



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA DE ECONOMÍA AGRÍCOLA**

**TESIS DE GRADO**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
ECONOMISTA AGRÍCOLA**

**Valoración económica de las plantaciones de teca (*tectona grandis*) y  
balsa (*ochroma pyramidale*) en tres cantones del Litoral Ecuatoriano.**

**AUTOR  
RAÚL VALENTÍN MORA YELA**

**DIRECTOR DE TESIS  
ING. MSc. LUIS SIMBA OCHOA**

**QUEVEDO - LOS RÍOS - ECUADOR**

**2011**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA DE ECONOMÍA AGRÍCOLA**

**TESIS DE GRADO**  
**ECONOMISTA AGRÍCOLA**  
**VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS PLANTACIONES DE TECA**  
**(*Tectona grandis*) Y Balsa (*Ochroma pyramidale*) EN TRES**  
**CANTONES DEL LITORAL ECUATORIANO**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**  
**PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO COMO**  
**REQUISITO PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**  
**ECONOMISTA AGRÍCOLA**

**APROBADO:**

<hr/> <b>Econ. Mariana Tapia</b>	<b>PRESIDENTE</b>
<hr/> <b>Ing. Emma Torres</b>	<b>MIEMBRO</b>
<hr/> <b>Econ. Glenn Mera</b>	<b>MIEMBRO</b>

**2011**

## **DECLARACIÓN**

Yo, RAÚL VALENTÍN MORA YELA, bajo juramento declaro aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agrarias, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Raúl Valentín Mora Yela

## CERTIFICACIÓN

El suscrito catedrático de la Escuela de Economía Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, CERTIFICA: Que el egresado Raúl Valentín Mora Yela, realizó el **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN** titulado: “**VALORACION ECONOMICA DE LAS PLANTACIONES DE TECA (*Tectona grandis*) Y BALSA (*Ochroma pyramidale*) EN TRES CANTONES DEL LITORAL ECUATORIANO**”; habiendo cumplido con todas las disposiciones legales pertinentes.

---

Ing. MsC. Luis Simba Ochoa  
**DIRECTOR DE TESIS**

## AGRADECIMIENTO

Dejo constancia de mi ferviente agradecimiento.

A Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres por haberme brindado la oportunidad de terminar con mi carrera, por su esfuerzo, dedicación y entera confianza.

A mi Directora de Tesis el Ing Luis Simba por sus valiosas sugerencias y acertados aportes durante el desarrollo de este trabajo

A la Ing. Betty Gonzales por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia científica en un marco de confianza, afecto y amistad, fundamentales para el desarrollo y culminación de la presente investigación.

A la Ing Ximena Cervantes por su permanente disposición y desinteresada ayuda.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a la Unidad de Investigación Científica y Tecnológica (UICYT)

## DEDICATORIA

*Dedico la presente tesis de grado a la memoria de mi padre que no alcanzo a ver los resultados puesto que le llego la hora de partir y aunque ya no este entre nosotros sigue vivo en mi pensamiento. Fue su estimulo junto mi impulso para llegar al final; por eso te dedico mi esfuerzo donde te encuentres. Te amo, hasta pronto, porque sé que algún día nos volveremos a encontrar.*

## CONTENIDO

Capítulo	Página
Certificación.....	ii
Declaración.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Dedicatoria.....	v
Contenido.....	vi
Índice de cuadros.....	ix
Índice de figuras .....	xi
Índice de fotos.....	xii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
A. Problema.....	2
B. Justificación.....	2
C. Objetivos.....	3
1. Objetivo General.....	3
2. Objetivos Específicos.....	3
D. Hipótesis.....	4
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
A. El cambio climático y su implicación en el ambiente.....	5
B. El Protocolo de Kioto .....	5
C. Teoría económica.....	6
D. La silvicultura y el desarrollo forestal sustentable.....	7
E. Evidencia empírica: Plantaciones Tropical.....	8
1. Teca.....	8
2. Balsa.....	10
F. Los Bosques y Las Plantaciones Forestales En La Fijación De Carbono.....	11
G. Valoración económica.....	13
H. El Mercado de carbono.....	19
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
A. Localización del Área de Estudio.....	21
B. Materiales.....	22
C. Metodología.....	22
1. Fuente de información.....	22

2. Muestra.....	23
D. Método.....	24
1. Tamaño y forma de las parcelas de muestreo.....	24
2. Determinación de la biomasa aérea en arboles.....	25
3. Determinación de la necromasa en el suelo.....	26
a. Determinación de la necromasa fina.....	27
b. Determinación de la necromasa gruesa.....	27
4. Determinación del contenido de humedad.....	27
5. Determinación de la fracción y contenido de carbono en la biomasa aérea y subterránea.....	28
6. Determinación de la fracción y contenido del carbono almacenado en el suelo .....	29
7. Análisis de datos.....	30
E. Valoración económica.....	31
1. Valoración del bien y servicio ambiental.....	31
a. Valoración del bien.....	31
b. Valoración del servicio ambiental (carbono).....	32
2. Valoración económica de acuerdo al uso del suelo.....	33
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>34</b>
A. Análisis del Contenido de Carbono.....	34
1. Acumulación de Carbono (Tm).....	34
a. En la biomasa aérea y subterránea.....	34
b. En el suelo .....	35
c. En el sistema.....	35
2. Cantidad de carbono en la biomasa y en el suelo.....	37
Carbono en la biomasa aérea y subterránea.....	37
Carbono en el suelo.....	37
Carbono en el sistema.....	37
Análisis de la cantidad de carbono por provincia.....	37
Efecto simple de provincias, especies y sitios sobre la cantidad de carbono acumulado.....	39
Interacción provincias, especies y sitios sobre el carbono acumulado.....	40
B. Valoración Económica.....	42
Valoración económica del bien.....	42
Costo total.....	42

	Ingresos.....	42
	Indicadores económicos.....	43
	Valoración económica por pago del servicio ambiental.....	44
	Valoración económica del uso del suelo.....	45
	Costos de inversiones.....	45
	Cultivos transitorios.....	45
	Cultivos perennes.....	45
	Especies Forestales.....	46
	Ingresos.....	47
	Cultivos transitorios.....	47
	Cultivos perennes.....	47
	Especies forestales.....	48
	Indicadores financieros.....	49
	Cultivos transitorios.....	49
	Cultivos permanentes.....	49
	Especies forestales.....	50
	Comparación económica de acuerdo al uso del suelo.....	51
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>52</b>
	A. Conclusiones.....	52
	B. Recomendaciones.....	52
<b>VI.</b>	<b>RESUMEN.....</b>	<b>53</b>
<b>VII.</b>	<b>SUMMARY.....</b>	<b>55</b>
<b>VIII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>57</b>
<b>IX.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>63</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pagina
1. Datos de ubicación y características de suelo y clima de los tres sitios de estudio.....	22
2. Nombre común, científico y familia de las especies forestales bajo estudio.....	23
3. Ubicación geográfica de los productos de teca.....	23
4. Ubicación geográfica de los productores de balsa.....	24
5. Descripción de la división de la unidad de muestreo.....	25
6. Análisis de varianza del carbono almacenado por sitios.....	30
7. Esquema del análisis de varianza.....	31
8. Promedio, del carbono acumulado en la biomasa aérea y subterránea, carbono en el suelo, carbono total del sistema en plantaciones forestales del Litoral ecuatoriano, 2011.....	38
9. Promedio, carbono en biomasa aérea y subterránea, carbono en el suelo, total de carbono en el sistema en plantaciones de especies forestales tropicales por cantones en el Litoral ecuatoriano. 2011....	39
10. Efecto de las localidades sobre el carbono almacenado en biomasa aérea y subterránea, carbono en el suelo, carbono total en el sistema, en plantaciones forestales del Litoral ecuatoriano. 2011.....	40
11. Costo total $ha^{-1}$ en teca y balsa en tres cantones del Litoral ecuatoriano. 2011.....	42
12. Promedios del Incremento Medio Anual (IMA), metros cúbicos $ha^{-1}$ , ingresos $usd. ha^{-1}$ de teca en tres cantones del Litoral ecuatoriano. 2011.....	43
13. Promedios del Incremento Medio Anual (IMA), metros cúbico $m^3 ha^{-1}$ , ingresos $usd ha^{-1}$ de balsa en tres cantones del Litoral ecuatoriano. 2011.....	43
14. Indicadores económicos para una hectárea de teca y balsa en tres cantones del Litoral ecuatoriano. 2011.....	44
15. Ingresos por servicios ambientales en una hectárea de teca (10 años) y balsa (3 años) en el Litoral ecuatoriano. 2011.....	44
16. Índices financieros en los principales cultivos transitorios que se	

	producen en el Litoral ecuatoriano. 2011.....	49
17.	Índices financieros en los principales cultivos permanentes que se producen en el Litoral ecuatoriano. 2011.....	50
18.	Índices financieros en las principales especies forestales que se producen en el Litoral ecuatoriano. 2011.....	50
19.	Índices financieros promedios de los principales cultivos agrícolas y especies forestales que se explotan en el Litoral ecuatoriano. 2011....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1.	Bienes y servicios del bosque.....	16
2.	Ubicación geográfica del área de estudio.....	21
3.	Unidad de muestreo en parcelas para determinar carbono en biomasa (aérea y subterránea) y en suelo (Fonseca, 2007, modificado por González, 2011).....	25
4.	Barrenaciones para muestras de suelo.....	29
5.	Porcentaje de carbono acumulado $ha^{-1}$ en biomasa aérea y subterránea en plantaciones forestales en tres cantones del Litoral ecuatoriano.2011.....	34
6.	Toneladas métricas de carbono acumulado $ha^{-1}$ en biomasa aérea y subterránea en plantaciones forestales en tres cantones del Litoral ecuatoriano. 2011.....	35
7.	Porcentaje de carbono acumulado en el suelo en plantaciones de especies forestales tropicales en tres cantones del Litoral ecuatoriano. 2011.....	36
8.	Porcentaje de carbono acumulado ( $Tm\ ha^{-1}$ ) en la biomasa aérea y subterránea y en el suelo (a) y total en el sistema (b) en plantaciones de especies forestales tropicales en tres cantones del Litoral ecuatoriano. 2011.....	36
9.	Interacción cantones / especie sobre las variables a). Carbono acumulado en la biomasa aérea y subterránea b).Carbono total en el sistema, en el Litoral ecuatoriano. 2011.....	41
10.	Interacción especies/sitios sobre las variables Carbono acumulado en la biomasa aérea y subterránea en el Litoral ecuatoriano. 2011...	41
11.	Costos de producción promedio ( $usd\ ha^{-1}$ ) en cultivos transitorios del Litoral ecuatoriano. 2011.....	45
12.	Costos de producción promedio ( $usd\ ha^{-1}$ ) en cultivos permanentes del Litoral ecuatoriano. 2011.....	46
13.	Costos de producción promedio ( $usd.ha^{-1}$ ) en especies forestales en el Litoral ecuatoriano. 2011.....	46
14.	Ingreso promedio ( $usd\ ha^{-1}$ ) en cultivos transitorios del Litoral ecuatoriano. 2011.....	47
15.	Ingreso promedio ( $usd\ ha^{-1}$ ) en cultivos transitorios del Litoral	48

	ecuatoriano.2011.....	
16.	Ingreso promedio (usd ha <sup>-1</sup> ) en las principales especies forestales en el Litoral ecuatoriano. 2011.....	48

## ÍNDICE DE FOTOS

<b>Fotos</b>		<b>Página</b>
1.	Componentes del árbol (biomasa aérea y biomasa subterránea).....	25
2.	Sierra de mesa.....	26
3.	Estufa y balanza para la determinación del contenido de humedad...	27
4.	Molino eléctrico marca Thomas Wiley.....	27

## I. INTRODUCCIÓN

El incremento de la temperatura en el calentamiento global ha despertado la preocupación internacional CMCC1, ONU2, Kyoto 19923; IPCC4, PNUMA5, PNUD6 Banco Mundial; esto se refleja en las investigaciones científicas establecidas sobre las emisiones de gases de efecto invernadero que predicen que el calentamiento global tiene impactos negativos de orden ambiental, social y económicos, estos impactos se reflejaran en el aumento del nivel del agua de los mares, erosión costera, cambios climáticos aumento de enfermedades tropicales, pérdida acelerada de biodiversidad y la desertificación.

Se estima que aproximadamente el 75% de las emisiones de gases de efecto invernadero vienen de la quema de combustibles fósiles. Según la FAO (2002), cada año se pierden 14,2 millones de hectáreas de bosque y apenas se siembran 5,2 millones contribuyendo a este fenómeno ya que la quema de bosque libera CO<sub>2</sub> a la atmósfera, debido a que los árboles fijan dióxido de carbono a través de la fotosíntesis y lo almacena en su biomasa. Al reducir la extensión de bosque, se reduce la capacidad para absorber las emisiones globales de los gases de efecto invernadero que cada año aumenta más.

Estas consecuencias hicieron que se formen organizaciones a nivel mundial para enfrentar este nuevo reto, y un esfuerzo considerado en esta dirección es establecer el valor económico del medio ambiente, o de algunos de sus componentes.

La necesidad de los decisores por estimar o establecer el valor económico del ambiente ha aumentado notablemente, y se ha desarrollado variadas técnicas y herramientas de análisis económico que permitan mensurar los diferentes valores involucrados, incluyendo los ítems más intangibles o difíciles de medir.

La valoración económica del medio ambiente consiste en darle un valor monetario a bienes y servicios ambientales que no son transados en los mercados y por tanto no tienen precio explícito (CONAMA, 1998).

Valorar económicamente el medio ambiente significa poder contar con un indicador de su importancia en el bienestar de la sociedad, ésta utiliza herramientas del análisis financiero y

---

<sup>1</sup> Convención Marco Sobre el Cambio Climático

<sup>2</sup> Organización de las Naciones Unidas

<sup>3</sup> El Protocolo de Kyoto y el Mecanismo para un Desarrollo Limpio

<sup>4</sup> Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático

<sup>5</sup> Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

<sup>6</sup> El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

económico se sustenta en la teoría neoclásica de la preferencia y bienestar de un individuo y la sociedad. Es importante encontrar, para ello, un denominador común, que ayude a comparar unos elementos con otros. Dicho denominador común no es otro que el dinero (Oksanen, 1997).

La valoración económica permite cuantificar en términos económicos los principales componentes provenientes de las plantaciones forestales, dándole valor monetario a los bienes y servicios ambientales que este ofrece a la naturaleza. Es una herramienta utilizada para evaluar recursos naturales (RRNN) renovables y no renovables la inclusión de métodos directos e indirectos permite obtener una aproximación al verdadero valor de los elementos y un marco referencial sobre la importancia económica para la sociedad de un buen manejo de los recursos naturales, que al momento de querer tomar decisiones tales como: ¿a qué ritmo deben explotarse?; ¿qué cantidad debe extraerse cada año para los usos corrientes?; ¿qué cantidad debe permanecer en el subsuelo como reserva para usos futuros? ¿Qué cantidad debe permanecer en el subsuelo? ¿Cuál es el precio al que deben venderse las unidades de cada recurso? y ¿cómo debe variar este precio a lo largo del tiempo? Estos indicadores son útiles para conseguir un impacto en las decisiones de los involucrados, por lo que se pretende responder a la pregunta: ¿Cuál es el valor económico de los bienes y servicios ambientales producto de las plantaciones tropicales teca y balsa?

### **A. Problema**

En el caso de Ecuador, la tala indiscriminada de los bosques por las actividades humanas es una de las principales causas de la pérdida de diversidad biológica, siendo las especies vegetales y animales endémicas y nativas las más amenazadas.

Hace cuatro décadas se contaba con 15,6 millones de ha de bosques, pero dada la enorme presión por el cambio de uso de tierras, actualmente el área forestal remanente es cerca de 10 millones de hectáreas, esto se refleja en que la Economía ecuatoriana se ha sustentado en la últimas décadas, en el modelo extractivista por el uso creciente de recursos naturales agrícolas, mineros, energéticos y pesqueros, destinados en gran medida a los mercados de exportación en forma principalmente de materia prima.

### **B. Justificación**

Una alternativa para mitigar el calentamiento global es la biomasa aérea cuya capacidad de secuestro y almacenaje de carbono en áreas boscosas o especie individual, se han convertido en las aliadas estratégicas para mitigar parte de este fenómeno. En Ecuador las plantaciones

forestales especialmente con valor comercial han recibido mayor atención en las última dos década por ser considerados como excelentes fijadores de carbono brindándoles manejo y tratamiento silvicultural adecuado. Se ha implantado planes de desarrollo en agroforestería, reforestación y restauración de áreas degradadas con la finalidad de contribuir al mejoramiento del cambio climático (SICA, 2008).

En este contexto el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) desde 1996, vienen desarrollando el Plan de Reforestación a nivel del Litoral ecuatoriano cuyo objetivo es plantar 164,000 hectáreas y generar un millón de Tm de carbono, (SICA, 2008), con especies de gran valor comercial y que no causen daño al ambiente. Sin embargo, hasta la actualidad no se ha cuantificado los bienes y servicios ambientales que estas especies aportarán al ambiente, siendo objeto de este estudio, dar valor económico a los bienes (madera) y servicios ambientales (carbono) a estas especies y con esta información analizar qué es lo más conveniente para los actores, seguir fomentando la siembra, mantener y conservar las actuales, talar para su aprovechamiento y/o reemplazar el uso del suelo con otras actividades productivas.

## **C. Objetivos**

### **1. Objetivo General**

Determinar el valor económico de los bienes y servicios ambientales producto de las plantaciones de teca (*Tectona grandis*) y balsa (*Ochroma pyramidale*) en tres cantones del Litoral ecuatoriano.

### **2. Objetivos Específicos**

- Determinar la cantidad de carbono almacenado en sistema a nivel de cantones y especies.
- Estimar el valor económico total en plantaciones de teca y balsa en tres cantones del Litoral ecuatoriano.
- Comparar el beneficio económico generado en plantaciones de teca y balsa con el beneficio económico generado por cambiar el uso del suelo con otras especies agrícolas y forestales.

#### **D. Hipótesis**

- Existen diferencias significativas en el almacenamiento de carbono en el sistema a nivel de cantones y especies.
- El valor económico generado por la venta de los bienes y servicios ambientales en teca y balsa es viable y rentable.
- El beneficio económico generado por preservar las plantaciones de teca y balsa es superior al beneficio económico obtenido al cambiar el uso del suelo por otros cultivos.

## **II. REVISION DE LITERATURA**

### **A. El cambio climático y su implicación en el ambiente**

Desde la última década el tema ambiental ha tomado mucha importancia debido al cambio climático que ha sufrido el planeta, la concentración de gases de efecto invernadero se ha incrementado produciendo significativos problemas sobre cambios climáticos. El promedio de temperatura global incrementó entre 0.4° C y 0.8°C y el nivel del mar incrementó de 0.1 a 0.2 m sobre los últimos cien años (UNEP, 2001, citado por Suárez, 2003)

El efecto invernadero consiste en la retención de energía calórica proveniente del sol en la atmósfera inferior debido a la absorción y la reflexión por parte de las nubes y ciertos gases presentes en la atmósfera. La radiación solar visible atraviesa la atmósfera y calienta la superficie de la tierra emite radiación térmica provocando un aumento en la temperatura global (Pérez, 1999).

El cambio climático en las últimas cuatro décadas ha tenido emisiones antrópicas del GELs que puede ocasionar consecuencia potencialmente catastróficas para la humanidad, por lo que se creó el Programa de Naciones Unidas para el medio ambiente el mismo que lo conforman 50 países con la finalidad de hacerle frente a este problema. Esta convención ha elaborado documentos como es el protocolo de Kyoto el que incluye límites legalmente vinculados para las emisiones de gases en los países industrializados; siendo el compromiso de EE UU del 7% por debajo de los niveles, Japón 6% y la Unión Europea del 8%. El protocolo de Kyoto establece tres mecanismos para que los países comprometidos cumplan con sus compromisos siendo conocido como implementación conjunta, mecanismo de implementación limpia y comercio de emisiones.

### **B. El Protocolo de Kioto**

El Protocolo de Kioto, fue firmado por los países miembros de la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas, La Comunidad Europea, es un instrumento internacional que fue acordado el 11 de diciembre de 1997, en el cual 55 naciones principalmente, los industrializados y que suman el 55% de las emisiones de gases del efecto invernadero lo han ratificado y en la actualidad 166 países, dicho acuerdo entró en vigor el 16 de febrero de 2005, tiene por objeto la reducción de emisiones de seis gases que provocan el calentamiento global, el reducir un 5.2% las emisiones de gases, minimizar sus impactos,

beneficiar al cambio climático, la gestión de los desechos así como la producción, el transporte, infraestructura petrolera y la distribución de la misma energía (Esquivel, 2008).

El Protocolo de Kioto, es un acuerdo a nivel mundial para limitar la contaminación causante del calentamiento global, se inscribe dentro del Convenio Marco de la ONU sobre Cambio Climático, cuyo objeto es que los países industrializados con excepción de Estados Unidos de Norte América, reduzcan el calentamiento global en un 5% por debajo de los niveles de 1990 para el período 2008-2012, Estados adoptan diferentes porcentajes dentro del compromiso general, así se reduzcan las emisiones en sus países de origen y beneficiarse con los llamados mecanismos flexibles, contabilizando el carbono absorbido por los sumideros, este trabajo impone sanciones a aquellos Estados que no cumplen sus objetivos, mismo que entró en vigor en el año 2002, el cual fué la base y el primer paso para combatir el cambio climático en las próximas décadas. Asimismo el objeto del Protocolo de Kioto es conseguir reducir un 5.2% las emisiones de gases de efecto invernadero globales sobre los niveles de 1990 para el período 2008-2012. Este es el único mecanismo internacional para empezar a hacer frente al cambio climático y minimizar sus impactos. Para ello contiene objetivos legalmente obligatorios para que los países industrializados reduzcan las emisiones de los 6 gases de efecto invernadero de origen humano como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), además de tres gases industriales fluorados: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro (SF<sub>6</sub>) (Velásquez, 2005).

### **C. Teoría económica**

En nuestros días es común aceptar al ambiente como un conjunto de elementos y componentes en particular (diversidad biológica, bosques, etc.), que forman parte de un stock de capital natural, que en caso de ser adecuadamente manejado, pueden generar a perpetuidad un amplio rango de beneficios económicos directos e indirectos a las poblaciones humanas.

La teoría económica reconoce cuatro escuelas de pensamiento que consideran al medio ambiente como capital: neoclásica, inglesa, post-keynesiana, y termodinámica o economía ecológica. Las diferentes escuelas tienen visiones distintas sobre el grado de sustitución que es admisible entre el capital natural y otras formas de capital.

Los economistas que trabajan en el área del medio ambiente y que utilizan las herramientas del análisis neoclásico aceptan hoy sin mayor discusión la utilidad del concepto de Valor Económico Total (VET) y que el mismo está conformado por diversos tipos de valores (valores de uso directo, valores de uso indirecto, valor opción, valor legado, valor existencia, siendo

esa clasificación la más aceptada y fue propuesta por la escuela inglesa. Otras corrientes de pensamiento consideran que estos instrumentos son insuficientes para medir el valor de los elementos naturales, argumentando que dichos instrumentos han sido creados con otro fin (Martínez Alier, 1995).

Los esfuerzos por establecer el valor económico del medio ambiente, o de algunos de sus componentes se remontan a más de cinco décadas atrás.

En 1947, el National Park Service de los Estados Unidos encarga a un grupo selecto de economistas, el análisis de tres aspectos que hacen a la valoración económica de las áreas protegidas y a establecer su contribución a la economía de ese país, a la de cada estado, y a escala local (Barkley y Seckler, 1972). Desde entonces, la necesidad de los decisores por estimar o establecer el valor económico del ambiente ha aumentado notablemente, y se ha desarrollado varias técnicas y herramientas de análisis económico que permitan mensurar los diferentes valores involucrados, incluyendo los ítems más intangibles o difíciles de medir.

#### **D. La silvicultura y el desarrollo forestal sustentable**

Etimológicamente la palabra silvicultura significa “cultivo del bosque”. Aunque en sus orígenes la silvicultura se consideró como un arte, hoy es considerada también como una ciencia que estudia las técnicas mediante las cuales se crean y conservan no solo los bosques, sino cualquier masa forestal, aprovechándola de un modo continuo con la mayor utilidad posible y teniendo especial cuidado en su regeneración, ya sea esta natural o artificial (García, 2006).

La aplicación de la silvicultura requiere del dominio de la ecología de las comunidades y poblaciones, de zonas áridas, la Silvicultura tropical o de la Silvicultura de bosques de clima templado y frío, ya que cada una de esas comunidades vegetales tienen sus particularidades. Todavía más, podríamos hablar de silvicultura para muchas especies que tienden a formar masas puras, silvicultura para masas forestales con fines de producción de madera, producción de agua, o para la conservación de la fauna silvestre, captura de carbono o sistemas agroforestales, ya que evidentemente los tratamientos silvícolas a aplicar variarán significativamente según el objetivo deseado (Altieri, 1999).

El Desarrollo Sostenible tuvo sus inicios en 1972, en la primera reunión mundial sobre medio ambiente “Conferencia sobre el Medio Humano”. Sin embargo, no es sino hasta 1992 en la declaración sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, en la Cumbre de Río de Janeiro-Brasil, donde se aseveró que el logro del desarrollo económico a largo plazo esta necesariamente

vinculado con el medio ambiente. Se fundamentó la necesidad de establecer acuerdos internacionales para la protección del medio ambiente mundial en congruencia con el desarrollo, pues se consideró que los seres humanos tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza, el desarrollo debe lograrse sin que esto implique el dañar al medio ambiente y el afectar negativamente el desarrollo de las generaciones presentes y futuras (Berni, 2009).

El desarrollo sostenible implica la maximización de beneficios netos del desarrollo económico, sujeto al mantenimiento de los servicios y la calidad de los recursos a lo largo del tiempo (Pearce, 1995).

Existe desarrollo sostenible cuando se refleja crecimiento económico y aumento en el bienestar social, uso racional de los recursos naturales sin comprometer el bienestar de las futuras generaciones que garanticen la no depreciación y sobreexplotación de los recursos naturales (González, 2001).

Pearce y Turner (1990), defienden que el desarrollo sostenible implica el mantenimiento a lo largo del tiempo del stock agregado de capital.

Una definición que sintetiza los criterios básicos contenidos en la mayoría de definiciones del desarrollo sostenible es la propuesta por Hediger (1999), “El desarrollo sostenible plantea un reto para el cambio global y local que ha de conjugar los requisitos interdependientes de la eficiencia económica, la equidad social y la estabilidad ecológica” (Castilla, 1994).

## **E. Evidencia empírica: Plantaciones Tropicales**

### **1. Teca (*Tectona grandis*)**

Es una de las principales maderas frondosas que existen en el mundo, apreciada por su color claro, su excelente fibra y su durabilidad. Sólo se da de forma natural en la India, Myanmar, la República Democrática Popular de Laos, Tailandia y se ha aclimatado en Java (Indonesia), donde probablemente se introdujo hace 400 a 600 años (CORMADERA, 2001).

También se ha establecido en toda la zona tropical de Asia, en el África tropical (Nigeria, Sierra Leona, La República Unida de Tanzania y Togo) y en América Latina y el Caribe (Brasil, Costa Rica, Colombia, Ecuador, El Salvador, Panamá, Trinidad y Tobago y Venezuela). La teca se ha

introducido también en algunas islas de la región del Pacífico (Papua Nueva, Guinea, Fiji y las Islas Salomón) y en el norte de Australia en forma experimental (Álava, 2006).

Los sistemas de producción de teca, en atención al régimen de propiedad, a los objetivos de la explotación, a su intensidad y a la tecnología adoptada, pueden agruparse en tres categorías: bosques naturales; plantaciones; y silvicultura agrícola, en la que se incluye la horticultura (FONSECA, 2004).

Para el caso del Ecuador, la teca fue introducida hace unos 50 años en la Estación Experimental Pichilingue de Quevedo, con el carácter de generar información científica, demostrando hasta el momento una buena aclimatación y prometedores resultados en lo que hace referencia al crecimiento.

### **Características Climáticas y Edáficas**

Las características climáticas y edáficas en que se desarrolla esta especie son: clima, temperatura y el suelo (Ugalde y Gómez, 2006).

**Clima.-** Esta especie logra su máximo desarrollo y tamaño en un clima cálido y húmedo, con precipitación pluvial de 1270 mm a 3 800 mm, aunque puede existir en sitios donde las lluvias no pasen de 760 mm y en donde alcanzan más de 5 000 mm anuales. Los mejores rendimientos se obtienen entre los 1 000 a 2 000 mm de precipitación anual, o más, siempre que no haya menos de cuatro meses secos (Betancourt, 1983 y CORMADERA, 2001).

**Temperatura.-** La teca se puede desarrollar en lugares donde las temperaturas mínimas alcancen entre 10~ 7 °C y las máximas alcancen los 46 °C. Los mejores rendimientos se obtienen en zonas con temperatura media que puede oscilar entre 22° a 27° C.

**Suelos.-** Los mejores crecimientos de la especie se han observado siempre en suelos de pH neutro, bien drenados, con bastante oxígeno y buena aireación. Los suelos franco-arenosos son ideales, así como también los suelos aluviales arcillosos no muy pesados. La teca no tolera suelos anegados o pantanosos. La especie no presenta buenos desarrollos cuando los suelos son muy pesados (arcillosos) o muy livianos (arenosos) los cuales influyen en la cantidad de oxígeno requerido por el árbol. También impiden un buen desarrollo del árbol aquellos suelos que tienen gran cantidad de gravilla, y niveles freáticos altos.

**Características económicas.-** La teca presentó costos de 11013.53 USD, los ingresos fueron por venta de madera rolliza, proyectada a los 11, 16 y 20 años fueron 90;110 y 250 metros cúbicos por hectárea, lo cual genera un ingreso total de 95400.00 USD; la TIR del 22.00% y un VAN de \$5,336.11 USD (Suatunce et al, 2009).

## **2. Balsa (*Ochroma pyramidale*)**

Reino: Vegetal; familia: Bombacacea, género: *Ochroma* y especie: *pyramidale*

La Balsa puede alcanzar alturas de 30 m y diámetros de hasta 1.8m, fuste recto y cilíndrico, libre de ramas hasta 15 m de altura, su copa grande y amplia, extendida, con ramas dispersas. La corteza lisa o ligeramente agrietada, de color grisáceo a café, sus hojas simples y estipuladas, grandes, de 10-40cm de largo y 10-35cm de ancho, enteras o con 3-5 lóbulos, membranáceas y sus flores hermafroditas.

A pesar de que su amplia distribución y cierto grado de variación llevó a los botánicos a proponer varias especies y variedades de *Ochroma*, el género se considera ahora como monotípico (Francis, 1991). En el país no existen estudios o trabajos sobre clasificación de variedades de balsa, la que se aprovecha y cultiva con fines de exportación y para el mercado local es la balsa común (*Ochroma pyramidale*.) (CAQ, 1992).

En Ecuador todas las plantaciones son cultivadas bajo el control del Ministerio del Medio Ambiente y solo se puede exportar con su autorización (Rizzo, 2004).

### **Características climáticas y edáficas**

Las temperaturas óptimas para el desarrollo fisiológico y productivo de la balsa se encuentra en las zonas con rangos de 22 a 27 grados centígrados, a mayores o menores temperaturas su producción se reduce, por lo que es crítico determinar las zonas para cultivos comerciales. Los niveles de precipitación requeridos oscilan entre los 1.500 a 4.000 mm./año. Distribuidos uniformemente durante el año. En zonas de mayor precipitación crece la balsa pero la calidad no es la requerida por los mercados (Lamprecht, 1990; CAQ, 1992; CATIE, 2004).

En sentido altitudinal el mejor desarrollo se encuentra desde el nivel del mar hasta los 1.200 m.s.n.m. (CAQ, 1992).

Los suelos recomendados para este cultivo deben tener buen drenaje, buena disponibilidad de humedad, textura franca, franco arenosos o franco limosos, aunque esta planta crece en cualquier tipo de suelo. El contenido de materia orgánica debe ser sobre el 3% con el fin de

mantener la humedad, temperatura y disponibilidad de nutrientes en el suelo. El pH del suelo que prefiere la planta es ligeramente ácido, con rangos que van de 5.5 a 6.5. La profundidad efectiva del suelo debe ser superior a los 100 centímetros a fin de facilitar el desarrollo radicular y de la planta (CATIE, 2004; CAQ, 1992).

La Balsa como especie forestal radica en que tiene la capacidad de restaurar terrenos abandonados y degradados por acciones del roza-tumba-quema, ayudando a su vez en el control de la erosión, se la ha empleado para rehabilitar sitios donde hubo explotación minera.

Igualmente, la especie crece y se desarrolla junto a *Triplaris guayaquilensis* Wedd. Y *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken en tierras abandonadas previamente usadas para la siembra y en claros a la orilla de los caminos. Ocasionalmente se pueden encontrar árboles de balsa en bosques maduros, habiendo crecido con éxito a través de los claros causados por la caída de árboles; sirve como cortina rompevientos o cerca viva en sistemas agroforestales, especies con las que forma rodales puros, también de uso ornamental debido a la belleza de sus hojas y flores (Obregón, 2007; Francis, 1991).

**Características económicas.-** En la estructura de costo las labores de mantenimiento con 50.46%; seguido del alquiler de terreno con un 20.19% y el establecimiento del cultivo con el 19.94%. Los costos variables promedios de una hectárea de balsa son de 1845.43 dólares, mientras que los costos fijos promedios ascienden a 631.63 dólares, siendo el costo total de producción promedio de 2477.06 dólares; con producciones promedios de 150 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, a un precio de venta promedio de 40.00 dólares/m<sup>3</sup>, se tienen ingresos brutos de 6,000.00 dólares, dando como utilidad 3,522.94 dólares y una relación Beneficio Costo 1.42 dólares (González *et al.*, 2010).

## **F. Los Bosques y Las Plantaciones Forestales En La Fijación De Carbono**

Los bosques tropicales constituyen un importante depósito de carbono que no sólo lo almacenan, sino que también lo intercambian en forma activa con la atmósfera. Además, los vegetales acumulan carbono en su biomasa, contribuyendo pasivamente al control del calentamiento global del planeta. El mantenimiento de reservas de CO<sub>2</sub> en los bosques se ha convertido en un servicio ambiental reconocido a escala global, que puede tener un valor considerable para los países en vías de desarrollo. Actualmente existen interrogantes sobre la magnitud de este servicio y su valor económico en el caso específico de los bosques tropicales.

Otro de los servicios que brinda el bosque, en términos de protección de los recursos hídricos, es mantener los niveles de cantidad y calidad del agua, dándose una relación directa entre la

cobertura boscosa y los caudales de agua siendo así que se puede evitar la escorrentía hasta un 80%, trayendo consigo que los ríos se sedimenten menos por lo tanto la inundaciones que se presenta cada año con el apareamiento de la época lluviosa va a ser menor. Las plantaciones forestales (lineales, fajas, rodales ordenados, agroforestales, silvopastoril) constituyen una modalidad muy utilizada por agricultores, inversionistas, industriales, gobiernos municipios de algunas ciudades del mundo y algunas organizaciones protectoras del ambiente para proteger algún bien (Cuencas hidrográficas, carreteras, pendientes, industrias).

Las especies forestales en el flujo de captura de carbono en la biosfera terrestre ha incrementado el interés global es estos usos del suelo como opción para estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero (Altieri, 1997).

Las masas forestales pueden llegar a evitar la explotación de los bosques al suplir suficiente energía a bajos precios y si la madera de los árboles es procesada, un 50% de ella actúa como almacén de carbono hasta su descomposición (Ávila, 2000).

La fracción de carbono en los distintos compartimentos de la biomasa en plantaciones y bosques varió entre 38.5 y 50.3% (Andrade, 2008). La cantidad de carbono secuestrado por los árboles dentro de un sistema agroforestal oscila normalmente de 3 a 25 Tm total carbono ha<sup>-1</sup> especialmente en zonas tropicales. (Schlegel, 2001).

En un sistema agroforestal del Litoral ecuatoriano (especies forestales con cacao CCN51) se encontró un porcentaje de sombra hasta un 60%, aportes de biomasa de hojas caídas de 4097 kg ha<sup>-1</sup>. El contenido promedio de materia orgánica estuvo entre 2.7% (B) y 3.0% (M); los niveles de N, P, K, Mg del suelo fueron bajo (B), alto (A), alto (A) y bajo (B) con contenido de materia orgánica entre 2.7 % (B) y 3% (M) (Ramírez *et al.*, 2001).

Al estimar la biomasa aérea y el aporte de nutrientes en diez especies forestales en el Litoral ecuatoriano se determinó diferencias estadísticas altamente significativas especialmente en la época no lluviosa con promedios de 4.73 g/m<sup>2</sup> en nitrógeno, 0.33 g/m<sup>2</sup> en Fosforo, 2.44 g/m<sup>2</sup> en Potasio, 7.37 g/m<sup>2</sup> en Calcio y 0.95g/m<sup>2</sup> en Magnesio (Sánchez y Lama, 2005).

Por su parte, Trinidad Valenzuela (2001), citado por Schemvar (2009), reportan estudios en la captura de carbono en la producción de plantaciones forestales valores de 97 a 101 Tm de carbono y en plantaciones de eucalipto de 67 a 71 toneladas métricas.

La acumulación de carbono en el suelo fue de 4,01 a 4,4% en suelos explotados con especies *guatemalensis*; generando un total de 265 y 246 mg (Fonseca, 2007).

### **G. Valoración económica**

La noción de valoración económica de la biodiversidad solo es capaz de reconocer aquellos valores asociados a una posición ética denominada subjetivismo antropocéntrico (Oksanen, 1997).

La valoración económica se refiere fundamentalmente a determinar una curva de demanda para los bienes y servicios de los ecosistemas; es decir, el valor que las personas le asignan a los recursos biológicos, expresado en términos monetarios (Azqueta y Field, 1998).

El objetivo principal de la valoración económica es indicar la eficiencia económica general de los usos alternativos de la biodiversidad, sin considerar los aspectos relacionados con la equidad de las decisiones. Los conocimientos científicos actuales acerca de los sistemas ecológicos no proveen la información necesaria para realizar una evaluación económica exhaustiva.

Si la pregunta es: ¿Cuánto vale un ecosistema? Podemos interpretarlo como cuánto vale el flujo actual de beneficios que proporciona el ecosistema.

La pregunta tiene que ver con el valor de conservar el ecosistema frente a la opción de convertirlo a otro uso. Por lo que las preguntas serían:

¿Los beneficios que se esperan de una inversión, un incentivo o una regulación para conservar justifican sus costos?

¿Cuál es el cambio que anticipamos en los costos y beneficios, más que cuál es el valor total del “activo” hoy?

¿Cómo se distribuyen los costos y los beneficios del ecosistema? En particular,

¿Cuál es el costo de conservar –o no- para las comunidades y los grupos más vulnerables al interior de los mismos?

¿Quién se beneficia de las externalidades positivas de las conservación de los bosques y cómo se puede internalizar dicho beneficio para compensar a los propietarios y custodios del bosque o de las plantaciones.

Por otra parte, al realizar una valoración en bosques también se debe considerar el ámbito geográfico, en donde se internalizan los beneficios y los costos asociados al recurso que se está analizando. En este sentido, se distingue entre beneficios locales, nacionales y globales que pueden estar asociados a los bosques.

Beneficios en el nivel local: son los beneficios derivados del uso de los bienes o servicios del bosque y que generalmente son obtenidos directamente por el propietario, administrador u otros usuarios del bosque. Por ejemplo: los frutos y productos no maderables recolectados para la venta o el autoconsumo, leña usada o vendida, la madera cosechada, los ingresos al propietario por acuerdos de explotación con terceras partes (contratistas o arrendatarios), las experiencias recreativas de los individuos que visitan un sitio, etc.

Beneficios en el nivel nacional (o provincial): son aquellos beneficios derivados del uso de los bienes o servicios del bosque y que son capturados fuera del nivel local del bosque (protección de: cuencas o hábitats de vida silvestre y de la diversidad biológica). Beneficios en el nivel global: son principalmente los beneficios derivados de la existencia del bosque y que son recibidos por individuos que habitan fuera de la frontera como es el de captación o de sumidero del carbono.

Dentro de la **valoración económica del carbono**, Mogás y Riera, (2005) clasifican tres categorías:

- Los basados en costos evitados (costo que se hubieran producido debido al calentamiento global).
- Los basados en la reducción de emisiones.
- Los basados en incrementar el carbono almacenado.

En la Economía neoclásica, existen diversas metodologías para la valoración de los beneficios y costos ambientales, los cuales se centran en una lógica “unicriterio” del análisis costo-beneficio, buscando reducir todo a una unidad monetaria, a fin de decidir con un criterio maximizador (Martínez Alier, 2000).

La valoración económica se la puede realizar a partir de una lógica multicriterio. El punto de partida de esta teoría es que cuando se ha de decidir entre diversas alternativas, lo más frecuente es que se pretendan maximizar o minimizar diversos criterios contradictorios entre sí, de forma que lo que se a de establecer es un compromiso entre dichos objetivos.

Entonces, valorar económicamente a un ecosistema forestal significa contar con indicadores que permitan brindar bienestar a la sociedad, un denominador común que ayude ha comparar unos

elementos con otros y resultados que permitan tomar decisiones a las autoridades involucradas en el tema.

Para valorar adecuadamente al capital natural se requiere primero conocer: saber que es, dónde está, cuáles son sus características y en qué condiciones se encuentra. Es decir, no se puede valorar lo que no se conoce (CONABIO-PNUD, 2009).

Los métodos de valoración económica de beneficio y costos indirectos que no son considerados dentro de un mercado y que no pueden ser valorados directamente, se clasifican en métodos de valoración económica directos e indirectos, ambos permiten aproximar el valor económico de un bien o función y calcular los beneficios y costos de los efectos dados por determinado uso.

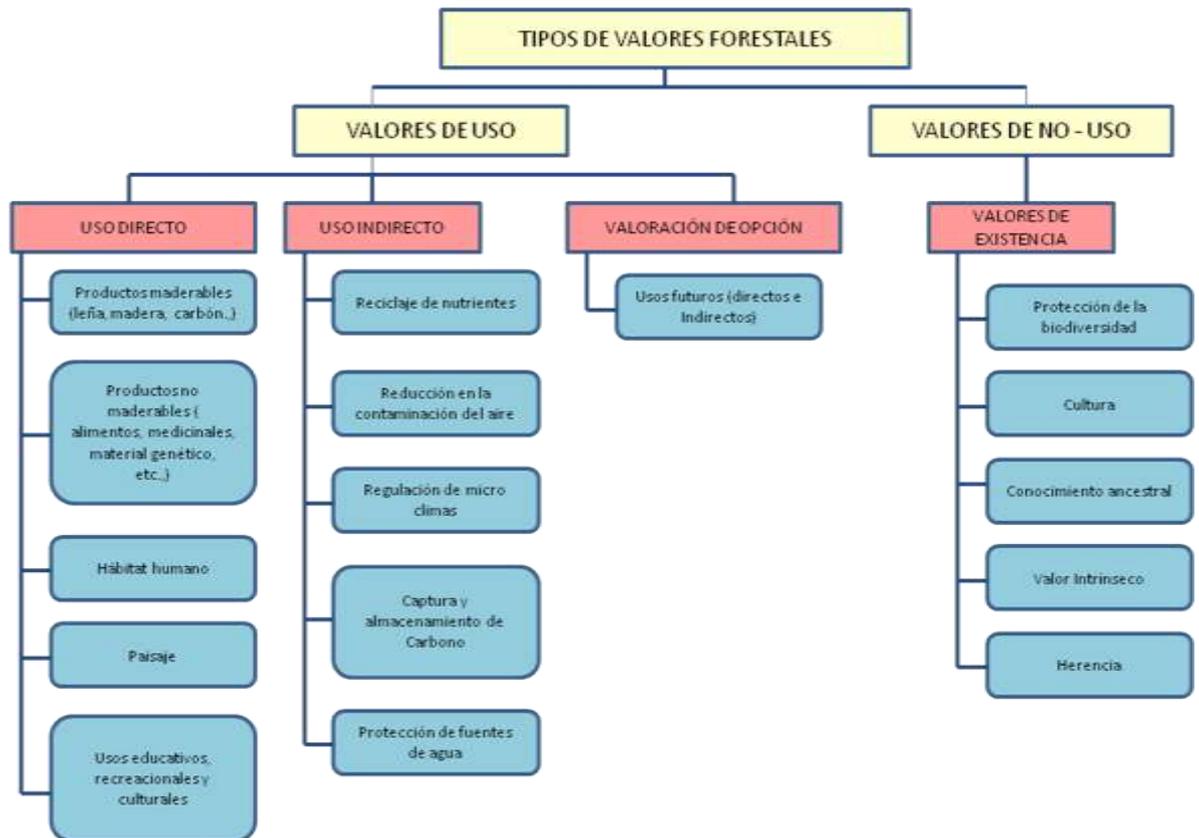
**Los métodos valoración directa**, utilizan precio de mercado, incluye el método de cambio en productividad, costo de reemplazo, costos de sustitución, costo de pérdidas de ingresos, costo de efectividad, costo de oportunidad y costos preventivos.

**Los métodos de valoración indirecta**, no usan precio de mercado y dentro de esta categoría se encuentran los métodos de valoración contingente, costo de viaje y método de valoración hipotética.

**El Valor económico total**, en el contexto de la teoría neoclásica se analiza la estructura de costos privados, incorporando en ellos el costo de oportunidad del capital y empresario; además, se postula que la condición de maximización de beneficios se produce donde el ingreso marginal es igual al costo marginal. Según la racionalidad económica del productor, aquí la empresa optimiza maximizando el nivel de beneficios o minimizando sus costos de producción.

En la VET están presentes los factores: Irreversibilidad, si no se preserva el activo, es probable que se elimine con muy poca o ninguna posibilidad de regeneración. Incertidumbre, no se conoce el futuro, por lo que puede haber costes potenciales si se elimina el activo y desaparece una opción futura (Pearce y Turner, 1995).

Por lo tanto el valor económico total permite, conceptualmente, agrupar la totalidad de los diferentes valores económicos de la diversidad biológica, distinguiendo las distintas maneras en que éstos benefician al ser humano (Pearce y Morán, 1994). En términos simples, el valor económico total de la biodiversidad está formado por los valores de uso y valores de no uso (Figura 1).



Fuente: Burneo, 2001.

Figura 1. Bienes y servicios del bosque

El valor de uso actual (VUA) o beneficios de los usuarios, se derivan del uso real del Medio Ambiente. El VU, se clasifica en Valor de Uso directo e indirecto y Valor de Opción (VO):

Los valores de uso están asociados a la satisfacción de preferencias y necesidades derivadas del uso de recursos biológicos, los cuáles a su vez se dividen en valores de uso directo, valores de uso indirecto y valores de uso de opción o valor potencial. Los valores de uso directo, a su vez, son subdivididos en valor de uso directo extractivo y valor de uso directo no extractivo.

Son valores de uso directo, en cuanto reportan beneficios a los seres humanos, a través de productos o servicios. Es el valor más obvio, pero no siempre es posible medirlo en términos económicos. Por ejemplo, en el caso de un bosque se puede evaluar el valor directo de la madera mediante los precios vigentes en el mercado. Sin embargo, en el caso de las plantas medicinales, ¿cómo se podría evaluar el valor directo por el valor de las vidas salvadas? Se debe usar el valor económico de uso directo.

Los valores de uso directo extractivo, son aquellos usados como materia prima y bienes de consumo tales como producción de madera, leña y forraje, producción de peces, gomas, cultivos, nueces, frutas, cosechas, agricultura de subsistencia, cacería y pesca.

Los valores de uso directo no extractivo son aquellos percibidos por los individuos tales como actividades recreativas (ecoturismo, pesca deportiva y otras actividades de recreación), actividades culturales y religiosas, estética, artística, educacional, espiritual y valores científicos.

El Valor de Opción, es el valor del medio ambiente como un beneficio potencial. Se trata de una disposición a pagar por la conservación de una especie, recurso o ecosistema, frente a la posibilidad de que el individuo en el futuro pueda ser usuario de ello. Como valor de no uso (VNU), se tiene el Valor de Existencia (VE), el cual está relacionado al valor intrínseco y no está relacionado con el uso actual o potencial.

Los valores de uso indirecto de la biodiversidad corresponden principalmente a las funciones ecológicas o ecosistémicas, tal como lo plantean la mayoría de los autores (Pearce y Morán, 1994, Barbier et al, 1997). Estas funciones ecológicas cumplen un rol regulador o de apoyo a las actividades económicas que se asocian al respectivo recurso. Generalmente benefician a la sociedad entera más que a un grupo limitado de personas, y su valor económico reside en que sustentan gran parte de los recursos biológicos asociados a los valores de uso directo, permiten la actividad económica e incrementan el bienestar de las personas. Las contribuciones económicas de estas funciones no son transadas en los mercados y en general son ignorados en los procesos de gestión de los sistemas biológicos (Barbier et al., 1997).

**El Costo de Oportunidad.-** Este método de costo de oportunidad se basa en el concepto de que el costo de utilizar un recurso para otros propósitos, usualmente sin precio o fuera del mercado (por ejemplo cosechar arboles para aprovechar la madera) puede aproximarse utilizando el ingreso dejado de percibir por otros usos del recurso; mas que tratar de medir los beneficios logrados por la preservación de estos recursos lo que se trata de hacer es cuantificar cuánto ingreso debe sacrificarse para satisfacer los propósitos de preservación, es decir el costo de oportunidad no es más que medir el costo de preservación, dicho de otra manera el costo de oportunidad es conservar el uso del suelo de una plantación vs cambiar el uso del suelo de la plantación (Dixon *et al*, 1994).

Al respecto, Platinga et al., (1999) enfoca al costo de oportunidad como la renta agrícola en un determinado periodo; por otra parte, en investigaciones efectuadas por SEMARNAT, (2006)

también considera el costo de oportunidad como un método para valorar el uso de la tierra en cultivos agrícolas y la extracción de madera.

Lewis *et al.*, (1996) considera el costo del secuestro de carbono como el costo de oportunidad del uso la tierra.

**La valoración de los bosques y el cálculo de los costos de oportunidad.-** Entre otras aplicaciones, permite conocer el costo de oportunidad asociado a la protección de los sistemas boscosos, al establecimiento de áreas protegidas, o a la conversión de los bosques a otros usos.

**La valoración del uso del suelo.-** Cuando se toma la decisión de cambiar el uso del suelo en este caso bosques por cultivos agrícolas lo que se debe considerar son los beneficios que esperan obtener de una mayor producción agrícola, ya sea para la venta o el consumo familiar, en función de estimar una maximización de la utilidad de sembrar en las tierras que antes fueron bosques, menos todos los costos posibles en que pueden incurrir con la explotación.

Desde el punto de vista económico este escenario tiene lógica económica, pero si se analiza los beneficios de las funciones que tiene el bosque y que ofrece al ambiente, la incógnita sería ¿Cuál de las dos es más importante desde el punto de vista del productor y desde el punto del estado?, desde luego, si es un agricultor cuyas fuentes de ingresos son solamente el bosque el primer escenario sería la repuesta; pero si cuenta con otros ingresos ya entraría al análisis los beneficios que el servicio generaría.

El resultado es que, desde la perspectiva de los campesinos que optan por desmontar el bosque, el valor del bosque parece ser considerablemente más bajo de lo que en realidad es. Puesto que los beneficios del desmonte se valoran completamente y los beneficios de mantener las áreas boscosas no, es probable que se continúe desmontando el bosque del que sería óptimo (socialmente) y el deseable en términos económicos. Una cuantificación completa de todos los beneficios no necesariamente daría como resultado la preservación de todo el bosque, pero ciertamente resultaría en una menor tasa de deforestación de la que actualmente existe (Pagiola, Landell-Mills, 2002 y Bishop, 2003), entonces estaríamos desde la perspectiva de un óptimo Paretiano.

**La valoración de los bosques y el Análisis económico financiero.-** El análisis económico financiero se basa en realizar el estudio a) costo –beneficio: herramienta práctica de análisis para apoyar la toma de decisiones b) TIR, tasa para medir el retorno de la inversión y tomar decisiones de inversión y el c) VAN, establece el valor del dinero a través del tiempo. Así en países desarrollados encontramos que son las principales herramientas en las mediciones o

estimaciones económicas para los bosques, especialmente en organismos oficiales encargados de administrar tierras públicas (principalmente tierras forestales, aunque también áreas boscosas protegidas).

**La valoración como pronóstico para medir la gestión de los recursos.-** Al respecto Hotelling, (1931), cita la forma como medir la gestión sobre recursos naturales. Uno de los preceptos fundamentales del modelo es que el precio del producto esta función del tiempo por cuanto el precio de los recursos naturales baja e incluso existe el debate si debe existir preocupación, en tanto pueden llegar a ser sustituidos.

Consideró como premisa de su trabajo que el propietario de un recurso natural lo que quiere es maximizar el valor presente de sus futuros beneficios netos, y en consecuencia su argumento es que le es indiferente recibir un precio  $p_0$  por unidad de producción ahora, o un precio  $p_0 e^{-rt}$  tras un tiempo  $t$ . Este planteamiento se traduce en que el precio está fijado y lo interesante es el ritmo de la explotación.

Si un propietario es indiferente se debe al principio de racionalidad económica que lo lleva a pensar que si él maximiza el valor capital de su propiedad en el presente, puede vender, arrendar o hipotecar esa propiedad en el mercado, entera o por partes, satisfaciendo su inmediato apetito de riqueza. Una vez que el recurso natural es rentable, existe producción que se convierte en una renta natural, y la evolución de precios será, de hecho, el cronograma de producciones (Landell-Mills, 2002).

## **H. El Mercado de carbono**

El mercado se fundamenta principalmente en la función económica, social y ecológica de los bosques, se enmarca a través del almacenamiento de carbono, considerado uno de los primeros servicios ambientales en ser negociados internacionalmente, como ejemplo de esto tenemos a Costa Rica y Noruega quienes tienen un mercado asegurado tanto en volumen como en precios, habiendo fijado un precio de 10 dólares por tonelada de carbono en Costa Rica se ha negociado y desarrollado proyectos utilizando un precio de 5 dólares por tonelada de carbono (Ávila, 2000).

Recientes estimaciones en proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio colocan en 6,34 dólares el costo por tonelada de carbono en Costa Rica, aunque no se puede dejar de lado que el precio por tonelada de carbono absorbida puede tender a la baja por las condiciones de mercado internacional (muchos potenciales oferentes).

El precio mínimo requerido por el carbono secuestrado es considerado como la renta agrícola renunciada (Benítez y Obersteiner, 2005).

El precio del carbono para una forestación como el subsidio necesario que iguale el óptimo privado (Valor Presente Neto, VPN) al óptimo ecológico (mayor biomasa) (Díaz y Romero, 2001).

Para fijar el precio se debe conocer el costo lo que es reportado por Knoke y Weber (2006), quienes estimaron al precio del carbono como la distancia con un valor óptimo, que considera restricciones sociales y ambientales.

Al respecto, Bussoni y Rodríguez (2010), estimaron al costo del secuestro de carbono como el flujo de productos forestales que no son cosechados. Mogás y Riera (2005), presentan un cuadro en el que resumen una recopilación de 31 trabajos hecha por Richards y Stokes (2003), donde revisan los costos de fijación y almacenamiento de Carbono. En general el costo es menor a los 50 dólares por tonelada métrica.

En el Ecuador, proyectos como el llevado a cabo por Profafor-FACE han obtenido costos más bajos, menores a los 4 dólares por tonelada de carbono.

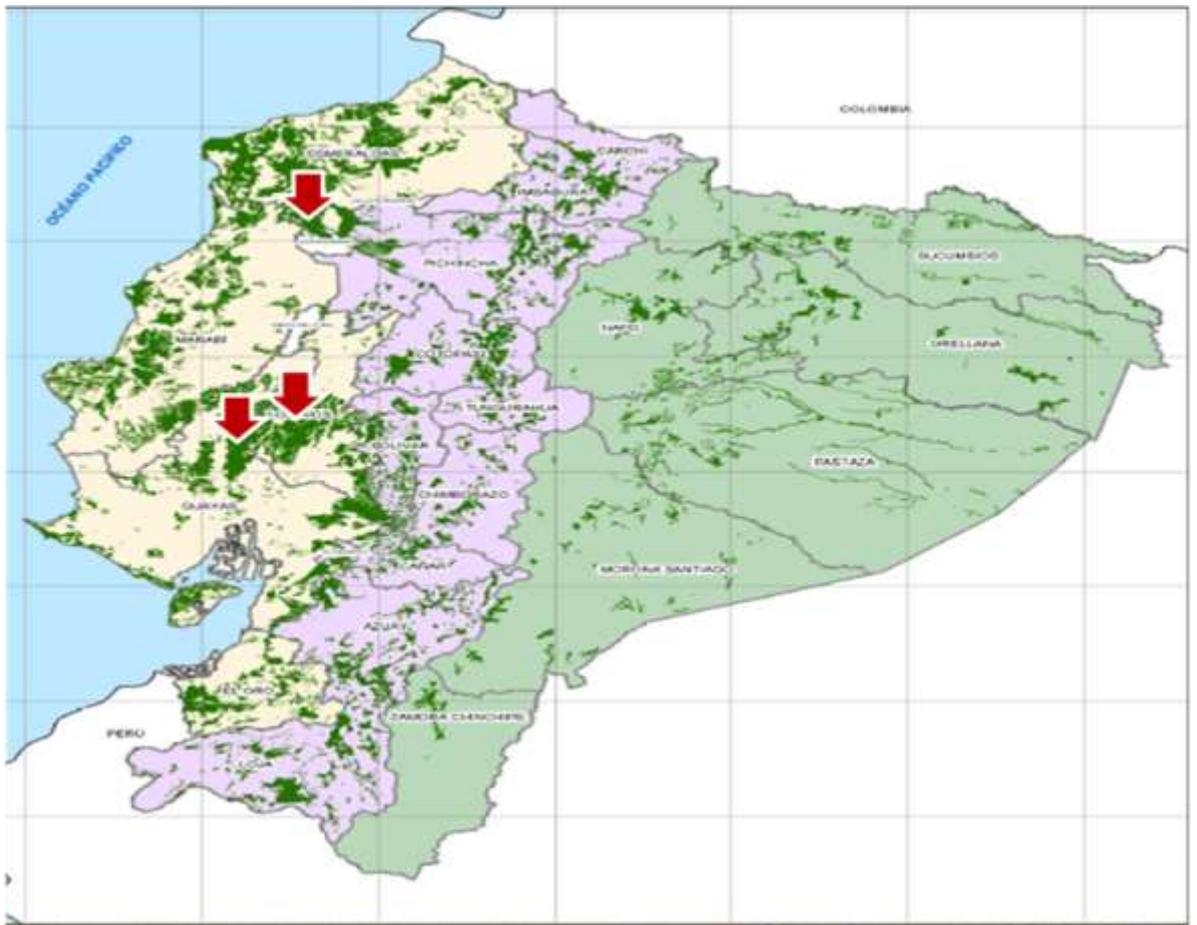
El costo de captura de carbono en la Zona de Neshuya-Curimana (Pucallpa) en Perú oscilaría entre los 8,3 y los 13,6 dólares por tonelada de carbono.

Según proyecciones establecidas por Haugen (1995), señalaba que, entre los veinte países tropicales más significativos, el Ecuador podría capturar, sobre la base de nuevas plantaciones y de proyectos de reducción de la deforestación, entre 320 y 640 millones de toneladas en cincuenta años. Esto quiere decir que se podrían generar entre 106 millones y 213 millones de dólares anuales utilizando un precio promedio de mercado de 20 dólares por tonelada métrica.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### A. Localización del Área de Estudio

El estudio se inició el 16 de junio del 2010 y finalizó el 22 de enero 2011, se realizó en tres cantones del Litoral ecuatoriano: Quevedo, provincia de Los Ríos ubicada entre las coordenadas 01° 03' 18'' Sur y 79° 25' 24'' Oeste. La segunda localidad pertenece a Balzar, provincia del Guayas; cuya ubicación es 01° 21' 39'' Sur y 79° 04' 00''. La tercera localidad corresponde a Quinindé, provincia de Esmeraldas, que se encuentra ubicada entre las coordenadas 00° 18' 19'' Sur y 79° 27' 45'' Oeste (Figura 2).



**Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio**

Para tomar los datos experimentales se establecieron las zonas en tres pisos climáticos, (Brown, 1996) (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Datos de ubicación y características de suelo y clima de los tres sitios de estudio**

Parámetros	Quevedo	Balzar	Quinindé
Latitud	01° 03' 18'' Sur	01° 21' 39'' Sur	00° 18' 19'' Sur
Longitud	79° 25' 24'' Oeste	79° 04' 00'' Oeste	79° 27' 45'' Oeste
Altitud	73 msnm	40 msnm	64 msnm
Precipitación anual	2280 mm	1222 mm	2362 mm
Temperatura media	24.4°C	25.4°C	24.5°C
Humedad relativa	86.2%	72.9%	84.2%
Zona ecológica	Bh.T	Bs-T	Bh-T
Topografía	Irregular	Irregular	Irregular
Textura del Suelo	Franco arcilloso-limoso	Arcilloso-arenoso	Arcilloso
pH	Ligeramente ácido	Alcalino	Ligeramente ácido

Fuente: Estación agrometeorológica del INAMHI, Estación Experimental Tropical Pichilingue, 2011.

## B. Materiales

### Los materiales utilizados; de campo y oficina

Entre los materiales de campo utilizados tenemos: balanza, barra, calculadora, cámara digital, cilindros para densidad aparente, cinta diamétrica, cinta métrica, costales de yute, cuaderno, cuadrantes 1 \* 1 m, estacas, fundas plásticas 10 \* 16, fundas plásticas 7 \*15, fundas plásticas 3 \* 8, fundas de papel # 1, fundas de papel # 12, GPS, hipsómetro, lápiz o bolígrafo, lavacara pequeña, machete, martillo, mascarillas, motosierra, navaja, pala, papel fosforescente (etiquetas), spray paint color verde, tabla de picar y tijera podadora.

En referencia a los materiales de oficina utilizados tenemos: flash memory, hojas de papel bond a4, impresora, marcadores, ordenador, paquetes estadísticos y tintas. También se utilizaron los siguientes equipos: balanza analítica marca trooper ohaus, estufa marca memmert, molino eléctrico marca thomas wiley, molino eléctrico 4 – e grinding mill y sierra de mesa.

## C. Metodología

### 1. Fuentes de información

Se recurrió a fuentes de información primaria y secundaria. Entre las fuentes primarias se hicieron recorridos y visitas a las localidades bajo estudio, considerando varios factores:

- Estratos: relieve, siembra, edad, microclima, prácticas de manejo, etc.
- Factores esenciales: tipo de uso de suelo, tipo de vegetación, tipo de suelo, tipo de manejo agronómico, historia del área, entre otros.
- Estratificación de acuerdo a la importancia de los factores antes descritos.
- Muestreo, de acuerdo a la homogeneidad de las especies.
- Mapa de estratificación, de acuerdo al área bajo estudio.

De acuerdo a estos factores se utilizaron las especies que se mencionan en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Nombre común, científico y familia de las especies forestales bajo estudio**

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Teca	<i>Tectona grandis L.F.</i>	Verbenaceae
Balsa	<i>Ochroma pyramidale Sw.</i>	Bombacaceae

## 2. Muestra

Para determinar la muestra se acudió a fuentes de información de ASOTECA, se tomó plantaciones de 10 años de edad en el caso de la teca y 3 años de edad en el caso de la balsa (Cuadro 3 y 4). Los tres cantones seleccionados es donde está la mayor cantidad de teca y balsa sembrada, en el Litoral ecuatoriano

En cada cantón se consideró cuatro fincas que en adelante las denominaremos sitios por representar al universo de las provincias y cantones de acuerdo a las condiciones antes descritas.

**Cuadro 3. Ubicación geográfica de los productores de teca**

Provincia	Cantón	Sitio	Hectárea	Especie	Edad (años)	Siembra (m)
Los Ríos	Quevedo	La Represa	1.00	Teca	10.00	4 x 4
Los Ríos	Quevedo	El Bosque	250.00	Teca	10.00	4 x 4
Los Ríos	Quevedo	Haón	30.00	Teca	10.00	4 x 4
Los Ríos	Quevedo	Olvera	60.00	Teca	10.00	4 x 4
Guayas	Balzar	Piedras	118.38	Teca	10.00	4 x 4
Guayas	Balzar	Cerro de Hojas	285.32	Teca	10.00	4 x 4
Guayas	Balzar	Alianza	202.93	Teca	10.00	4 x 4
Guayas	Balzar	Colegio	3.00	Teca	10.00	4 x 4
Esmeraldas	Quinindé	Ocampo	10.00	Teca	10.00	4 x 4
Esmeraldas	Quinindé	Instituto	10.00	Teca	10.00	4 x 4
Esmeraldas	Quinindé	Aso. Progreso	86.00	Teca	10.00	4 x 4
Esmeraldas	Quinindé	El Respiro	389.50	Teca	10,50	4 x 4

**Cuadro 4. Ubicación geográfica de los productores de balsa**

<b>Provincia</b>	<b>Cantón</b>	<b>Sitio</b>	<b>Hectárea</b>	<b>Especie</b>	<b>Edad (años)</b>	<b>Siembra (m)</b>
Los Ríos	Quevedo	Calero	35.00	Balsa	3.00	4x 4
Los Ríos	Quevedo	Esperanza	2.00	Balsa	3.00	4x 4
Los Ríos	Quevedo	Bajaña	1.00	Balsa	3.00	4x 4
Los Ríos	Quevedo	San Jacinto	3.00	Balsa	3.00	4x 4
Guayas	Balzar	Gómez	8.00	Balsa	3.00	4x 4
Guayas	Balzar	Demetrio	5.00	Balsa	3.00	4x 4
Guayas	Balzar	Carriel	3.00	Balsa	3.00	4x 4
Guayas	Balzar	Guayas	4.50	Balsa	3.00	4x 4
Esmeraldas	Quinindé	Plantabal	120.00	Balsa	3.00	4x 4
Esmeraldas	Quinindé	Vera	6.00	Balsa	3.00	4x 4
Esmeraldas	Quinindé	Iglesia	3.00	Balsa	3.00	4x 4
Esmeraldas	Quinindé	Dueñas	5.00	Balsa	3.00	4x 4

#### **D. Método**

Se aplicó el método destructivo para medir la cantidad de carbono en las plantaciones de teca y balsa. Se consideró variables carbono orgánico activo de la biomasa y carbono orgánico activo en el suelo.

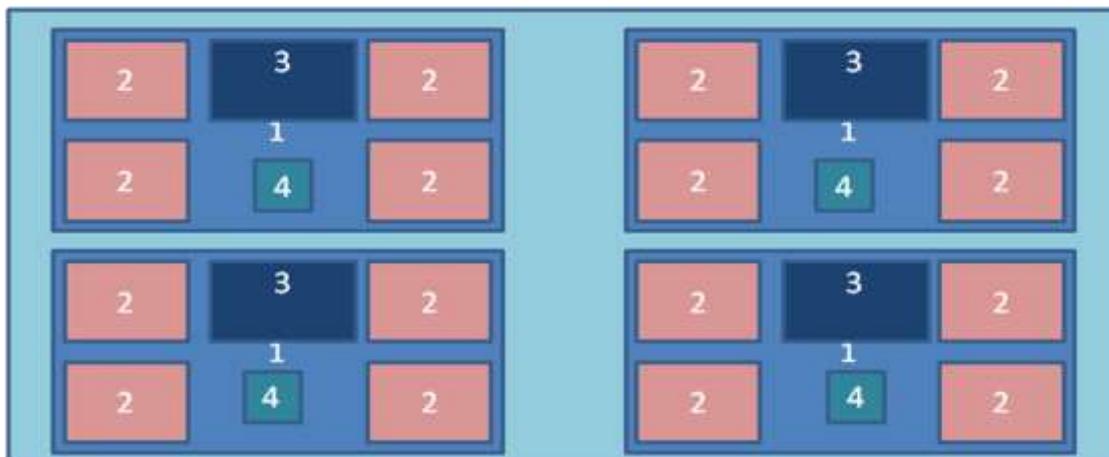
En cada sitio se establecieron cuatro parcelas (unidades) de muestreo, en cada parcela se evaluaron los árboles, para determinar el número de árboles por hectáreas y los árboles representativos que fueron talados para determinar su biomasa.

##### **1. Tamaño y forma de las parcelas de muestreo**

Se utilizó como unidad de muestreo parcelas rectangulares de 20 \* 25 m (500 m<sup>2</sup>), dentro de cada parcela se midió el DAP (diámetro a la altura del pecho); es decir, a 1.30 m sobre el suelo y altura del fuste de cada árbol. Con estos datos se determinó el área basal (m<sup>2</sup>/ha)  $G: 0.7854 * DAP^2$  y volumen (m<sup>3</sup>/ha)  $V: G * H * f$  con la finalidad de conocer los árboles promedios. En el centro de cada parcela se realizó una barrenación de 1 m<sup>2</sup> para determinar la cantidad de carbono almacenado en el suelo (Figura 3, Cuadro 5 y Foto 1).

**Cuadro 5. Descripción de la división de la unidad de muestreo**

Nombre	Dimensión	Parámetros
1. Unidad de muestreo	20 * 25 m	Medición de altura y DAP de todos los árboles. Evaluación del árbol promedio.
2. Cuadros	1 * 1 m	Evaluación de la necromasa hojarasca.
3. Sub unidades	5 * 5 m	Evaluación de la necromasa leñosa.
4. Barrenación	1 * 1 m	Muestras de suelo. Densidad aparente.



**Figura 3. Unidad de muestreo en parcelas para determinar carbono en biomasa (aérea y subterránea) y en el suelo (Fonseca, 2007, modificado por González, 2011).**

## 2. Determinación de la biomasa aérea en árboles

Para cuantificar la cantidad de biomasa se aplicó la metodología propuesta por MacDicken, (1997). Se establecieron dos clases diamétricas en relación al árbol promedio de cada clase diamétrica. El árbol 1 representaba al árbol de la media hacia abajo y el árbol 2 representaba al árbol de la media hacia arriba. Luego de talar los árboles, se dividieron en los componentes biomasa aérea (fuste, ramas y hojas) y biomasa subterránea, que se refiere exclusivamente a las raíces estructurales o de anclaje (Foto 1).



**Foto 1. Componentes del árbol (biomasa aérea y biomasa subterránea)**

La copa se subdividió en ramas y follaje. El follaje fue pesado en campo y luego se tomó muestras para determinar porcentaje de materia seca (ms) en laboratorio. Las ramas gruesas y delgadas fueron cortadas, separadas y pesadas. Luego llevadas al taller de la madera para ser cortadas con la sierra de mesa para la obtención de aserrín fino, este contiene de modo proporcional componentes del leño, duramen y albura, hasta obtener 2 kg de cada muestra (Foto 2). Posteriormente se procedió a colocarlos en fundas plásticas transparentes identificadas y llevadas al laboratorio de Biotecnología para determinar porcentaje de materia seca.



**Foto 2. Sierra de mesa**

El fuste se subdividió en fracciones de un metro de largo y luego fueron pesadas las trozas, se dividió en porciones de 0.8 a 1 m de longitud y se procedió a pesar las trozas obtenidas. Las trozas fueron cortadas en la sierra de mesa hasta obtener 2 kg, de aserrín fino, posteriormente se procedió a colocarlas en fundas plásticas transparentes identificadas y llevadas al Laboratorio de Bromatología, para proceder al secado de las muestras en las estufas.

### **3. Determinación de la necromasa en el suelo**

Para determinar la necromasa o material muerto encontrado en la superficie del suelo se dividió en fina (hojarasca y material leñoso menor a 2 cm de diámetro) y gruesa (material leñoso mayor 2 cm de diámetro) (Scott *et al.*, 1992).

**a. Determinación de la necromasa fina.-** Para determinar la necromasa fina se establecieron cuatro subparcelas de 1 \* 1 m (1 m<sup>2</sup>) cada parcela de muestreo. En cada subparcela se recolectaron 4 subparcelas que comprende: parte de hojas, corteza, frutos y ramas menores de 2 cm de diámetro que se encuentra en el suelo de la plantación. Una vez recolectado se procedió a pesar toda la necromasa fina obtenida en cada subparcela.

**b. Determinación de la necromasa gruesa.-** Para determinar la necromasa gruesa se establecieron en los cuatros puntos de muestreo de 5 \* 5 m (25 m<sup>2</sup>) donde se recolectaron las: ramas mayores de 2 cm de diámetro que se encontraban en el suelo. Una vez recolectado este material se procedió a pesar (Saldarriaga, 1994); Moran *et al*, 2000).

#### 4. Determinación del contenido de humedad

Las muestras de follaje, fuste, ramas finas y gruesas (materia necrosada fina y gruesa) fueron colocadas en fundas de papel con su respectiva identificación pesando 1 kg. Luego se procedió a pesarlas en la balanza analítica marca Trooper OHAUS registrando el peso húmedo. Las muestras se secaron en la estufa marca Memmert con circulación forzada de aire por 72 horas a 60 °C (Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo) (Foto 3.). Una vez seco el material vegetal se dejó enfriar por 30 minutos y después se procedió a tomar el peso seco.



**Foto 3. Estufa y balanza para la determinación del contenido de humedad**

Posteriormente se molieron las muestras de follaje, fuste, ramas finas y gruesas, (necromasa fina y gruesa) utilizando un molino eléctrico marca Thomas Wiley (Foto 4) y se colocó 100 g en fundas plásticas identificadas y fueron almacenadas en un lugar seco hasta su análisis del carbono orgánico activo que fue realizado en el INIAP de la Estación Experimental Litoral Sur.



**Foto 4. Molinos eléctricos utilizados en la extracción de muestras.**

## 5. Determinación de la fracción y contenido de carbono en la biomasa aérea y subterránea

El análisis de la fracción de carbono en material vegetal se obtuvo de la biomasa del fuste ( $B_f$ ) directamente con el peso en campo de todas las trozas y con el % de materia seca de los resultados de laboratorio.  $B_f = (P_h * \% MS) \div 100$ ; siendo  $B_f$  = biomasa del fuste;  $P_h$  = peso húmedo de las trozas y  $\% MS$  = porcentaje de materia seca.

La biomasa de las ramas ( $B_r$ ) se obtuvo directamente con el peso en campo de todas las ramas y con el % de materia seca de los resultados de laboratorio.  $B_r = (P_h * \% MS) \div 100$ ; donde:  $B_r$  = biomasa de las ramas;  $P_h$  = peso húmedo de las ramas y  $\% MS$  = porcentaje de materia seca

El volumen de ramas gruesas ( $V_r$ ) se obtuvo con la ecuación que considera los diámetros de los extremos de la troza y la longitud de la misma.  $V_r = (P_r * \% MS) \div 100$ ; donde:  $V_r$  = volumen de ramas gruesas,  $P_r$  = el peso de las ramas y  $\% MS$  = el porcentaje de materia seca.

La biomasa de las hojas ( $B_h$ ) se obtuvo directamente con el peso en campo de todas las hojas y con el % de materia seca de los resultados de laboratorio.  $B_h = (P_h * \% MS) \div 100$ , donde:  $B_h$  = biomasa de las hojas,  $P_h$  = peso húmedo de las hojas  $\% MS$  = porcentaje de materia seca.

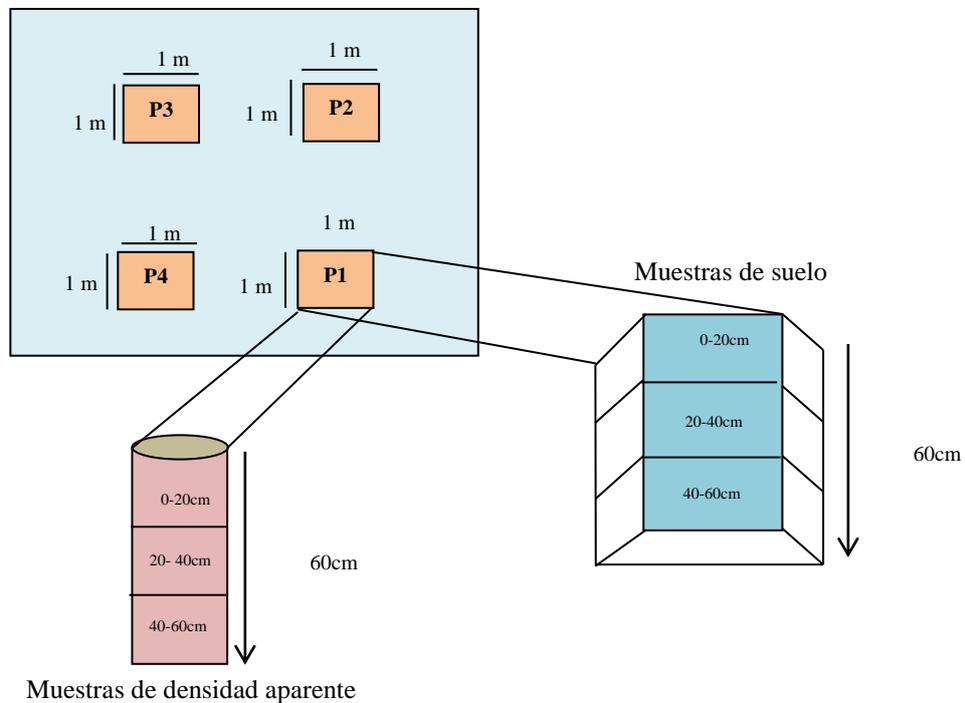
La biomasa de la materia necrosada fina ( $B_{mf}$ ) se obtuvo directamente con el peso en campo y con el % de materia seca de los resultados de laboratorio.  $B_{mf} = (P_h * \% MS) \div 100$ ; donde:  $B_{mf}$  = biomasa,  $P_h$  = peso húmedo,  $\% MS$  = porcentaje de materia seca.

La biomasa de la materia necrosada gruesa ( $B_{mg}$ ) se obtuvo directamente con el peso en campo y con el % de materia seca de los resultados de laboratorio.  $B_{mg} = (P_h * \% MS) \div 100$ ; donde:  $B_{mg}$  = biomasa,  $P_h$  = peso húmedo,  $\% MS$  = porcentaje de materia seca.

El contenido de carbono de la biomasa aérea y la biomasa subterránea total se obtuvo de la sumatoria de  $CB_t = CB_f + CB_r + CB_h + CB_{ra} + CB_{mf} + CR_{ng}$ ; donde:  $CB_t$  = carbono biomasa aérea total;  $B_f$  es carbono biomasa del fuste;  $B_r$  es carbono biomasa de las ramas;  $B_h$  es carbono biomasa de las hojas;  $CB_{ra}$  = carbono biomasa de raíz;  $CB_{mf}$  = carbono biomasa necromasa fina;  $CR_{ng}$  = carbono biomasa necromasa gruesa.

## 6. Determinación de la fracción y contenido del carbono almacenado en el suelo

Se cuantificó basándose en el contenido porcentual de carbono en el suelo, la densidad aparente y la profundidad de la muestra de suelo extraída, para esto se realizaron barrenaciones en cada una de las parcelas de muestreo hasta 60 cm de profundidad, fueron ubicadas en el centro de la parcela y estuvieron divididas en tres niveles: de 0 – 20; 20 – 40 y 40 – 60 cm (Figura 4). En cada nivel se tomaron muestra compuesta de suelo de aproximadamente 2 kg, lo cual se colocó en fundas plásticas transparentes identificadas y se llevaron al laboratorio. Para la estimación de la densidad aparente se tomaron 3 muestras que corresponden a las profundidades de las calicatas de cada parcela; seguidamente se colocó un cilindro de volumen conocido, descrito por MacDiken (1997).



**Figura 4. Barrenaciones para muestras de suelo**

Las muestras de densidad aparente del suelo se procedieron a colocarlas en fundas plásticas transparentes identificadas y llevadas al Laboratorio de Biotecnología. Estas muestras fueron colocadas en fundas de papel con su respectiva identificación y fueron pesadas en la balanza analítica marca Trooper OHAUS registrando el peso húmedo y fueron secadas en la estufa marca Memmert con circulación forzada de aire por 24 horas a 105 °C (Foto 3). Una vez seco el material se dejó enfriar por 30 minutos y se procedió a tomar el peso seco.

Las muestras de suelo y la densidad aparente se molieron utilizando los molinos eléctrico 4 – E Grinding Mill (Foto 4) y se colocó 100 g en fundas plásticas identificadas y almacenadas en un lugar seco.

La densidad aparente (Db) se obtuvo directamente con el peso de la masa seca y el volumen del

cilindro. 
$$Db = \frac{M_{s}}{V_c}$$

Donde: Db = densidad aparente en g/cc; M<sub>s</sub> = masa del suelo seco; V<sub>c</sub> = La cantidad de carbono almacenado por hectárea se obtuvo a partir de la ecuación CA=pm\*DA\*%COS; donde: CA = carbono almacenado por hectárea <sup>TM</sup>, Pm = profundidad de suelo (rango en cm), DA = densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>) y %COS = contenido porcentual de carbono orgánico.

### 7. Análisis de datos

Para las variables estudiadas (carbono de la biomasa y del suelo) se aplicaron las técnicas de estadísticas descriptivas, tales como: media aritmética, varianza, desviación estándar, se realizó una extrapolación a hectáreas (ha), en base a los promedios del carbono obtenidos en las parcelas; para lo cual se utilizó la hoja electrónica Excel, versión 2007.

Además, se realizó el análisis de varianza con el fin de determinar si existen diferencia significativas en el contenido de carbono orgánico activo en la biomasa aérea y del suelo, en las fincas muestreadas. Para la separación de medias de los tratamientos (sitios) se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey con el 95% de probabilidad. Un esquema del análisis de varianza se presenta en el Cuadro 6.

**Cuadro 6. Análisis de varianza del carbono almacenado por sitios**

F. V	G. L.
Tratamiento (sitios)	t-1=3
Repeticiones Parcelas	r-1=3
Error	(t-1)(r-1)=9
Total	Tr-1=15

Para medir el efecto entre localidades, especie y sitios se aplicó un diseño completos al azar (DCA) en arreglo factorial 3 (cantones) x 2 (especies) x 4 (sitios). Cuadro 7.

**Cuadro 7. Esquema del análisis de varianza**

F.V.			G de L
Tratamientos			23
Cantones	(L-1)	(3-1)	2
Especies	(E-1)	(2-1)	1
Sitios	(F-1)	(4-1)	3
Cantones*Especies	(L-1)(E-1)	(3-1)(2-1)	2
Cantones*Sitios	(L-1)(F-1)	(3-1)(4-1)	6
Especies*Sitios	(E-1)(F-1)	(2-1)(4-1)	3
Cantones*Especies*Sitios..	(L-1)(E-1)(F-1)	(3-1)(2-1)(4-1)	6
Error	T (r-1)	24 (4-1)	72
<b>Total</b>	(LxExFxR)-1		<b>95</b>

### E. Valoración económica

#### 1. Valoración del bien y servicio ambiental

Para determinar el segundo objetivo se consideró la metodología de la Valoración Económica Total (VET) considerando valores de uso directo, donde se establecieron las inversiones, costos e ingresos en los cultivos de teca y balsa. Se utilizó precio sombra, tanto para el valor del bien (madera) y del servicio (carbono).

**a. Valoración del bien.-** Se estableció la inversión total y los ingresos de la teca (20 años) y balsa (5) de ciclo productivo, La proyección de la madera se realizó mediante el promedio de Incremento Medio Anual (IMA), que para la teca es: 1,60 de 0- 7 años; 1,75 de 9 a 12 años y 2,12 de 12 a 20 años; y, para la balsa fue: 1,50 de 0 a 3 años y 2,0 de 3 a 5 años de edad- Una vez elaborado el flujo de caja se calcularon los indicadores económicos financieros: Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Actual Neto (VAN) y La Relación Beneficio Costo (BC).

- **Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Para determinar la TIR se utilizó una tasa nominal del 12,56%, el total de inversiones, costos de producción y los ingresos generados por la venta de la madera y el servicio. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{TIR} = \text{TM} + (\text{TM} - \text{Tm}) \left( \frac{\text{VAN Tm}}{\text{VAN Tm} - \text{VAN TM}} \right)$$

**Donde:**

TIR= Tasa Interna de retorno  
Tm= Tasa de interés menor  
TM= Tasa de interés mayor  
VAN= Valor actual neto de la tasa menor  
VANTM= Valor actual neto de la tasa mayor

- **Valor Actual Neto (VAN)**

Se estableció del total de los ingresos y egresos, actualizándolos a una tasa nominal del 12.56%. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{VAN} = -I + \frac{\text{FNE 1}}{(1+i)} + \frac{\text{FNE 2}}{(1+i)^2} + \frac{\text{FNE 3}}{(1+i)^3} + \frac{\text{FNE n} + \text{vs}}{(1+i)^n}$$

**Donde:**

VAN= Valor actual neto  
I= Inversión  
FNE= Flujo neto de efectivo  
(i)= Tasa de descuento  
(n)= Número de periodos  
VS= Valor de salvamento, valor residual o valor de rescate.

- **Relación Beneficio costo (B/C)**

Se obtuvo de los costos e ingresos actualizados, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Relación B/C} = \frac{\text{Beneficio Neto}}{\text{Costos totales}}$$

**b. Valoración del servicio ambiental (carbono).**- Se estableció considerando el promedio total de toneladas métricas por hectárea, tanto en teca como en balsa, multiplicado por el precio sombra. Luego se calculó para el número de hectárea establecida en la Zona Central del Litoral ecuatoriano en estas especies. Se consideró 4 dólares por cada CER y 30 dólares por hectárea como incentivos establecidos actualmente. También se determinó la cantidad de CO<sub>2</sub> fijado en las dos especies (Montero *et al.*, 2001). Aplicando la siguiente ecuación.

$$\text{CO}_2 = \text{Kr} * \text{C}$$

$\text{CO}_2$ = Dióxido de carbono

C= carbono

Kr= 3,67 es el factor de conversión

## **2. Valoración económica de acuerdo al uso del suelo**

Para determinar el tercer objetivo específico se aplicó el método del costo de oportunidad, considerando el uso del suelo. Para esto se establecieron los costos, ingresos y rentabilidad de los cultivos más representativos de los cantones en estudio (Cuadro 1 del anexo).

Una vez establecido el beneficio económico, de las plantaciones en estudio (teca y balsa), se realizó una comparación con el beneficio obtenido con los cultivos alternativos transitorios (maíz, arroz, soja, frejol, yuca, jengibre, maní, tomate, sandía, melón, pimiento, pepino) perennes ( banano, palma africana, cacao, maracuyá) las especies forestales (cutanga, melina, guayacán, caoba, moral fino, cedro, amarillo, pachaco, bambú, guadua, marañón).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. Análisis del Contenido de Carbono

#### 1. Acumulación de Carbono

##### a. En la biomasa aérea y subterránea

En la teca y balsa el fuste es el componente con mayor proporción de carbono en valores porcentuales así como en toneladas métricas; está relacionado con la edad de los árboles y los valores dasométricos de las plantas, (Figura 5 y 6).

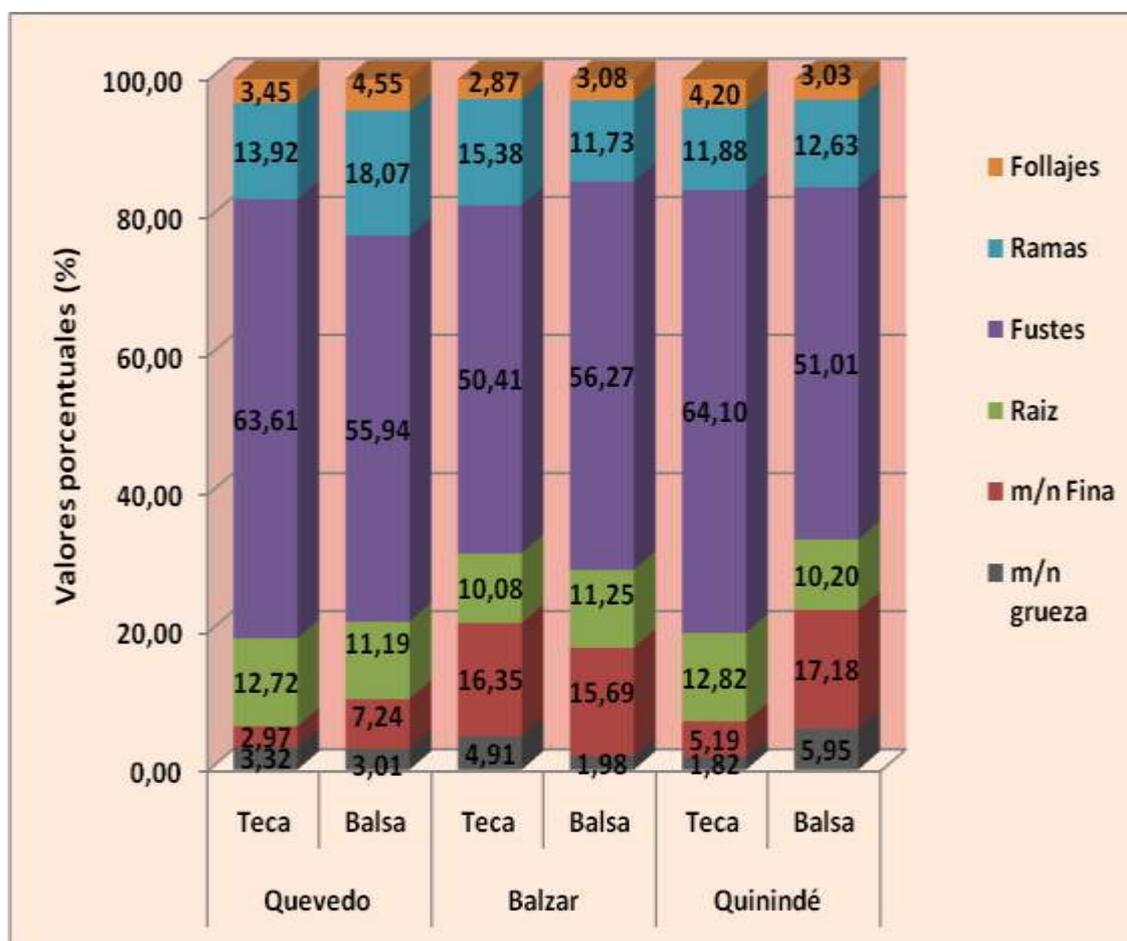
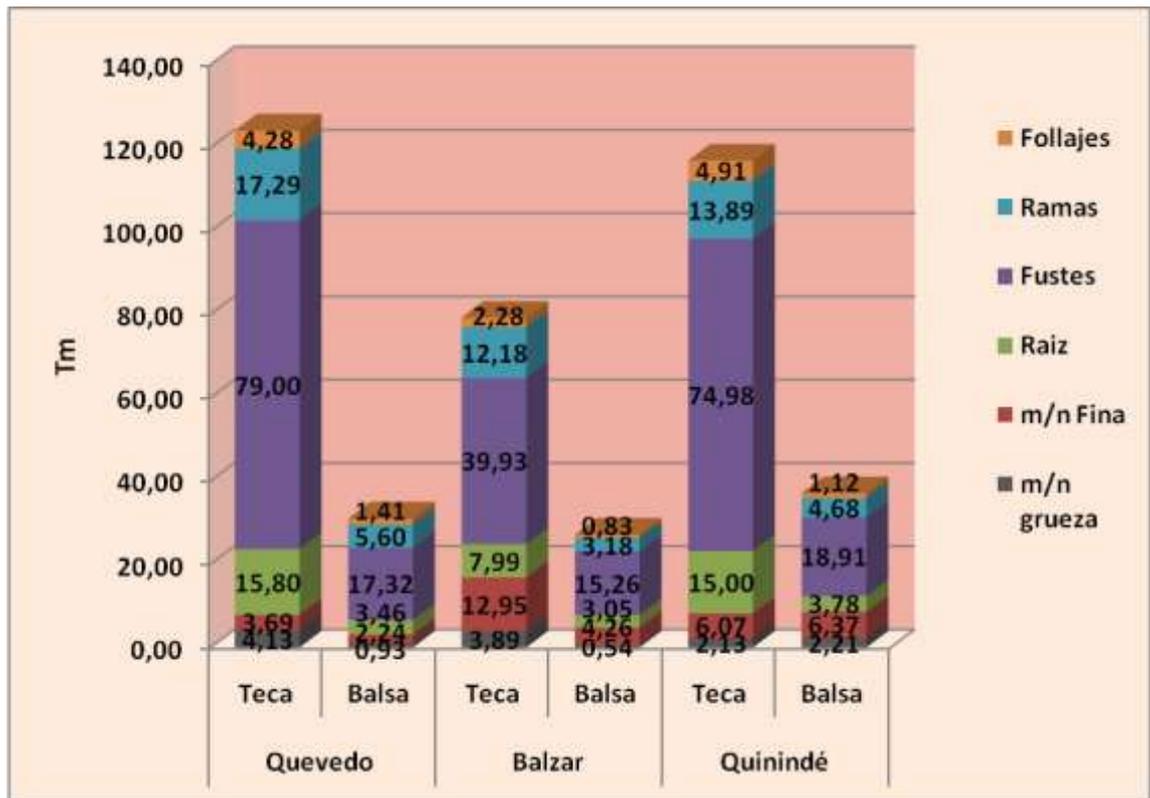


Figura 5. Porcentaje de carbono acumulado  $ha^{-1}$  en biomasa aérea y subterránea en plantaciones forestales en tres cantones del Litoral ecuatoriano. 2011



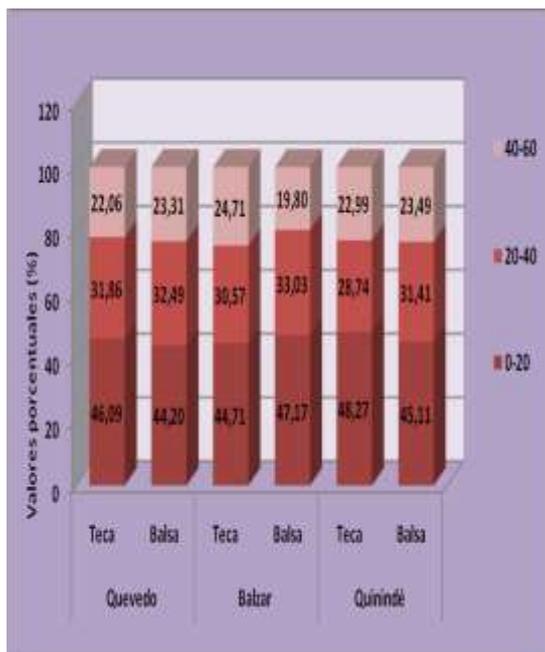
**Figura 6. Toneladas métricas de carbono acumulado ha<sup>-1</sup> en biomasa aérea y subterránea en plantaciones forestales en tres cantones del Litoral ecuatoriano. 2011**

**b. En el suelo**

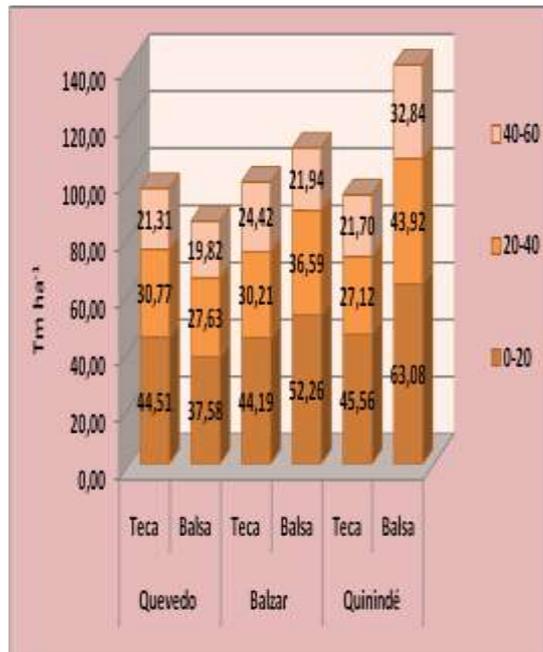
La proporción de carbono en el suelo varió de acuerdo a la profundidad, presentando mayor porcentaje en la profundidad de 0-20 cm en teca y balsa (Figuras 7 a y b).

**c. En el sistema**

La teca presentó mayor cantidad de carbono en la biomasa aérea y subterránea (52.51%) y menor en suelo (47.49%); la balsa registró mayor cantidad de carbono en el suelo (76.73%) y menor en la biomasa aérea y subterránea (23.27%) (Figura 6). La teca aporta más carbono que la balsa, con valores de 203.39 Tm y 145.81 Tm respectivamente (Figuras 8 a y b). Estas cantidades superan a las establecidas por Schenvar (2009), de 97 a 101 Tm de carbono en bosques superiores y de 67 a 71 Tm. en plantaciones de eucalipto.

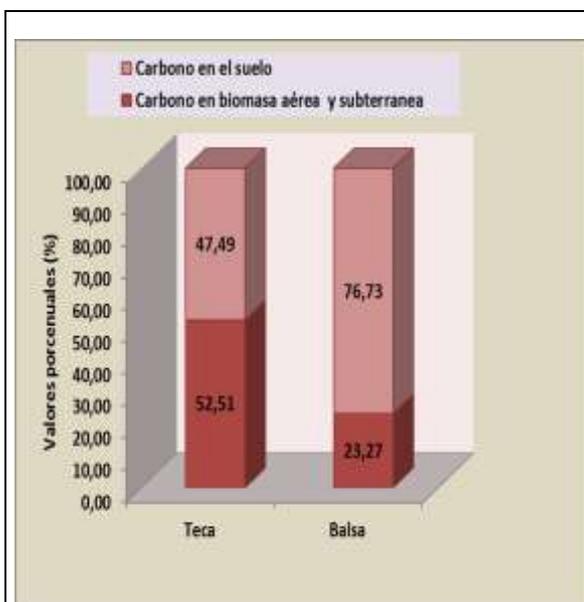


a) Valores porcentuales

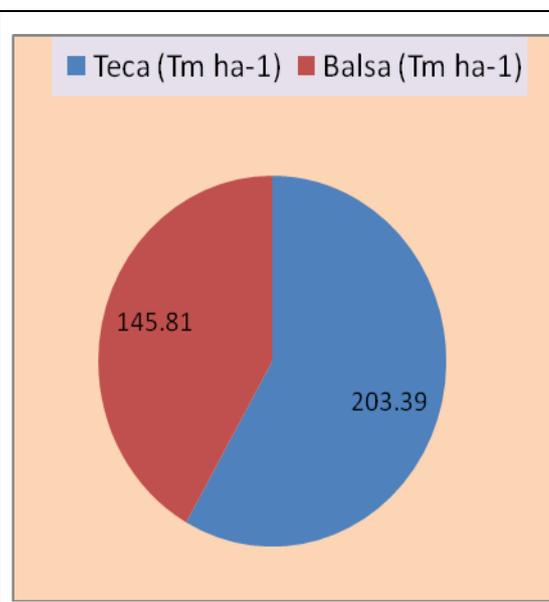


b) Valores en Tm ha<sup>-1</sup>

**Figura 7. Porcentaje de carbono acumulado en el suelo en plantaciones de especies forestales tropicales en tres cantones del Litoral ecuatoriano. 2011**



a) Carbono acumulado en biomasa aérea y subterránea y en el suelo



b) Carbono acumulado en el sistema en teca y balsa

**Figura 8. Porcentaje de carbono acumulado (Tm ha<sup>-1</sup>) en la biomasa aérea y subterránea y en el suelo (a) y total en el sistema (b) en plantaciones de especies forestales tropicales en tres cantones del Litoral ecuatoriano. 2011**

## **2. Cantidad de carbono en la biomasa y en el suelo**

### **a. Carbono en la biomasa aérea y subterránea**

La teca presentó diferencias significativas en al Cantón Quevedo, pero no en Balzar y Quinindé. El sitio La Represa alcanzó los promedios más altos.

La balsa en esta variable no presentó diferencias significativas (Cuadro 8 y Cuadro 2 del Anexo).

### **b. Carbono en el suelo**

Tanto la teca como la balsa muestran diferencias significativas. Los valores más altos en la teca se presentaron en La Represa (Quevedo), Cerro de hojas (Balzar) y Ocampo (Quinindé); Esperanza (Quevedo); Demetrio (Balzar) y Plantabal (Quinindé) (Cuadro 8 y Cuadro 2 del Anexo).

### **c. Carbono en el sistema**

En la teca presentó diferencias significativas en Quevedo y Quinindé pero no en Balzar, Los mayores promedios son para los sitios La Represa (Quevedo), Cerro de hojas (Balzar) y Ocampo (Quinindé). La balsa no presentó diferencias significativas en Quevedo, pero si en Balzar y Quinindé. Los sitios que presentaron los mayores promedios fueron: Demetrio (Balzar) y Plantabal (Quinindé) (Cuadro 8 y Cuadro 2 del Anexo).

### **d. Análisis de la cantidad de carbono por cantón**

Al analizar el contenido de carbono por cantón en plantaciones de teca, se determinó diferencias significativas en la cantidad de carbono en la biomasa aérea y subterránea, mientras que no hubo diferencias significativas en el contenido de carbono en el suelo, carbono total en el sistema. En la balsa se presentaron diferencias significativas en el contenido de carbono en la biomasa aérea y subterránea y carbono total en el sistema. Los mayores promedios se obtuvieron en Quevedo y Quinindé. La variable carbono en el suelo no presentaron diferencias estadísticas. (Cuadro 9 y Cuadro 3 del Anexo).

**Cuadro 8. Promedio, del carbono acumulado en la biomasa aérea y subterránea, carbono en el suelo, carbono total del sistema en plantaciones forestales en tres cantones del Litoral ecuatoriano. 2011**

Cantones	Sitios	Carbono en la biomasa aérea y subterránea (Tm ha <sup>-1</sup> )	Carbono en el suelo (Tm ha <sup>-1</sup> )	Carbono total en el sistema. (Tm ha <sup>-1</sup> )
<b>Teca</b>				
<b>Quevedo</b>	La Represa	152.83 a	128.16 a	280.96 a
	El Bosque	150.98 a	48.86 c	200.35 b
	Haón	97.97 b	90.03 b	188.66 b
	Olvera	95.20 b	119.32 ab	214.29 b
	Prob.	0.0002	0.0002	0.0002
	C. V. (%)	12.80	18.57	12.43
<b>Balzar</b>	Las Piedras	68.64 a	107.588 ab	174.67 a
	Alianza	79.05 a	86.195 bc	165.84 a
	Cerro Hojas	78.43 a	122.985 a	201.38 a
	Instituto	90.65 a	78.515 c	169.33 a
	Prob.	0.4102	0.0009	0.1822
	C. V. (%)	22,3	12,29	13,13
<b>Quinindé</b>	Ocampo	117.03 a	142.97 a	259.89 a
	Instituto	105.54 a	87.72 b	193.11 b
	Progreso	117.81 a	70.40 b	187.98 b
	Respiro	127.48 a	76.42 b	205.34 b
	Prob.	0.4650	0.0026	0.0073
	C. V. (%)	16,09	24,08	12,23
<b>Balsa</b>				
<b>Quevedo</b>	Calero	28.59 a	75.76 a	104.36 a
	Esperanza	27.70 a	92.24 a	119.95 a
	Bajaña	36.88 a	89.75 a	126.64 a
	San Jacinto	30.68 a	82.35 b	113.04 a
	Prob.	0.2382	0.046	0.41
	C. V. (%)	21.04	18.51	16.15
<b>Balzar</b>	Gómez	25.80 a	91.51 b	117.31 b
	Demetrio	30.18 a	122.86 a	153.06 a
	Carriel	22.84 a	107.22 ab	130.06 ab
	La Guayas	29.67 a	121.54 a	151.21 a
	Prob.	0.3724	0.0270	0.0081
	C. V. (%)	23.91	12.03	9.93
<b>Quinindé</b>	Plantabal	41.34 a	218.86 a	260.21 a
	Vera	40.93 a	94.39 c	135.32 bc
	Iglesias	34.05 a	153.65 b	187.71 b
	Dueñas	31.92 a	92.46 c	124.38 c
	Prob.	0.0359	0.0001	0.0001
	C. V. (%)	12.99	19.65	15.90

1. Promedios con letras iguales no presentan diferencias estadísticas según Tukey ( $P > 0.05$ )

2. Promedios con letras diferentes presentan diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ )

**Cuadro 9. Promedio, carbono en biomasa aérea y subterránea, carbono en el suelo, total de carbono en el sistema en plantaciones de especies forestales tropicales por cantones en el Litoral ecuatoriano. 2011**

Cantones	Carbono en la biomasa aérea y subterránea (Tm ha <sup>-1</sup> )	Carbono en el suelo (Tm ha <sup>-1</sup> )	Carbono total en el sistema. (Tm ha <sup>-1</sup> )
<b>Teca</b>			
1. Quevedo	124.246 a	96.56 a	221.06 a
2. Balzar	79.192 b	98.82 a	177.80 a
3. Quinindé	116.964 ab	94.38 a	211.58 a
Prob.	0.0228	0.9791	0.1871
C. V. (%)	18.59	31.56	156.823
<b>Balsa</b>			
1. Quevedo	30.968 ab	64.76 a	92.24 b
2. Balzar	27.126 b	111.31 a	139.15 ab
3. Quinindé	37.065 a	141.33 a	178.89 a
Prob.	0.024	0.066	0.0485
C. V. (%)	13.12	37.79	30.53

1. Promedios con letras iguales no presentan diferencias estadísticas según Tukey ( $P > 0.05$ ).  
 2. Promedios con letras diferentes presentan diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ )

**e. Efecto simple de cantones, especies y sitios sobre la cantidad de carbono acumulado**

El efecto simple por cantón en las variables carbono en la biomasa aérea y subterránea, carbono total en el sistema presentaron diferencias significativas. Los mayores promedios se presentaron en el cantón Quinindé y los más bajos en el cantón Balzar. La variable carbono en el suelo no presentó diferencias significativas. (Cuadro 10).

El efecto simple entre especies presentó diferencias significativas en las variables carbono en biomasa aérea y subterránea, carbono en el suelo y carbono total en el sistema. Los promedios más altos se presentaron en la teca. (Cuadro 10)

Como podemos observar la variable almacenamiento de carbono en el sistema presentó diferencias significativas por cantones y especies, aceptándose la hipótesis “existen

diferencias significativas en el almacenamiento de carbono en el sistema a nivel de cantones y especies”.

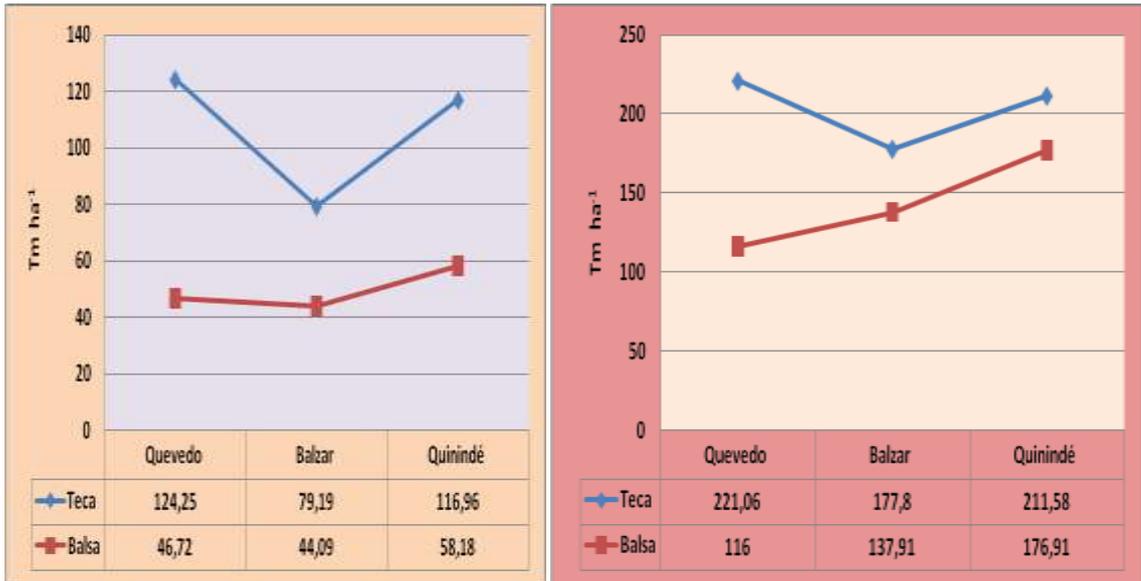
El efecto simple a nivel de sitios no presentan diferencias significativas las variables carbono en la biomasa, carbono en el suelo y carbono total en el sistema (Cuadro 10 y Cuadro 4 del Anexo).

**Cuadro 10. Efecto de las localidades sobre el carbono almacenado en biomasa aérea y subterránea, carbono en el suelo, carbono total en el sistema, en plantaciones forestales del Litoral ecuatoriano. 2011**

Factores	Carbono en la biomasa aérea y subterránea (Tm ha <sup>-1</sup> )	Carbono en el suelo (Tm ha <sup>-1</sup> )	Carbono total en el sistema (Tm ha <sup>-1</sup> )
a) Cantones			
Quevedo	85.483 a	83.623 a	169.106 b
Balzar	61.639 b	71.674 a	133.313 b
Quinindé	87.570 a	76.703 a	164.273 a
<b>Significancia</b>	**	**	**
b) Especies			
Teca	106.801 a	96.596 a	203.397 a
Balsa	49.661 b	58.070 b	107.731 b
<b>Significancia</b>	**	**	**
c) Sitios			
1	71.221 a	81.247 a	152.468 a
2	76.594 a	74.528 a	151.122 a
3	82.274 a	79.227 a	161.501 a
4	82.835 a	74.331 a	157.166 a
<b>Significancia</b>	*	ns	ns
CV	20.28	33.90	23.04

**f. Interacción cantones, especies y sitios sobre el carbono acumulado**

La interacción cantón por especie en las variables carbono en la biomasa aérea y subterránea, carbono total en el sistema presentó diferencias significativas (Figura 9 y Figura 10).



a) Carbono biomasa aérea y subterránea b). Total Carbono en el sistema

**Figura 9. Interacción cantón / especie sobre las variables a). Carbono acumulado en la biomasa aérea y subterránea b).Carbono total en el sistema, en el Litoral ecuatoriano. 2011**

Al contrastar especie por sitio (finca), la variable carbono en la biomasa aérea y subterránea presentó diferencia significativa (Figura 10).



**Figura 10. Interacción especies/sitios sobre las variables Carbono acumulado en la biomasa aérea y subterránea en el Litoral ecuatoriano. 2011**

## B. Valoración Económica

### 1. Valoración económica del bien

#### a. Costo

El costo total de la madera de teca asciende a 9276.17 dólares; en la madera de balsa fue 2033.43 dólares. En ambas especies el rubro más significativo fue el valor por mantenimiento con el 60.80 y 73.28 % en su orden. El incremento medio anual en los primeros nueve años fue 2.37; a los 12 años 2.09 y a los 20 años 1.72. Por otra parte se determinó que se necesita 1.14 árbol para obtener un metro cúbico de madera, valor que se encuentra sobre lo reportado por Andrade (2008) en Costa Rica, (Cuadro 11).

**Cuadro 11. Costo total ha<sup>-1</sup> en teca y balsa en tres cantones del Litoral ecuatoriano. 2011**

Rubro	Teca		Balsa	
	USD	%	USD	%
Establecimiento	303.70	3.27	298.50	14.68
Mantenimiento	5640.00	60.80	1490.00	73.28
Costos indirectos	3332.47	35.93	244.93	12.05
Total costos (USD)	9276.17	100.00	2033.43	100.00

#### b. Ingresos

El ingreso promedio para la madera de teca asciende a 112803.47 dólares. Con un incremento medio anual (IMA) de 2.06 alcanzó 121.11m<sup>3</sup> por hectárea; mientras que la balsa el ingreso promedio alcanzó 13652.25 dólares cuyo (IMA) promedio fue 6.58, con 174.22m<sup>3</sup> por hectárea (Cuadro 12 y 13).

**Cuadro 12. Promedios del Incremento Medio Anual (IMA), metros cúbicos ha<sup>-1</sup>, ingresos usd. Ha<sup>-1</sup> de teca en tres cantones del Litoral ecuatoriano. 2011**

Cantones	Periodos de aprovechamiento									Total Ingresos (USD ha <sup>-1</sup> )
	9 años			12 años			20 años			
	IMA	m3 ha**	Ingresos* usd	IMA	m3 ha***	Ingresos* usd	IMA	m3 ha***	Ingresos* usd	
Quevedo	2.37	40	4001.0	2.09	56.70	8500.0	1.72	254	96637.59	109138.59
Balzar	2.22	46	4593.0	1.97	23.90	4097.0	1.66	196	74665.16	83355.16
Quinindé	2,51	46	4648.0	2,21	90.70	13605.0	1.79	336	127663.66	145916.66
Promedio	2.37	44**	4414.0	2.09	57.10	8734.0	1.72	262	99655.47	112803.47

\*Precio promedio de venta mercado local: 100; 150 y 300 dólares a los 9, 12, 20 años

\*\*Promedio de 185 árboles por sitio y por año= 4 árboles para obtener 1 m3 de madera

\*\*\*Promedio de 140 arboles por sitio y por año= 2,45 árbol para obtener 1 m3 de madera

\*\*\*\*Promedio de 300 arboles por sitio y por año = 0.87 árbol para obtener un m3 de madera

**Cuadro 13. Promedios del Incremento Medio Anual (IMA), metros cúbico m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, ingresos usd Ha<sup>-1</sup> de balsa en tres cantones del Litoral ecuatoriano. 2011**

Cantones	Periodos de aprovechamiento				Total ingresos (USD ha <sup>-1</sup> )
	3 años		5 años		
	m <sup>3</sup>	Ingresos**	m <sup>3</sup>	Ingresos***	
Quevedo	19.3	579.00	246.52	9861.00	10440.00
Balzar	23	684.00	184.72	7388.74	8072.74
Quinindé	44	1334.00	527.76	21110.00	22444.00
Promedio	28.8	865.67	319.67	12786.58	13652.25

\*\*Promedio de 118 árboles por sitio y por año= 4.10 árboles para obtener 1 m3 de madera

\*\*\*Promedio de 462 árboles por sitio y por año= 1.4 árbol para obtener 1 m3 de madera

### c. Indicadores económicos

El cultivo de teca presentó los ingresos y costos más altos con relación al cultivo de balsa, su rentabilidad fue de 2.48 usd; es decir, por cada dólar que el agricultor invierte a lo largo del ciclo productivo del cultivo, tendrá un ingreso de 2.48 usd, con una tasa de retorno de 29.64%, superior a la tasa de mercado. El cultivo de balsa presentó una rentabilidad de 4.14 usd lo que hace muy atractiva la inversión ya que por cada dólar invertido se recupera cuatro veces más, siendo su TIR del 94,42% y el VAN de 6515.03 dólares (Cuadro 14 y Cuadros 5-6 del Anexo). Estos indicadores económicos y financieros permiten determinar un crecimiento maximizador (Martínez A. 2000), en consecuencia, se aprueba la hipótesis “El valor económico generado por la venta de los bienes y servicios ambientales en teca y balsa es viable y rentable”

**Cuadro 14. Indicadores económicos para una hectárea de teca y balsa en tres cantones de Litoral ecuatoriano. 2011**

Rubro	Teca	Balsa
Ingresos actualizados (usd)	14164.49	8085.53
Egresos actualizados (usd)	4070.14	1571.50
Rentabilidad (usd)	2.48	4.14
Tasa Interna de Retorno (%)	29.64	94.42
Valor Actual Neto (usd)	10094.36	6514.03

## 2. Valoración económica por pago del servicio ambiental

El almacenamiento de carbono es considerado como uno de los principales servicios ambientales, en el caso de la teca y balsa estos aportaron con 268 y 147 tm por hectárea, valores que superaron a los reportado por PROFAFOR (2008), quienes estimaron un promedio general de 80.5 Tm ha<sup>-1</sup> en bosques nativos, el precio fijado para este propósito fue de 4 dólar por tm. Por otra parte, como experiencias exitosas se encuentra el caso de México que ha logrado ubicar en el mercado un precio sobre 50 dólares por Tm de carbono (SEMARNAT. 2001). Conafor realiza un pago anual de \$300/ha. de bosques templados y 400 dólares en selvas. En Costa Rica y Noruega se ha fijado un precio de 10 y 5 dólares por tonelada de carbono (Ávila 2000). En Brasil, el precio promedio oscila entre 150 y 236 dólares por Tm, con un total de 311,000 ha.

Los ingresos generados por el servicio ambiental (CER) a 4 usd e incentivos económicos por parte del gobierno a 30 usd por ha, este ascienden a 843.92 usd en teca y 604.40 usd en balsa usd ha<sup>-1</sup>, El CO<sub>2</sub> que aporta es de 735.10 en teca y 614.84 en balsa, la TIR fue mayor que la tasa pasiva de mercado y el van fue positivo (Cuadro 15).

**Cuadro 15. Ingresos por servicios ambientales en una hectárea de teca (10 años) y balsa (3 años) en el Litoral ecuatoriano. 2011**

Especies	Contenido de carbono Tm ha <sup>-1</sup>			Tm usd	Hectáreas sembradas	Ingresos usd		Total usd	Total mega carbono	CO <sub>2</sub>
	aéreo y subt.	suelo	sistema			ha	Incentivos			
Teca	106.88	96.60	203.48	4.00	50000	813.92	30	843.92	10.17	735.10
Balsa	31.72	111.88	143.60	4.00	19600	574.40	30	604.40	2.81	614.84

### 3. Valoración económica del uso del suelo

#### a. Costos e inversiones

##### 1). Cultivos transitorios

Dentro de los costos de producción de los cultivos transitorios se determinó que los mayores valores se encuentran en los cultivos hortícolas, siendo el tomate (*Lycopersicum esculentum.*) el que tiene la inversión mas alta por hectárea (2103.19 usd); seguido del pimiento (*Capsicum annum.*), melón (*Cucumis melo*) con 2054.74 usd y 1989.23 usd en su orden. En tanto que, los cultivos que tienen menos costos de producción son: yuca (*Manihot esculenta*) y soya (*Glycine max*), con 770.01 y 804.26 usd (Figura 11).

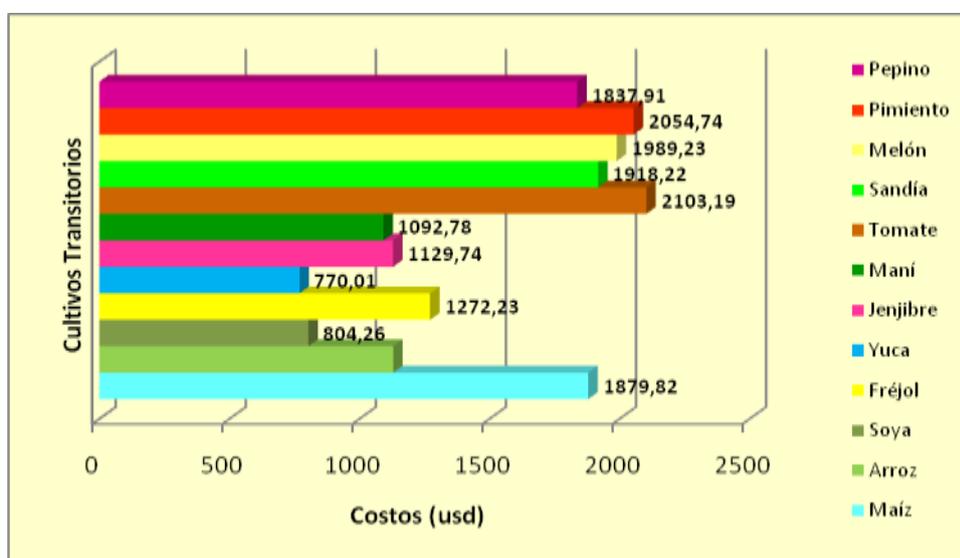
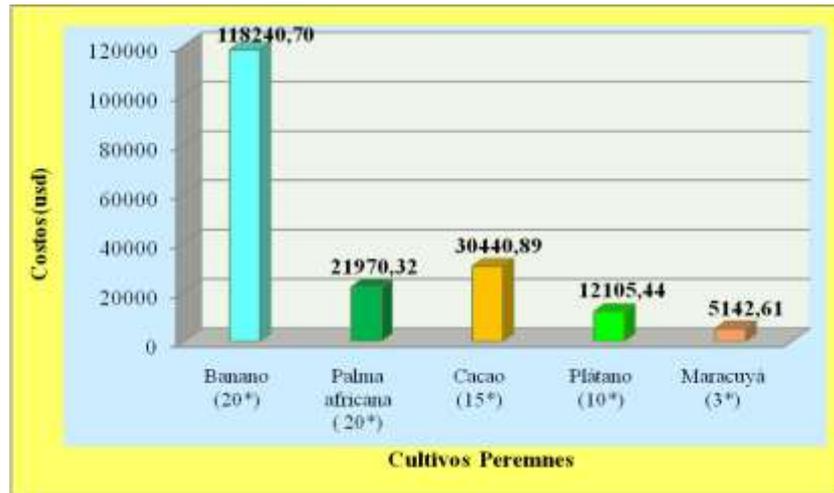


Figura 11. Costos de producción promedio (usd ha<sup>-1</sup>) en cultivos transitorios del Litoral ecuatoriano. 2011

##### 2). Cultivos perennes

El banano (*Musa sp.*) ocupa el primer lugar en las inversiones dentro de este grupo con (118240.70 usd), seguido del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L*) con 30440.89 usd y palma africana (*Elaeis guineensis.*) con 21970.32 usd (Figura 12).

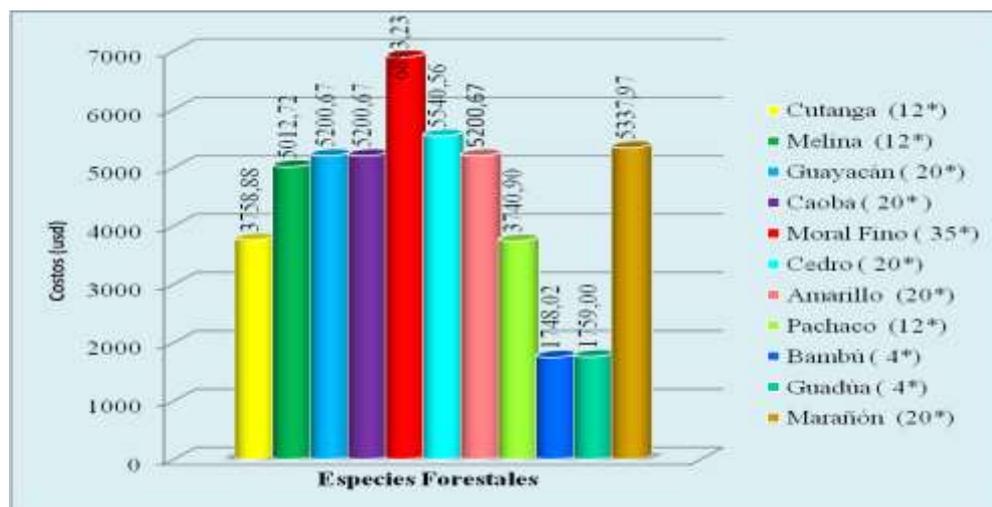


\*Años del ciclo productivo

**Figura 12. Costos de producción promedio (usd ha<sup>-1</sup>) en cultivos permanentes del Litoral ecuatoriano. 2011**

### 3). Especies Forestales

El moral fino (*Chlorophora tinctora*) alcanzó el costo más alto con 6893.23 usd, el cedro (*Cedrela odorata*) con 5540.56 usd y marañón (*Anacardium occidentale*) con 5337.97 usd. Por otra parte el Guayacán (*Tabebuia guayacan (Seem.) Hemsl.*), Caoba (*Swietenia macrophylla King.*) y Amarillo (*Aspidosperma vargasii*) alcanzaron costos iguales con 5200.67 usd. Las especies que presentaron los costos más bajos son: Guadua (*Guadua angustifolia*) y Bambú (*Guadua angustifolia, Bambusa oldhamii*) con 1759.00 y 1748.02 usd, en su orden (Figura 13).



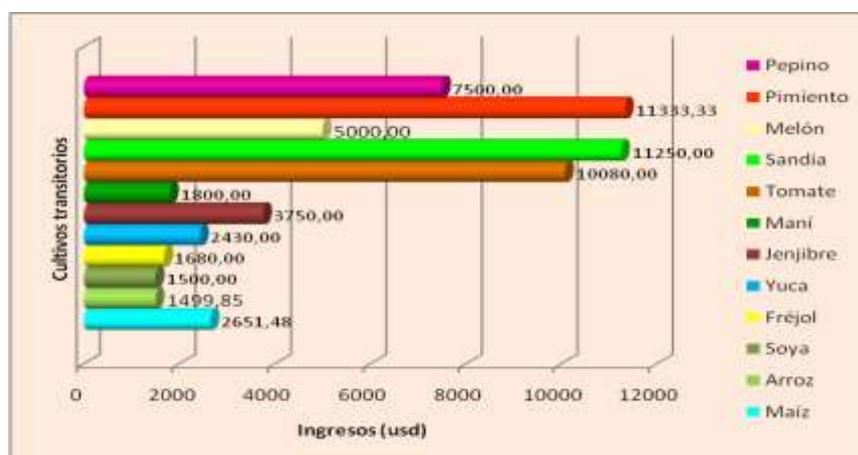
\* Años del ciclo productivo

**Figura 13. Costos de producción promedio (usd.ha<sup>-1</sup>) en especies forestales en el Litoral ecuatoriano. 2011**

## b. Ingresos

### 1). Cultivos transitorios

Los mejores ingresos lo reportaron el pimiento (*Capsicum annuum*,) con 11333.33usd; sandía (*Citrullus lanatus*,) con 11250.00usd y tomate (*Lycopersicum esculentum*,) con 10080.00 usd. Los menores ingresos corresponden al pepino (*Cucumis sativus*,) y melón (*Cucumis melo*) con 7500.00 usd y 5000.00 usd, en su orden. En tanto que los cultivos transitorios que alcanzaron los ingresos más bajos fueron arroz (*Oryza sativa*) con 1499.85 usd y soya (*Glycine max*) con 1500.00 usd (Figura 14).



**Figura 14. Ingreso promedio (usd ha<sup>-1</sup>) en cultivos transitorios del Litoral ecuatoriano. 2011**

### 2). Cultivos perennes

Los mayores ingresos promedios de los cultivos perennes corresponden al banano (*Musa sp.*) con 219200.00 usd, en segundo lugar se encuentra el cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis*,) con 74210.00 usd, seguidamente el cacao (*Theobroma cacao L*) con 61195.00 usd y en menor proporción se encuentra maracuyá (*Passiflora edulis*) y plátano (*Musa paradisiaca*,) con 6300.00 usd y 16407.00 usd, respectivamente (Figura 15).

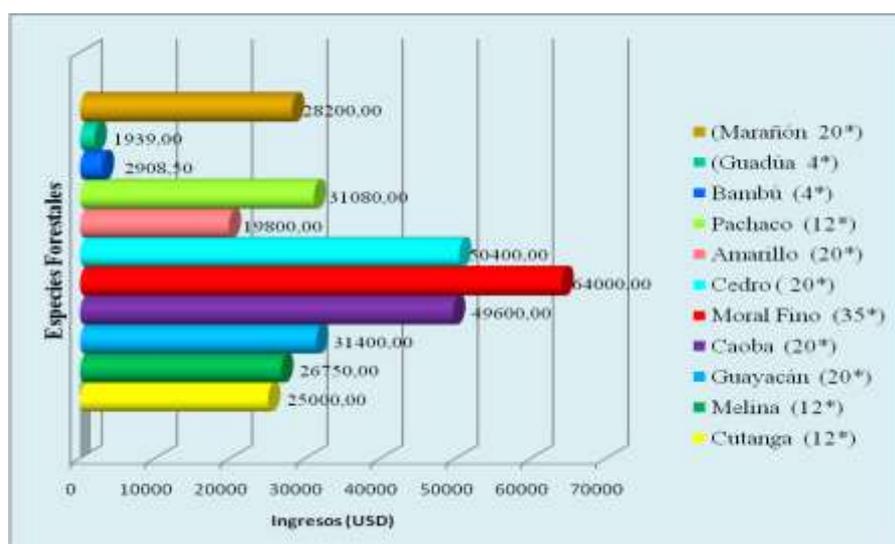


\* Años del ciclo productivo

**Figura 15. Ingreso promedio (usd ha<sup>-1</sup>) en cultivos perennes del Litoral ecuatoriano. 2011**

### 3). Especies forestales

Respecto a los ingresos que generan las especies forestales en estudio, se determinó que el moral fino (*Chlorophora tinctora*) tuvo los ingresos más altos con 64000.00 usd, seguido del cedro (*Cedrela odorata*) con 50400.00 usd; caoba (*Swietenia macrophylla King.*) con 49600.00 usd; guayacán (*Tabebuia guayacan (Seem.) Hemsl.*) con 31400.00 usd y pachaco (*Schizolobium parahybum*) con 31080.00 usd; mientras que las que generan menores ingresos son el bambú (*Guadua angustifolia, Bambusa oldhamii*) y guadua (*Guadua angustifolia*) con 2908.50 usd y 1939.00 usd en su orden (Figura 16).



**Figura 16. Ingreso promedio (usd ha<sup>-1</sup>) en las principales especies forestales en el Litoral ecuatoriano. 2011**

### c. Indicadores financieros

#### 1). Cultivos transitorios

La sandía (*Citrullus lanatus*) es el cultivo que genera mayor rentabilidad con 4.86 usd; el VAN fue 31350.25 usd y la TIR 281%; el pimiento (*Capsicum annuum*,) presenta un retorno de 4.52 usd, el VAN es de 31145.90 usd y la TIR 273%; el arroz (*Oryza sativa*) genera un retorno de 0.33 usd, su VAN fue 1060.01 usd y la TIR 67%; el fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*) presentó un retorno de 0.32 usd por cada dólar invertido, el VAN fue 1185.40 usd y la TIR 67% (Cuadro 16 y Cuadros 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 del Anexo).

**Cuadro 16. Índices financieros en los principales cultivos transitorios que se producen en el Litoral ecuatoriano. 2011**

<b>Cultivos</b>	<b>Relación Beneficio Costo (usd)</b>	<b>Tasa Interna de Retorno (TIR)</b>	<b>Valor Actual Neto (VAN)</b>
Maíz	0.41	100	2477.73
Arroz	0.33	67	1060.01
Soya	0.87	138	2267.89
Fréjol	0.32	67	1185.40
Yuca	2.16	288	5747.00
Jengibre	2.32	104	7405.27
Maní	0.65	114	2281.84
Tomate	3.79	236	26524.82
Sandía	4.86	281	31350.25
Melón	1.51	98	8557.75
Pimiento	4.52	273	31145.90
Pepino	3.08	180	18129.81

#### 2). Cultivos permanentes

El cultivo más rentable dentro de esta clasificación es la palma africana (*Elaeis guineensis*.), los valores establecidos en la rentabilidad nos indican que por cada dólar que el agricultor invierte obtiene un retorno de 2.38 usd, con un VAN de 12357.13 usd y una TIR de 32%; en el cultivo

de cacao (*Theobroma cacao L*), se genera un retorno de 1.01 usd por cada dólar invertido, el VAN alcanzó 927.41 usd y la TIR fue 24 por ciento (Cuadro 17 y Cuadros 19, 20, 21, 22, 23 del Anexo).

**Cuadro 17. Índices financieros en los principales cultivos permanentes que se producen en el Litoral ecuatoriano. 2011**

Cultivos	Relación Beneficio Costo (usd)	Tasa Interna de Retorno (TIR)	Valor Actual Neto (VAN)
Banano	0.85	94	32662.71
Palma africana	2.38	32	12357.13
Cacao	1.01	24	6927.41
Plátano	0.36	44	1567.21
Maracuyá	0.23	59	712.00

### 3). Especies forestales

El cultivo más rentable dentro de las especies forestales es la caoba (*Swietenia macrophylla King*), por cada dólar invertido se recupera 8.54 usd; con un VAN de 3313.14 usd y 17% de TIR, en el cultivo del Cedro (*Cedrela odorata*) se genera un retorno de 8,10 usd por cada dólar invertido y 3331.08 usd y 7% de VAN y TIR, respectivamente. Por otra parte el moral fino (*Chlorophora tinctora*), guadua (*Guadua angustifolia*) y amarillo (*Aspidosperma vargasii*) presentaron VAN negativo (-1970.59; -302.58; -43.85usd), la inversión no es factible, (Cuadro 18 y Cuadros 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 del Anexo).

**Cuadro 18. Índices financieros en las principales especies forestales que se producen en el Litoral ecuatoriano. 2011**

Cultivos	Relación Beneficio Costo (usd)	Tasa Interna de Retorno (TIR)	Valor Actual Neto (VAN)
Cutanga	5.65	24	5341.14
Melina	4.34	23	5233.98
Guayacán	5.04	15	1443.48
Caoba	8.54	17	3313.14
Moral Fino	8.28	9	<b>-1970.59</b>
Cedro	8.10	17	3331.08
Amarillo	2.81	12	<b>-43.85</b>
Pachaco	7.31	27	5341.14
Bambú	0.66	21	398.48
Guadua	0.10	4	<b>-302.58</b>
Marañón	4.28	13	735.89

#### 4. Comparación económica de acuerdo al uso del suelo

Al realizar las comparaciones entre las especies bajo estudio vs cultivos que se producen se observa que la teca y la balsa alcanzaron la mayor rentabilidad por la venta de bienes y servicios ambientales 60752.13 usd frente al promedio de los cultivos agrícolas 18993.21usd. La rentabilidad fue de 8.99 para teca y balsa y 3.12 para cultivos agrícolas y forestales. Ambas TIR son viables y rentables al igual que el VAN pero siendo este último superior para teca y balsa, estos resultados permiten aprobar la hipótesis “El beneficio económico y ambiental generado en plantaciones forestales es superior al beneficio económico obtenido al cambiar el uso del suelo por otros cultivos” (Cuadro 19).

**Cuadro 19. Índices financieros promedios de los principales cultivos agrícolas y especies forestales que se explotan en el Litoral ecuatoriano. 2011**

<b>Rubro</b>	<b>Ingresos (usd)</b>	<b>Utilidad (usd)</b>	<b>RBC</b>	<b>TIR (%)</b>	<b>VAN (usd)</b>
Total promedio de los cultivos agrícolas y forestales	28378.25	18993.21	3.12	84.48	7877.92
Promedio por venta de madera de teca y balsa	176031.33	57575.88	8.44	61.82	8304.20
Promedio por venta de servicio ambiental	8926.25	3176.25	0.55	4.22	30.91
Total venta del bien (madera) y del servicio (carbono) en teca y balsa	184957.58	60752.13	8.99	66.04	8335.11

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **A. Conclusiones**

De acuerdo a los resultados obtenidos se pueden establecer las siguientes conclusiones:

La fracción de carbono varió entre 47.7 y 56.60% en los componentes del árbol, siendo el fuste el que tiene la mayor concentración de carbono, 59.37% en teca y 50.71% en balsa.

Las plantaciones de teca mostraron mayor capacidad para almacenar carbono en la biomasa (52.51%); mientras que, la balsa tiene mayor capacidad para almacenar carbono en el suelo (76.74%).

La acumulación de carbono total en el sistema presentó diferencias significativas a nivel de cantón y especie. La teca aporta con 203.39 y la balsa con 145.81 Tm ha<sup>-1</sup>.

Los ingresos económicos generados por la venta de madera son superiores a los ingresos generados por la venta de certificados de carbonos en un horizonte de 20 y 5 años, en teca y balsa respectivamente.

La valoración de los bienes de la teca y balsa demuestran que estos cultivos son rentables, factibles y viables, ya que superan la tasa de mercado del 12 por ciento.

El VET con criterio de no talar los árboles cuya TMA fue 4.48% la TIR y el VAN demostraron que es factible la inversión por lo que la alternativa de preservar las plantaciones de teca vs cambiar el uso del suelo es viable.

### **B. Recomendaciones**

Evaluar especies forestales, sistemas agroforestales, cultivos agrícolas para cuantificar la cantidad de carbono real que el Litoral ecuatoriano aporta al ambiente.

Implantar criterios de compensación a los propietarios de las plantaciones de acuerdo a la fijación de carbono y presentar propuestas de proyectos de CER (certificados de créditos de carbono) según el protocolo de Kioto.

Se recomienda al Ministerio del Ambiente. Establecer una política de estado para beneficiar a los propietarios de las plantaciones a través de un escudo tributario, por mitigación del dióxido.

## VI. RESUMEN

La investigación se ejecutó en tres localidades que pertenecen a tres cantones del Litoral ecuatoriano: el primero estuvo ubicado en Quevedo, provincia de Los Ríos, ubicada entre las coordenadas 01° 03' 18'' Sur y 79° 25' 24'' Oeste. La segunda localidad en Balzar, provincia del Guayas, cuya ubicación es 01° 21' 39'' Sur y 79° 04' 00'' Oeste. La tercera localidad corresponde a Quinindé, provincia de Esmeraldas, que se encuentra ubicada entre las coordenadas 00° 18' 19'' Sur y 79° 27' 45''.

Se analizó el valor económico de los bienes y servicios ambientales producto de las plantaciones de teca (*Tectona grandis*) y balsa (*Ochroma pyramidale*). Se aplicó una estadística descriptiva (X, SD, Max, Min, ES). Para seleccionar las especies, cantones y sitios se consideró la homogeneidad de las especies, de acuerdo al área en estudio, relieve, siembra, edad, microclima, prácticas de manejo, tipo y uso de suelo, tipo de vegetación, manejo agronómico, historia del área, entre otros. Se tomó plantaciones de 10 años de edad en el caso de la teca y 3 años de edad en el caso de la balsa. Se aplicó el método destructivo para medir la cantidad de carbono en las plantaciones. Se aplicó un diseño completos al azar (DCA) en arreglo factorial 3 (cantones) x 2 (especies) x 4 (sitios). Se utilizó la Prueba de Tuckey (P=0,05). Las variables fueron: contenido de carbono orgánico activo de la biomasa y contenido de Carbono orgánico activo en el suelo.

La valoración económica se realizó a través de la metodología Valor económico total (VET) considerando valores de uso directo, determinándose inversiones, costos e ingresos en los cultivos de teca y balsa. Se utilizó precio sombra tanto para el valor del bien (madera) y del servicio (carbono), este último bajo el escenario "reducción de emisiones". La proyección de la madera se realizó mediante el promedio IMA y DAP; para evaluar el uso del suelo se aplicó el método de costo de oportunidad; se estableció indicadores económicos y financieros TIR, VAN y BC.

La fracción de carbono varió entre 47.7 y 56.60% de los componentes del árbol, presentando el fuste mayor concentración de carbono 59.37% en teca y 50.71% en balsa; por otra parte, la teca mostró mayor capacidad para almacenar carbono en la biomasa 52.51%; mientras que, la balsa tiene mayor capacidad para almacenar carbono en el suelo (76.735%). La acumulación de carbono total en el sistema presentó diferencias significativas a nivel de cantones y especies, la teca aporta con 203.39 y la balsa con 145.81 Tm ha<sup>-1</sup>.

Los ingresos económicos generados por la venta de madera es superior a los ingresos generados por la venta de certificados de carbonos en un horizonte de 20 y 5 años en teca y balsa, respectivamente. La valoración de los bienes de la teca y balsa demuestran que estos cultivos

son rentables, factibles y viables ya que superan la tasa de mercado del 12%; así mismo, al considerar el VET con criterio de no talar los árboles cuya TMA fue 4.48%, la TIR y el VAN demostraron que es factible la inversión por lo que, la alternativa de preservar las plantaciones de teca vs cambiar el uso del suelo es viable.

## VII. SUMMARY

The research was carried out in three localities are in three cantons of Ecuadorian Coast: the first was located in Quevedo, Los Rios province, located between the coordinates 01 ° 03 '18"South and 79 ° 25' 24"West. The second location in Balzar, Guayas Province, whose location is 01 ° 21 '39"South and 79' 04 '00"West. The third area corresponds to Quinindé, province of Esmeraldas, which is located between coordinates 00 ° 18 '19"South and 79 ° 27' 45".

We analyzed the economic value of environmental goods and services proceeds of teak (*Tectona grandis*) and raft (*Ochroma pyramidale*). Descriptive statistics were applied (X, SD, Max, Min, ES). To select the species, cantons and sites are considered the homogeneity of the species, according to the study area, topography, plant, age, climate, management practices and land use type, vegetation type, agronomic management, history of area, among others. Plantations took 10 years of age in the case of teak and 3 years of age in the case of the raft. Destructive method was applied to measure the amount of carbon in plantations. We performed a randomized complete (DCA) in a factorial arrangement 3 (Cantonese) x 2 (species) x 4 (sitios). used the Tuckey test ( $P = 0.05$ ). The variables were active organic carbon content biomass and organic carbon content in the soil active.

The economic assessment was performed using the methodology of total economic value (TEV) considering direct use values, determining investment, costs and revenues in the culture of teak and balsa. Shadow price is used for both the value of the property (timber) and services (carbon), the latter under the stage "reducing emissions." The projection of the wood was made by IMA and the average DAP to evaluate land use applied the opportunity cost method, was established economic and financial indicators IRR, NPV and BC.

The carbon fraction varied between 47.7 and 56.60% of the components of the tree, presenting the highest concentration of carbon shaft 59.37% 50.71% Teak and rafting, on the other hand, teak showed greater ability to store carbon in biomass 52.51% whereas, the raft has a greater capacity to store carbon in soil (76,735%). Total carbon accumulation in the system showed significant differences at the level of cantons and species, teak and adds to the raft 203.39 145.81 Tm ha<sup>-1</sup>.

The income generated by the sale of timber is higher than the income generated by the sale of carbon certificates in a 20 and 5 years in teak and balsa, respectively. The valuation of the assets of teak and balsa show that these crops are profitable, feasible and viable as the market rate

exceeds 12%, likewise, to consider the criterion of non-VET to fell the trees which was 4.48% TMA , the IRR and NPV showed that investment is feasible as the alternative to preserve the teak plantations vs. land use change is feasible.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

- Alava, S. 2006. Estudio de la producción y comercialización de teca (*Tectona grandis* L.) a nivel de vivero en el cantón Quevedo y su área de influencia. Tesis de grado Ingeniero Comercial. Universidad Técnica de Manabí.
- Andrade, H; Brook, R; Ibrahim, M. 2008. Production and carbon sequestration of silvopastoral systems with native timber species in the dry lowlands of Costa Rica. *Plant and soil* 308 (12):11-22.
- Altieri, M. 1999. Agroecología. Bases para una agricultura sustentable. CLADES. CIED. Secretariado Rural Perú, Bolivia. Lima PE. 511p.
- Altieri, M. 1997. Agroecología. Bases para una agricultura sustentable. CLADES. CIED. Secretariado Rural Perú, Bolivia. Lima PE. 511p.
- Ávila, G. 2000. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas de café bajo sombra en pleno sol, sistemas silvopastoriles y pastura a pleno sol. Tesis de magíster. Sc. Turrialba, Costa Rica. 99p.
- Azqueta D, y Field, B. 1998. Economía y Medio Ambiente. McGraw Hill. Bogotá, Colombia. 310 pp
- Barbier, E., Acreman, M;D. Knowler. 1997. Economic Valuation of Wetlands. IUCN, Cambridge, UK.
- Barkley, P;D. Seckler. 1972. Economic growth and environmental decay. The solution becomes the problem. Harcourt Brace, New York.
- Benítez, P.; Obersteiner, M. 2005. Site identification for carbon sequestration in Latin America: a grid-based economic approach. *Forest Policy and Economics* 8 (6). 636-651.
- Berni, C. 2009. Memorias de la 5ª convención nacional forestal Tendencias mundiales en el desarrollo de plantaciones forestales de especies tropicales. Lima Perú.
- Betancourt, A, 1983. Silvicultura especial de arboles maderables tropicales. Edif. Científico Técnico. La Habana, Cuba 436p
- Brown, S. 1996. A primer for Estimating Biomass Change in Tropical Forestal. FAO, Oregón 97333, USA. 33p.

- Bussoni, A.; Rodriguez, L.C.E. 2010. Private valuation of carbon sequestration in forest plantations. *Ecological Economics*, 69. 451-458.
- CAQ (Centro Agrícola de Quito). 1992. Manual Técnico del cultivo de la balsa. Convenio con Corporación Andina de Fomento. Editorial Ecuador, 28 Pg.
- Castilla, C. 1994. Estudio de los beneficios de los ecosistemas forestales de Canarias desde la perspectiva de la Economía Ecológica. *Agricultura y Sociedad* 73: 261-280.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) 2004.. Cuantificación y valoración económica del servicio ambiental almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de café en la Comarca Yassica Sur, Matagalpa, Nicaragua.
- CONABIO-PNUD. 2009. México: capacidades para la conservación y el uso sustentable de la Biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), México.
- European Communities. (2008). The economics of ecosystems and biodiversity [TEEB] Interim Report. A Branson Production, Cambridge, UK. 64 pp.
- CONAMA 1998. Metodología para el Estudio de los Efectos Económicos y Sociales de Planes y Normas Ambientales. Documento de Trabajo N°12. Comisión Nacional del Medio Ambiente. Santiago, Chile. 108 pp.
- Cormadera (Corporación de Desarrollo Forestal y Maderero del Ecuador, EC). 2001. Guías técnicas para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales productivas en el Litoral ecuatoriano. Proyecto piloto para la reforestación y rehabilitación de tierras forestales degradadas en el Ecuador. PD 17/97. Rev. 3 (F). Quito. p. 1-35. (Libro 1).
- Esquivel, D. 2008. Estudio entre el protocolo de Montreal y el de Kioto para el combate del calentamiento global y su aplicación en México. (en línea.). Consultado 02 May. 2011. Disponible en. [http://p8080132.248.9.9.pbidi.unam.mx:8080/tesdig2/Procesados\\_tesis\\_2009/enero/0637957/Index.html](http://p8080132.248.9.9.pbidi.unam.mx:8080/tesdig2/Procesados_tesis_2009/enero/0637957/Index.html)
- Díaz Balteiro, L.; Romero, C. 2001. Forest management and carbon captured: analytical aspects and policy implications. *Investigación Agropecuaria: Sistema de Recursos Forestales*, Fuera de Serie. 1, 153-165.
- Dixon, A; Scura, F.; Carpenter, A.; Sherman, B. 1994. Análisis económico de impactos ambientales. In desarrollo ambiental y el papel del análisis económico. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 249p.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) 2002. Situación de los mercados de productos básicos 2001-2002. Dirección de productos básicos y comercio. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Italia. Roma. 32 p.
- Fonseca W, 2004. Manual para productores de teca (*Tectona grandis* L.) en Costa Rica.
- FONSECA, W.2007. Seminario – Taller Internacional: “Herramientas para la Evaluación de Biomasa y el Monitoreo del Secuestro de Carbono en Proyectos Forestales “Realizado del 9 al 13 de Julio 2007. Escuela Politécnica del Litoral, Guayaquil-Ecuador.
- Francis, John K. 1991. «*Ochroma pyramidale* Cav. Balsa». U. S. Department of Agriculture. New Orleans.Consultado 3 Ene.2010 Disponible en: <http://www.fs.fed.us/global/iitf/Ochromapyramidale.pdf>.
- García T., R. 2006. Agroecología: Un enfoque sustentable de la agricultura ecológica. Rotaciones de cultivos, policultivos y Agroforestería: Una perspectiva histórica. Córdoba, España, Universidad de Córdoba, España: 30.
- González, C. J. 2001. Valoración económica y medición de beneficios y costos de áreas naturales: Caso de creación de un área natural protegida en los Manglares de San Pedro, Sechura, Piura.
- González O.; Cervantes X.; Torres E.; Sánchez C.; Simba L. 2010. CARACTERIZACIÓN DEL CULTIVO DE Balsa (*Ochroma pyramidale*) EN LA PROVINCIA DE LOS RÍOS – ECUADOR.
- Haugen R. A., 1995. The new finance: the case against efficient markets. Prentice Hall, Inc.
- Hediger, W. 1999. Reconciling,”weak” and “strong” sustainability. Journal of Social Economics, 26 (7/8/9): 1120-1143.
- Hotelling, H. 1931. The economics of exhaustible resources. Journal of Political Economy 39:2, pp. 137-175.

- Knoke, T.; Weber, M. 2006. Expanding carbon stocks in existing forest – a methodological approach for cost appraisal at the enterprise level. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11, 579-605.
- Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los trópicos*. Instituto de Silvicultura de la Universidad de Gottingen, Alemania.
- Landell-Mills N. 2002. Marketing forest environmental services – Who benefits?. En: *Gatekeeper Series N°.104*. International Institute for Environmental (IIED). Pag 1 – 23. Consultado 10 mar. 2010 Disponible en: <http://www.iied.org/bookshop/index.html>
- Lewis, D.K.; Turner, D.P.; Winjum, J.K. 1996. An inventory-based procedure to estimate economic cost of forest management on regional scale to conserve and sequester atmospheric carbon. *Ecological Economics* 16 (1), 35-49.
- MacDicken, K. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Winrock International Institute for Agricultural Development. Arlington, VA, Estados Unidos, 91 p. (<http://www.winrock.org/ecosystems/files/carbon.pdf>)
- Martínez, A. 1995. Indicadores de sostenibilidad y conflictos distributivos ecológicos, *Ecología Política* (10): 35- 43, Barcelona.
- Martínez, A. 2000. *Economía Ecológica y Política Ambiental*. F.C.E., 2001
- Mogas, J.; Riera, P. 2005. El valor de la fijación de carbono en los programas de forestación. *Boletín Económico de ICE N° 2834*. (13-28).
- Obregón, C. 2007. La Balsa una especie con futuro. *Revista MM*. Consultada el 08 de noviembre del 2007. Disponible en: <http://www.revistamm.com/revista/especie.pdf>
- Oksanen, M. 1997. The moral value of biodiversity. *Ambio* 26: 541-545.
- Ostrom, E. 1998. “A Behavioral Approach to the Rational Choice Theory of Collective Action”. *American Political Science Review* 92(1) 22p.
- Pearce D.W.; Turner R.K, 1995. *Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente*, Celeste, Madrid.

- Pearce, D. W.; Turner, R. K, 1990. Economics of natural resources and the Environment. Harvester-Wheatsheat, Hemel Hempstead. Londen, England.
- Pearce, D.; Morán, D. 1994. The Economic Value of Biodiversity. Earthscan. Londres, RU. 172 pp
- Pearce, D. W. 1995. Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente. Traducción del inglés por Carlos Abad Balboa y Pablo Campos Palacin. COLEGIO DE Economistas de Madrid. España. Celeste Ediciones.34-64p.
- Pérez, C. 1999. Metodología para la selección de tecnologías en el aprovechamiento de los productos forestales, así como sus potencialidades en la Unidad Silvícola de Sumidero en la EFI "Minas de Matahambre" Tesis Mag. Sc. Universidad Pinar del Río. Hermanos Saiz Montes de Oca", Biblioteca de la UTEQ. 74p
- Platinga, A.J.; Mauldin, T.; Miller, D. 1999. An economic analysis of the cost of sequestering carbon in forest. American Journal of Agricultural Economics 84 (4). 812-824
- Ramírez, G.; Díaz, G.; Jiménez, M.; Suatunce, P. 2001. Biomasa de hojas caídas y otros indicadores de sustentabilidad en asociaciones de especies forestales con cacao ccn-51 en la zona central del litoral ecuatoriano. Boletín técnico.
- Richards, K.; Stokes, C. 2003: A review of forest carbon sequestration cost Studies: a dozen years of research. Climatic Change (in press).
- Rizzo, P. 2004. La Balsa. Servicio de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. Consultado el 13 de noviembre del 2007. Disponible en:[http://www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Ing%Rizzo/forestación/la\\_balsa.htm](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Ing%Rizzo/forestación/la_balsa.htm).
- Sánchez, C.; Lama, H. 2005. Biomasa en el aporte de nutrientes en diez especies forestales de Litoral Ecuatoriano. Tesis de grado para obtener el título de Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.226 p
- Schelegel, B. 2001. Estimación de la Biomasa y carbono del tipo forestal siempre verde. Presentado en el Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales 18 al 20 de octubre del 2001. Universidad Austral de Chile. 13p.

- Schemvar, A., P. 2009. Economía Forestal Servicios Ambientales y las organizaciones colectivas silvícolas en México. Tesis de grado para obtener el grado de Doctor en Economía. Universidad Nacional Autónoma de México. (UNAM). Facultad de Economía. México. D.F. p15
- SEMARNAT. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales ) 2006. Compendio de Estadísticas Ambientales 2006. Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales, SEMARNAT  
<http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/IPages/Isniarn.aspx>
- SICA (Servicio de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura Y Ganadería del Ecuador) 2008. Informe Ambiental- Biblioteca- Forestación. Consultado 18 de Febrero del 2010.
- Suarez, D. 2003. Cuantificación y valoración económica del servicio ambiental almacenamiento de Carbono en sistemas agroforestales de café en la Comarca Yassica Su, Matagalpa, Nicaragua. Tesis de grado en magister en ciencias. Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanza. p 117.
- Ugalde L.; Gómez M. 2006. Perspectivas económicas y ambientales de las plantaciones de teca bajo manejo sostenible, en Panamá. Unites Estates Agency Internacional Development. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 77p.
- Velásquez, F. 2005. Cambio climático y protocolo de Kioto. Ciencia y Estrategias. Compromisos para España. Revista Española de Salud Pública. Vol. 79, número 002. Madrid, España pp. 191-201. (en línea). Consultado 02 may.2011. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/170/17079209.pdf>
- Wunder, S. 2005. Payments for Environmental Services: Some Nuts and Bolts. CIFOR Occasional Paper N°. 42. CENTER FOR International Forestry Research, Jakarta, Indonesia.

## ANEXOS