbook for their identification*. Morgantown, WV: Communi- Tech Associates. 354 p.
38. Liyanage, L. Jayasundera, H. Gunasekara, T. (1988). *Potential uses of nitrogen fixing trees on small coconut plantations on Sri Lanka*. En: Withington, D. MacDicken, K.G. Sastry, C.B. Adams, N.R. eds. *Multipurpose tree species for small farm use: proceedings of a workshop, 1987 November 2-5, Pattaya, Thailand*. Morrilton, AR: Winrock International Institute for Agricultural Development, Ottawa: International Development Research Centre of Canada: 251-253.
39. Loguercio, G. y Defosse, G. (2001). *Ecuaciones de Biomasa Aérea, Factores de Expansión de Reducción de la Lengua Nothofagus pumilio (Poepp. et Ende.) Krasser, en el SO del Chubut, Argentina*. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino-Patagónico. Argentina. p. 5.
40. Lopera, G, Gutiérrez, V. (2000). *Flujo de Carbono y Respuesta a Diferentes Estrategias de Manejo en Plantaciones Tropicales de Pinus Patula*. Universidad Nacional de Colombia.

41. Lopera, G, Gutiérrez, V, Lema, A. (2000). *Fijación de Carbono en Plantaciones Tropicales de Pinus Patula*. Universidad Nacional de Colombia.
42. Lopera, G, Gutiérrez, V. (2001). *Valoración Económica de la Fijación de Carbono en Plantaciones Tropicales de Pinus Patula*. Universidad Nacional de Colombia.
43. Loza-Balbuena, I. (2001). *Impacto del Mercado de Carbono en el Performance Económica de Proyectos Forestales*. Nueva Zelanda Escuela de Forestaría, Universidad de Catenbury.
44. Marcos, F. (1988). *El carbón vegetal, propiedades y obtención*. España.
45. Martín, C Palma, J. (1999). *Manual para fincas y ranchos ganaderos. Indicadores útiles para su manejo*. Agrosystems, Mexico.
46. Miliarium, S.L. *Mecanismos de Flexibilidad, (2001,2004)*. Recuperado el 7 de septiembre de 2006 de World Wide Web: <http://www.miliarium.com/Monografias/KIOTO/MecanismosFlexibles.htm#CDM>
47. Ministerio del Ambiente de España. *Artículo 6 del Protocolo de Kyoto*, © 2006. Recuperado el 7 de septiembre de 2006 de World Wide Web: http://www.mma.es/portal/secciones/cambio_climatico/areas_tematicas/flexibilidad/mecanismos/cce_mf_mic.htm
48. Ministerio de Medio Ambiente de Colombia. (2000) Estudio de estrategia nacional para la implementación del MDL en Colombia, Santa Fe de Bogota.

49. Mitra, J. y Raghu, K. (1988). *Influence of green manuring on the persistence of DDT in soil*. Environmental Technology Letters. 9(8): 847-852.
50. Mogas, J, Riera, P. (2004). *El Valor de la Fijación de Carbono en los Programas de Forestación*. Ponencia para el II Simposio Iberoamericano de Gestión y Economía Forestal. Barcelona.
51. Norverto, C. (2002). *Metodología para el Análisis Costo-Beneficio de Usos del Suelo y Fijación de Carbono en Sistemas Forestales para Mecanismo de Desarrollo Limpio*. Proyecto Forestal de Desarrollo (SAGPyA/BIRF). Argentina.
52. Norverto, C. (2004). *El Protocolo de Kyoto y el Mecanismo para un Desarrollo Limpio: Nuevas posibilidades de inversión para el sector forestal*. Proyecto Forestal de Desarrollo.
53. Olivera, S. (2003). *Diseño y Evaluación Económica de la Propuesta Agroforestal Promovida en el Ámbito de la Coordinadora Ecuatoriana de Agroecología CEA*. Gestión en Desarrollo Rural y agricultura Sustentable. Universidad Católica de Temuco, Chile. p. 225.
54. Organización Latinoamericana de Energía (2005). *Guía para Proyectos MDL*. [Power Point]. Cap. 7. Mercado Internacional de Emisiones. Recuperado el 9 de septiembre de 2006 de Word Wide Web: [http://www.cordelim.net/extra/html/pdf/medellin/ByronChiliquingapdf#search=%22\(OLADE%2C%202005\)%20bilateral%20unilateral%20multilateral%22](http://www.cordelim.net/extra/html/pdf/medellin/ByronChiliquingapdf#search=%22(OLADE%2C%202005)%20bilateral%20unilateral%20multilateral%22)

55. Ospina, A. (2004). *Evolución de los Componentes Agroforestales*
56. Padilla, S. (1995). *Desarrollo Forestal Participativo en los Andes*. Manejo Agroforestal Andino, Proyecto FAO – Holanda.
57. Payne, W. (1985). *A review of the possibilities for integration cattle and tree crop production systems in the tropics*. Forest Ecology and Management 12: 1-36.
58. Parrotta, J. (1992). *Gliricidia sepium (Jacq.) Walp. Gliricidia, mother of cocoa*. SO-ITFSM-50. New Orleans, Los Angeles: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. p.7.
59. Parrotta, J. (1992). *Gliricidia Sepium, Madre de Cacao*. SO-ITF-SM-50. New Orleans. U.S. Department of Agriculture. Usa.
60. Quevedo, R. (1999). *Venezuela: un perfil general; la tenencia de la tierra y puntos álgidos de su Mercado*. Revista Agroalimentaria No 6.
61. Ramírez, O, Gómez, M, Shultz, S. (1997). *Valuing the Contribution of Plantation Forestry to the National Accounts of Costa Rica from the Ecological Economics Perspective*. Beijer Research Seminar. Costa Rica. 28 p.
62. Richards, K, Stokes, C. (1995). *National, Regional and Global Carbon Sequestration cost studies: a review and critique*. USA: Pacific Northwest Laboratories.
63. Romero, E, Escobar, A, Combillas, J. (1996). *Efectos de la densidad de la siembra y la altura de corte sobre producción de follaje, madera,*

- composición química y fijación de CO₂ de Gliricidia Sepium*. Revista de investigación agrícola DANAC.
64. Rudas, G. (1995). *Economía y Ambiente. Instrumentos económicos, cuentas ambientales y análisis costo – beneficio*. [s.n.].
65. Sistemas Agroforestales, Documento Magister (1999).
66. Smith, O. y Van Houtert, M. (1987). *The feeding value of Gliricidia sepium*. A review. *World Animal Review*. 62: 57-68.
67. Solórzano, N. (2004). *El Pago de Servicios Ambientales y la Agricultura Conservacionista en Costa Rica*. VII Reunión de la Red Latinoamericana de Agricultura de Conservación y II Congreso Nacional de Agricultura Conservacionista. p. 56-67.
68. Solórzano, N. (2004). *Los servicios Ambientales y la Agricultura Conservacionista. Una Opción para el Desarrollo Sostenible*. VII Reunión de la Red Latinoamericana de Agricultura de Conservación y II Congreso Nacional de Agricultura Conservacionista. San José, Costa Rica, p. 242.
69. UCV (Instituto de Edafología-Facultad de Agronomía)/Fundación para la investigación Agrícola Danac. (UCV-Danac) (1999). *Proyecto caracterización de suelos para el establecimiento de una línea base de información según el tipo de utilización de la tierra y colección de suelos representativos (macromonolitos) en la Fundación para la Investigación Agrícola Danac*. Informe. p. 75.
70. Valero, C. (SF). *Cumbre del Clima. Principales Implicaciones Del Acuerdo De La Cumbre Del Clima De Bonn*. Recuperado el 9 de

Septiembre de 2006 de la World Wide Web:

<http://waste.ideal.es/cumbrebonn.htm>

71. Wiersum, F.; Dirdjosoemarto, S. (1987). *Past and current research with Gliricidia in Asia*. En: *Gliricidia Sepium (Jacq.) Walp.: En: Management and Improvement: Actas; 1987 Junio 21-27; Turrialba, Costa Rica. Publicación especial 87-01. Waimanalo, HI: Nitrogen Fixing Tree Association: 20-28.*

72. Yáñez, P. (2005). *Investigación e innovación en Sistemas Agroforestales. 1er. Encuentro Binacional Argentina-Venezuela sobre Seguridad Alimentaria*. Recuperado de la World Wide Web el 15 de septiembre del 2006: http://www.mct.gob.ve/nosotros/promoMCT/PresentacionAgroforesteria-A.ppt#256,1,Diapositiva_1

ANEXO 1: Países Anexo 1

Alemania	Federación Rusa*	Nueva Zelanda
Australia	Finlandia	Países Bajos
Austria	Francia	Polonia*
Bélgica	Grecia	Portugal
Bulgaria*	Hungría*	Reino Unido de
Canadá	Irlanda	Gran Bretaña e
Comunidad Europea	Islandia	Irlanda del Norte
Croacia*	Italia	Republica Checa*
Dinamarca	Japón	Rumania*
Eslovaquia*	Letonia*	Suecia
Eslovenia*	Liechtenstein	Suiza
España	Lituania*	Ucrania*
Estados Unidos de	Luxemburgo	
América	Mónaco	
Estonia*	Noruega	

* Países que están en proceso de transición a una economía de mercado.

ANEXO 2: Tabla de simulación para el crecimiento de la Gliricidia

Sepium

edad						Área	IMA
(años)	LN(SI)	SI	LN(H)	H	Hd	Basal	(H)
1	2,6133	13,6437	1,4306	4,1811	15,0000	0,0146	4,1811
2	2,6532	14,2001	2,0805	8,0087	15,0000	0,0294	4,0044
2,5	2,6690	14,4261	2,2180	9,1886	15,0000	0,0335	3,6754
3	2,6832	14,6317	2,3130	10,1051	15,0000	0,0360	3,3684
4	2,7080	14,9999	2,4387	11,4583	15,0000	0,0384	2,8646
5	2,7297	15,3282	2,5205	12,4354	15,0000	0,0392	2,4871
6	2,7491	15,6284	2,5798	13,1950	15,0000	0,0394	2,1992
7	2,7668	15,9075	2,6259	13,8164	15,0000	0,0395	1,9738
8	2,7832	16,1701	2,6633	14,3439	15,0000	0,0395	1,7930
9	2,7985	16,4192	2,6949	14,8041	15,0000	0,0395	1,6449
10	2,8128	16,6572	2,7222	15,2141	15,0000	0,0395	1,5214
11	2,8265	16,8857	2,7463	15,5855	15,0000	0,0395	1,4169
12	2,8394	17,1060	2,7680	15,9264	15,0000	0,0395	1,3272
13	2,8518	17,3193	2,7876	16,2426	15,0000	0,0395	1,2494
14	2,8637	17,5262	2,8057	16,5385	15,0000	0,0395	1,1813
15	2,8751	17,7276	2,8224	16,8174	15,0000	0,0395	1,1212
16	2,8861	17,9240	2,8380	17,0820	15,0000	0,0395	1,0676
17	2,8968	18,1159	2,8527	17,3341	15,0000	0,0395	1,0197
18	2,9071	18,3037	2,8665	17,5756	15,0000	0,0395	0,9764

19	2,9171	18,4877	2,8796	17,8077	15,0000	0,0395	0,9372
20	2,9268	18,6683	2,8921	18,0316	15,0000	0,0395	0,9016
21	2,9363	18,8458	2,9041	18,2481	15,0000	0,0395	0,8690
22	2,9455	19,0203	2,9155	18,4581	15,0000	0,0395	0,8390
23	2,9545	19,1921	2,9265	18,6621	15,0000	0,0395	0,8114
24	2,9633	19,3613	2,9371	18,8609	15,0000	0,0395	0,7859
25	2,9719	19,5283	2,9473	19,0547	15,0000	0,0395	0,7622
26	2,9803	19,6930	2,9572	19,2442	15,0000	0,0395	0,7402
27	2,9885	19,8556	2,9668	19,4296	15,0000	0,0395	0,7196
28	2,9965	20,0163	2,9761	19,6113	15,0000	0,0395	0,7004
29	3,0045	20,1752	2,9852	19,7895	15,0000	0,0395	0,6824
30	3,0122	20,3323	2,9940	19,9645	15,0000	0,0395	0,6655
31	3,0198	20,4878	3,0025	20,1366	15,0000	0,0395	0,6496
32	3,0273	20,6417	3,0109	20,3059	15,0000	0,0395	0,6346
33	3,0347	20,7942	3,0191	20,4726	15,0000	0,0395	0,6204
34	3,0419	20,9452	3,0271	20,6370	15,0000	0,0395	0,6070
35	3,0490	21,0950	3,0349	20,7990	15,0000	0,0395	0,5943
36	3,0560	21,2434	3,0426	20,9590	15,0000	0,0395	0,5822
37	3,0630	21,3907	3,0501	21,1169	15,0000	0,0395	0,5707
38	3,0698	21,5368	3,0574	21,2730	15,0000	0,0395	0,5598
39	3,0765	21,6818	3,0647	21,4272	15,0000	0,0395	0,5494
40	3,0831	21,8257	3,0718	21,5798	15,0000	0,0395	0,5395
41	3,0896	21,9686	3,0787	21,7308	15,0000	0,0395	0,5300

42	3,0961	22,1106	3,0856	21,8803	15,0000	0,0395	0,5210
43	3,1024	22,2516	3,0923	22,0283	15,0000	0,0395	0,5123
44	3,1087	22,3918	3,0990	22,1749	15,0000	0,0395	0,5040
45	3,1149	22,5310	3,1055	22,3202	15,0000	0,0395	0,4960
46	3,1210	22,6695	3,1119	22,4643	15,0000	0,0395	0,4884
47	3,1271	22,8072	3,1183	22,6072	15,0000	0,0395	0,4810
48	3,1331	22,9440	3,1245	22,7489	15,0000	0,0395	0,4739
49	3,1390	23,0802	3,1307	22,8896	15,0000	0,0395	0,4671
50	3,1448	23,2156	3,1368	23,0292	15,0000	0,0395	0,4606

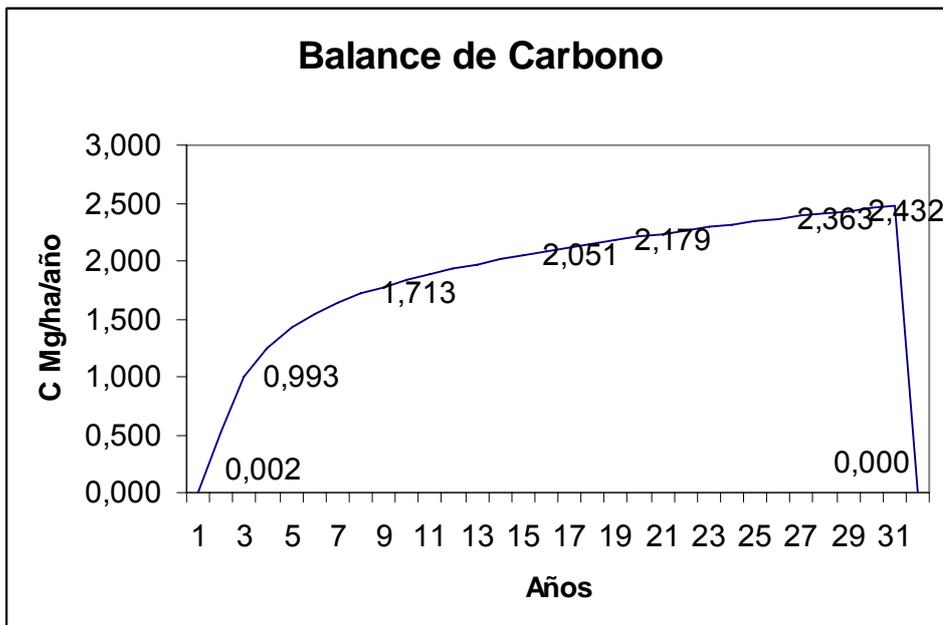
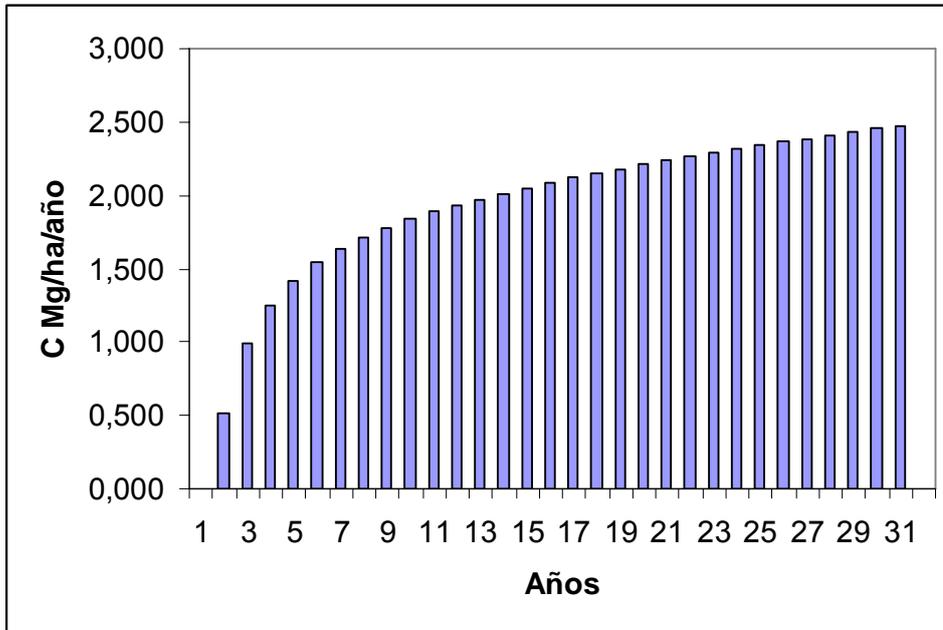
ANEXO 3: Simulación de fijación de carbono.

Edad de Árboles (años)	C almacenado en la madera		Tasa de fijación de C,
	kg/pl	Mg/ha	Mg/ha/año
0	0,000	0,005	0,002
1	0,585	1,292	0,518
2	1,121	2,475	0,993
3	0,140	0,309	0,124
3	1,415	3,122	1,253
4	1,604	3,541	1,421
5	1,741	3,843	1,542
6	1,847	4,077	1,636
7	1,934	4,269	1,713
8	2,008	4,432	1,779
9	2,073	4,574	1,836
10	2,130	4,701	1,887
11	2,182	4,816	1,933
12	2,230	4,921	1,975
13	2,274	5,019	2,014
14	2,315	5,110	2,051
15	2,354	5,197	2,085
16	2,391	5,278	2,118

17	2,427	5,356	2,149
18	2,461	5,431	2,179
19	2,493	5,503	2,208
20	2,524	5,572	2,236
21	2,555	5,639	2,263
22	2,584	5,704	2,289
23	2,613	5,767	2,314
24	2,641	5,828	2,339
25	2,668	5,888	2,363
26	2,694	5,946	2,386
27	2,720	6,004	2,409
28	2,746	6,060	2,432
29	2,771	6,115	2,454
30	2,795	6,169	2,476

ANEXO 4: Almacenamiento de carbono en el tiempo por la Gliricidia

Sepium



ANEXO 5: Valores de fijación de carbono en el resto del mundo y diferentes proyectos

Pais o región	Valor (US\$/tC)	Observaciones	Fuente
GENERALES			
No especificado	36,7 - 102,5	Costo de daño de liberación CO ₂	Carranza <i>et al.</i> (1996) ¹ , Fankhauser (1995) ¹
Dinamarca, Finlandia, Países Bajos, Noruega, Suecia, Italia	16 - 172	Impuestos al C	Muller (1996) ² , Totten (1999)
Países industrializados.	10 - 20	Costos de control de emisiones en países industrializados	Ramírez <i>et al.</i> (1997)
Mercado EEUU	30 - 40	Estimaciones basadas en el potencial del comercio de C	World Bank (1999) ³
Mercados japoneses y europeos	70 - 80	Estimaciones basadas en el potencial del comercio de C	World Bank (1999) ³
En general	17 - 20	Estimaciones basadas en el potencial del comercio de C	Manne & Richels (1994) ³
CONSERVACIÓN			
Paraguay	0,25	Compensación de 14,5 x 10 ⁶ t C con una inversión de US\$ 3,8 * 10 ⁶ , en 60000 ha a 35 años.	Moura-Costa & Stuart (1998)
Costa Rica: reserva de protección Braulio Carrillo	1,64	Secuestro de 7,6 x 10 ⁶ t C con una inversión de US\$ 12,5 * 10 ⁶ en 290000 ha	Totten (1999)
Belice: área de conservación Río Bravo	2,3 - 3,0	Mitigación y secuestro de 1,6 - 2,4 * 10 ⁶ t C con una inversión de US\$ 5,7 * 10 ⁶	Totten (1999), TNC ⁴ (1999a)
Bolivia: reserva natural Noel Kempff	0,63	Mitigación y secuestro de 15 * 10 ⁶ t C con una inversión de US\$ 9,5 * 10 ⁶	Totten (1999), TNC (1999b)
AGROFORESTALES			
Brasil: estado de Matto Grosso	1,3	Plantación de 10 * 10 ⁶ de árboles en 12000 ha con una inversión de US\$ 10,8 * 10 ⁶	Peugeot (s.f)
Rusia	3,7	Reducción de la erosión del suelo e incremento del C en la agricultura marginal	Totten (1999)
México	10	Fijación de C, a través de programas agroforestales	Totten (1999)

País o región	Valor (US\$/t C)	Observaciones	Fuente
ALMACENAMIENTO EN PLANTACIONES Y BOSQUES MANEJADOS			
Argentina	31		Winjum <i>et al.</i> (1993) ¹
Australia	5		Winjum <i>et al.</i> (1993) ¹
Brasil	10		Winjum <i>et al.</i> (1993) ¹
Canadá	11		Winjum <i>et al.</i> (1993) ¹
México	4		Winjum <i>et al.</i> (1993) ¹
EEUU	5		Winjum <i>et al.</i> (1993) ¹
Trópico	5		Cline (1992) ¹
Zona templadas y países desarrollados	20		Cline (1992) ¹
EEUU	364	Costo de almacenamiento a escala regional por medio del costo neto total anual	Lewis <i>et al.</i> (1995)
Malasia	7,6	Aumento del C fijado en bosques de naturales por utilizar métodos de cosecha de impacto reducido	Moura-Costa & Stuart (1998)
Noruega	79	Bosques boreales. VPNCO2 TRD 2 y 3%	Hoer & Solberg (1994)
Malasia	3,3	Bosques tropicales de tierras bajas VPNCO2 TRD 6% aumentando diámetro de corta	Boscolo <i>et al.</i> (1997)
Malasia	5	Bosques tropicales de tierras bajas VPNCO2 TRD 6% Costo de impacto de aprovechamiento reducido	Boscolo <i>et al.</i> (1997)
CASOS YA NEGOCIADOS			
Costa Rica	36,6 - 58,6	Negociado en implementación conjunta (IC)	Ramírez <i>et al.</i> (1997)
Costa Rica	10	Venta de bonos a Noruega	Ramírez <i>et al.</i> (1997), Castro (1996) ²
Costa Rica	20	Venta de bonos a USA	Ramírez <i>et al.</i> (1997)