

## INDICES DE CALIDAD PARA LA REFORESTACION EN COSTA RICA<sup>1</sup>

*Olman Murillo\**

**Palabras clave:** evaluación de plantaciones, control de calidad, reforestación, Costa Rica.

### RESUMEN

Se propone 5 índices de calidad que permiten estimar certeramente el nivel de calidad y potencial productivo de una plantación forestal. El primer índice es el de **calidad general** y debe utilizarse preferiblemente en plantaciones no raleadas. Este índice producirá valores de 1.0-4.0. Valores cercanos a 1 serán de plantaciones de la más alta calidad. El segundo es el de **calidad de cosecha** y se basa en la cantidad de individuos presentes por ha de calidad 1 y 2. Una plantación con 400 individuos de calidad 1+2 sería excelente y con menos de 200 individuos sería de mala calidad. El tercero es el de **calidad máxima**, que busca reflejar en qué proporción la plantación se aproxima al máximo número posible de individuos de calidad 1 y de 40 cm de dap que puede contener una plantación forestal a la cosecha; es basado en  $N_1=250$  y genera valores porcentuales, donde una plantación con >90% sería excelente y <50% de muy baja calidad. Sin embargo, para la industria forestal es de mayor valor práctico basar los criterios de calidad en términos de productos o trozas comerciales. Por tanto, se puede utilizar el índice de **calidad de trozas** de 2.5 m de largo. Aquellas plantaciones con >1600 trozas/ha de calidad 1+2 son excelentes y aquellas <800 trozas son inaceptables. Por último se incluye el índice de calidad de productividad, que permite valorar la calidad de una plantación en

### ABSTRACT

**Quality indexes for reforestation in Costa Rica.** Five indexes that allow for a precise quality designation and productivity potential estimation are proposed. The first one is the **General Quality Index** and should be used in plantations with no previous thinnings. This index will produce values in between 1.0 and 4.0. Plantations near 1.0 are the best ones. The second, is the **Harvest Quality Index** and is based solely on the amount/ha of trees quality 1 and 2. Plantations  $\geq 400$  trees/ha quality 1+2 are the best ones, those having less than 200 trees have no commercial value. The third is the **Maximun Quality Index** and is intended to reflect how the plantation approximates the maximun number of quality 1 individuals, of 40 cm dap, that can be contained in a hectare at harvest. This index is then based on  $N_1=250$ , will give values of >90% for high quality plantations and <50% for bad quality ones. However, the forest industry requires more practical information, based on products, commercial cubic meters or logs. Therefore, the **Quality Log Index** is proposed. The commercial logs are 2.5 m long. Then, plantations with >1600 logs/ha of quality 1+2 are excellent and those <800 logs/ha are of poor for production purposes. Finally, a **Quality Productivity Index** is proposed, which

---

1/ Recibido para publicación el 22 de marzo del 2000.  
\* Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico

---

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

términos de su IMA (incremento medio anual en  $m^3/ha/año$ ). Aquellas plantaciones con un IMA del volumen comercial de los árboles de calidad  $1+2 > 15 m^3/ha/año$  son consideradas excelentes, mientras que valores  $< 7 m^3/ha/año$  serán inaceptables. Se concluye que estos índices son de fácil utilización e interpretación y se muestran varios ejemplos aplicados en el país.

## INTRODUCCION

En el país se ha venido desarrollando en los últimos 10 años una metodología para la evaluación de la calidad de las plantaciones forestales (Murillo 1991, Murillo y Camacho 1992, Torres et al. 1995, Montero 1995, Murillo et al. 1996, Murillo y Camacho 1997, 1998, Quirós 1999). Sin embargo, se carece aún de parámetros englobadores de calificación de la calidad de una plantación forestal, que conduzcan fácilmente a una interpretación de su calidad y se pueda comparar con respecto a otras plantaciones, regiones del país, especies, etc. Es también de suma importancia, contar con algún parámetro que permita conocer el estado actual de la calidad y que permita a futuro una verificación de la mejoría del paquete silvicultural desarrollado con esa misma especie. En la misma dirección, se requiere de información de este tipo para poder orientar y comprobar luego, el avance potencial logrado a través de programas de mejoramiento genético. Índices de este tipo deben también ayudar en la valoración económica de la plantación, así como a determinar el probable origen de su estado actual de calidad.

## INDICES PROPUESTOS

Se propone, el uso de 5 índices de calidad que permiten estimar e interpretar certeramente el nivel de calidad y el potencial productivo de una plantación forestal. Los índices requieren una información previa obtenida a partir de un muestreo de la plantación, tal y como se detalla en el trabajo de Murillo y Camacho (1997), donde se haya

allows for a quality estimation of a plantation's MAI (mean annual increment  $m^3/ha/year$ ). Those plantations with commercial MAI  $V1+V2$  values  $> 15 m^3/ha/year$  are considered excellent, and those with values  $< 7 m^3/ha/year$  are considered poor. It is concluded that all these indexes are easy to use and interpret. Some examples with real data are showed.

estimado el número de árboles/número de trozas comerciales/volumen comercial en pie/ha, clasificados en cada una de las 4 categorías de calidad posibles: calidad 1 o excelentes, calidad 2 o con defectos leves, calidad 3 o con limitaciones para su utilización en aserrío y calidad 4 o no aserrables (Murillo y Camacho 1998). La calidad de un árbol en pie se basa en la valoración de un conjunto de características cualitativas (rectitud del fuste, ausencia de bifurcaciones, sanidad, ausencia de ramas gruesas y en ángulo agudo, ausencia de gambas y grano en espiral, y, ausencia en general de cualquier otro defecto que limite su uso en aserrío). Una vez que se tiene esta información de la plantación evaluada, se procede a determinar alguno de los índices propuestos.

### Índice de calidad general

El primer índice debe estimarse preferiblemente en plantaciones jóvenes y/o no raleadas y se calcula como sigue:

$$I_{CGEN} = \frac{(N_1 * 1 + N_2 * 2 + N_3 * 3 + N_4 * 4)}{N_1 + N_2 + N_3 + N_4} \quad (1)$$

donde:

$N_1$  = Número de individuos/ha de calidad 1, calidad 2, 3 y 4.

Este índice producirá valores que oscilarán desde 1.0 hasta 4.0 y su interpretación es simple y directa, manteniendo exactamente la misma relación con todo el sistema de evaluación de plantaciones (Murillo y Camacho 1998). Valores cercanos a 1 corresponderán a plantaciones de la

más alta calidad. Valores  $\geq 3$  corresponderán a plantaciones de muy mala calidad y probablemente no rentables dentro de un marco de producción forestal industrial. Este índice es recomendado para determinar el potencial productivo de alguna especie forestal que recién se introduce a la reforestación industrial. Esto debido a que en los primeros años de la plantación es donde se puede observar la expresión total de la misma, con todos sus atributos y defectos antes de que se realicen los raleos y limpiezas, donde se eliminarán los individuos de inferior calidad (calidades 4 y 3, respectivamente). Es de utilidad también para tener una estimación de la calidad de la semilla empleada en el establecimiento de la plantación.

### Índice de calidad de cosecha

Si se desea comparar la calidad de una plantación forestal con otra o entre plantaciones de diferente edad, diferente manejo, diferentes especies, etc., es necesario utilizar otro índice. Para esto la comparación se debe basar únicamente en la cantidad de los individuos presentes por ha de calidad 1 y 2, ya que las otras 2 categorías (calidad 3 y 4) serían rápidamente eliminadas con los raleos, y por tanto, distorsionarían el estimado de calidad y no podrían compararse entre sí. Además, desde el punto de vista comercial, la rentabilidad de la cosecha final de una plantación forestal estará plenamente asegurada si ésta contiene al menos 300-400 individuos en pie de las calidades 1 y 2, sin importar cuantos individuos existen en las categorías 3 y 4 de calidad. En este caso, se puede emplear un índice de calidad de cosecha:

$$I_{CCOS} = N_1 + N_2 \quad (2)$$

Se tendría entonces que una plantación con 400 individuos de calidad 1+2 sería excelente. Si presenta entre 300 y 400 individuos  $N_1+N_2$ , sería muy buena. Con 200 a 300 individuos sería aceptable y con menos de 200 individuos ( $N_1+N_2$ ) sería de mala calidad o no rentable. Nótese que con este índice es posible determinar rápidamente si una plantación forestal merece continuar en pie, esperando su desarrollo hasta el momento de la cosecha final, o si convie-

ne tomar la decisión de eliminarla, para iniciar una nueva plantación con mejor semilla o con una especie que se adapte mejor al sitio.

Este mismo índice puede también expresarse en términos porcentuales, donde reflejaría la proporción de individuos calidad 1+2, con respecto al total de árboles en pie. Lo cual también permite mostrar claramente el grado de calidad de una plantación forestal. Así, una plantación con una proporción de árboles de calidad 1+2  $>50\%$  sería de excelente calidad, con valores entre un 40 a 50% de muy buena calidad, de 30 a 40% aceptable y  $<30\%$  como de inaceptable calidad.

### Índice de calidad máxima

Hasta ahora estos índices permiten determinar la calidad actual del rodal. Sin embargo, 2 preguntas de interés quedan aún sin resolver: 1) ¿qué tan lejos se encuentra la plantación evaluada con respecto al máximo posible de calidad? y 2) ¿si 2 plantaciones presentan diferente composición ( $N_1+N_2$ ) pero igual índice de calidad de cosecha ( $I_{CCOS} = N_1+N_2$ ), cual de las 2 es la de mejor calidad?. A manera de ejemplo, si una plantación forestal A contiene 50 individuos calidad 1 ( $N_1$ ) y 250 individuos calidad 2 ( $N_2$ ), tendría el mismo índice de calidad de cosecha ( $I_{CCOS}$ ) que una plantación B, con 150 individuos calidad 1 ( $N_1$ ) y 150 individuos calidad 2 ( $N_2$ ), a pesar que la plantación B es claramente de mucho mejor calidad que la plantación A. Por lo tanto, el índice de calidad debería también reflejar en qué proporción la plantación se aproxima hacia una situación ideal con un máximo número posible de individuos calidad 1. Este tipo de situaciones se empezarán a observar en la medida que continúen avanzando los programas de mejoramiento genético forestal, en particular, con el desarrollo de programas de reforestación clonal. Una plantación que haya logrado acumular en su cosecha final un número alto de individuos calidad 1, sería sin duda la meta o el ideal a alcanzar a través de una buena silvicultura. Pero ¿cuánto es ese número máximo de individuos?. Con base en un análisis de los Índices de Densidad del Rodal (IDR) existentes (Ortiz 1989) y de una simple proyección del área basal máxima esperada en una plantación, se obtiene que el  $N_1$

máximo con individuos de diámetro a la altura del pecho  $\geq 40$  cm (cosecha final) es de aproximadamente  $N_1=250$ . Este número podría oscilar entre  $N_1=220$  a 280, depende de la calidad del sitio, de la silvicultura (manejo del suelo, espaciamientos, raleos y podas oportunas, etc.) y del material genético empleado (mejores procedencias o árboles "plus", etc.). El área basal (G) con 250 individuos de un diámetro de 40 cm, corresponde a 31.41 m<sup>2</sup>/ha, que es un valor razonable de capacidad de carga para los estándares de reforestación actual de Costa Rica. Sin embargo, no debe confundirse el concepto de capacidad de carga con los niveles de área basal que normalmente se mantienen en una plantación forestal bajo manejo intensivo. En estos casos, normalmente no se permite que el área basal supere los 25 m<sup>2</sup>, debido a los niveles tan altos de densidad que implicaría (Antonio Rodríguez. Comunicación personal, Empresa COSTAMADERAS, Upala. 2000). Entonces se podría utilizar, adicionalmente, un tercer índice de calidad basado en el máximo  $N_1=250$  como sigue:

$$I_{CMAX} = \frac{N_1}{250} * 100 \quad (3)$$

Con el índice de calidad máxima se puede tener rápidamente una estimación de qué tan distante se ubica una plantación forestal evaluada del nivel máximo de calidad posible. Aquellas plantaciones con valores de  $I_{CMAX}$  superiores a un 90%, se podría decir, que tienen una excelente calidad. Si los valores de  $I_{CMAX}$  oscilan entre 70 y 90%, la plantación es de buena calidad. Valores entre un 50 y 70% son de aceptable calidad y aquellas con un  $I_{CMAX} < 50\%$  son de mala calidad.

### Índice de calidad de trozas

La industria maderera emplea y requiere criterios de rendimiento y productividad basados en el número de trozas comerciales de distintas dimensiones, y no con relación a árboles totales. Por lo que un índice de calidad de plantaciones forestales para la industria debe estar basado en los productos que llegarán al patio de la planta industrial. La metodología de evaluación de plantaciones en empleo en el país (Murillo y Ca-

macho 1998) permite presentar la información tanto en número de árboles/ha según su calidad, como también en número de trozas comerciales de 2.5 m/ha, distribuidas en las 4 categorías de calidad. Podría entonces utilizarse un índice de calidad de trozas como sigue:

$$I_{CTROZ} = T_1 + T_2 \quad (4)$$

De acuerdo con la metodología de evaluación de plantaciones, a cada árbol evaluado se le determina la calidad a sus 4 primeras trozas de 2.5 m de longitud. Esto implica que una plantación que tenga 400 árboles de calidad 1+2, podría tener alrededor de 1600 trozas/ha de calidad 1 y 2, lo cual sería excelente. Si presenta entre 300 y 400 individuos de calidad 1 y 2, tendría entonces entre 1200 y 1600 trozas/ha de calidad 1 y 2 y sería una plantación de muy buena calidad. Aquellas plantaciones con 800 a 1200 trozas/ha de calidad 1 y 2 serían aceptables y aquellas plantaciones con menos de 800 trozas/ha de calidad 1 y 2 serían inaceptables o no rentables. Debe tenerse cuidado al interpretar los resultados de este índice. Este será únicamente válido para aquellas plantaciones cuya altura comercial promedio haya superado los 10 m (4 trozas de 2.5 m y diámetro inferior  $>10$  cm con corteza), ya que a temprana edad a muchos árboles aún no se les podrá valorar la calidad de las trozas 3era y 4ta, y su bajo número de trozas se deberá más a un problema de tamaño pequeño de los árboles que a una calidad inferior.

### Índice de calidad de la productividad

Los 3 primeros índices propuestos se basan en el número de individuos/ha según su calidad, los cuales tienen una gran utilidad práctica para identificar rápidamente la calidad general de una plantación forestal. Pero se requiere también de índices que permitan identificar de una forma más directa, el potencial maderero que tiene una plantación para la industria forestal, tal como lo propone el índice de calidad de trozas. Sin embargo, el número de trozas/ha de calidad 1 y 2, sin conocer sus dimensiones, no permite aún tener una idea sobre el potencial volumétrico de

una plantación. Se propone entonces un último índice que integra la productividad (volumen/ha/año) con la calidad de los individuos o trozas que generan ese crecimiento.

$$I_{\text{CPROD}} = \text{IMA}_{V_1 + V_2} \quad (5)$$

donde:

IMA= Incremento Medio Anual en m<sup>3</sup>/ha/año.

V1 y V2= volumen comercial de los árboles o trozas de calidad 1 y 2.

En la discusión del índice de calidad máxima (índice número 3) se muestra que una plantación puede alcanzar en la cosecha como máximo 250 individuos/ha con dap de 40 cm. Si cada uno de estos árboles alcanza a producir aproximadamente vol=0.88 m<sup>3</sup> en 20 años de crecimiento (vol=(0.4)<sup>2</sup>\*0.7854\*10 m de largo de fuste\*0.7 de conicidad), se tiene entonces que en una hectárea se cosecharía alrededor de 250 árboles\*0.88 m<sup>3</sup>=220 m<sup>3</sup>. Cuyo IMA<sub>20</sub>=220 m<sup>3</sup>/20 años=11 m<sup>3</sup>/ha/año. Si se tiene una especie de muy rápido crecimiento como la melina (*Gmelina arborea*) cuya rotación podría alcanzarse a los 12 años en sitios de alta productividad, el valor de IMA<sub>12</sub> sería de 18.3 m<sup>3</sup>/ha/año. Podría entonces interpretarse que aquellas plantaciones cuyo IMA<sub>V1+V2</sub> >15 m<sup>3</sup>/ha/año sería de excelente calidad. Aquellas plantaciones con valores de IMA<sub>V1+V2</sub> entre 11-15 m<sup>3</sup>/ha/año serían de muy buena calidad. Cuando sus valores sean entre 7-11 m<sup>3</sup>/ha/año serían aceptables y <7 m<sup>3</sup>/ha/año inaceptables. Debe tenerse presente que estos valores de productividad corresponden a la realidad actual de la reforestación costarricense, basados en el volumen hasta los primeros 10 m de fuste. Por lo tanto, a través de programas de mejoramiento genético y silvicultural, los valores de IMA<sub>V1+V2</sub> podrían fácilmente llegar, dentro de pocos años, a registros superiores a los 15-20 m<sup>3</sup>/ha/año. Por último, debe también tenerse presente que los valores de IMA son dependientes, principalmente, de la edad de referencia y de la densidad de la plantación. Por tanto, valores de IMA basados en plantaciones con edades o densidades muy diferentes no son comparables entre sí, ni con lo propuesto para este índice.

Cuando esta sea la situación, deben utilizarse estos valores únicamente como una referencia.

Como se puede apreciar en el Cuadro 1, estos índices son de fácil utilización e interpretación y podrán contribuir a valorar apropiadamente la calidad de la reforestación en el país. Las especies fruta dorada y eucalipto son las que presentan los mejores indicadores de calidad de todo este grupo. Las especies lagarto y vainillo no muestran ningún potencial para el desarrollo de programas de reforestación industrial. El caso de las plantaciones de ciprés del Valle de El Guarco, reflejan los valores más bajos, debido al uso de una metodología anterior para la calificación de los árboles. Sin embargo, obsérvese que muestran 262 individuos/ha en el índice de calidad de cosecha (N<sub>1</sub>+N<sub>2</sub>), lo cual se considera como aceptable. Pero el ciprés muestra un 34.4% en el índice de calidad máxima que corresponde a mala calidad, por tanto, para este ejemplo, esta especie no presenta índices adecuados de calidad que ameriten mayores esfuerzos en su mejoramiento.

El Cuadro 2 muestra el ejemplo de varias plantaciones de teca de la Península de Nicoya, Guanacaste. Se puede notar que la plantación 5 es la única que cumple con el índice de calidad de trozas (>1600/ha), la plantación 4 se ubica como aceptable y las demás plantaciones inaceptables con menos de 800 trozas. Las 3 primeras plantaciones muestran valores sumamente bajos tanto en el Índice de trozas como en el Índice de calidad de la productividad, lo cual evidencia claramente un potencial de producción forestal totalmente nulo. Para el índice de calidad de la productividad, la plantación 4 muestra valores de excelente calidad. La plantación 5 registró un IMA<sub>5,7</sub>=5.25 que podría ser bajo debido a la poca edad de la plantación a pesar de su muy alto número de trozas de calidad 1+2. Como puede notarse, el uso de varios índices de calidad complementa la información que proporciona uno y otro. Para este ejemplo, la plantación 4, a pesar de presentar un índice de calidad de trozas muy modesto, registra una productividad muy alta, debido principalmente a las mayores dimensiones de sus trozas comparado con la plantación 5.

Por último debe mencionarse, que estos 5 índices propuestos generan valores de tipo cuantitativo. Por lo que pueden ser utilizados como

variables cuantitativas y sacar provecho de la fortaleza y simplicidad de los análisis estadísticos paramétricos.

Cuadro 1. Índices de calidad de varias especies forestales utilizadas en reforestación en la Zona Norte y Valle Central de Costa Rica.

Especie	N <sub>1</sub> (%)	N <sub>2</sub> (%)	N <sub>3</sub> (%)	N <sub>4</sub> (%)	Índice de calidad general I <sub>CGEN</sub> N1-N4	Índice de calidad de cosecha I <sub>CCOS</sub> N1-N2	Índice de calidad máxima I <sub>CMAX</sub> N1
Fruta dorada <sup>1</sup> ( <i>Virola koschnyii</i> )	47.60	32.30	11.60	8.45	1.81	80.0%	100%
Eucalipto <sup>1</sup> ( <i>Eucalyptus deglupta</i> )	23.70	60.90	13.70	1.64	1.93	84.6%	100%
Botarrama <sup>1</sup> ( <i>Vochysia ferruginea</i> )	10.12	65.96	19.59	4.30	2.18	76.0%	44.5%
Almendra <sup>1</sup> ( <i>Dipteryx panamensis</i> )	12.50	57.30	20.80	9.34	2.27	69.8%	55.0%
Cebo <sup>1</sup> ( <i>Vochysia guatemalensis</i> )	8.02	57.59	30.31	4.07	2.30	65.6%	35.3%
Pilón <sup>1</sup> ( <i>Hieronyma alchorneoides</i> )	9.02	55.45	30.20	5.30	2.32	64.5%	39.7%
Vainillo <sup>1</sup> ( <i>Styphnodendrum excelsa</i> )	1.24	31.10	55.17	12.46	2.79	32.3%	5.5%
Lagarto <sup>1</sup> ( <i>Zanthoxylum panamense</i> )	0.00	30.36	53.57	16.07	2.85	30.4%	0%
Ciprés <sup>2</sup> ( <i>Cupressus lusitanica</i> )	86	176	172	482	3.15	262	34.4%

Datos tomados y adaptados de los trabajos de Quirós<sup>1</sup> (1999) y Murillo et al.<sup>2</sup> (1996) respectivamente.

Cuadro 2. Distribución de la calidad de trozas y volumen comercial de plantaciones de teca (*Tectona grandis*) en los cantones de Nicoya y Hojancha, Guanacaste, Costa Rica (Rojas 1999).

Proyecto	Edad años	Número de trozas (calidad/ha)				Total	Índice de calidad de trozas	I <sub>MAV1+V2</sub> * m <sup>3</sup> /ha/año
		1	2	3	4		I <sub>CTROZ</sub> 1+2	
1	9.7	30	630	630	310	1600	660	2.03
2	7.7	25	638	700	250	1613	663	0.63
3	7.7	0	300	500	1750	2550	300	0.35
4	7.7	150	800	425	275	1650	950	12.18
5	5.7	967	1675	600	333	3575	2642	5.25

\* IMA del Volumen comercial (≥10 cm con corteza) de los árboles de calidad 1+2.

## LITERATURA CITADA

- MONTERO, R.E. 1995. Evaluación de la calidad de plantaciones forestales en la región Chorotega de Costa Rica. Práctica de especialidad. Bach. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 48 p.
- MURILLO, O. 1991. Metodología para el control de calidad en plantaciones forestales. *Tecnología en Marcha* 11(1):19-30.
- MURILLO, O.; CAMACHO, P. 1992. Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales. *In: II Congreso Forestal Nacional 25-27 nov. 1992. San José, Costa Rica.* p. 40-42.
- MURILLO, O.; CAMACHO P. 1997. Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas. *Agronomía Costarricense* 21(2):189-206.
- 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 N° 27. Cartago, Costa Rica. 56 p.
- 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.
- ORTIZ, E. 1989. Planificación y ejecución de raleos en plantaciones forestales. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Serie de Apoyo Académico N° 10. Cartago, Costa Rica. 33 p.
- 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*, 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.