

**Fondo Nacional de Financiamiento Forestal  
Forest Monitoring System for REDD+ Costa Rica**

**Preselección de especies en la consultoría  
“Fomento de la reforestación comercial para la mejora y conservación de las  
reservas de carbono”**

**Héctor A Martínez H  
Consultor**

**Moravia, Agosto 26 de 2014**

## Tabla de contenido

<b>1. Antecedentes</b> .....	1
1.1 Plantaciones y especies utilizadas .....	1
1.1.1 <i>Especies más utilizadas en Costa Rica</i> .....	1
1.1.2 <i>Especies plantadas con apoyo del PSA</i> .....	4
1.2 El paisaje geográfico .....	9
<b>2. Selección de especies para plantación</b> .....	12
2.1 Factores para la selección de las especies: decisión política .....	12
2.2 Las especies para satisfacer el objetivo seleccionado .....	14
2.3 Disponibilidad de tierras .....	16
2.4 Disponibilidad de germoplasma y limitaciones de las especies .....	17
2.5 Eficiencia (coeficiente) de aprovechamiento .....	18
2.6 Crecimiento de las especies .....	18
<b>3. Motivaciones y barreras para plantar árboles</b> .....	21
3.1 Las motivaciones .....	21
3.2 Las barreras .....	25
3.3 Proyecto de fomento a la reforestación .....	28
Bibliografía .....	33
Anexo 1. Tipos de bosque, Inventario Forestal Nacional, Costa Rica .....	36
Anexo 2. Localización de proyectos PSA .....	37

## La selección de las especies prioritarias

Héctor A Martínez H  
Consultor

### 1. Antecedentes

#### 1.1 Plantaciones y especies utilizadas

Según FAO (2011) en América Latina y el Caribe se disponía de 14,9 millones de hectáreas plantadas hasta el año 2010; la proporción de especies en el año 2000 en estas mismas plantaciones (la cual se considera no ha variado considerablemente para 2010) era: 42,4 % de eucaliptos (mayormente *Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, *E. globulus*, *E. urophylla*, *E. robusta*, *E. camaldulensis (rostrata)*, *E. tereticornis*); 42,3% de pinos (*Pinus radiata*, *P. taeda*, *P. caribaea*, *P. patula*, *P. oocarpa*); teca 1,5%; otras latifoliadas alcanzaban el 7% y otras coníferas el 3%; el resto eran plantaciones no especificadas.

##### 1.1.1 Especies más utilizadas en Costa Rica

De acuerdo con el Mapa de Tipos de Bosques de Costa Rica-2013 (Anexo 1) el país cuenta con una superficie de 74.627 ha de plantaciones; según la Oficina Nacional Forestal (2013), las plantaciones produjeron en 2012 un volumen de 827.297 m<sup>3</sup>, equivalentes al 78,1% del total de madera consumida a nivel nacional. El Censo de la Industria Forestal (SINAC, 2011) estimó que las plantaciones y los sistemas agroforestales aportaron durante ese año el 68% del total de madera consumida por las industrias primarias del país.

La madera procesada en las industrias forestales nacionales se destina, principalmente (ONF, 2013), a la producción de embalajes (42,4%), construcción (24,3%), mueblería (12,3%), exportación en bruto y aserrado (19,1%) y un 2,0% para otros usos (fabricación de tableros, palillos, lápices o carretes).

La madera fue utilizada inicialmente para leña y construcción por los pueblos indígenas originarios y, según Jimenez *et. al.* (2002), también en la construcción de puentes; para Serrano y Moya (2011) durante la época colonial se incorporaron especies como caoba (*Swietenia* sp.) y los cedros (*Cedrela* sp.) para construcción y fabricación de muebles; más recientemente se incorporó el uso de otras especies como *Cedrela odorata* (cedro), *Bombacopsis quinata* (pochote), *Cordia alliodora* (laurel), *Enterolobium cyclocarpum* (guanacaste), *Albizia saman* (samán o cenízaro, antes *Pithecolobium saman*), *Swietenia humilis* (caoba) y *Terminalia oblonga*, conocido como surá (Morales, 2002); después de 1980, al irse agotando las principales especies de los bosques naturales, la variedad de especies utilizadas para aserrío se amplió considerablemente, incluyendo *Pentaclethra maculosa* (gavilán), *Ceiba pentandra* (caiba), *Brosimum utile* (mastate o vaco), *Dussia cuscatlanica* (taryugo), *Vochysia ferruginea* (botarrama), entre otras.

La principal industria nacional de tableros compensados y madera contrachapada utilizó, durante sus primeros 40 años de existencia (1960-2000) especies provenientes de bosques naturales, entre ellas caobilla (*Carapa guianensis*), cativo (*Prioria copaifera*), ceiba (*Ceiba pentandra*), vaco o mastate (*Brosimum utile*) y fruta dorada (*Virola koschnyi*) incorporando en la primera década del siglo XXI, hasta su cierre, especies provenientes de plantación como gallinazo (*Schizolobium parahybum*), roble coral (*Terminalia amazonia*), pino (*Pinus caribaeae*), o eucalipto (*Eucalyptus deglupta*), jaúl (*Alnus acuminata*) y melina (*Gmelina arborea* Roxb.).

Para enchapados decorativos (vener) se han utilizado cenízaro (*Albizia saman*), guanacaste (*E. cyclocarpum*) y surá (*Terminalia oblonga*). Para artesanía es común el uso de maderas preciosas como cocobolo (*Dalbergia retusa*), ron-ron (*Astronium graveolens*), guapinol (*Hymenaea courbaril*) y nazareno (*Peltogyne purpurea*); un uso especial es la producción de palillos mondadientes, paletas para helados o uso médico, para lo que se utiliza jaúl (*A. acuminata*), papayillo (*Didymopanax pittieri* Marchal) y guácimo blanco (*Goethalsia meiantha*) entre otras (Serrano y Moya, 2011).

Las principales especies consumidas actualmente por la industria son, de acuerdo con la ONF (2013), melina (*Gmelina arborea* Roxb.) y teca (*Tectona grandis* L.f.), mientras que el Censo Forestal Nacional (SINAC, 2011) estima que las principales especies procesadas por la industria, provenientes de plantaciones son: melina, teca, laurel (*C. alliodora* (Ruiz y Pavon) Oken.), pochote (*B. quinata* (Jacq.) Dugand), ciprés (*Cupressus lusitanica* var. *lusitanica* (syn. *C. lindleyi*)), cedro (*Cedrela odorata*) y otras en menor proporción.

Tuk (2010) indica que las principales especies utilizadas en Costa Rica son el almendro (*Dipteryx panamensis*), jícaro (*Lecythis costarricensis*), maderas consideradas duras; cocobolo (*Vaitarea lundelli*), manga larga (*Laetia procera*), gavilán (*Pentaclethra macroloba*), maría (*Calophyllum brasiliensis*) y pilón (*Hieronyma alchorneoides*), especies consideradas semiduras; lagarto (*Zantoxylum belicensis*), paleta (*Pterocarpus officinalis*), chanco colorado (*Vochysia ferruginea*), aceituno (*Simarouba amara*), jaúl (*Alnus acuminata*) y chanco blanco (*Vochysia hondurensis*) consideradas especies suaves; todas estas especies, hasta la fecha, provienen mayormente de bosques naturales, ya que no se registran plantaciones de las mismas, con excepción de algunas pequeñas de pilón, chanco blanco y chanco colorado. A estas especies Coto (2014, información personal) agrega acacia (mangium), roble coral o amarillón (*Terminalia amazonia*), ciprés, pochote y roble sabana (*Tabebuia roseae*) como especies más utilizadas en construcción por ingenieros y arquitectos. Es notable que estos dos autores no mencionen a melina y teca entre las especies utilizadas.

Un “Estudio de maderas de plantación forestal” realizado por Demoscopía S.A., en 2003, encuestando a ingenieros, arquitectos, carpinteros, maestros de obra, empresas constructoras y clientes, encontró, como ventajas más relevantes del uso de madera en construcción las siguientes: “se ve mejor” (51,3% de la población encuestada), “es fácil de manipular” (27,9%), “no tóxica” (7,1%) y que “dura más” (5,8%); entre las desventajas mencionadas por los entrevistados se indicó que es poco duradera (30,7%), más cara que otros materiales (19,7%), la existencia de “no buena madera” en los depósitos (19,7%) y poco resistente (13,9%) entre otras (cuadro 1). Los sustitutos de la madera son mencionados como de fácil manipulación y entre las desventajas se menciona su apariencia, el costo (lo que contrasta con la misma característica mencionada para la madera), su toxicidad y la duración.

La población encuestada por Demoscopía (2003) manifestaba tener conocimiento del origen de la madera que adquiere, indicando que en el 76,1% proviene de plantaciones, siendo melina, teca, pino, ciprés y jaúl las especies más conocidas y consumidas (cuadro 2).

De acuerdo con los resultados del estudio mencionado, la decisión de usar o no madera depende en un 60,6% del cliente (propietario de la construcción); los ingenieros y arquitectos deciden en el 21,1% de los casos, el maestro de obras en un 10,1% y la empresa constructora en el 6,4%. Por tanto, es claro que en una estrategia orientada a fomentar el uso de madera, la creación de demanda debe estar orientada hacia los propietarios de nuevas construcciones.

**Cuadro 1. Ventajas y desventajas de la madera y sustitutos en construcción**

<b>Madera</b>			
<b>Ventajas</b>		<b>Desventajas</b>	
Se ve mejor que otros materiales	51.3%	Poco duradera	30.7%
		Es más cara	19.7%
Se manipula con facilidad	27.9%	No hay buena madera en los depósitos	19.7%
		Poco resistente	13.9%
<b>Sustitutos de Madera</b>			
<b>Ventajas</b>		<b>Desventajas</b>	
Se manipulan con facilidad	25.6%	No se ve tan bien como la madera	32.0%
Más resistentes	19.5%	Son más caros	18.8%
Más livianos	14.6%	Son tóxicos	17.2%
Más baratos	12.8%	Poco duraderos	10.2%
Duran más	12.8%		
<p>1. Se mencionan las principales ventajas y desventajas, aquellas más significativas con valores superiores al 10%</p> <p>2. El porcentaje corresponde al número de opiniones, ya que cada entrevistados podía mencionar más de una ventajas y desventaja</p>			

Fuente: tomado de DEMOSCOPIA S.A. 2003. Estudio de maderas de plantación forestal. San José, Costa Rica, Demoscopía S.A. 79 p.

**Cuadro 2. Principales especies utilizadas para diferentes usos en construcción**

Emplantillado		Tabloncillo		Puertas		Muebles cocina		Marcos (puertas/ventanas)	
Especie	%	Especie	%	Especie	%	Especie	%	Especie	%
Laurel	27,1	Surá	16,1	Cedro	43,9	Cedro	33,6	Laurel	35,1
Caobilla	20,7	Almendro	11,9	Laurel	29,7	Laurel	19,6	Cedro	32,4
Cedro	6,4	Amarillón	7,0	Caobilla	5,3	Sustituto	10,5	Caobilla	4,1
Botarrama	8,6	Cedro	6,3	Cenízaro	2,9	Caobilla	4,2	Almendro	3,4
NS	20,7	NS	21,0	Almendro	2,9	Cenízaro	6,3	Pino	2,0
				Melina	2,3	NS	12,6	Sustituto	2,0
								NS	10,1

Fuente: Demoscopía, 2003

Los bosques fueron, históricamente, la principal fuente de madera para usos industriales, construcción y domésticos hasta años recientes; la pérdida de los bosques, principalmente como efecto de la política de habilitación de tierras para producción agropecuaria, así como la necesidad de asegurar el suministro de madera, llevaron al país a instaurar un sistema de incentivos que permitieron el establecimiento de hasta 150.000 ha de plantaciones (Arce y Barrantes, 2004); las plantaciones forestales se convirtieron en

el cultivo de mayor extensión en el país y se llegó a estimar que la madera producida por ellas podría llegar a suplir la demanda nacional. Diferentes aspectos han limitado la posibilidad de materialización de este objetivo.

### 1.1.2 Especies plantadas con apoyo del PSA

El establecimiento del programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA) inicialmente dio énfasis a la protección de los bosques, aunque no se descuidó el establecimiento de plantaciones (reforestación); el cuadro 3 presenta la distribución de las especies con mayor área plantada en los PSA activos o vigentes y el cuadro 4 para los proyectos agroforestales: melina, teca y gallinazo aparecen como las especies más plantadas entre los proyectos finiquitados (FONAFIFO, 2014).

Actualmente hay 2053 proyectos vigentes de reforestación con un total de 32.289 ha (anexo 2) siendo teca, melina, cebo, acacia (*Acacia mangium*) y pino, las especies más ampliamente plantadas; de acuerdo con los datos globales, el promedio de área para el total de estos proyectos es de 15,69 ha, mientras que para los 163 proyectos finiquitados, las especies más plantadas fueron melina, gallinazo y teca, con un área promedio es de 21,84 ha (cuadro 5). Adicionalmente hay 382 proyectos agroforestales vigentes, siendo melina, teca, cedro, poró (*Erythrina* spp), pino, almendro, laurel y espavel (*Anacardium excelsum*) algunas de las especies más plantadas.

En la modalidad de árboles en plantaciones de café, el cuadro 6 presenta las especies plantadas, destacándose el cedro, poró, el guabo (*Inga* spp), pinos, melina y eucalipto entre los más comunes.

Es evidente que el programa PSA ha apoyado el establecimiento de varias especies (cuadro7), en los diferentes sistemas, siendo las de mayor proporción melina (en todas las modalidades consideradas) y teca (en proyectos de reforestación y agroforestales); le siguen cedro (en todas las modalidades), pino en programas de reforestación, agroforestales y cafetales, acacia y cebo en programas de reforestación. En cierta forma estas serían las especies más demandadas por los usuarios del PSA. El uso de teca y melina se ve reforzado por los proyectos de reforestación a gran escala existente en el país (reforestación Los Nacientes, Panamerican Woods, Barca, Maderas Preciosas de Costa Rica, CIM y Ston Forestal, entre otros).

Por otro lado, el Decreto N° 37660-MINAE “Del Fomento Forestal y el Pago de Servicios Ambientales para el año 2013” estableció en su artículo 6 que para “efectos exclusivamente del Plan Piloto a ejecutar durante el año 2013, el FONAFIFO fija como meta el establecimiento de cincuenta mil árboles, bajo la modalidad de sistemas agroforestales y/o silvopastoriles, incluidas dentro del Programa de Plantaciones de Aprovechamiento forestal” utilizando las siguientes especies:

1. **Especies de rápido crecimiento:** melina (*Gmelina arborea*) y eucalipto (*Eucalyptus deglupta*).
2. **Especies de mediano crecimiento:** ciprés (*Cupressus lusitanica*), jaúl (*Alnus acuminata*), nogal (*Juglans neotropica*), cedro amargo (*Cedrela odorata*), laurel (*Cordia alliodora*) y teca (*Tectona grandis*)
3. **Especies de lento crecimiento:** caoba (*Swetenia macrophylla*) y ron ron (*Astronium graveolens*)

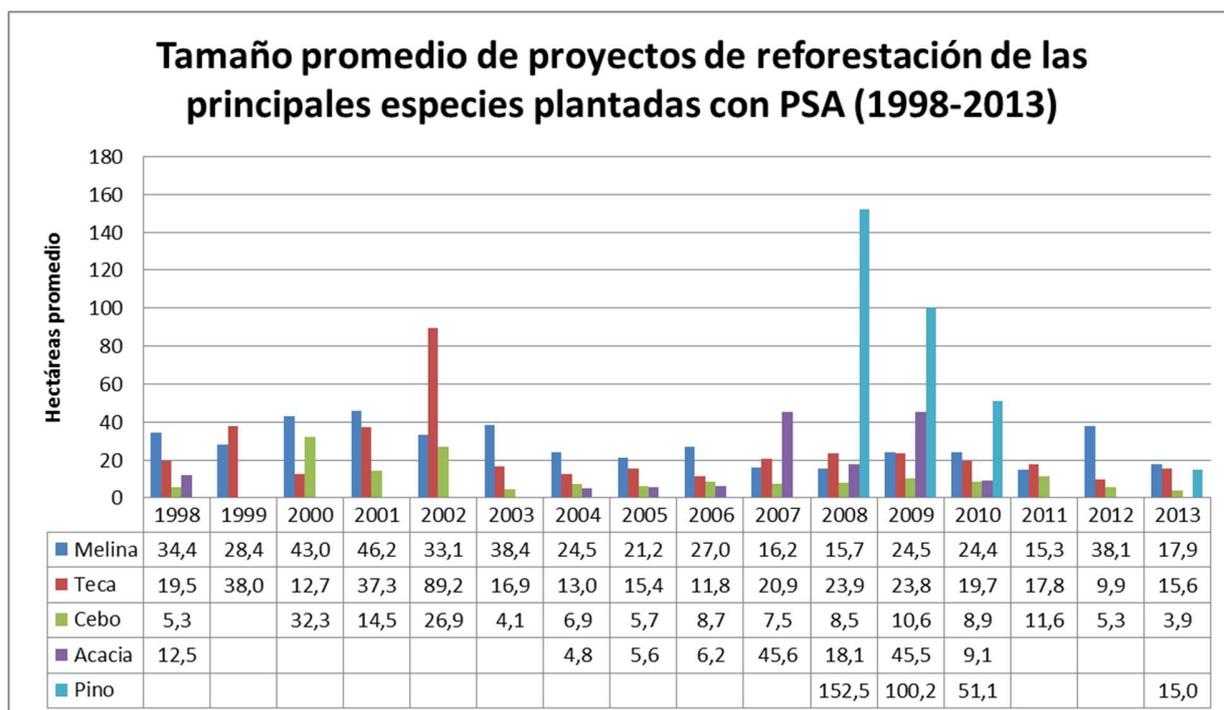
**Cuadro 3. Especies plantadas, en mayor proporción, con apoyo del PSA en proyectos vigentes**

Año	Hectáreas de plantación según especie y año								
	Total	Melina	Teca	Acacia	Cebo	Pino	Cedro	NI*	Otras
1998	626,0	172,0	215,0	25,0	58,7			16,5	138,7
1999	1.057,1	198,9	493,9					283,1	81,3
2000	1.043,3	215,0	63,3		129,3			580,9	54,8
2001	1.242,7	369,7	521,9		86,9			91,0	173,3
2002	1.280,7	165,3	891,7		53,9				169,8
2003	1.865,2	845,2	827,0		32,6				160,4
2004	2.116,7	711,3	821,5	76,4	268,9				238,7
2005	2.323,0	827,5	1.017,3	78,8	160,4				239,0
2006	2.852,8	1.485,4	849,6	43,5	252,0				222,4
2007	3.493,6	826,3	1.501,7	638,4	342,9		68,8		115,5
2008	3.289,4	814,6	1.502,8	217,7	213,1	305,0		75,8	160,5
2009	3.199,8	760,4	714,0	227,4	158,9	400,7		771,6	166,7
2010	3.246,5	1.099,5	788,0	36,4	115,3	204,4	43,4	855,1	104,4
2011	1.769,6	504,5	958,5		209,4				97,2
2012	1.801,5	1.334,1	345,2		57,8				64,4
2013	1.081,1	322,9	719,7		11,7	15,0	7,5		4,3
Total	32.288,8	10.652,5	12.231,1	1.343,5	2.151,7	925,1	119,6	2.674,1	2.191,2
% del total		33,0%	37,9%	4,2%	6,7%	2,9%	0,4%	8,3%	6,8%

\* = no identificadas, tal como aparecen registradas en los listados de PSA proporcionados por FONAFIFO

Fuente: FONAFIFO, 2014

La figura 1 muestra el tamaño promedio de los proyectos de reforestación plantados, por especie y año en el periodo 1998-2013, establecidos con apoyo del PSA. De acuerdo con la misma, aunque teca y melina son las especies más plantadas, el tamaño promedio de los proyectos es relativamente pequeño (no mayor a las 90 ha en el caso de teca, ni superior a 47,0 ha en el caso de melina); estas han sido las únicas especies en las que el interés de los beneficiarios ha sido continuo en el periodo analizado; cebo es la siguiente especie en interés, aunque los proyectos son mucho más pequeños (menores a 12,0 ha en promedio, con excepción del periodo comprendido entre el año 2000 y el 2002). Acacia y pino han tenido preferencias variables, aunque entre el 2008 y el 2010 hubo algún interés por el establecimiento de bloques relativamente grandes de pino.



**Figura 1. Tamaño promedio de proyectos de reforestación plantados con apoyo del PSA (1998–2013).**  
Fuente: Elaboración propia con datos de FONAFIFO 2014.

**Cuadro 4. Especies plantadas en proyectos agroforestales con PSA**

Especie	Modalidad	Proyectos	Árboles	Promedio
Gmelina arborea	Agroforestal	60	143015	2384
Tectona grandis	Agroforestal	48	64113	1336
No indicada	Agroforestal	22	25648	1166
Cedrela odorata	Agroforestal	21	23964	1141
Erythrina spp	Agroforestal	21	18205	867
Pinus spp	Agroforestal	7	11018	1574
Dipterix panamensis	Agroforestal	9	9273	1030
Cordia alliodora	Agroforestal	10	8052	805
Anacardiun excelsum	Agroforestal	7	6787	970
Vochysia guatemalensis (hondurensis)	Agroforestal	12	6639	553
Terminalia amazonia	Agroforestal	14	6200	443
Giricidia sepium	Agroforestal	11	4851	441
Eucalyptus spp	Agroforestal	13	4781	368
Byrsonimia crassifolia	Agroforestal	1	3905	3905
Tabebuia spp	Agroforestal	4	3831	958
Zygia longifolia	Agroforestal	13	3812	293

Fuente: FONAFIFO, 2014

**Cuadro 5. Especies en programas PSA finiquitados**

Especie	Modalidad	proyectos	Área	Área promedio
Gmelina arborea	Reforestación	67	1925,0	28,73
No indicada	Reforestación	35	892,4	25,5
Schizolobium parahybum	Reforestación	7	136,6	19,52
Tectona grandis	Reforestación	24	403,5	16,81
Acacia spp	Reforestación	11	105,4	9,59
Hyeronima alcorneoides	Reforestación	13	85,1	6,55
Cedrela mexicana	Reforestación	6	10,9	1,83
TOTAL		163	3559,13	21,84

Fuente: FONAFIFO, 2014

**Cuadro 6. Especies plantadas con apoyo del PSA en plantaciones de café**

Especie	Modalidad	Proyectos	Árboles	Promedio
Cedrela odorata	SAF Café	7	6508	930
Erythrina spp.	SAF Café	50	41868	837
Inga spp	SAF Café	28	14029	501
Pinus spp	SAF Café	2	585	293
Gmelina arborea	SAF Café	1	250	250
No indicada	SAF Café	1	250	250
Eucalyptus spp	SAF Café	4	682	171
Zygia longifolia	SAF Café	1	140	140
Swietenia macrophylla	SAF Café	1	110	110
Gliricidia sepium	SAF Café	1	106	106
Totales		96	64528	672

Fuente: FONAFIFO, 2014

**Cuadro 7. Especies más plantadas en proyectos PSA vigentes y proyectos privados**

Especies	Establecidos con Pago Servicios Ambientales (PSA)				Empresas privadas
	Reforestación	Agroforestales	En cafetales	Proyectos finiquitados	
Gmelina arborea	✓	✓	✓	✓	✓
Tectona grandis	✓	✓		✓	✓
Cedrela odorata/mexicana	✓	✓	✓	✓	
Pinus spp	✓	✓	✓		✓
Acacia (mangium)	✓			✓	✓
Cupressus lusitanica					✓
Vochysia ferruginea	✓				✓
Vochysia hondurensis	✓	✓			
Terminalia oblonga	✓				✓

Fuente: FONAFIFO, 2014

El cuadro 8 presenta un resumen de las especies forestales y sus usos en Costa Rica en los últimos 50 años (a partir de 1960), de acuerdo con diferentes fuentes bibliográficas y comunicaciones personales obtenidas durante el desarrollo de la consultoría "Fomento de la reforestación comercial para la mejora y conservación de las reservas de carbono".

Cuadro 8. Especies utilizadas en los últimos 50 años, para diferentes usos, en Costa Rica

Origen/Sistema de producción	Valor percibido	Especies	USOS PRINCIPALES								
			Construcción, enchapado	Mueblería	Puertas, ventanas, Molduras	Tarimas, embalaje	Artesanía, herramientas	Tableros	Palillos, fósforos, otros	Postes, tutores, leña y carbón	
Bosque natural	Alto valor	<i>Astronium graveolens</i>	X	X				X			
		<i>Carapa guianensis</i>	X	X	X		X		x		
		<i>Cedrela odorata</i>	X	X	X				X		
		<i>Dalbergia retusa</i>		X			X				
		<i>Dipteryx panamensis</i>	X	X	X		x				
		<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	X	X			X				X
		<i>Hymenaea courbaril</i>	X	X	X		X				
		<i>Lecythis costarricensis</i>	X				X				X
		<i>Manilkara zapota</i>	X	x			x				
		<i>Peltogyne purpurea</i>	X	x	X		X				
		<i>Pithecolobium saman</i>	X	x			X				
		<i>Swietenia humilis</i>	X	X	X		X				
		<i>Swietenia macrophylla</i>	X	X	X		X		x		
		<i>Tabebuia roseae</i>	X	X	X		X		X		X
	Valor medio	<i>Bombacopsis quinatum</i>	X	X	X	X		X		X	X
		<i>Brosimum spp.</i>	X	X	X	X		X		X	x
		<i>Calophyllum brasiliensis</i>	X	X	X	X					
		<i>Ceiba pentandra</i>	x				X		X		
		<i>Cordia alliodora</i>	X	X	X	X		X			X
		<i>Dussia cuscatlanica</i>	X	X	X						
		<i>Erythrina spp.</i>	X							x	X
		<i>Hieronima alchorneoides</i>	X	X	X	X		X			X
		<i>Laetia procera</i>	X	X	X	X		X			X
		<i>Luehea spp.</i>	X	X	X	X			X		
		<i>Pentaclethra macroloba</i>	X	X	X	X					X
		<i>Prioria copaifera</i>	X	X	X	X			X		
		<i>Pterocarpus officinalis</i>	X	X	X	X		x	X		
		<i>Schizolobium parahybum</i>	X		X	X		X	X		X
		<i>Simarouba amara</i>	X	X			X		X	X	
		<i>Terminalia amazonia</i>	X	X			X		X		X
		<i>Terminalia oblonga</i>	X	X	X						X
	<i>Virola koschnyi</i>		X	X	X		X	X			
	<i>Vochysia ferruginea</i>	X	x	X	X						
<i>Zantoxylum belicensis</i>	X	X	X			X					
Bajo	<i>Alnus acuminata</i>							X	X		
	<i>Didymopanax pittieri</i>								X		
	<i>Goethalsia meiantha</i>								X		
	<i>Vochysia hondurensis</i>	X			X						
Sistemas agroforestales, silvopastoriles, potreros	Alto valor	<i>Cedrela odorata</i>	X	X	X				X		
		<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	X	X			X			X	
		<i>Swietenia humilis</i>	X	X	X		X				
		<i>Swietenia macrophylla</i>	X	X	X		X	x			
	Valor medio	<i>Anacardium excelsum</i>	X	X	X	X		X			
		<i>Bombacopsis quinatum</i>	X	X	X	X		X			X
		<i>Cordia alliodora</i>	X	X	X	X		X			X
		<i>Erythrina spp.</i>	X							x	X
		<i>Gliciridia sepium</i>						X			X
		<i>Terminalia amazonia</i>	X	X		X		X			X
	Bajo	<i>Alnus acuminata</i>		X	X	X		X		X	X
		<i>Byrsonima crassifolia</i>		X	X	X			x		X
		<i>Guazuma ulmifolia</i>						X		X	X
		<i>Zygia longifolia</i>								X	X
Plantaciones	Alto valor	<i>Tectona grandis</i>	X	X	X			X			
		<i>Cupressus lusitanica</i>	X	X	X		X			X	
	Valor medio	<i>Acacia mangium</i>	x	x	x	x					
		<i>Eucalyptus deglupta</i>	X	X	X	X			X		X
		<i>Gmelina arborea</i>	X	X	X	X		X	X		
		<i>Pinus spp.</i>	X	X	X	X			X		
		<i>Schizolobium parahybum</i>	X		X	X			X		X
	Bajo	<i>Alnus acuminata</i>		X	X	X			X	X	X
		<i>Vochysia hondurensis</i>	X	x					x		x

X: Uso establecido; x uso poco establecido

Fuentes: Cordero J; Boshier, D H. 2003. *Bombacopsis quinata*, un árbol maderable para reforestar.

Chudnoff, M. 1964. Tropical timbers of the world.

De Camino, R; Morales, J. P. (editores) 2013. Las plantaciones de teca en América Latina: mitos y realidades.

Fonseca G., W. 2004. Manual para productores de teca (*Tectona grandis*) en Costa Rica.

Martínez H., H.A. 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central.

Martínez H., H.A. 1988. Forestry research products of the MADELEÑA project to the Central American Forestry Extension Services.

Solís C., M.; Moya R., R. sf. *Hieronima alchorneoides* en Costa Rica.

Solís C., M.; Moya R., R. sf. *Terminalia amazonia* en Costa Rica.

Solís C., M.; Moya R., R. sf. *Vochysia guatemalensis* en Costa Rica.

Titmuss, F. H. 1971. Commercial timbers of the world.

Wadsworth, F. H. Forest Production for Tropical America

## 1.2 El paisaje geográfico

De acuerdo con Solano y Villalobos ([http://www.imn.ac.cr/publicaciones/estudios/Reg\\_climaCR.pdf](http://www.imn.ac.cr/publicaciones/estudios/Reg_climaCR.pdf)) la disposición de la cordillera volcánica del norte y la cordillera de Talamanca junto con los vientos predominantes (alisios), determinan, a grandes rasgos, la división del país en tres regiones (figura 2): Región Tropical Húmeda del Atlántico, a la cual pertenece la Región Norte y Atlántica, la Región Central Intermontana a la cual pertenece la Región Valle Intermontano Central y Montañosa Sur, y la Región Tropical del Pacífico, a la cual pertenecen la Regiones Pacífico Norte, Sur y Central, con dos estaciones bien definidas, la húmeda y seca (Solano y Villalobos).

Quesada (2007), citando a Gómez (1985) resalta la importancia del factor altitudinal en la determinación de las regiones climáticas, concluyendo que existen 5 regiones climáticas principales:

1. Pacífico Norte o seco: ocupa el cuadrante NW del país, limitado por el Océano Pacífico y la Cordillera de Volcánica de Guanacaste, con una precipitación promedio anual de 2.000 mm y temperaturas promedio de 27°C.
2. Pacífico Sur o húmedo: ocupa el cuadrante SW, limitado por el Océano Pacífico y la Cordillera de Talamanca. Compuesto por la zona costera, al oeste de la Cordillera Costera o Brunca, y el Valle del General. La precipitación promedio anual es de 3.450 mm en el Valle; en la faja costera se registran precipitaciones mayores a 5.000 mm. La temperatura promedio es de 26°C.
3. Valle Central: limitado por la Cordillera Central, las estribaciones de la cordillera de Talamanca y los Cerros de San Miguel, con una precipitación promedio de 2.400 mm y 20°C de temperatura. Altitud media de 1.100 metros sobre el nivel del mar (msnm).
4. Vertiente del Norte: limitada por las Cordilleras Volcánicas de Guanacaste y Central, el Caribe y la frontera política con Nicaragua. Registra un promedio anual de precipitación de 4.300 mm y de 22° de temperatura.
5. Caribe o Zona Atlántica: se localiza entre las cordilleras y el mar Caribe, desde el río Colorado hasta la frontera con Panamá. El promedio de precipitación es de 4.000 mm anuales y una temperatura promedio anual de 22°C.

El territorio nacional ha evolucionado para formar una gran variedad de suelos (cuadro 9); sobresalen los órdenes inceptisol, ultisol, andisol y entisol (consecuencia de los aspectos climáticos y topográficos).

**Cuadro 9. Principales órdenes de suelos en Costa Rica**

Orden	Km <sup>2</sup>	Porcentaje
Inceptisoles	15642	38.9
Ultisoles	8402	21.0
Andisoles	5874	14.4
Entisoles	4963	12.4
Alfisoles	3857	9.6
Vertisoles	621	1.6
Molisoles	546	1.4
Esodosoles	62	0.9
Oxisoles	60	0.2
Histosoles	390	0.0

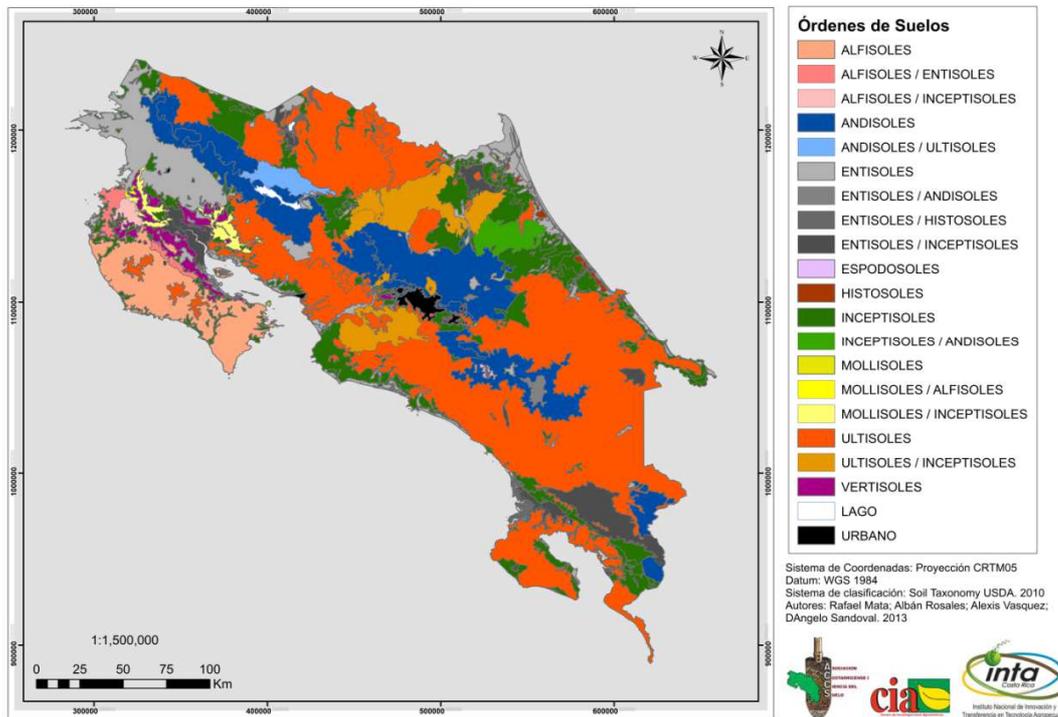
Fuente: Mata R. 1991. Los órdenes de suelos de Costa Rica; Tomado de: Ibañez, J.J. 2007. Los suelos de Costa Rica, República Dominicana y Haití



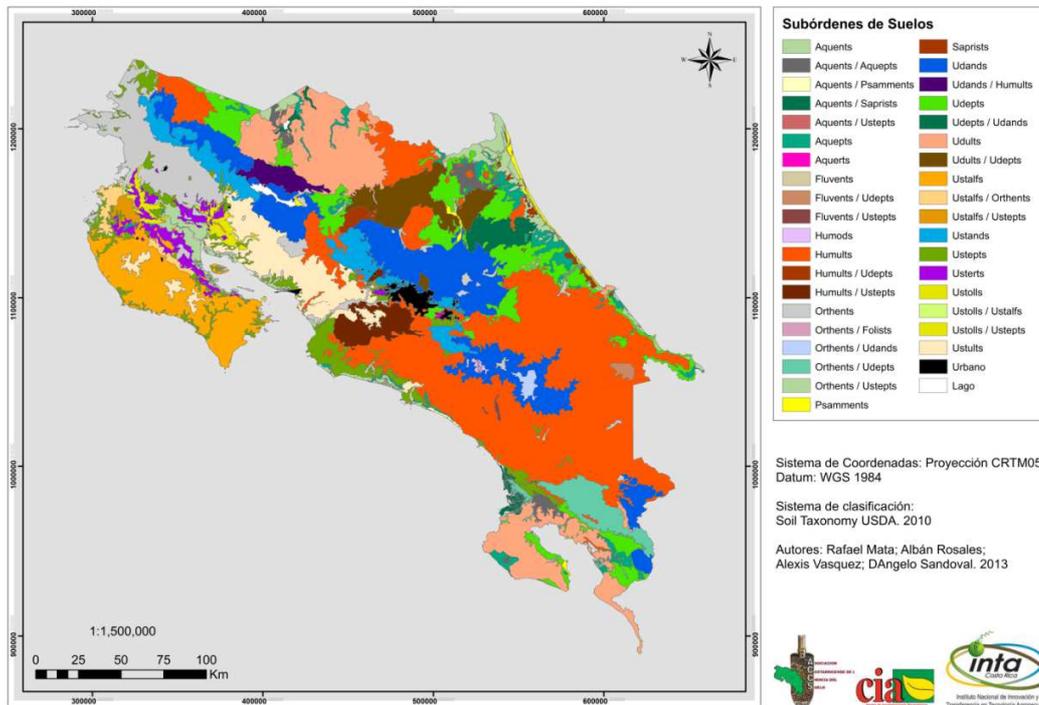
Figura 2. Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica

Tomado de: Solano J; Villalobos R. Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica

## ÓRDENES DE SUELO DE COSTA RICA



## SUBÓRDENES DE SUELO DE COSTA RICA



**Figura 3. Órdenes y subórdenes de suelos de Costa Rica.**

Fuente: Mapa digital de suelos de Costa Rica. Universidad de Costa Rica, Laboratorio de Recursos Naturales, Centro de Investigaciones Agronómicas. 2013

## 2. Selección de especies para plantación

### 2.1 Factores para la selección de las especies: decisión política

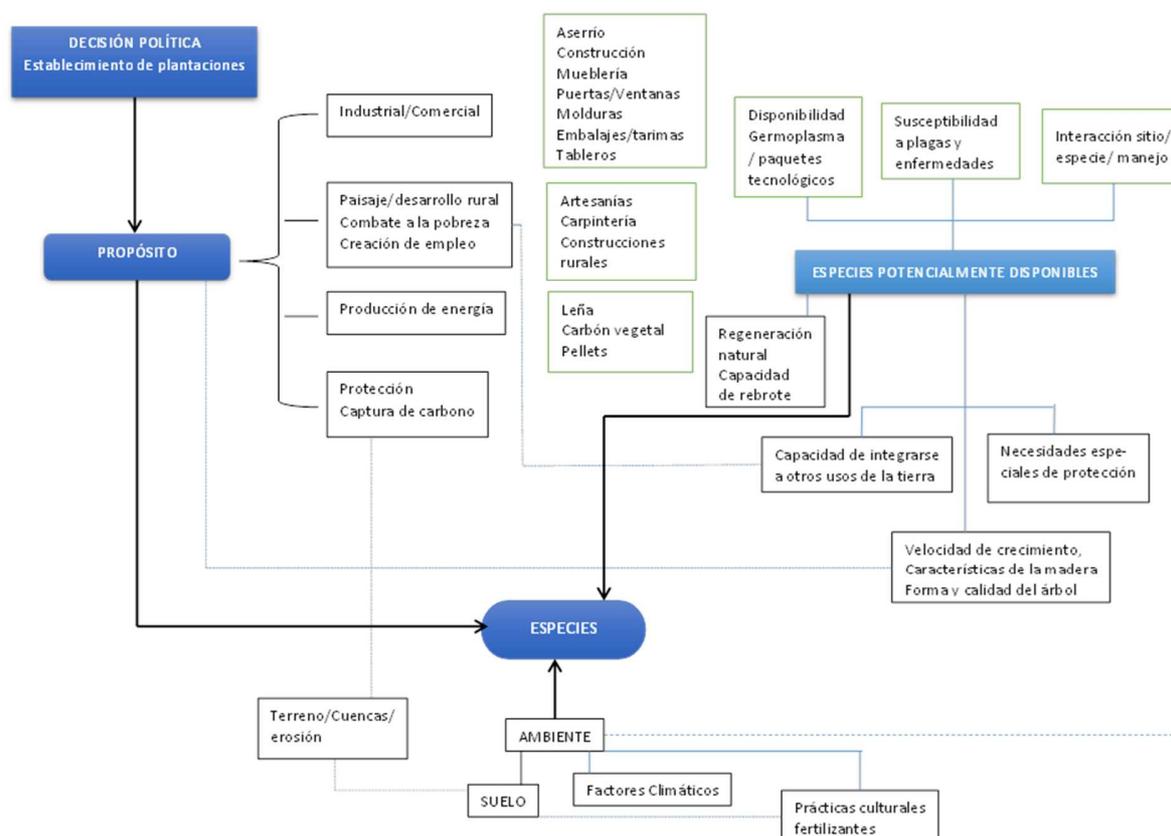
De manera general la selección de una especie para cualquier tipo de cultivo depende en mayor proporción de los siguientes factores (Iglesias, 2013): los objetivos del cultivo; consideraciones geográficas y climáticas; cualidades de cultivo de los organismos; aceptación por el consumidor y la facilidad de venta; el costo de producción y el consumo interior con respecto a las exportaciones. Es claro que los objetivos del cultivo, condicionados por el mercado, son los factores predominantes para la definición de que especies cultivar; esto es válido tanto en el cultivo de productos agrícolas, producción ganadera, cultivo de peces y cualquiera otra decisión de producción y, obviamente, al decidir que especies forestales plantar para responder a los diferentes objetivos que se haya planteado un país, una empresa o un productor individual.

En 1960 Flinta (FAO, 1960) citando a Champiom y Brasnett (1959) reconocía que en todo programa de plantaciones lo primero que hay que determinar es la necesidad de hacer las plantaciones forestales, de acuerdo a los productos y aplicaciones deseadas; posteriormente Evans (1982, 1992) indicaba que lo primero, indicando la necesidad de hacer plantaciones, es la decisión política, decisión basada en el propósito de las plantaciones; modernamente se reconoce que el propósito depende de varios factores, siendo en el caso de las plantaciones comerciales, el mercado uno de los principales; al identificar el propósito, conociendo las condiciones ambientales de los sitios o terrenos disponibles para reforestar, la disponibilidad de información sobre las especies potenciales y sus limitaciones, es posible determinar con un alto grado de certeza, que especies seleccionar (figura 4).

El artículo 1° de la Ley Forestal N° 7575 del 5 de febrero de 1996 establece: Es “función esencial y prioritaria del Estado, velar por la conservación, protección y administración de los bosques naturales y por la producción, el aprovechamiento, la industrialización y el fomento de los recursos forestales del país destinados a ese fin, de acuerdo con el principio de uso adecuado y sostenible de los recursos naturales renovables. Además, velará por la generación de empleo y el incremento del nivel de vida de la población rural, mediante su efectiva incorporación a las actividades silviculturales”; el Capítulo III de la misma Ley, relacionado con el “fomento de las plantaciones forestales” establece en el artículo 28 la “Excepción de permiso de corta” que “las plantaciones forestales, incluidos los sistemas agroforestales y los árboles plantados individualmente y sus productos, no requerirán permiso de corta, transporte, industrialización ni exportación...”.

En agosto de 2011 el Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones formuló y emitió el denominado “Plan Nacional de Desarrollo Forestal: 2011 – 2020” considerado “un marco de política sólido e innovador que reconozca su valor e importancia para la sociedad. De esta manera se visibilizarán las relaciones y conexiones que tiene el Sector Forestal con otras agendas de desarrollo igualmente importantes, como lo son la producción de energía limpia, la provisión de agua para consumo humano y agropecuario, el turismo y otros usos del suelo que mantienen vínculos inseparables con las actividades forestales”. Este Plan Nacional de Desarrollo Forestal (PNDF) tiene como misión “Asegurar la implementación y consolidación de la política forestal del país, que contribuya al desarrollo sostenible en su dimensión social, económica y ambiental”, reconociendo que para que “el país pueda mantener y aumentar su cobertura forestal, la actividad debe ser rentable y sostenible, para esto es fundamental mejorar la rentabilidad del uso forestal de la tierra, de sus productos maderables y no

maderables y asegurar el reconocimiento de sus externalidades positivas (servicios ambientales, ecológicos, recreativos y culturales)”.



**Figura 4. Factores influyentes en la selección de especies para plantación (modificado de Evans, 1992)**

El PNDF definió como Política superior para el subsector forestal: “la cobertura forestal del país se mantiene y aumenta sosteniblemente mediante la valorización de bosques y demás ecosistemas y terrenos forestales, de manera que garantiza la seguridad jurídica, el régimen de tenencia de la tierra y el derecho de los propietarios y poseedores al uso de la propiedad privada para asegurar bienes y servicios imprescindibles para la calidad de vida de los habitantes”.

Adicionalmente puntualizó doce políticas forestales, entre las que se destacan, por su relación con las plantaciones, las siguientes:

1. Política 03: garantizar el abastecimiento sostenible de bienes maderables y no maderables y los servicios ambientales, fomentando las plantaciones forestales, sistemas agroforestales, el manejo sostenible de los bosques y la regeneración natural.
2. Política 07: desarrollar instrumentos financieros novedosos, y fortalecer los existentes, orientados al manejo forestal sostenible, incluyendo la protección, la regeneración y el establecimiento de sistemas agroforestales y plantaciones forestales, así como la

industrialización y comercialización de los bienes y servicios generados por los ecosistemas forestales.

3. Política 08: fomentar en los sectores público y privado, el consumo de madera nacional de fuentes legales y sostenibles.
4. Política 09: fomentar la producción y el consumo de energía renovable proveniente de productos forestales de fuentes legales y sostenibles.

De acuerdo con lo establecido en el PNDF, se deben fomentar las plantaciones forestales y sistemas agroforestales (además de manejar en forma sostenible los bosques); para fomentar estas plantaciones se deben desarrollar instrumentos financieros novedosos (por ejemplo incentivos orientados a la reforestación, no atados a aspectos diferentes a la producción, créditos con intereses adecuados a la actividad -periodo de producción, plazo de retorno y costo tanto de producción como de manejo y transformación-) se reconoce que uno de los mayores incentivos es el fomento del consumo de madera producida nacionalmente, es decir asegurar el mercado para la madera de los productores locales, además de la posibilidad de producir energía a partir de la madera proveniente de la reforestación nacional.

El problema detectado en el desarrollo de diferentes investigaciones, incluyendo la consultoría “Fomento de la Reforestación comercial para la mejora y conservación de las Reservas de carbono”, es que a pesar de la existencia de políticas claras, las mismas no se están materializando en instrumentos efectivos: la madera producida por las plantaciones no logra satisfacer la demanda nacional, no existen instrumentos financieros orientados a estimular el establecimiento de plantaciones comerciales -no se ha definido el objetivo nacional de las plantaciones- y, sobre todo, el sector público (y privado) no fomentan el consumo de madera producida en plantaciones nacionales.

## 2.2 Las especies para satisfacer el objetivo seleccionado

Países como Brasil, Chile, Argentina, Uruguay y Paraguay, en América del Sur han concentrado sus esfuerzos de reforestación en unas pocas especies (generalmente de los géneros *Eucalyptus* y *Pinus*), para la producción de astillas para pulpa para la producción de papel, la producción de madera para diferentes usos, o con fines energéticos, mientras que en las islas del Caribe las principales especies plantadas corresponden a los géneros *Pinus*, *Swietenia*, *Cedrela* y en algunos casos *Acacia* o *Casuarina*, para el consumo local (muebles y fines energéticos). Otros países, han seleccionado un mayor número de especies, que responden a la variabilidad climática derivada de las diferencias de altitud, la distribución de las lluvias y el uso anterior y potencial de la tierra.

La definición del uso futuro de las plantaciones, es decir el mercado al cual va a servir (cuadro 10), permite, a quienes desean involucrarse en el establecimiento de plantaciones, definir con cuales especies trabajar, en que turnos (ciclos de corta), la intensidad de las inversiones, el área a establecer. Adicionalmente permite conocer e identificar los principales aspectos de seguridad jurídica necesarios para tomar los riesgos de inversión.

Cuadro 10. Aspectos relevantes para el desarrollo de plantaciones forestales

	PROCESAMIENTO			Consumidor final
	Primario	Secundario	Terciario	
  	<p>Aserraderos</p> <p>Aserraderos portátiles en bosque (incluyendo motosierras)</p>	<p>Vigas</p> <p>Columnas de madera</p> <p>Tablas</p> <p>Listones</p> <p>Duelas</p> <p>Bloques</p> <p>Pisos</p> <p>Ventanas</p> <p>Marcos</p> <p>Energía</p>	<p>Piezas para construcción</p> <p>Piezas para muebles</p> <p>Postes</p> <p>Tutores</p> <p>Embalajes</p> <p>Carrocerías</p> <p>Vehículos</p> <p>Estructuras</p>	<p>Constructoras</p> <p>Edificios</p> <p>Condominios</p> <p>Casas</p> <p>Construcción en general</p> <p>Recubrimientos</p> <p>Fabricantes de muebles</p> <p>Artesanos</p> <p>Uso en vehículos</p> <p>Usos navales</p> <p>Sustitución de hormigón</p> <p>Trabajos en general</p>
 	<p>Captura y almacenamiento carbono</p> <p>Laminado</p>	<p>Tableros compensados (contrachapados)</p>	<p>Piezas para construcción civil</p> <p>Piezas para muebles</p> <p>Estructuras</p> <p>Partes para vehículos</p> <p>Usos diversos</p>	
<i>El mercado futuro determina las acciones de hoy</i>				
 	<p>Astillas</p>	<p>Paneles reconstituidos</p> <p>MDF</p> <p>Tableros de partículas (aglomerados)</p> <p>OSB (oriented strand board)</p>	<p>Piezas para construcción civil</p> <p>Piezas para muebles</p> <p>Estructuras</p> <p>Partes para vehículos</p> <p>Usos diversos</p>	
		<p>Celulosa y papel</p>	<p>Industria de papeles</p>	<p>Papeles de escritura, sanitarios</p> <p>Cartones</p> <p>Otros papeles</p>

Modificado de: Wiechetck, Marcelo. 2010. Tendencias mundiales en el desarrollo de plantaciones forestales de especies tropicales.

Respecto a cuál especie utilizar, la selección depende del objetivo de la plantación o sistema agroforestal, las especies disponibles y las características del sitio a plantar. El objetivo puede ser de carácter mercantil: producción de madera para los mercados locales o internaciones, producción de muebles y productos con alto valor agregado, tableros, artesanía; madera para construcción o usos rurales; madera para energía, etc. (Martínez, 1986; 1988; 1989; Wadsworth, 2000).

Otra posibilidad puede ser la protección (de cuencas, suelos y cultivos, ganado y pastizales, propiedades privadas), la recuperación de suelos degradados, la prevención de impactos negativos, y combinado con todos estos usos, o de manera exclusiva, para el almacenamiento de carbono en la madera, mantillo y el suelo. También puede pensarse en la producción de semillas, frutos para consumo humano y/o animal, forraje; el embellecimiento del paisaje y la mitigación de extremos climáticos. De esta forma, se pueden tener múltiples objetivos y condiciones locales, por lo que, seguramente, se requieren especies diferentes, para satisfacer estos objetivos.

Costa Rica no ha definido una política específica respecto al propósito u objetivo (madera o tipos de producto a partir de ella) de las plantaciones (lo que indirectamente incide en la falta de definición de cuales especies plantar).

Hay indicaciones indirectas respecto a los posibles objetivos de las plantaciones en el país: se requiere madera para embalajes, principalmente tarimas (por tanto especies como melina, pino, gallinazo y botarrama, entre otras podrían usarse) construcción, es decir utilizables en edificaciones, piezas estructurales -columnas, vigas, emplantillado-, molduras, techos, puertas, ventanas y marcos (especies como cedro, caoba, teca, melina, ciprés, laurel, pilón, pino, eucalipto, almendro, roble sabana, roble coral, surá, fruta dorada, podrían ser consideradas), muebles (almendro, cedro, caoba, teca, melina, ciprés, laurel, pilón, pino, roble sabana, surá), madera para exportación (teca, almendro, cedro, caoba, melina), además de tableros (melina, teca, eucalipto, pino, entre otras) y artesanías (surá, teca, melina, laurel, caoba, ciprés, pilón). Esto condiciona parcialmente cuales especies plantar.

Algo muy conocido es que cada uso de la madera requiere de ciertas calidades físico-mecánicas, de apariencia, durabilidad, resistencia natural a hongos e insectos de la madera, por lo que el primer paso para obtener estas características es la selección inicial de las especies (Martínez, 1986).

### 2.3 Disponibilidad de tierras

Aunque no se dispone de información actualizada, ya que no se dispone de un censo agropecuario nacional reciente, la información disponible<sup>1</sup> muestra que entre 1950 y 1984 las fincas menores de 5 ha pasaron de ser el 44% del total en el país al 47%; las fincas entre 5 y 9,9 ha pasaron del 10% al 13% y las fincas menores de 50 h alcanzaron el 27,1%; esto significa que en 1984 el 60% del total de fincas rurales tenían menos de 10 ha de extensión y el 87,1% era menor a 50 ha y cubrían el 25% de la extensión del país; esta tendencia no parece haber cambiado sensiblemente, y explica parcialmente el comportamiento de las plantaciones entre pequeños productores rurales. En 1984 el 12,9% de las fincas ocupaban el 75% de la superficie agrícola del país y eran mayores a 50 ha, dedicadas entre otras cosas, a monocultivos agrícolas y ganadería. El tamaño pequeño de las propiedades limita el tamaño de las posibles plantaciones a establecer en las mismas.

---

<sup>1</sup> FLORES, E. Geografía de Costa Rica, EUNED, 1999.

Una característica adicional que debe tomarse en cuenta es que no todos los predios rurales tienen bien establecida su condición jurídica respecto a la propiedad, lo que limita la posibilidad de ser beneficiarios de los sistemas de incentivos, créditos o del pago por servicios ambientales utilizados como incentivos en el país.

Un aspecto importante a tomar en cuenta para el establecimiento de cualquier especie (agrícola o forestal) es el costo de la tierra frente a otros usos alternativos (costo de oportunidad); un estudio de Navarro y Bermúdez (2006) indicaba como precios esperados de la tierra en ese año, para diferentes usos, los siguientes: terrenos de clase II, mecanizables y fértiles, aptos para el cultivo del banano (tierra limpia) un promedio de ₡5.200.000/ha, (\$10.200 dólares corrientes al tipo de cambio de la época); terrenos más ondulados aptos para piña tenían un precio de ₡3.500.000/ha (\$6.865), y terrenos aptos para ganadería (Clase V y VI) tenían precios de ₡2.000.000/ha (\$3.925) y para bosque natural tropical en terrenos de clase VII y VIII el precio era de ₡1.500.000/ha (\$2.940). Estos costos no han disminuido y actualmente se estima que la hectárea de tierra para cultivos como palma africana o similar a los de piña tiene precios que oscilan entre \$8.000 y \$12.000 (entre el 116% y el 174% del costo en 2006, a precios corrientes del presente); terrenos en clases V y VI tienen precios que varían entre \$4.000/ha y \$5.000/ha.

Este valor esperado de la tierra (costo de oportunidad para el propietario de un terreno que puede ser vendido a estos precios) constituye una carga pesada si se decide utilizarla para establecer un proyecto forestal de reforestación y puede constituirse en un factor limitante para la inversión forestal.

#### **2.4 Disponibilidad de germoplasma y limitaciones de las especies**

La selección de las especies depende de la disponibilidad local de semillas o plántulas de calidad, producidas localmente, o, en caso de ser importadas, disponibles en mercados externos. Las especies deben ser en lo posible, resistentes a plagas y enfermedades, adaptadas a condiciones cambiantes del clima: la variabilidad climática actual somete a condiciones de estrés hídrico, exceso de humedad y altas temperaturas a las especies en los diferentes ambientes nacionales.

Es conocida, además, la variabilidad de pisos térmicos presentes en el país, así como la variación de los suelos (calidad, textura, acidez, etc.) en las diferentes zonas y en distancias cortas: por ejemplo concentraciones altas de hierro, aluminio o manganeso, alta acidez, inmovilidad de algunos nutrientes, o carencias de fertilidad, así como limitaciones por presencia de capas endurecidas, pisoteo de ganado, inundaciones o excesos de agua presente en el suelo. Estos factores deben ser conocidos adecuadamente, antes de definir una especie para una localidad en particular.

De acuerdo con información de campo recolectada durante el desarrollo de la consultoría "Fomento de la Reforestación Comercial para la Mejora y Conservación de las Reservas de Carbono", algunos productores indican que material reproducido vegetativamente (clonado) para especies como teca y melina crece de manera más rápida, alcanza volúmenes mayores y con fustes con menores defectos (torceduras, ramas bajas, nudos muertos) que material obtenido de semilla; es necesario comprobar de manera sistemática estos logros, además de conocer la calidad de la madera obtenida para los usos previstos.

El tamaño de las propiedades de los productores rurales condiciona la extensión de las plantaciones que podrían establecerse y por tanto limitar las economías de escala que podrían obtenerse; esto hace

necesario, entonces, definir estrategias que incentiven el establecimiento de árboles en estas propiedades, así como el mejoramiento de la economía de los productores: la utilización de especies con alto valor percibido, con mercado establecido, o alta posibilidad de establecerse en el futuro inmediato, con multiplicidad de usos (y por tanto opciones variadas de mercado), con posibilidad de cultivarse en asocio con otras especies forestales, especies agrícolas (sistemas agroforestales) o combinadas con producción ganadera (sistemas silvopastoriles), resistentes a plagas y enfermedades y a sequías prolongadas, disponibilidad de germoplasma de calidad alta, a nivel local, adaptadas a diferentes condiciones climáticas y de suelos.

## **2.5 Eficiencia (coeficiente) de aprovechamiento**

Es tradicional contar con sistemas poco eficientes de aprovechamiento, generadores de grandes cantidades de residuos tanto en bosque como en aserraderos y plantas de transformación, sin beneficio económico para los productores; estos residuos se abandonan en el bosque (o plantación), o en los patios de los aserraderos primarios, constituyendo más un problema que un recurso.

Razones para esta situación: falta de planificación (uso de madera de diferentes diámetros, para diferentes productos como aserrío, tarimas, astillas para pulpa, pellets o tableros, leña, carbón), localización de los bosques o plantaciones (alto costo de extracción y transporte), selección poco cuidadosa de la especie (sin mercado, diversidad de objetivos, no adaptada a las condiciones del lugar) y falta de tradición en el uso intensivo de los productos (ineficiencias tradicionales, derivadas de una mala concepción de la “abundancia del recurso”, o falta de asistencia técnica); ineficiencia de herramientas y maquinaria de extracción y transformación.

Las especies utilizables para un programa de reforestación comercial deben tener la posibilidad de ser utilizadas para diferentes usos, o sus partes poder utilizarse en diferentes productos; adicionalmente los residuos propios de cada operación deberían ser susceptibles de usarse para operaciones complementarias como producción de energía, tableros aglomerados, pellets, etc. Esto requiere planificación adecuada en cuanto especie, localización, eficiencia del aprovechamiento y de la maquinaria utilizada para extracción y transformación, y por tanto asistencia técnica adecuada a los productores.

## **2.6 Crecimiento de las especies**

De acuerdo con Wadsworth (2000), las plantaciones forestales son deseables donde (i) el área de bosques naturales disponible es inadecuada para satisfacer las necesidades de la sociedad; (ii) el crecimiento del bosque natural es muy lento para satisfacer la demanda de productos forestales, sobre la base del rendimiento sostenido; (iii) los bosques naturales están muy dispersos para permitir un aprovechamiento económico de los mismos, y (iv) el transporte de la madera proveniente de bosques naturales incurre en costos tan altos, que hace económicamente inadecuada la operación. Evans (1992) contrasta los factores negativos y positivos que fomentan la reforestación. Entre los factores negativos nombra la destrucción pasada y actual de los bosques naturales, las dificultades de acceso a los bosques remanente y la regeneración natural inadecuada, mientras que los factores positivos son el aumento de la disponibilidad de tierras para plantación, la alta productividad de las plantaciones, el potencial de las plantaciones actuales y los beneficios medioambientales; a ello hay que agregar las políticas nacionales de conservación y preservación de los bosques y, eventualmente, el de fomento de las plantaciones.

Un factor que no se indicado hasta aquí son las preocupaciones (sin suficientes pruebas científicas) que despiertan en ciertos sectores preservacionistas y conservacionistas la utilización de monocultivos forestales; por ejemplo se indica que los pinares acidifican los suelos, los eucaliptos, dado que no son leguminosas, agotan los nutrimentos del suelo, alteran el balance hidrológico, tienen efectos alelopáticos para ciertos cultivos (aunque se sabe que ciertos pastos tienen estos efectos sobre los eucaliptos), así como que los eucaliptos usurpan las mejores tierras de las fincas, utilizables para otros cultivos, o que generan menos empleo que otros cultivos; pero estas mismas preocupaciones pueden extenderse a monocultivos agrícolas u otras actividades.

El crecimiento de los árboles individuales y las plantaciones en madera aprovechable (casi siempre referida a madera aserrable por encima de 10 cm de diámetro en punta delgada), y el volumen total resultante, es función de una combinación de factores propios de la especie, las condiciones del sitio, el manejo y las técnicas de aprovechamiento. Los productores forestales, tal vez influenciados por los resultados con cultivos agrícolas, están esperando cosechar sus árboles en periodos relativamente cortos, lo que hace que muchas veces la madera no haya adquirido la suficiente madurez para un uso específico (no es lo mismo producir madera para usos estructurales, que para muebles, o para embalajes, astillas para pulpa o leña). Definir previamente el objetivo de la plantación, de acuerdo con las condiciones objetivas del mercado, es absolutamente necesario para fijar los ciclos de corta, prácticas de aprovechamiento y reposición de las plantaciones.

El crecimiento de las especies plantadas es un elemento tomado muy en cuenta al momento de decidir el establecimiento de una plantación. Evans (1992) y otros, citados por Wadsworth (2000) indican que la productividad estimula el establecimiento de plantaciones en los trópicos (cuadro 11):

**Cuadro 11. Productividad de plantaciones forestales en el trópico**

Espece	Rotación (años)	Rendimiento (m <sup>3</sup> /ha/año)*
Eucaliptos	7-20	≤ 60
Gmelina arborea (Brasil)	10	35
Pinus caribaea (Fiji y Brasil)	8-16	21-40
P. patula (Africa)	15-16	18-19
Swietenia madrophylla (Fiji)	30	14
Tectona grandis	40-80	4-48
Fuente: Evans (1992)		
P. caribaea (varios sitios)	variada	31
Eucalyptus grandis	variada	15
Cupressus lusitanica		10-13
Fuente: Wadsworth (2000) citando a Lugo y otros (1980) y Holdridge (1947).		
* Aunque no indicado explícitamente en la publicación, se refiere a volumen total aprovechable, generalmente con diámetro en punta delgada de 10 cm.		

En el caso costarricense se dispone de información para algunas especies, proveniente de diferentes fuentes (cuadro 12):

**Cuadro 12. Productividad y crecimiento de especies plantadas en Costa Rica**

Especie	Productividad	Rendimiento (m <sup>3</sup> /ha/año) <sup>1</sup>		Fuente	
Tectona grandis	Baja	8,05		Vallejos (1996) citado en: De Camino, R; Morales, J. P. (editores) 2013. Las plantaciones de teca en América Latina: mitos y realidades.	
	Media	14,88			
	Alta	21,66			
	Excelente	≥21,66			
Tectona grandis	Alta 4 raleos	edad	Total*	Duramen**	Pérez, D. 2005. Stand growth scenarios for <i>Tectona grandis</i> plantations in Costa Rica.
		8	35	10	
		12	71	28	
		18	48	24	
		24	41	22	
		30	191	111	
	Total	386	195		
	Alta 3 raleos	edad	Total*	Duramen**	
		8	42	11	
		12	59	23	
		16	47	22	
		20	193	99	
Total		340	155		
Gmelina arborea	Marginal	6.8		Vallejos (1996) citado por Rojas, F et al. 2004. Manual para productores de melina ( <i>Gmelina arborea</i> ) en Costa Rica.	
	Baja	6.79-15.33			
	Media	15.34-24.49			
	Buena	24.5-37.77			
	Excelente	≥37.78			
Gmelina arborea	Baja	5.8		Murillo y Valerio 1991. IMA para tres índices de sitio para Gmelina arborea	
	Media	16.2			
	Alta	29.1			
Gmelina arborea	Excelente (sitio 1)	55		Datos IMA para Gmelina arborea registrados por Ston Forestal. citado por CCF (sin fecha)	
	Alto (sitios 2)	45			
	Medio (sitios 3)	35			
	Bajo (sitios 4)	25			
Hieronyma alchorneoides	Promedio (3,8 años)	9,1		Solís C., M.; Moya R., R. sf. <i>Hieronyma alchorneoides</i> en Costa Rica.	

<sup>1</sup> Información presentada tal como en la fuente; generalmente se refiere a volumen total con corteza

\* Volumen de trozas con corteza

\*\* Volumen de duramen, considerada madera comercial

En un estudio en curso (Martínez, 2014) se ha recopilado información de crecimiento para algunas especies plantadas con PSA (datos preliminares), encontrando (cuadro 13):

**Cuadro 13. Crecimiento de algunas especies plantadas con apoyo del PSA en Costa Rica**

Especie	Edad (años)	Diámetro (cm)	IMA diam	Altura com. (m)	IMA altura com.	Lugar/fuente
Tectona grandis	2	3,1	1,55	3,6	1,80	Varias plantaciones en Hojancha, Puntarenas y otros sitios de la península de Nicoya (CACH)
	3	8,4	2,80	7,0	2,33	
	4	11,1	2,78	9,1	2,28	
Gmelina arborea	1	7,8	7,80	6,6	6,60	Varios sitios en Hojancha (CACH)
	2	11,7	5,85	10,2	5,10	
	3	13,3	4,43	12,6	4,20	
	4	14,3	3,58	14,3	3,58	
	5	16,6	3,32	15,7	3,32	
Schizolobium parahyba	2			2,4	1,20	Hojanchha (CACH)
	3	4,0	1,33	4,5	1,50	
	4	8,1	2,02	6,5	1,62	
Tectona grandis	5	8,5	1,70	7,1	1,42	Varios sitios zona norte (CODEFORSA)
Gmelina arborea	5	16,3	3,26	12,4	2,48	Varios sitios zona norte (CODEFORSA)
Vochysia guatemalensis	3	9,0	3,00	7,3	2,43	Varios sitios zona norte (CODEFORSA)

Fuente: Estudio en realización.

Los resultados indicados en el cuadro anterior muestran: para teca el crecimiento varía desde bajo (Zona Norte) hasta mediano (Hojancha), sin poder considerarse rápido en ninguno de los casos presentados; con melina, el crecimiento se puede catalogar como moderadamente rápido (Hojancha) hasta mediano (Zona Norte). Para estas dos especies aparentemente las diferencias biofísicas entre los dos sitios (condiciones climáticas y de suelos) influyen en su comportamiento.

Gallinazo tiene un crecimiento lento en el caso presentado en Hojancha, mientras que el cebo en Zona Norte muestra una velocidad de crecimiento moderadamente rápida.

### 3. Motivaciones y barreras para plantar árboles

#### 3.1 Las motivaciones

Es claro que todo productor debe conocer exactamente que quieren sus clientes, es decir, en primer lugar deben existir clientes para lo que pretende producir, y conocer cuáles son los requerimientos de estos clientes. El productor debe, por tanto, conocer qué resultados esperan sus clientes (en calidad, cantidad y precios) cuando compren y usen sus productos, así como que actividades desarrollan para

obtener dichos resultados (usan el producto tal como lo compran, lo transforman, lo usan para producir nuevos bienes). La madera no escapa a esta lógica: si los compradores usan la madera para construcción, muebles o embalajes, por ejemplo, las especies requieren propiedades físico mecánicas, medidas y condiciones de secado específicas para estos usos.

El productor forestal, por tanto, requiere saber quién compra, cómo compra, cuánto compra, por qué compra, donde compra, para poder determinar el grupo objetivo de su producción, el tamaño del mercado, las tendencias de este mercado; cuáles y quiénes son sus competidores (por ejemplo otros proveedores internos y externos), cómo son sus competidores, cuáles son sus fortalezas y cuáles sus debilidades, hacia donde va esta competencia. Por otro lado el productor forestal debe conocer perfectamente cuales son las tendencias en la producción, en las finanzas, en el mercadeo, en los desarrollos tecnológicos, la investigación, y sobre todo con qué medios o recursos cuenta para producir.

Es decir, el productor forestal debe conocer la estructura del mercado en el que va a intervenir, para que su oferta responda a las necesidades, sea competitiva y tenga una alta probabilidad de éxito. Un buen conocimiento de estos factores (el mercado) constituye, quizá, la mayor motivación para el fomento de la reforestación. Lamentablemente no se tiene información sistematizada sobre estos aspectos.

Es relevante que la existencia actual de un mercado (compradores) externo para una de las principales especies plantadas (teca) ha fomentado el establecimiento de plantaciones grandes de esta especie (se estima que existen actualmente cerca de 40.000 ha plantadas con la especie; en 2010 CATIE indicaba la existencia de 31.500 ha).

De acuerdo con Barrantes (2006), los diferentes programas de incentivos forestales de las décadas de los 80s y 90s del siglo XX permitieron el establecimiento de más de 150.000 ha de plantaciones, mientras Arias (2004) indicaba la existencia de 171.000 ha como resultado de las políticas de fomento aplicadas por diferentes gobiernos y de la inversión del sector privado en los 30 años anteriores; Arce y Barrantes (2004), en su análisis del comportamiento de la tasa de reforestación nacional, citando cifras de FONAFIFO, indican que la mayor cifra de reforestación (casi 10.000 hectáreas plantadas) se produjo en 1996, fecha a partir de la cual se produjo un descenso drástico en el volumen de plantación, siendo también el año en que se aprobó la Ley Forestal N° 7575, que creó, entre otros, el FONAFIFO; el mismo informe indicaba el desfase entre el volumen cosechado (más de 350.000 m<sup>3</sup> provenientes de las plantaciones) y el volumen disponible, por lo que vaticinaban sobre-cosecha y agotamiento de las plantaciones.

Barrantes (2006), indica que el cambio del programa de incentivos por el de “Pago de Servicios Ambientales” trajo un mayor énfasis a la preservación de los bosques, disminuyendo el énfasis en las plantaciones, las cuales eran, según la ONF, el cultivo de mayor extensión en el país y se esperaba que las plantaciones suplieran la demanda de madera en el país; actualmente, como ya se indicó, el Mapa de Tipos de Bosques de Costa Rica-2013 estableció la existencia de 74.627 ha de plantaciones. Por otro lado, según la ONF (2013), en 2012 se importaron \$79,4 millones de dólares, de los cuales el 44% correspondieron a madera aserrada, el 12% de madera contrachapada, un 10% en tableros de fibra de madera, y un 10% de obras y piezas de carpintería, siendo Chile, China, Estados Unidos y Guatemala los proveedores de estas importaciones.

El efecto del cambio de prioridad hacia la protección trajo como consecuencia una disminución en la tasa de establecimiento de plantaciones que tenía el país al comienzo de este siglo; diversas empresas privadas han centrado sus esfuerzos en el establecimiento de dos o tres especies para las cuales han desarrollado sus propias estrategias de marketing y han establecido áreas relativamente grandes de plantación (en el contexto costarricense); sin embargo, los pequeños productores se han visto sometidos a diferentes factores limitantes (aunque muchos de estos factores también afectan a los emprendimientos grandes).

Un estudio realizado por Umaña (2010) entre profesionales forestales, de otras profesiones y pequeños productores, identificó como factores motivadores para el establecimiento de plantaciones, los siguientes (cuadro 14):

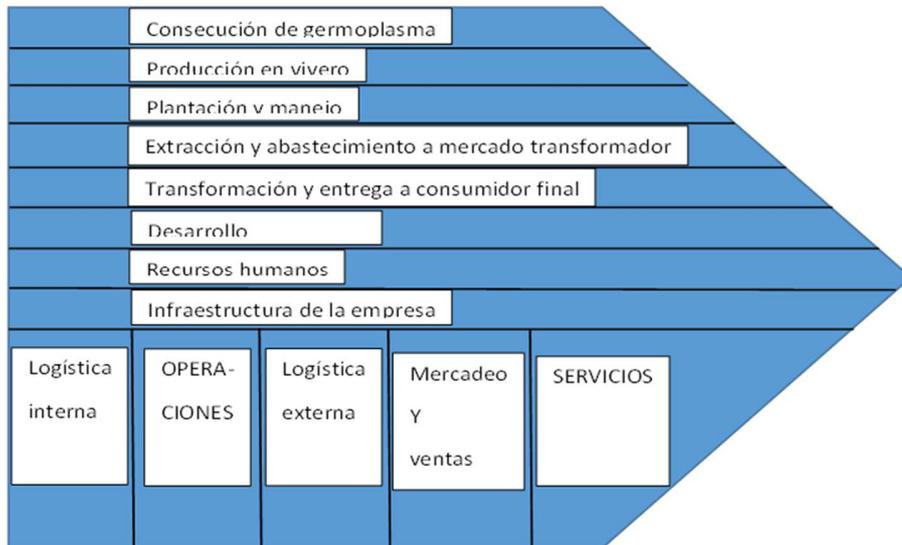
**Cuadro 14. Factores motivadores de la reforestación**

No.	Categoría	Motivación
1	Ambiental	Conservación de la biodiversidad y belleza paisajística Conservación del recurso hídrico
2	Cultural	Satisfacción personal
3	Económico	Pago por Servicios Ambientales Créditos de Fondo Nacional de Financiamiento Forestal Disminución de costos para evitar la silvigénesis
4	Mercadeo	Atractivo mercado internacional de la madera
5	Legal	Libre corta Deducción del impuesto territorial o bienes inmuebles Protección de invasión contra bienes inmuebles Categoría de inversionista residente
6	Político	Interés interno por fomentar políticas en materia ambiental
7	Científico y tecnológico	Conocimiento de especies, silvicultura y paquetes tecnológicos Producción de plántulas bajo mejora genética Manejo hídrico para la producción de energía hidroeléctrica

Fuente: Tomado y modificado parcialmente de Umaña (2010)

En las motivaciones indicadas no aparecen las de mercado (excepto la exportación, seguramente referida a la teca), lo que podría indicar la carencia de una motivación fundamental en las actividades productivas ya sea por desconocimiento del papel del mercado como factor motivador y básico para la inversión, o más grave, la no existencia de un mercado con demanda y oferta estructurada. Las condiciones actuales del sector forestal se asemejan más a la falta de mercados estructurados para sus productos, es decir mercados donde no es posible estimar, de antemano la rentabilidad final del producto (madera), o las posibles pérdidas; una herramienta que permite conocer la estructura del mercado es la cadena de valor, que en el caso de un empresa estructurada (dirigida, por ejemplo al establecimiento y manejo, aprovechamiento y comercialización de los productos forestales, provenientes de plantaciones) incluiría las etapas de obtención de los terrenos para el establecimiento, planificación y preparación del terreno, obtención del material reproductivo, producción de plántulas, establecimiento y manejo, cosecha y transporte a sitios de transformación primaria, transformación secundaria y entrega a consumidores, el desarrollo propio de la empresa forestal, los recursos humanos necesarios, la creación y desarrollo de la infraestructura propia de la empresa, incluyendo la logística

tanto interna como externa, las operaciones, el mercadeo y ventas de los productos y la prestación de servicios (figura 5).



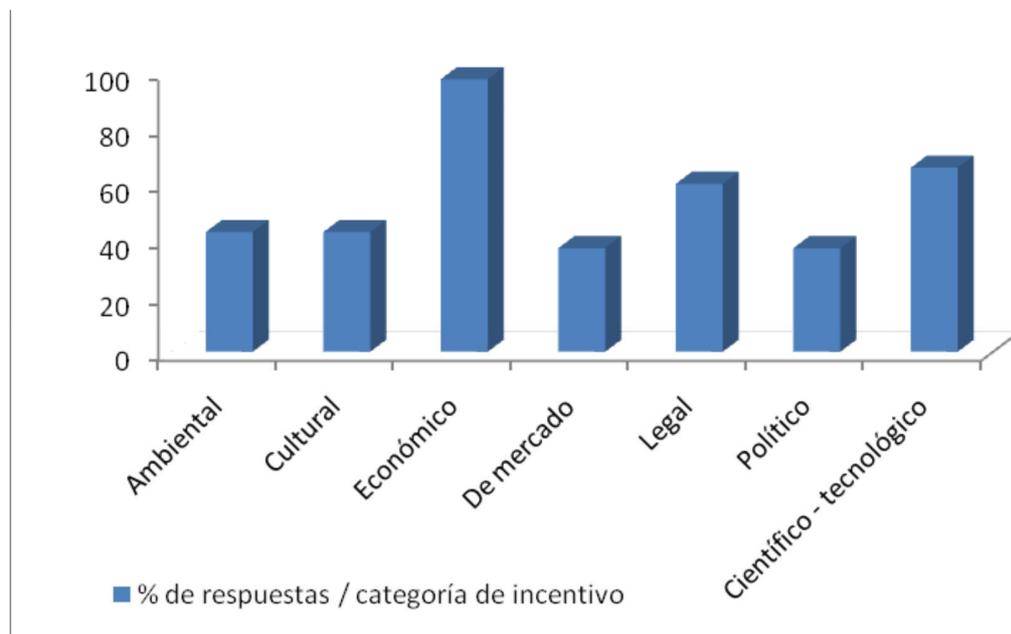
**Figura 5. Esquema idealizado de cadena de valor para una empresa forestal basada en plantaciones** (modificado de Porter, *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance* (1985)).

La ONF señalaba, en 2006, que “la ausencia de una estrategia para la producción e industrialización de la madera, y la competencia entre productores para ofrecer tarimas a bajos precios, hizo que muchos productores recibieran menores ingresos por venta de la madera”, es decir pareciera que había cierto grado de estructuración entre los intermediarios y transformadores primarios, pero no entre los productores de la madera, lo que constituye una imperfección del mercado.

La existencia de un mercado potencial de astillas para la producción de pulpa para papel provenientes de melina impulsó, a finales de los años 80s y principios de los 90s del siglo anterior, el establecimiento de plantaciones de esta especie en la zona sur del país y otras regiones; al verse restringida la posibilidad de exportación de las astillas, la madera de las plantaciones fue utilizada para la producción de tarimas (pallets): la existencia de un mercado real o potencial estimuló el establecimiento de las plantaciones; en los primeros años del siglo XXI la existencia de mercado para la madera de teca estimuló la plantación de esta especie, llegando a sustituir, en el caso de Hojancha, a la melina.

La figura 6, tomada de Umaña, muestra el valor relativo de las motivaciones entre el personal de la muestra en su estudio. Es interesante ver que la motivación más importante para el personal participante es el monetario (llamado económico) y dentro de este, la recepción del PSA (percibido por muchos más como un incentivo que un pago por los servicios ambientales), aunque, también se mencione el interés de no permitir el establecimiento de la regeneración natural (silvigénesis o restablecimiento del bosque en áreas desmontadas ya sea para uso agrícola u otros usos, carentes de árboles) que impediría el cambio de uso posterior. Esta última motivación es perversa para las plantaciones, ya que su objetivo no es la producción (de madera) sino el cubrimiento del suelo; en un escenario de captura y almacenamiento de carbono, sin ligamen con la producción, pareciera una motivación adecuada a la estrategia de carbono neutralidad del país. Otro factor importante para cierta

categoría de productores es la reducción de los impuestos territoriales, aunque para los grandes productores el incentivo real al que aspiran es la reducción o eliminación del impuesto a la renta.



**Figura 6. Las motivaciones para el establecimiento de plantaciones (% en la muestra)**

Tomado de: Umaña P., R. A. 2010. Incentivos y barreras para la inversión en plantaciones forestales en Costa Rica.

En el ámbito científico tecnológico se destaca como un incentivo la existencia de paquetes tecnológicos para las especies plantadas. En este sentido es relevante la existencia de un paquete bastante avanzado para la teca, la que, como se anotó anteriormente, tiene un mercado relativamente desarrollado, lo que ha estimulado la investigación y el desarrollo del conocimiento; situación similar sucede con melina, aunque para esta especie han aparecido limitaciones relacionadas con el manejo de enfermedades (poco desarrollo de investigación orientada a solucionar problemas específicos de una especie importante). Para otras especies como cebo, pilón, roble coral, y en menor proporción ciprés, pinos, eucaliptos y otras, existen descripciones y manuales semi-detallados, sin llegar al nivel de avance de la teca y la melina.

### 3.2 Las barreras

Se han identificado diferentes barreras al establecimiento de las plantaciones; la falta de un mercado estructurado sobresale entre todas. El estudio de Umaña (2010) identifica como barreras a la inversión en plantaciones, las siguientes (cuadro 15):

**Cuadro 15. Barreras a la inversión en plantaciones**

No.	Categoría	Barrera
1	Cultural	Cortoplacismo Decepción de antiguos productores Individualismo entre profesionales forestales Subestimación del conocimiento técnico del profesional foresta
2	Económico	Valor elevado de la tierra Costo de oportunidad frente a otras actividades productivas Desorganización de los productores pequeños Costo de los combustibles y otros insumos
3	De mercado	Desarticulación de la producción respecto a la comercialización Competencia de maderas importadas Informalidad de la actividad comercial y falta de transparencia de intermediarios, madereros e industrias Desventaja en mercado externo al no llenar estándares internacionales
4	Legal	Impunidad (corrupción) para el cumplimiento de normas jurídicas forestales Inseguridad jurídica respecto a normas forestales Derogación de la exención de impuestos sobre ganancias obtenidas Gravámenes sobre inmuebles abarcan las plantaciones Desigualdad en áreas de protección con respecto a otras actividades
5	Político	Plan de desarrollo forestal de políticas muy cambiantes
6	Administrativo	Exceso de trámites burocráticos Dificultades en trámites para la exportación de madera Fondos insuficientes para financiar el PSA Requisitos lentos y engorrosos para optar por PSA
7	Científico- tecnológico	Desconocimiento de suelos idóneos Falta de investigación en plagas Cultura del concreto

Fuente: Tomado y modificado parcialmente de Umaña (2010)

Las barreras identificadas por Umaña coinciden con las identificadas por otros autores (Arias 2004, Barrantes 2006, Navarro y Bermúdez, 2006, Barua y Lehtonen, 2013), y el propio autor. En forma resumida se puede concluir:

1. Las políticas de restricción al aprovechamiento forestal han estimulado la tala ilegal y afectado el abastecimiento de madera; se estimuló la utilización temprana de plantaciones, especialmente para la producción de tarimas, y al no existir una política clara de reemplazo y aumento de la superficie de plantada, éstas han disminuido sensiblemente. Se requiere una política clara de aumento de la superficie de plantaciones, para usos definidos, que permitan establecer incentivos adecuados, con asistencia técnica oportuna y paquetes tecnológicos orientados al tipo de productores involucrados.
2. La falta de estímulos adecuados al establecimiento de plantaciones e industrialización de la madera, es una limitación bastante notable y restringe la expansión de la reforestación comercial: aunque hay definición de políticas orientadas a estimular el sub-sector forestal, la falta de materialización de las mismas en acciones tales como el uso de madera de origen nacional para la producción de muebles para escuelas, oficinas públicas, servicios estatales, viviendas de interés

social restringe el establecimiento de plantaciones; la existencia de un mercado y/o alto consumo de madera con valor agregado, se estimularía la formación de empresas para el secado, confección de muebles y piezas, de ensamblado, empresas de servicios para el manejo de plantaciones, etc., contribuyendo de manera efectiva a la creación de empleo, dinamización de la economía y eliminación de la pobreza.

3. La sustitución del incentivo a la reforestación por el pago por los servicios ambientales proporcionados por el bosque, incluyendo plantaciones, orientados más a la protección, en la práctica ha desincentivado el establecimiento de nuevas plantaciones, ya que se percibe cierta limitación para el aprovechamiento (temprano o/y sin limitaciones, tal como establece el Artículo 28 de la Ley Forestal). Es necesario revisar la conveniencia de establecer un incentivo específico para la reforestación comercial, concibiendo esta como un cultivo, similar a la concepción actual para los cultivos agrícolas.
4. El elevado valor esperado de la tierra para el establecimiento de cultivos como piña, banano, palma africana, frutales, y otros cultivos, o para usos turísticos, ha cargado a las operaciones forestales con un costo de oportunidad muy alto, que constituye una carga muy pesada para la tasa interna de retorno de la operación; se requiere una política clara de ordenamiento territorial, asignando a cada pedazo de tierra el uso para el cual tiene potencial y, por tanto, el valor real para el uso definido.
5. La presencia de intermediarios, que imponen precios bajos a los productores de madera, sin intereses reales en la reposición o incremento de las plantaciones, está afectando negativamente el establecimiento de nuevos emprendimientos;
6. La inseguridad jurídica derivada de políticas mal orientadas de preservación (restricciones al aprovechamiento), o de claridad en los derechos de tenencia, limitan seriamente el incremento del área plantada; en este sentido la aplicación real de lo indicado en el artículo 28 de la Ley Forestal podría mejorar la situación.
7. El tamaño de las propiedades de los reforestadores pequeños implica que las plantaciones serán, también, de tamaño pequeño, eliminando economías de escala, exigiendo una selección cuidadosa de la especie, de acuerdo al objetivo, cercanía a los centros de consumo, altos rendimientos en periodos relativamente cortos y un alto valor de la madera en pie para hacer atractiva la inversión. La conformación de conglomerados productivos (plantaciones-empresas de transformación) permitirían la competitividad de la actividad forestal.
8. A lo anterior se suma la falta de asistencia técnica y seguimiento a productores pequeños mediante un programa de extensión forestal, para garantizar prácticas correctas de selección de especies, establecimiento, manejo y búsqueda de mercados adecuados. La restitución de los servicios de extensión forestal y asistencia técnica a productores, dentro de un verdadero servicio forestal, proporcionados por un ente orientado a la producción, contribuiría a mejorar la situación; ya se han dado muestras de su efectividad en otros países.
9. Es muy conocido que los costos de establecimiento y manejo son altos; los diferentes sistemas de incentivos utilizados en el pasado, así como el PSA actual, cubren parcialmente estos costos. El productor debe asumir un costo alto, especialmente en las primeras etapas del establecimiento; el flujo de caja para satisfacer sus necesidades se hace un factor limitante para la expansión del área plantada. Establecer verdaderos incentivos, incluyendo la existencia de mercados, mejoraría sensiblemente la situación.

10. La práctica de estimular plantaciones de cualquier especie y en cualquier sitio (sin ordenamiento territorial sistematizado), sin tomar en cuenta la distancia a los mercados potenciales y por tanto el costo de transporte, adosada a la falta de eficiencia en las actividades, y el poco o ningún mercado para algunas especies hacen que muchas veces, especialmente para los productores pequeños, la operación no sea rentable y se decepcionen del negocio. Es conocido que se producen economías de escala en operaciones grandes; en el caso presente hay que incrementar los rendimientos (volumen por hectárea) y acortar los ciclos de corta, mediante la utilización de germoplasma de calidad superior, métodos de manejo intensivo (cultivo de árboles), combinación con otras actividades productivas (sistemas agroforestales o silvopastoriles), procurando la producción de especies de alto valor percibido por la sociedad, ya sea para el mercado interno o para nichos de mercado especializado.

### 3.3 Proyecto de fomento a la reforestación

El Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), es responsable legal del financiamiento del sector forestal costarricense, lo que realiza mediante el pago por servicios ambientales y el crédito dirigido a pequeños y medianos productores. Por otro lado, el FONAFIFO es el punto focal del REDD+ y responsable de la ejecución de tareas del Readiness Plan (RP); se ha definido como una de las acciones estratégicas para REDD+, el aumento de la producción y consumo sostenible de madera, como una forma, entre varias, de aumentar la cobertura forestal, reducir el peligro de deforestación en el mediano plazo y aumentar la fijación y almacenamiento de carbono.

La Oficina Nacional Forestal (ONF), ente público no estatal creado por la Ley Forestal Nº 7575 para promover el desarrollo forestal del país, es responsable, junto con el FONAFIFO, de la conducción de las tareas del RP y dentro de éste, la consultoría “Fomento de la Reforestación comercial para la mejora y conservación de las Reservas de carbono”, orientada a identificar los aspectos relevantes para estimular la reforestación comercial, ya sea mediante el empleo de prácticas tradicionales o el uso de sistemas agroforestales (SAF), incluyendo los sistemas silvopastoriles (SSP) para aumentar la producción de madera y por tanto la captura de carbono, necesario para la formación y acumulación de madera.

Una de las tareas de la consultoría mencionada es “Desarrollar paquetes tecnológicos para el establecimiento de plantaciones forestales, mejorando las capacidades de los involucrados en dichas actividades”, lo que implica seleccionar especies para este fin. Este proyecto se enmarca en el “considerando 10” del Plan Nacional de Desarrollo Forestal 2011-2020 (MINAET, 2011), dentro de las políticas 03, 07, 08 y 09 del PNDF.

El proceso de seleccionar especies de árboles para establecer plantaciones debe tomar en cuenta que, como ha sucedido en muchas partes, y en el caso particular de las plantaciones de melina en Costa Rica, con el tiempo los objetivos de las plantaciones pueden cambiar, podría haber una mayor disponibilidad de nuevos sitios o sitios modificados, y se desarrollarán o descubrirán atributos de más especies, variedades, procedencias y genotipos.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores y los objetivos de la consultoría, las especies seleccionadas (5) deberán orientarse a satisfacer las necesidades del mercado local de productos forestales, permitir aumentar los acervos de carbono, contribuir a mejorar las condiciones de vida de los involucrados en un eventual programa de plantaciones, e indirectamente fomentar el desarrollo forestal nacional. Las especies, además, deberán poder cultivarse en bloques compactos, o en sistemas

agroforestales o silvopastoriles, integrados a los objetivos de los productores rurales, localizados en diferentes pisos altitudinales. Respecto a la distribución geográfica de un programa de fomento de la reforestación con fines comerciales, es criterio del consultor que para la fase inicial de tal programa, el mismo debería circunscribirse a los pisos térmicos localizados en los primeros 1.000-1.200 msnm, por la disponibilidad relativa de tierras, la tradición de los productores localizados en esta franja de producir árboles, ya sea en plantaciones puras, o en sistemas combinados de cultivo (sistemas agroforestales o silvopastoriles), con la mayoría de las especies preseleccionadas; además, buena parte de la poca información disponible e investigación realizada corresponde a esta franja altitudinal.

Un ejemplo de lo anterior es la abundancia de información y buenos resultados de crecimiento en los primeros 400 msnm con teca, o hasta 500 msnm con melina; igualmente se dispone de alguna información para especies combinadas con café, cacao, o en cercos vivos, cortinas rompe-vientos o asociadas a la producción ganadera para varias especies.

De manera general, se pueden identificar algunos propósitos para la madera de carácter comercial: se requiere madera para embalajes, principalmente tarimas (por tanto especies como melina, pino, laurel, gallinazo, roble coral, fruta dorada y botarrama, entre otras podrían usarse); madera para construcción, es decir utilizables en edificaciones, molduras, techos puertas, ventanas y marcos (especies como almendro<sup>2</sup>, cedro, caoba, teca, melina, ciprés, laurel, pilón, pino, eucalipto, jaúl, mangium, gallinazo, roble sabana, roble coral, surá<sup>3</sup>, fruta dorada, podrían ser consideradas); madera para la producción de muebles (donde se puede considerar: almendro, cedro, caoba, teca, melina, ciprés, laurel, pilón, pino, eucalipto, mangium, roble sabana, roble coral, surá, fruta dorada<sup>4</sup>), madera para exportación (teca, almendro, cedro, caoba, melina), además se requiere madera para la producción de tableros (melina, teca, eucalipto, pino, entre otras) y artesanías (surá, teca, melina, laurel, caoba, ciprés, pilón). Esto condiciona parcialmente cuales especies plantar.

Con base en lo discutido hasta aquí, el consultor se permite presentar una primera aproximación de selección de especies que pueden establecerse en programas de plantaciones y sistemas agroforestales orientadas a la reforestación comercial:

Especies ampliamente utilizadas (construcción, molduras, embalajes): melina, teca, ciprés, pilón, pino, eucalipto, surá, fruta dorada, que pueden establecerse como plantaciones puras, o mezcladas (sistemas agroforestales o silvopastoriles), en diferentes pisos térmicos y con regímenes de precipitación variados; además especies susceptibles de asociarse a cultivos valiosos (café, cacao) tales como cedro, laurel, caoba.

Especies con alto valor percibido, utilizables como especies “gourmet” para la manufactura de productos con alto valor agregado (muebles, artesanías, puertas, ventanas): almendro, cedro, caoba,

---

<sup>2</sup> El almendro (*Dipterix panamensis*) es una especie que tiene vedado su aprovechamiento en bosque natural, lo que ha creado incertidumbre e inseguridad jurídica entre los pocos productores que han iniciado experiencias de plantación con la especie, en la zona atlántica.

<sup>3</sup> No existe una experiencia amplia en plantaciones de surá (*Terminalia oblonga*) y fruta dorada (*Virola koschnii*), aunque existen pequeñas plantaciones en las zonas norte y atlántica del país.

<sup>4</sup> Aunque muchas especies crecen normalmente en bosques naturales, ya se está generando experiencia local de cultivo ya sea en plantaciones mono-específicas, o asociadas a cultivos como café, cacao y pastos. En otros países de la región tropical se ha adelantado alguna investigación y experiencia con estas especies.

teca, melina, laurel, ciprés, pilón, surá, roble sabana, susceptibles de plantarse asociadas a otras especies y en plantaciones mono-específicas.

Especies de menor valor percibido, para varios usos: jaúl, mangium, roble coral, botarrama, cebo.

Dado que las especies para un programa de reforestación comercial cuentan con dos categorías de interesados principales, los grandes reforestadores (en el contexto costarricense,) quienes han identificado sus nichos de mercado, las especies de trabajo (teca y melina) y los métodos de manejo, y los reforestadores medianos y pequeños, el consultor se permite formular una visión para las especies a seleccionar: “especies con un valor percibido alto o medio, y mercado desarrollados, o relativamente fáciles de desarrollar, que puedan ser utilizadas para los diferentes usos actuales de la madera en Costa Rica, susceptibles de ser establecidas tanto en bloques puros como en sistemas agroforestales y silvopastoriles, con tecnologías relativamente conocidas y germoplasma disponible (semillas o material vegetativo) y que puedan ser plantadas en los ambientes disponibles y con las tecnologías de los pequeños productores”. Algunas especies que se ajustan a esta definición se presentan en el cuadro 16.

Con el ánimo de disponer de una herramienta de análisis que permita la selección preliminar de especies con base en su comportamiento, tomando en cuenta la experiencia nacional y latinoamericana, especialmente la proveniente de zonas con condiciones ecológicas similares a las costarricenses, se optó por confeccionar una matriz con los principales usos actuales y posibles de las especies (construcción, embalajes, mueblería, artesanía, etc.), el crecimiento observado y/o reportado en la literatura, la distribución en diferentes condiciones ecológicas, el conocimiento disponible sobre el manejo de las especies (aquí llamado silvicultura), así como la aceptación por los usuarios.

Se hizo una valoración de las especies presentadas, utilizando una escala arbitraria con valores de 1 a 3 para calificar cada factor, donde 3 corresponde al valor más alto para la variable considerada (por ejemplo: muy utilizado, muy conocido), 2 corresponde al valor medio para la variable y 1 a un valor bajo o poco desarrollado; adicionalmente se decidió dar valores a las principales variables de selección, que permitan ponderar cada especie: dado que el producto objetivo (uso de la madera) junto con la velocidad de crecimiento y el volumen producido son los dos factores determinantes para la selección de la especie, se decidió darle un valor de 25% a cada uno de ellos, para la ponderación; tanto a la aceptación de la especie, como a la silvicultura se les dio un valor de 20%, mientras que a la plasticidad ecológica (distribución geográfica) se le asignó un 10% como factor de ponderación. El cuadro 17 presenta los valores individuales y ponderados para las especies consideradas: *Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, el complejo *Pinus* spp (*Pinus caribaea* var *hondurensis*, *P. tecunumani*, *P. oocarpa*), el complejo *Eucalyptus* spp. (*Eucalyptus deglupta*, *E. citriodora*, *E. grandis*, *E. saligna*, *E. camaldulensis*), *Cordia alliodora*, el complejo *Cedrela/Swietenia* (*Cedrela odorata*, *C. mexicana*, *Swietenia mahogany*, *S. humilis*), *Terminalia oblonga*/*T. amazonia*, *Cupressus lusitánica*, *Acacia mangium*, *Alnus acuminata*.

**Cuadro 16. Especies preseleccionadas para el programa de reforestación**

Especie	Construcción			Embalajes		Mueblería	Artesanías / herramient	Tableros	Distribución geográfica/suelos				Silvicultura/conociMiento			Plantación			Valor percibido					
	Estructuras Enchapado	Interiores, molduras	Puertas, ventanas	Tarimas	Otros embalajes				Zonas bajas	Zonas intermedia	Zonas altas	Ácidos/sin estación seca	Moderados- neutros/est ación seca	Suelos variados	Suelos variados	Muy conocida	Mediana mente conocida	Poco conocida	Pura	SAF	SSP	Alto	Medio	Bajo
<i>Tectona grandis</i>	X	X	X			X	X			X			X			X	X		X					
<i>Gmelina arborea</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	x	X			X			X	X		x	X				
<i>Dipterix panamensis</i>	X	X	X			X	x		X							X	x		X					
<i>Cedrela spp.</i>	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X		X			X	X	X	X				
<i>Swietenia spp.</i>	X	X	X			X	X	X	X	X	X				X		X	x	X					
<i>Cordia alliodora</i>	X	X	X	X		X	X		x	X	X			X		X	X	X		X				
<i>Pinus spp.</i>	X	X				X		X	X	X	X	x	X			X	X			X				
<i>Eucalyptus spp.</i>	X	x				x		X	X	X	X	X				X	X			X				
<i>Cupressus lusitanica</i>	X	X	X			X					X	X				X	X	X	X					
<i>Alnus acuminata</i>		X		X	X	x	X	X			X		X			X	X	X			X			
<i>Hieronyma alchorneoides</i>	X	X				X			X	X					X	X				X				
<i>Terminalia oblonga</i>	X	X	X			X	X		X	X	X				X	X	X			X				
<i>Terminalia amazonia</i>	X	X		X	X			X	X	X					X	X	X			X				
<i>Virola koschnii</i>			X	X	X	X		X	X	X					X	X				X				
<i>Vochysia ferruginea</i>	X	X		X	X				X	X	X				X	X				X				
<i>Acacia mangium</i>	x	x	x	x	x	x			X	X			X		X	X				X				
<i>Tabebuia rosea</i>	X	X	X			X	X	X	X	X	X				X	X	x		X					
<i>Vochysia guatemalensis/hondurensis</i>	X			x		x			X		X			X		X					X			

Fuente: Elaboración propia a partir de la información presentada en el cuerpo del informe

Cuadro 17. Ponderación de las especies preseleccionadas para reforestación comercial en Costa Rica

		Complejo											
		Gmelina arborea	Tectona grandis	Cedrela/Swietenia	Pinus spp	Eucalyptus spp	Cordia alliodora	Terminalia spp	Acacia mangium	Vochysia spp	Cupressus lusitanica	Alnus acuminata	
USOS POSIBLES (25%)	CONSTRUCCION	Muebles	3	3	3	2	2	3	2	3	3	2	
		Estructuras	3	3	3	3	3	3	3	3		3	1
		Interiores (emplantillado, veneer)	3	3	3	3	3	3	1	3	2	3	3
		Puertas	3	3	3	3	2	3	2	3		2	2
		Ventanas	3	3	3	3	2	3	2	3		2	2
		Formaleta	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		Pisos	1	3	1	2	2	2	2	3	2	2	1
	OTROS	Embalajes	3	2	2	3	3	3	3	3	2	1	3
		Artesanías	3	3	3	2	2	3	2		1	2	2
		Postes	2	3	1	2	3	1	2	2	2	2	2
		Herramientas	2	3	3	3	3	2	2	3		2	2
		Tableros compensados	3	3	3	2	3	3	3	1	2		2
		Tableros aglomerados	3	1	1	3	3	2	2	3	3	2	2
		Energía	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3
Subtotal	37	39	34	37	37	36	32	36	19	30	30		
Puntuación	22.0	23.2	20.2	22.0	22.0	21.4	19.0	21.4	11.3	17.9	17.9		
CRECIMIENTO (25%)	VELOCIDAD Y VOLUMEN*	Rápido/alto volumen											
		Rápido/volumen medio							2.5	2.5			
		Moderado/alto volumen	2.75			2.5	2.5		2.5				
		Moderado/volumen medio		2.5				2				2	
		Lento			2								2
		Puntuación	22.9	20.8	16.7	20.8	20.8	16.7	20.8	20.8	20.8	16.7	16.7
SILVICULTURA (20%)	TIPO CULTIVO (5%)	Plantación pura	3	3	1	3	3		3	3	3	3	
		Asociado (SAF)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
		Asociado (SSP)	1	1	2	2	1	3	2	2	2	2	
		Subtotal	7	7	6	8	7	6	8	8	8	8	
		Puntuación	3.9	3.9	3.3	4.4	3.9	3.3	4.4	4.4	4.4	4.4	
	TECNOLOGIA (15%)	Muy conocida	3	3									
		Poco conocida				2	2	2	2	2	2	3	2
		No conocida			1								
		Subtotal	15	15	5	10	10	10	10	10	10	15	10
		Puntuación											
DISTRIBUCIÓN (10%)	ZONAS BAJAS	Sin estación seca definida	3	2	2	2	2	2		3			
		Con estación seca definida	3	3	3	3	3	3	3	3			
	ZONA INTERMEDIA	Regimen de lluvias variado	2	2	3	3	3	3	2				
					2	3	3				3	3	
	ZONA ALTA	Subtotal	8	7	10	11	11	8	7	3	6	3	3
		Puntuación	6.7	5.8	8.3	9.2	9.2	6.7	5.8	2.5	5.0	2.5	2.5
ACEPTACIÓN (20%)	USUARIOS	Amplia	3	3	3	3	3						
		Moderada					2		2		2	2	
		Poca								1	1		
	VALOR MADERA	Alto		3	3								
		Medio	2			2		2.5	2	2	2	1	
		Bajo					1.5						
	MERCADO	Establecido	3	3	3	2	2	3	2	1		2	2
		Subtotal	8	9	9	7	5.5	8.5	6	4	3	6	5
		Puntuación	17.8	20.0	20.0	15.6	12.2	18.9	13.3	8.9	6.7	13.3	11.1
	Puntuación total para la especie		88.3	88.8	73.6	82.0	78.1	77.0	73.5	68.1	58.3	69.8	63.1
* Incremento medio anual en volumen susceptible de aumentar con prácticas adecuadas de manejo y mejoramiento genético													
		Alto	3										
		Medio	2										
		Bajo	1										

Fuente: elaboración propia con base en trabajo de campo de la consultoría “Fomento de la Reforestación comercial para la mejora y conservación de las Reservas de carbono” y la información presentada en este informe.

## Bibliografía

- Arce B., H.; Barrantes, A. 2004. La madera en Costa Rica: situación actual y perspectivas. San José, Costa Rica, Fondo Nacional de Financiamiento Forestal; Oficina Nacional Forestal. 25 p.
- Arias, G. 2004. Análisis del impacto económico y social de las plantaciones en Costa Rica. San José, Costa Rica, Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central 8FUNDECOR). 25 p.
- Barrantes, A. 2006. El desabastecimiento de madera en Costa Rica: causas, efectos y propuestas de solución. *In* El abastecimiento sostenible de madera en Costa Rica. San José, Costa Rica, Organización de Estudios Tropicales, CRUSA, CATIE. pp. 23-40
- Barrantes, A; Ugalde, S. 2013. Usos y aportes de la madera en Costa Rica. San José, Costa Rica, Oficina Nacional Forestal. 32 p.
- Barua, S.K.; Petri Lehtonen. 2013. La gran expansión de las plantaciones. Tokio, Japón, OIMT (Organización Internacional de Maderas Tropicales) . Actualidad Forestal Tropical, Vol 22, No. 3, pp11-14.
- Costa Rica. Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. 2011. Plan Nacional de Desarrollo Forestal: 2011 - 2020 / Ministerio de Ambiente Energía y Telecomunicaciones, MINAET. -- 1a ed. -- San José, Costa Rica: Comunicaciones Milenio, 2011
- Costa Rica, Presidencia de la República; Ministerio de Ambiente y Energía. 2013. Decreto No. 37660-MINAE, Del Fomento Forestal y el Pago de Servicios Ambientales para el año 2013. La Gaceta, Alcance Digital No. 74. Martes 23 de abril de 2013.
- Chudnoff, M. 1964. Tropical timbers of the world. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook Nio. 607. 464 p.
- De Camino, R; Morales, J. P. (editores) 2013. Las plantaciones de teca en América Latina: mitos y realidades. Turrialba, Costa Rica, CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico No. 397. 410 p.
- DEMOSCOPIA S.A. 2003. Estudio de maderas de plantación forestal. San José, Costa Rica, Demoscopía S.A. 79 p.
- Evans, J. 1992. Plantation Forestry in the Tropics. Oxford, Clarendon Press (2nd edition). 403 p.
- Flinta, C.M. 1960 Prácticas de plantación forestal en América Latina. Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Colección FAO: Montes No. 3; FAO: Cuadernos de fomento forestal No. 13. 500 p.
- Flores, E. Geografía de Costa Rica, san José, Costa Rica, EUNED, 1999.
- Fonseca G., W. 2004. Manual para productores de teca (*Tectona grandis*) en Costa Rica. snt. Heredia, Costa Rica, Disponible en SIREFOR ([http://www.sirefor.go.cr/?page\\_id=836](http://www.sirefor.go.cr/?page_id=836))
- Ibáñez, J. J. 2007. Los suelos de Costa Rica, República Dominicana y Haití. Consultado en <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/09/09/73665#comments>

Iglesias D., M. I. 2013. Criterios generales para la selección de especies. Guísamo, España, Universidad de Santiago de Compostela, 63 p.

Jiménez, Q; Rojas, F; Rojas, V; Rodríguez, L. 2002. Árboles maderables de Costa Rica. Ecología y silvicultura. Santo Domingo, Heredia, CR, Instituto Nacional de Biodiversidad. 361 p.

Martínez H., H.A. 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central; resultados de cinco años de investigación. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica. Inform Técnico No. 86. 255p.

Martínez H., H.A. 1988. Forestry research products of the MADELEÑA project to the Central American Forestry Extension Services. In Central American Extension Specialists Meeting, Turrialba (Costa Rica), 12-14 Sept. 1988. Rivas, A.C. (comp.) CATIE, Turrialba, C.R. Proceedings of the Central American Extension Specialists Meeting. Turrialba, C.R. 1989. p. 17-19.

Martínez H., H.A. 1989. El Componente Forestal en las fincas de pequeños agricultores. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica. Boletín Técnico No. 19. 60 p.

Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. 2011. Plan Nacional de Desarrollo Forestal 2011-2020. Ministerio de Ambiente Energía y Telecomunicaciones, MINAET. -- 1a ed. -- San José, Costa Rica: Comunicaciones Milenio, 2011. 60 p.

Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones; Sistema Nacional de Áreas de Conservación. 2011. Censo Nacional de la Industria Forestal Primaria de Costa Rica. Consultado en <http://www.sirefor.go.cr/images/stories/pdf/censodelaindustria.pdf>

Navarro, G.; Bermudez, G. 2006. Análisis económico del impacto de las restricciones técnicas y legales sobre la rentabilidad del manejo bosques naturales y su competitividad respecto a otros usos de la tierra en Costa Rica. San José, Costa Rica, Proyecto Fortalecimiento Institucional para la Ejecución de la Estrategia Nacional de Control de la Tala Ilegal de Recursos Forestales en Costa Rica SINAC-FAO-TCP/COS/3003. 57 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2011. Situación de los bosques del mundo. Roma, Italia. 193 p.

Pérez, D. 2005. Stand growth scenarios for *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. Helsinki, Finlandia, University of Helsinki. Disertaciones Forestales 1. 77 p.

Quesada, R.; Fernandez, J. 2005. Actualización de listado de especies arbóreas de uso forestal y otros usos en Costa Rica. Cartago, Costa Rica, Revista Forestal El Kurú 2(5), 2005. 44 p.

Quesada R. 2007. Los bosques de Costa Rica. Consultado en <http://www.asvocr.org/pdfs/bosquedecostarica.pdf>

Rojas R. F. et al. 2004. Manual para productores de melina (*Gmelina arborea*) en Costa Rica. San José, Costa Rica, Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, Proyecto FORESTA. 314 p. Disponible en [http://www.sirefor.go.cr/?page\\_id=836](http://www.sirefor.go.cr/?page_id=836)

Serrano M., R.; Roger Moya R. 2011. Procesamiento, uso y mercado de la madera en Costa Rica: aspectos históricos y análisis crítico. Cartago, Costa Rica, TEC (Instituto Tecnológico de Costa Rica),

Revista Forestal Mesoamericana Kurú Volumen 8 (21) 2011. Disponible en <http://www.tec.ac.cr/sitios/Docencia/forestal/kuru/Documents/2011/Kuru%20Vol.21-2011/Procesamiento,%20uso%20y%20mercado%20de%20la%20madera%20en%20Costa%20Rica.pdf>

Solano J; Villalobos R. Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica. Consultado en [http://www.imn.ac.cr/publicaciones/estudios/Reg\\_climaCR.pdf](http://www.imn.ac.cr/publicaciones/estudios/Reg_climaCR.pdf)

Solís C., M.; Moya R., R. sf. *Hieronyma alchorneoides* en Costa Rica. Snt. Disponible en SIREFOR ([http://www.sirefor.go.cr/?page\\_id=836](http://www.sirefor.go.cr/?page_id=836))

Solís C., M.; Moya R., R. sf. *Terminalia amazonia* en Costa Rica. Snt. Disponible en SIREFOR ([http://www.sirefor.go.cr/?page\\_id=836](http://www.sirefor.go.cr/?page_id=836))

Solís C., M.; Moya R., R. sf. *Vochysia guatemalensis* en Costa Rica. Snt. Disponible en SIREFOR ([http://www.sirefor.go.cr/?page\\_id=836](http://www.sirefor.go.cr/?page_id=836))

Titmuss, F. H. 1971. Commercial timbers of the world. London, The Technical Press Ltd. 351 p.

Tuk D. J. 2010. Madera: diseño y construcción. San José, Costa Rica, Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. 220 p. + anexos

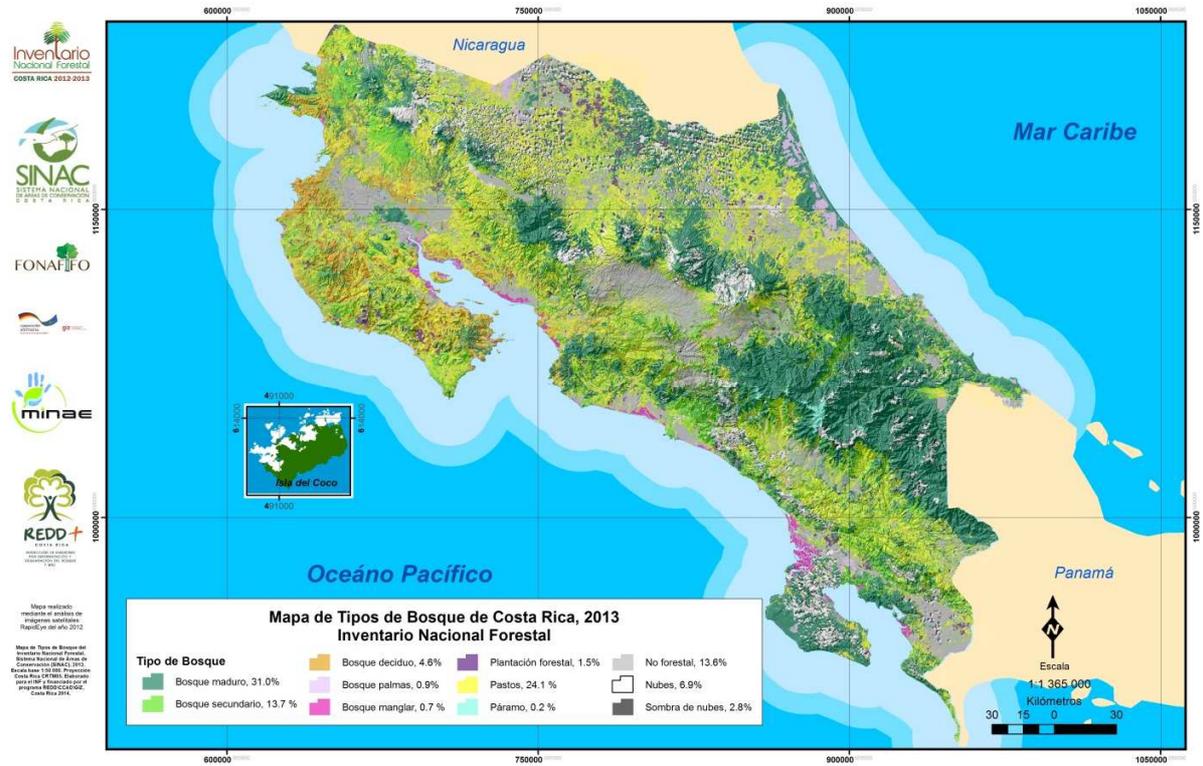
Umaña P., R. A. 2010. Incentivos y barreras para la inversión en plantaciones forestales en Costa Rica. Cartago, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Tesis Licenciado en Ciencias Forestales.

Vázquez, C., W. 2007. Criterios para la selección de especies y sitios para plantaciones. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 13 p.

Wadsworth, F. 2000. Producción Forestal para América Tropical. USDA Forest Service. Manual de Agricultura 710-S. Turrialba, Costa Rica, CATIE; IUFRO; US Forest Service. 628 p.

Wiechetek, Marcelo. 2010. Tendencias mundiales en el desarrollo de plantaciones forestales de especies tropicales. San Salvador, El Salvador, presentación 39 p.

## Anexo 1. Tipos de bosque, Inventario Forestal Nacional, Costa Rica



## Anexo 2. Localización de proyectos PSA

