

CALIDAD DE LAS PLANTACIONES DE TECA EN LA PENINSULA DE NICOYA, COSTA RICA¹

Odir Rojas*, Olman Murillo^{2/*}

Palabras clave: plantaciones forestales, reforestación, control de calidad, teca, *Tectona grandis*, Guanacaste, Costa Rica.

RESUMEN

Se evaluó 25 proyectos de reforestación de *Tectona grandis* (6 años de edad promedio) en los cantones de Nicoya y Hojancha, Península de Nicoya, Guanacaste. Las plantaciones registraron un área real plantada promedio de 62.3% y de ésta, un 80% estaba cubierta con árboles. Entre los principales defectos observados está la presencia de ramas en reiteración (26%), fustes inclinados (27%) y fustes con torceduras leves (30%). Las bifurcaciones no representan un problema importante (1.4%) ni los problemas fitosanitarios severos (6.7%). El promedio de las plantaciones registró 843 trozas comerciales/ha y 254 árboles/ha de calidad 1 y 2. Sin embargo, un 52% de los proyectos evaluados no registraron, al menos, 250 individuos/ha de calidad 1 y 2. Un 16% de los proyectos registraron más de 1200 trozas comerciales/ha de calidad 1 y 2. El incremento medio anual del volumen comercial (dap con corteza >10 cm) de árboles de calidad 1 y 2 fue de 6.76 m³/ha/año y un 16% de los proyectos superó los 12 m³/ha/año. El índice de calidad general (ICG) de plantaciones de teca sin raleos, en la Península de Nicoya fue de 3.04. Se concluye que las plantaciones de teca en esta región del país presentan una calidad promedio aceptable (un 48% de los proyectos registró

ABSTRACT

Quality of teak plantations in the Nicoya Peninsula, Costa Rica. Twenty five teak reforestation projects (6 year-old on average) established in Nicoya and Hojancha counties, Nicoya Peninsula, Guanacaste, were evaluated. Plantations registered 62.3% as real planted area; of this, 80% was covered with trees. Among the principal tree quality problems branches competing with were the apical dominance (26%), leaning trees (27%) and stem straightness (30%) were observed as the most important. Forking was not found as a serious problem (1.4%), nor were phytosanitary problems (6.7%). On average, the plantations registered 843 commercial logs/ha and 254 trees/ha quality 1+2. However, 52% of the projects did not register, at least, 250 quality 1+2 trees/ha. Sixteen percent of the projects have more than 1200 commercial logs quality 1+2/ha. The Mean Annual Increment of the commercial volume (dbh>10 cm with bark) of quality 1+2 trees was 6.76 m³/ha/year, but 16% of the projects registered a MAI over 12 m³/ha/year. The general quality index for teak in Nicoya Peninsula before thinnings (ICG) was 3.04. It is concluded that more than 48% of the

1/ Recibido para publicación el 20 de julio del 2000.
2/ Autor para correspondencia.
* Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico

de Costa Rica. Apartado 159-7050 Cartago, Costa Rica. e-mail: omurillo@itcr.ac.cr

>250/ha árboles de calidad 1 y 2). Existe un gran potencial de avance en la calidad y productividad de esta especie a través de programas de mejoramiento genético y silvicultural.

INTRODUCCION

La actividad forestal ha aumentado significativamente en los últimos años, como consecuencia de la escasez de la madera del bosque natural y de la creciente demanda de productos forestales por parte de la población. Sin embargo, para convertir la actividad forestal en un proceso productivo rentable y seguro, es necesario desarrollar programas de manejo que conduzcan a la obtención de materia prima de la más alta calidad. El concepto de calidad debe integrar todas las etapas del proceso de producción de las plantaciones forestales, desde la selección de la semilla hasta la elaboración final de productos siguiendo estándares internacionales.

La evaluación de la calidad de la reforestación es una práctica relativamente reciente y de poca experiencia en el medio (Murillo 1991, Murillo et al. 1996). Esta busca identificar problemas en la calidad y productividad de la plantación con fines de aserrío y sus posibles causas. Pero ante todo pretende, poder determinar si el proyecto forestal logrará cumplir con los objetivos de producción esperados y evitarle al dueño o al inversionista esperar hasta el final del turno, para saber si su plantación rendirá lo suficiente. Costa Rica es un país donde la silvicultura de plantaciones debe fundamentarse en sistemas de producción de la más alta calidad y productividad posible, para poder competir con los productos provenientes de los países forestales fuertes de la región latinoamericana. Por lo tanto, es imprescindible contar con una metodología objetiva y de fácil aplicación e interpretación. En el país se ha venido utilizando y perfeccionando esta metodología en los últimos años (Torres et al. 1995, Camacho 1995, Murillo y Camacho 1998, Quirós 1999). Este trabajo representa el primer caso donde se aplica esta metodología solamente para la teca, en una de sus regiones de cultivo de mayor importancia e inversión del país (Pe-

plantations in this region of the country show an acceptable quality. There is a great potential for quality improvement through breeding and silvicultural programs.

nínsula de Nicoya), con el fin de determinar sus índices de calidad actuales. Con esta especie ya se habían realizado algunos trabajos generales en distintas partes del país (Merayo y Murillo 1991, Torres et al. 1995, Montero 1995), pero la intensidad de muestreo aplicado y su carácter general, no permite mostrar resultados representativos para ninguna región geográfica en particular. La propuesta de índices de calidad para la reforestación es reciente (Murillo 1999) y su utilización en el sector forestal irá cobrando importancia en la medida que se desarrollen y divulguen experiencias como la presentada en esta investigación.

Debe entenderse que la evaluación de la calidad permite aproximar y diferenciar con un alto grado de objetividad, si las causas de los defectos principales observados en una plantación se deben a: 1) pobre asistencia silvicultural, 2) la semilla utilizada en su origen fue de mala calidad, o 3) a una posible interacción negativa del material original con las condiciones de sitio (interacción genotipo-ambiente). Con este tipo de información, como se verá en este trabajo, es posible orientar programas de mejoramiento genético y silvicultural con la especie evaluada (cuales caracteres priorizar, intensidad de selección a utilizar, variabilidad de cada carácter, correlaciones entre caracteres, etc.) y poder cuantificar y mostrar en un futuro el grado de avance en la calidad de la reforestación bajo una política forestal acertada.

MATERIALES Y METODOS

Sitios elegidos

Para la realización de esta investigación se contó con una lista de 18 proyectos forestales incentivados por el estado en los cantones de Nicoya y Hojancha, Guanacaste, de los que se visitó 11 de ellos. De la organización Coopepenín R.L. se

utilizó una lista de 84 proyectos forestales asociados, de los cuales se visitó 14. Se eligieron proyectos establecidos antes de 1995, con el fin de lograr obtener muestras de plantaciones con un buen desarrollo y una mayor expresión fenotípica de sus defectos (caracteres) para la industria del aserrío.

Evaluación de la calidad

La metodología de evaluación de la calidad se basó en la propuesta por Murillo y Camacho (1998) con algunas adecuaciones para esta especie, como se detalla a continuación.

Muestreo

Se utilizó un muestreo sistemático en fajas o líneas con parcelas circulares, utilizando un inicio aleatorio. Para la distribución de las parcelas en la plantación se trazaron 2 líneas eje de 50 m (en forma perpendicular), para garantizar así que se estaba en los alrededores del punto central de 1 ha, donde se estableció la primera parcela. Las parcelas fueron de forma circular, con un radio de 7.98 m (200 m²). Posteriormente, se establecieron nuevas parcelas sobre estas líneas eje cada 100 m si la intensidad de muestreo era de un 2% (para proyectos ≤ 5 ha) y cada 200 m si la intensidad de muestreo era de 1% (en proyectos ≥ 5 ha). Mayores detalles sobre aspectos de muestreo pueden revisarse en el trabajo de Murillo y Camacho (1997).

Estimación del área real plantada

Con base en una copia del plano existente del levantamiento de cada plantación forestal, se delineó sobre éste, lo más aproximado posible, la superficie real plantada con apoyo del muestreo sistemático (la distancia entre fajas y parcelas de muestreo es siempre conocida). En la oficina se terminó luego de estimar la proporción del proyecto que efectivamente había sido plantado.

Determinación del área efectiva ocupada por árboles

Una vez estimada el área real plantada, se procedió a estimar cuanto de ésta estaba efectiva-

mente cubierta por árboles. Es decir, excluyendo el área de razos (espacios abiertos dentro de la plantación), caminos, áreas de protección, rondas, etc. Se midió entonces, en cada parcela de muestreo, 5 espaciamientos entre hileras (de centro a centro del dap entre árboles) y otros 5 espaciamientos entre árboles dentro de la hilera. Al multiplicar sus promedios se obtuvo un estimado del área promedio (en m²) que ocupa un árbol dentro de la plantación. Este valor se multiplicó luego por el estimado del número de árboles/ha (N) y se obtuvo entonces la superficie en m² cubierta de bosque compacto. Para cada parcela de muestreo se tiene un estimado de área efectiva que luego se promedia con las demás parcelas. Finalmente, se divide el valor promedio entre 10000 m² para producir el estimado de área efectiva ocupada por árboles o de bosque compacto.

Determinación de la calidad del árbol y de las trozas comerciales

Para cada uno de los árboles dentro de la parcela de muestreo, se evaluaron las siguientes variables cuantitativas: diámetro a la altura del pecho (dap) (al milímetro) y la altura total con vara telescópica (al decímetro); y las siguientes variables cualitativas: posición sociológica (dominante, codominante, intermedio y suprimido); presencia de bifurcación o ramas en reiteración (en competencia con la yema dominante); si está inclinado en más de un ángulo de 30° con respecto a un eje vertical imaginario (1= no inclinado, 2= inclinado); si ha sido deshijado (1= deshijado, 2= no deshijado); rectitud del fuste (1= para trozas perfectamente rectas y cilíndricas, 2= trozas con torceduras leves, y 3= para individuos severamente torcidos); si ha sufrido daño mecánico en el fuste (1= si, 2= no); ángulo de inserción de ramas (1= mayor a un ángulo de 45° y 2 menor a ese mismo ángulo de inserción); y estado fitosanitario (1= sano, 2= ligeramente afectado, 3= severamente enfermo o en proceso de muerte). Todas estas variables se conjugan para conformar la variable calidad, que puede ser aplicada a la totalidad del árbol o a cada una de las primeras 4 trozas (de 2.5 m de largo a partir de la base, evaluándose hasta la cuarta troza o 10 m de altura),

con base en los criterios desarrollados por Muriillo y Camacho 1998:

- **Calidad 1** son aquellas trozas completamente rectas o muy levemente torcidas, con ausencia de problemas fitosanitarios y cualquier otro defecto visible que afecte su valor económico.
- **Calidad 2** para aquellas trozas con un fuste levemente torcido, o con ramas que insertan a menos de 45°, o con presencia de ramas gruesas.
- **Calidad 3** son las trozas con defectos severos pero que permiten algún nivel (no menor a un 50% de la troza) de aprovechamiento en la industria del aserrío. Es decir, trozas con torceduras severas, árboles inclinados, enfermos, con ramas gruesas que insertan en un ángulo menor a 45°.
- **Calidad 4** para las trozas no aserrables debido a sus severos defectos o dimensiones (<10 cm de diámetro sin corteza).

Estimación del volumen comercial

Para poder estimar el volumen comercial, definido hasta una altura del fuste donde el diámetro alcance 10 cm con corteza, se requirió primero estimar el factor de reducción diamétrica (FRD), expresado en cm de reducción/m lineal de fuste. Este factor se calculó para cada árbol de la parcela de muestreo y luego se obtuvo un promedio para la parcela y para la plantación. Se utilizó la altura total en m y el diámetro a la altura del pecho en cm. Se obtuvo la diferencia entre la altura desde 1.3 m (dap) hasta la copa (Dh). Se determinó entonces el FRD al dividir el dap en cm/Dh en m.

$$\text{FRD} = \text{dap}/\Delta h \quad (1)$$

Por último se determinó el diámetro en la base del árbol:

$$d_{\text{BASAL}} = \text{dap} + 1.3 \text{ m} * \text{FRD} \quad (2)$$

El volumen comercial se obtuvo finalmente con la siguiente expresión:

$$\text{VC} = \pi * [(\text{dap})^2 + (d)^2] * L / 8 \quad (3)$$

Donde:

L = altura comercial en m (generalmente donde el diámetro se reduce a 10 cm)

d = diámetro mínimo comercial (normalmente 10 cm).

$\pi = 3.141593$

Distribución de las variables cualitativas de la teca

Con el fin de obtener un estimado detallado de los principales defectos cualitativos de esta especie y su nivel de presencia en la población, se analizaron únicamente las plantaciones no raleadas. Ya que con los raleos se tiende a eliminar los individuos con características cualitativas indeseables y no se podría estimar correctamente el grado de presencia de cada defecto o la calidad original del material utilizado en esta región del país.

RESULTADOS Y DISCUSION

Area real plantada y área efectiva

Como puede observarse en el Cuadro 1, el área real plantada promedio de los 25 proyectos evaluados fue de un 63%. Solamente 10 de los proyectos evaluados (43%) plantaron más del 80% del área previamente acordada.

El área no efectiva (19.4%) dentro de la plantación, corresponde a la superficie destinada a rondas, cortafuegos, caminos, quebradas y claros dentro de la plantación (razos) entre otros. En los proyectos de Coopepenín se registró una mayor incidencia de área no efectiva. La ausencia de controles y seguimiento técnico por parte del Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE) y las organizaciones responsables, es probablemente la mayor causa de los altos niveles de incumplimiento en el área real reforestada. Si se multiplica el área real plantada ($\alpha = 63\%$) por el área efectiva ($\alpha = 80.6\%$),

Cuadro 1. Área reportada, efectiva y ocupada por árboles en cada uno de los proyectos de reforestación con teca (*Tectona grandis*) evaluados en la Península de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica.

	Edad años	Parcelas establecidas	Área de la plantación		
			Reportada (ha)	Real plantada (%)*	Efectiva (%)**
Proyectos					
La Tigra, Nicoya	10	5	5.0	80.0	71.2
San Rafael, Nicoya	8	1	20.2	39.6	87.5
El Morote, Nicoya	8	4	3.0	33.3	74.6
Amaranta, Nicoya	8	2	4.0	50.0	87.9
Hondores, Nicoya	6	6	11.5	100.0	94.7
Bosa, Nicoya	5	4	64.7	98.9	80.5
El Garzal, Nicoya	5	19	19.1	41.9	92.2
Los Angeles, Hojancha	7	3	2.0	100.0	88.2
Los Angeles, Hojancha	7	2	3.0	100.0	89.6
Quirimán, Nicoya	4	10	10.0	100.0	89.5
Nambí, Nicoya	7	5	22.0	90.9	87.1
El Llano, Nicoya	5	5	5.0	80.0	62.3
Casitas, Nicoya	4	5	5.0	100.0	62.1
La Mansión, Nicoya	4	5	10.0	100.0	94.8
Pueblo Viejo, Nicoya	4	1	1.0	20.0	59.0
Barra Honda, Nicoya	6	5	10.0	100.0	75.5
Moracia, Nicoya	4	3	5.0	10.0	75.4
Caballito, Nicoya	4	1	5.0	6.0	86.9
Corralillo, Nicoya	6	1	5.0	60.0	59.1
El Obispo, Nicoya	5	1	5.0	4.0	91.5
Zapote, Nicoya	4	1	5.0	20.0	84.4
Barra Honda, Nicoya	10	1	4.0	75.0	91.6
Guastomatal, Nicoya	9	1	3.0	23.3	68.6
Pto. Carrillo, Hojancha	10	4	ND	ND	ND
Sámara, Nicoya	7	4	ND	ND	ND
Promedio	6.3	4.0±0.8	9.9±2.8	62.3±6.1	80.6±1.8

* Área cubierta por plantación compacta dentro del área reportada como reforestada.

** Proporción del área plantada que se encuentra efectivamente ocupada por árboles.

ND = No hay datos.

se obtiene que del total de plantaciones de teca incentivadas en la Península de Nicoya, se tiene solamente un 51% efectivamente cubierto con árboles. Si se considera que un 80% en ambos indicadores es el valor mínimo propuesto como aceptable (Murillo y Camacho 1998), el producto resultante mínimo aceptable sería de un 64% (0.8×0.8) efectivamente plantado. Tanto los proyectos de Coopepenín como los inde-

pendientes registraron entonces valores inferiores a lo aceptable. Sin embargo, los proyectos independientes incumplieron solamente en el área real plantada (71.5%), pero registraron una área efectiva plantada positiva (85.2%). Aun así, un 51% del área incentivada para reforestación efectivamente cubierta con árboles es sumamente baja y podría considerarse como un fracaso.

Cuadro 2. Distribución porcentual de los principales defectos de las plantaciones no raleadas de teca (*Tectona grandis*) en Nicoya y Hojancha, Guanacaste, Costa Rica.

Proyecto	Edad años	Individuos con ramas reiterando*	Individuos bifurcados	Fustes inclinados	Fustes sin torceduras	Individuos con ramas en ángulo <45°	Individuos enfermos
San Rafael	8	53**	0.0	30.8	92.3	84.6	7.0
Hondores	6	10.0±4.3	1.8±1.2	12.7±4.3	29.1±9.2	27.3±5.9	10.0±2.6
El Garzal	5	32.0±4.0	3.3±0.8	24.0±3.5	78.4±2.8	78.1±2.9	2.7±1.4
Bosa	5	20.7±6.2	3.4±4.2	24.1±5.7	74.1±1.7	67.2±6.1	10.3±3.6
Quirimán	4	10.8±7.3	3.1±2.2	13.8±7.4	58.5±10.3	63.1±5.9	1.5±1.9
El Llano	5	18.4±3.5	0.0	28.6±11.9	59.2±13.7	57.1±9.9	14.3±3.7
Casitas	4	4.1±2.9	0.0	36.7±9.9	81.6±13.2	28.6±12.7	0.0
Pueb. Viejo	4	10.0*	0.0	70.0	100.0	90.0	0.0
Barra Honda	6	35.3±3.5	7.4±4.8	19.1±10.8	77.9±9.5	70.6±3.7	7.4±4.4
Moracia	4	22.2*	0.0	22.2	88.9	88.9	0.0
Caballito	4	52.6*	0.0	5.3	63.2	52.6	0.0
Corralillo	6	27.0±8.8	0.0	43.2±7.4	67.6 ± 10.6	62.2±8.3	8.1±4.6
El Obispo	5	43.8*	0.0	37.5	68.8	68.6	31.3
Zapote	4	23.5*	0.0	5.9	29.4	52.9	0.0
Promedio		26.0±5.1	1.4±1.6	26.7±7.6	69.2±8.9	63.7±6.9	6.7±2.8

* Ramas gruesas que compiten con el eje dominante.

** Plantaciones con solo una parcela de muestreo.

Características cualitativas e índices de calidad

En el Cuadro 2 se muestran los principales defectos que afectan la calidad de la madera de la teca en plantaciones de la Península de Nicoya, Guanacaste. Puede observarse que las ramas en reiteración, los fustes inclinados, los fustes torcidos y con ramas que insertan en ángulo menor a 45°, son los principales defectos de esta especie. Los problemas de bifurcaciones son prácticamente insignificantes. Este tipo de valores son de gran utilidad para orientar programas de mejoramiento genético; así como de referencia para otras plantaciones de teca en la Península de Nicoya, donde se pueda determinar su ubicación con respecto al promedio regional. Por ejemplo, el proyecto de Amaranta, Nicoya registró una proporción muy alta de fustes torcidos y con ramas que insertan en ángulo muy agudo (<45°). Estas 2 características son típicas de un alto control genético o heredabilidad alta (Zobel y Talbert 1984) e indican la mala calidad de la semilla utilizada. La mayor parte de estos defectos es posible dismi-

nuirlos en la población a través de programas de mejoramiento genético.

En el Cuadro 3 se presenta la distribución de trozas y árboles completos según su calidad para esta especie en esta región. Debe aclararse que el registro al detalle del número de trozas (de 2.5 m de largo) según su calidad, permite una idea más clara del verdadero potencial industrial de un proyecto forestal. La planificación de una industria requiere cuantificar el número de trozas comerciales que recibirá. Así también, un árbol cuya calidad global sea de 2, podría también tener alguna de sus 4 trozas de calidad 1. Puede entonces notarse, que algunos proyectos registran una alta presencia de árboles y trozas de muy buena calidad, como son los proyectos Los Hondores, los 2 de Los Angeles de Hojancha y los proyectos de Nambí, Caballito, Zapote y Guastomatal, en Nicoya. Por el contrario, los proyectos de Pueblo Viejo, Moracia, Barra Honda y el de San Rafael de Nicoya, registraron una muy baja calidad. Debe tenerse presente que los árboles de calidad 1 y 2 son los que constituirán la cosecha final y por tanto, no se eliminarán con los raleos. Así el número de individuos de las

Cuadro 3. Distribución de la calidad de árboles, trozas y volumen comercial de plantaciones de teca (*Tectona grandis*) en los cantones de Nicoya y Hojancha, Guanacaste, Costa Rica.

Proyecto	Número de trozas calidad/ha					Número de árboles N/ha					Volumen* (m ³ /ha)	Condición**
	1	2	3	4	Total	1	2	3	4	Total		
La Tigra	30	630	630	310	1600	10	160	180	50	400	47.59	R
El Morote	25	638	700	250	1613	13	175	200	125	513	9.07	R
San Rafael	0	300	500	1750	2550	0	100	100	450	650	50.72	NR
Amaranta	150	800	425	275	1650	25	275	75	50	425	110.30	R
Hondores	967	1675	600	333	3575	167	492	175	83	917	38.08	NR
Garzal	45	729	1042	705	2521	5	224	355	295	879	2.33	NR
Bosa	63	700	1025	475	2263	25	225	263	213	726	8.20	NR
Hojancha	175	925	350	250	1700	0	350	75	0	425	45.43	R
Hojancha	417	783	267	333	1800	50	417	33	0	500	54.98	R
Quirimán	100	640	590	300	1630	10	220	220	200	650	6.52	NR
Nambí	220	835	580	235	1870	60	260	115	35	470	49.02	R
El Llano	150	850	538	300	1838	0	228	200	125	553	14.87	NR
Casitas	50	413	450	263	1176	0	188	225	200	613	0.17	NR
Mansión	0	370	620	530	1520	0	130	240	190	560	10.83	R
Pueb. Viejo	0	0	250	1150	1400	0	0	100	400	500	0.96	NR
Barra Honda	30	610	1070	790	2500	10	100	300	270	680	33.19	NR
Moracia	0	100	300	200	600	0	0	100	350	450	0.43	NR
Caballito	50	1100	750	950	2850	0	350	200	400	950	18.84	NR
Corralillo	0	667	983	1067	2717	0	167	200	250	617	29.22	NR
El Obispo	250	600	950	600	2400	0	250	350	200	800	14.92	NR
Zapote	350	1150	450	0	1950	50	550	250	0	850	0.00	NR
Barra Honda	133	283	450	817	1683	33	83	167	183	466	98.88	R
Guastomatal	550	850	0	400	1800	50	300	0	50	400	110.98	R
Puerto Carrillo	---	---	---	---	---	20	270	80	0	370	162.05	R
Sámara	---	---	---	---	---	30	290	60	0	380	95.27	R
Promedio	163±49	680±77	588±60	534±86	1965±135	22±7.95	228±30	179±20	179±29	608±37	32.8±7.4	

* Volumen comercial total >10 cm con corteza.

** R= raleada; NR= no raleada.

clases de calidad 1 y 2, constituye un mejor criterio para la comparación entre plantaciones que utilizar el número de trozas. Con la aplicación de los raleos, el número de trozas sí podría verse afectado, ya que un árbol de calidad general 3, claro candidato a ser raleado, podría también contener al menos una troza de calidad 2 que también se eliminaría.

El volumen comercial varía ostensiblemente debido a las diferencias en edad entre los proyectos evaluados. En la mayoría de los casos el volumen comercial no guarda una relación evidente con la calidad de la plantación. Ya que influyen aspectos de la calidad del sitio o productividad natural, el espaciamiento utilizado (densidad), manejo, etc.

que no necesariamente afectan la calidad del fuste. Los valores más altos de volumen comercial registrado corresponden a los proyectos más viejos y a aquellos que han sido raleados, debido posiblemente a la respuesta de la plantación al manejo.

Los índices de calidad propuestos por Murillo (2000) se presentan en el Cuadro 4. Recuérdese que entre más cercano a un valor de 1, mayor será la calidad de la plantación. Por el contrario, valores cercanos a 4 corresponden a plantaciones de muy pobre calidad. Puede observarse que el primer índice muestra una notable mejoría con el raleo (disminuye de $I_{CG}=3.04$ a 2.42, que equivale a un 20% de mejoría), ya que se eliminan de la población, generalmente, los individuos de

calidad 3 y 4. Este valor de $I_{CG}=3.04$ es importante como referencia para esta especie en la Península de Nicoya, ya que indica la calidad original de la semilla utilizada en la reforestación, que deberá ser superada con el desarrollo de programas de mejoramiento genético y silvicultural. En la Figura 1 se puede apreciar que alrededor de un 40% de los proyectos registraron un índice de calidad general superior a 3. La mayor parte de ellos, sin embargo, corresponde con plantaciones no raleadas. Así

también, cerca de un 40% de los proyectos presentó un índice de calidad general menor a 2.5, que puede considerarse como de muy bueno. Como puede notarse, prácticamente todos los proyectos raleados registran valores de $ICG \leq 3$, ya que se les han eliminado muchos árboles de calidad 3 y 4.

El índice de calidad de cosecha (N_{1+2}) muestra su total independencia al raleo, tal y como se espera, ya que los árboles de calidad 1 y 2 tienden a permanecer en la plantación hasta la

Cuadro 4. Índices de calidad de plantaciones raleadas y no raleadas de teca (*Tectona grandis*), en la Península de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica.

Proyecto	Edad años	Índice calidad general $N_{1+2+3+4}$	Índice calidad de cosecha $N_{1+2/ha}$	Índice calidad máxima % N_1	Índice de calidad de trozas 1+2	IMA Vol c1+2* $m^3/ha/año$
No raleados						
San Rafael	7.67	3.54	100	0	300	0.35
Hondores	5.67	2.19	659	67	2642	5.25
Garzal	4.67	3.07	229	2	774	0.16
Bosa	4.67	2.91	250	10	763	0.85
Quirimán	3.67	2.94	230	4	740	0.98
El Llano	4.58	2.81	228	0	1000	2.76
Casitas	3.58	3.02	188	0	463	0.05
Pueb. Viejo	3.58	3.80	0.0	0	0	0.00
Barra Honda	5.67	3.22	110	4	640	1.29
Moracia	3.75	3.78	0.0	0	100	0.00
Caballito	3.75	3.05	350	0	1150	2.76
Corralillo	5.67	3.13	167	0	667	1.36
El Obispo	4.58	2.94	250	0	850	0.93
Zapote	3.58	2.24	600	20	1500	0.00
Promedio	4.65	3.04±0.13	240±53	7.64±5	827.8±182	1.19±0.41
Raleados						
Puerto Carrillo	10.0	2.16	290	8	ND	12.46
Sámara	7.0	2.08	320	12	ND	11.16
Tigra	9.67	2.67	170	4	660	2.030
Morote	7.67	2.85	188	5.2	663	0.63
Amaranta	7.75	2.35	300	10	950	12.18
Hojancha	6.83	2.18	350	0	1100	5.40
Hojancha	6.83	1.97	467	20	1200	7.59
Nambí	6.58	2.04	320	24	1055	5.56
Mansión	3.58	3.11	130	0	370	0.79
Barra Honda	9.75	3.07	116	13.2	416	4.18
Guastomatal	8.58	2.12	350	20	1400	12.37
Promedio	7.66	2.42±0.13	273±34.3	10.6±2.6	868.2±127	6.76±1.48
Promedio global	5.97	2.77±0.11	255±32.3	8.94±2.9	843.6±116.9	3.64±0.87

* Incremento Medio Anual del volumen comercial (≥ 10 cm con corteza) de los árboles de calidad 1+2 exclusivamente.

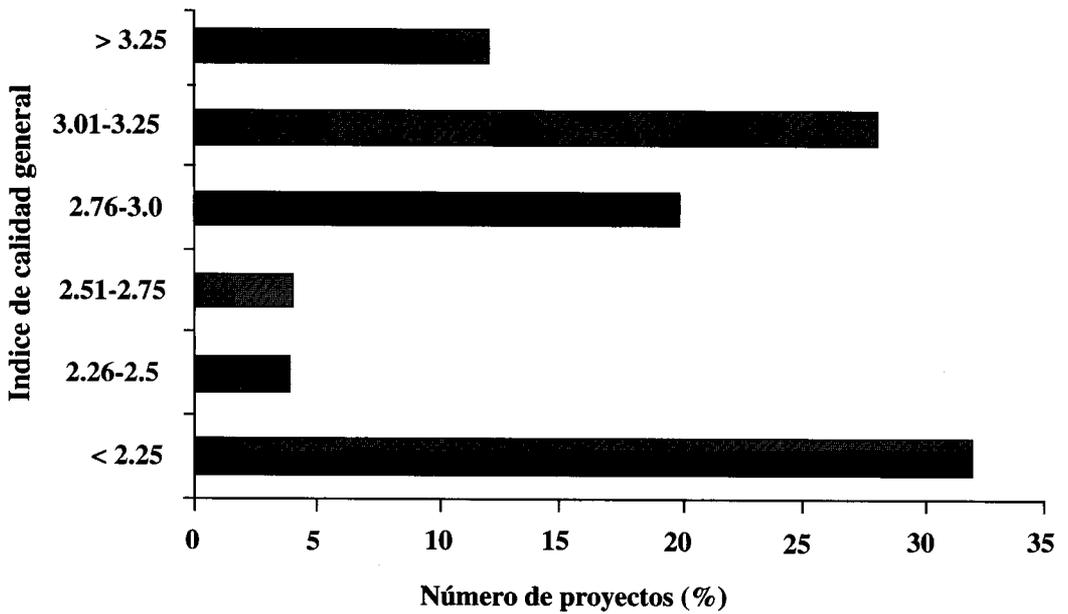


Fig. 1. Distribución porcentual de los proyectos no raleados de teca, evaluados en la Península de Nicoya, Guanacaste, según su índice de calidad general (I_{CG}).

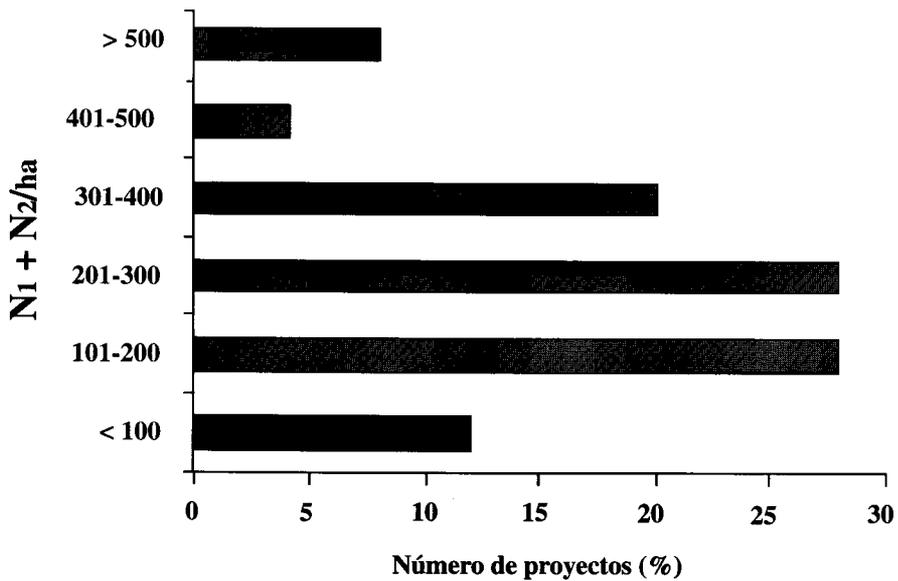


Fig. 2. Distribución porcentual de los proyectos de teca evaluados en la Península de Nicoya, Guanacaste, según su índice de calidad de cosecha (I_C).

cosecha final. Este segundo índice debe registrar valores superiores a 250-300 individuos, para considerar que una plantación cumplirá con sus objetivos de producción. Puede observarse entonces (Cuadros 3 y 4), que 9 de los proyectos sin raleo (64%) y 4 de los raleados (36%) no contienen en pie el número de árboles de calidad 1 y 2 suficientes como para justificar su permanencia como inversión a largo plazo en madera sólida para aserrío. En conjunto significan un 52% de los proyectos evaluados, lo cual es un reflejo de la ausencia de semilla mejorada de teca en esta región, y del débil manejo técnico que han tenido la mayoría de los proyectos evaluados. Por otra parte, en la Figura 2 se puede apreciar que un 32% de los proyectos contienen más de 300 árboles de calidad 1+2/ha. Estas plantaciones pueden considerarse como rentables y altamente rentables (Murillo 2000).

El índice de máxima calidad potencial posible (N_1) (Cuadro 4) se basa en la diferencia con un ideal de plantación, donde hay 250 individuos de calidad 1 en la cosecha final. De los 25 proyectos evaluados solamente uno de ellos se aproxima hasta un 67% del valor ideal (Los Hondores, Nicoya). El 72% de las plantaciones presentaron menos de un 10% de la situación ideal. Lo cual refleja el enorme potencial de avance que se podría lograr con programas de mejoramiento y silvicultura con esta especie.

En cuanto a la calidad de trozas, el índice indica que solamente la plantación Los Hondores, Nicoya, presenta valores excelentes (>1600 trozas/ha de calidad 1+2). Mientras que 3 plantaciones más se ubican como muy buenas al presentar entre 1200 y 1600 trozas/ha de calidad 1+2 (Cuadro 4). Tal y como se discutió previamente, la calidad de trozas puede variar significativamente debido a que después de los raleos se elimina una cantidad considerable de trozas de calidad 1+2. Sin embargo, este índice tiene

especial relevancia para los inversionistas en la industria forestal, donde el número de trozas según su calidad es determinante para el cálculo de producción esperado y su respectiva planificación industrial.

El IMA del volumen calidad 1+2 de las plantaciones raleadas (IMA= 6.76 m³/ha/año) debe considerarse como bajo (Cuadro 4). Sin embargo, debe tenerse presente que en su mayoría son plantaciones aún muy jóvenes y que éste valor de IMA representa un 74% del volumen total. Puede sin embargo notarse, que 4 plantaciones (16%) si logran superar los 11 m³/ha/año que establece el índice de productividad como excelente. Pero al igual que lo indican los índices cualitativos, es evidente el potencial y la necesidad de trabajar en mejoramiento y manejo, para lograr valores de IMA cercanos o superiores a los 11 m³/ha/año).

Finalmente, el Cuadro 5 presenta trabajos similares realizados en la Península de Nicoya con esta misma especie. Debido a algunas diferencias en las metodologías utilizadas en los trabajos de Merayo y Murillo (1990), Torres et al. (1995) y Montero (1995), sus valores deben considerarse únicamente como de referencia. Con base en los valores de Rojas (1999) se obtiene entonces que solamente un 34.2% de los árboles son de calidad 1 ó 2, que correspondería a poco más de 300 individuos/ha. Estos valores se pueden considerar como de cumplimiento mínimo, pero deben ser superados si se desea que la inversión en reforestación con esta especie en esta región del país aumente. El recién iniciado programa de mejoramiento genético por parte del Centro Agrícola Cantonal de Hojancha (Murillo et al. 2000), es sin duda un buen paso en esta dirección. Se espera que conforme sean publicados estudios similares, poco a poco la reforestación industrial nacional vaya generando nuevos índices de referencia de la calidad y productividad de la actividad.

Cuadro 5. Distribución porcentual del número de árboles/ha según su categoría de calidad en la provincia de Guanacaste, Costa Rica.

Fuente	Distribución porcentual del número de árboles/ha según su calidad			
	1	2	3	4
Merayo y Murillo (1990), Nicoya	19.5	36.45	ND	ND
Torres et al. 1995, Santa Cruz	3.0	1.45	75	66
Región Chorotega	11	9.5	11	13
Montero (1995), Nicoya	0.95	74	ND	ND
Rojas (1999), Nicoya (no raleados)	2.7	31.5	31.0	35
Promedio	5.52±3.93	56.6±10.5	20.5±7.1	19.7±9.42

ND= no se reportan datos.

LITERATURA CITADA

- CAMACHO, P. 1995. Evaluación de la calidad de plantaciones forestales en la región Huetar Norte de Costa Rica. COSEFORMA. Documento de Proyecto No. 43. Alajuela, Costa Rica. 75 p.
- MERAYO, O.; MURILLO, O. 1991. Establecimiento de rodales semilleros de *Tectona grandis*, y *Pochota quinatum* en la Península de Nicoya, Guanacaste. Informe Técnico. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Departamento de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 125 p.
- MONTERO, R.E. 1995. Evaluación de la calidad de plantaciones forestales en la región Chorotega de Costa Rica. Práctica de especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Departamento de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 48 p.
- MURILLO, O. 1991. Metodología para el control de calidad de plantaciones forestales. Tecnología en Marcha 11(1):19-30.
- MURILLO, O. 1999. Indices de calidad para la reforestación en Costa Rica. In: XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. Ed. por Bertsch, F.; García, J.; Rivera, G.; Mojica, F., Badilla, W. Julio 1999. San José, Costa Rica. p. 475-476.
- MURILLO, O. 2000. Indices de calidad para la reforestación en Costa Rica. Agronomía Costarricense 24(2):41-48.
- MURILLO, O.; CAMACHO, P. 1997. Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones recién establecidas. Agronomía Costarricense 21(2):181-198.
- MURILLO, O.; CAMACHO, P. 1998. Evaluación de la calidad de plantaciones forestales. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Serie de Apoyo Académico No. 27. Cartago, Costa Rica. 56 p.
- MURILLO, O.; ROJAS, J.L.; BARRANTES, G.; BADILLA, Y. 2000. Mejoramiento genético de la teca. Kurú N°30. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. (en prensa)
- MURILLO, L.F.; HERNANDEZ, X.; MURILLO, O. 1996. Evaluación de la calidad de plantaciones de ciprés (*Cupressus lusitanica*) en el Valle del Guarco, Cartago, Costa Rica. Agronomía Costarricense 20(1):17-24.
- QUIROS, M. 1999. Evaluación de la calidad de las especies forestales nativas utilizadas en reforestación en la zona norte de Costa Rica. Práctica de especialidad. Bach. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 90 p.
- ROJAS, O. 1999. Evaluación de plantaciones y determinación de índices de calidad de *Tectona grandis*, en Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. Práctica de especialidad. Br. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 76 p.
- TORRES, G.; LUJAN, R.; PINEDA, M. 1995. Diagnóstico técnico del proceso de producción forestal en plantaciones de pequeña escala en Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Departamento de Ingeniería Forestal. Centro de Investigaciones en Integración Bosque Industria. Cartago, Costa Rica. 105 p.
- ZOBEL, B.; TALBERT, J. 1984. Tree Improvement: An introduction. John Wiley & Sons. USA. 592 p.