

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE PLÁNTULAS DE CIPRÉS (*Cupressus lusitanica* Mill.) EN VIVERO.

F. Rojas

M. Sc. en Silvicultura. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

RESUMEN

Con base en 24 parcelas permanentes de muestreo, establecidas aleatoriamente en bancales de producción de plántulas de ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) en el vivero forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica en Cartago, se realizó durante 28 semanas la presente investigación para la determinación de una metodología de evaluación de la calidad de ciprés en vivero. Se propone un sistema de muestreo aleatorio por bancales con base en parcelas aleatorias de dos hileras (28 plántulas), en las que se registran 11 variables cualitativas y cuantitativas en cada plántula muestreada. Los resultados registraron un 1,87 % de plántulas bifurcadas, 0,51 % con pérdida del meristemo, 2,21 % con torceduras severas en el tallo, un 15 % en posición sociológica suprimida, un 0,68 % con daños mecánicos, un 0,51 % con problemas fitosanitarios severos, un 13,5 % con problemas de mala calidad de raíces y un 3,92 % de las plántulas de calidad 3 o de rechazo. Las raíces registraron un crecimiento promedio semanal de 1,39 cm, el diámetro al cuello de 1,14 mm/semana, mientras que la altura total creció 1,3 cm/semana. La tasa de mortalidad se estabilizó entre la semana 12 y 15 después del repique y alcanzó porcentajes acumulados cercanos al 25 %. Se discuten aspectos de manejo y calidad genética de la semilla como posibles causas de los problemas de calidad en plántulas de ciprés en vivero. Finalmente, se proponen valores de aceptación y rechazo para la producción de plántulas de ciprés en vivero, con base en las variables de mayor importancia en su calidad y sobrevivencia.

PALABRAS CLAVE: calidad de plántulas, viveros forestales, ciprés, *Cupressus lusitanica*

METHODOLOGY FOR EVALUATING THE SEEDLING QUALITY OF CYPRESS (*Cupressus lusitnaica* MILL) SEEDLINGS IN NURSERY

SUMMARY

Based on 24 permanent sampling plots, randomly established in the *Cupressus lusitanica* Mill seedling production area, at the forest nursery in Technological Institute of Costa Rica, at Cartago, the present study was conducted during 28 weeks to determine a quality control methodology for this tree species in nurseries. A random sampling method is proposed based on random plots of two rows (28 seedlings), in which 11 quantitative and qualitative variables are recorded for each seedling sampled. The results showed 1.87 % bifurcated seedlings, 0.51 % with loss of meristem, 2.21 % with severely twisted stem, 15 % in suppressed sociological position, 0.68 % with mechanical injuries, 0.51 % with severe phytopathological problems, 13.5 % with low quality roots, and finally, 3.92 % of the seedlings were grade 3, or in the rejection category. Root length increased an average of 1.39 cm/week, stem diameter 1.14 mm/week, and total height 1.3 cm/week. Mortality rate was stabilized between the 12th and 15th week after transplanting and reached an accumulative percentage of nearly 25 %. Management and genetic (hereditary) are discussed as possible causes of the quality of cypress seedlings in nurseries. Finally, values of acceptability and rejection are proposed for cypress seedling production, based on the most important variables.

KEY WORDS: seedling quality, forest nurseries, cypress, *Cupressus lusitanica*

INTRODUCCIÓN

La evaluación de la calidad de las plántulas en viveros forestales se remonta al año 1917, cuando aparece un primer manual de procedimientos para la producción de viveros forestales, elaborado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (Tillotson,

citado por Mexal y Landis, 1990). Sin embargo, los primeros conceptos sobre calidad de las plántulas, donde se utiliza ya claramente criterios de diámetro al cuello y altura de la plántula vigentes hoy día, aparecen en los años 30 y 40 en varios manuales publicados por investigadores citados por Mexal y Landis (1990). De aquí en adelante los criterios y parámetros continúan siendo los mismos y se basan

principalmente en la altura total de la plántula, diámetro al cuello y en la calidad y desarrollo potencial de la raíz. En el trabajo de Ritchie y Tanaka (1990) se presenta una adecuada discusión de los criterios conocidos de la calidad del sistema radical de la plántula y su eficiencia de predicción del desempeño en el campo. En Costa Rica aparecen los primeros criterios de calidad en el manual de almácigos forestales (Rodríguez y Murillo, 1985), que son luego ampliados en el manual del reforestador (Rojas, 1999). Sin embargo, ninguno de estos dos trabajos elaborados profundiza apropiadamente en el tema del control de calidad de plántulas de vivero. El principio fundamental en el que se basan los parámetros de calidad hasta hoy día desarrollados, es el de la posibilidad de predicción de la supervivencia de la plántula y su potencial para desarrollarse rápidamente durante los primeros meses o años de crecimiento en la plantación. Bajo esta orientación se publicó en México el documento "Concepto de calidad de plantas en viveros forestales", que presenta una excelente guía para el control de calidad de plántulas de *Pinus radiata*, basado principalmente en la experiencia forestal chilena (Toral, 1997). Se publica poco después el documento "Guía para la evaluación de plántulas en vivero" (Morales y Viedma, 1998), basado en la experiencia del programa forestal de Cochabamba, Bolivia con *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*.

Sin embargo, el control de calidad de plántulas de vivero debe no solo evaluar el potencial de supervivencia y desempeño futuro del material de reforestación, tal y como lo hacen todos los trabajos mencionados. También es vital intentar conocer cuales son las causas de la buena o mala calidad del material, para poder desarrollar con esto un programa de control y mejoramiento en el vivero. Las causas u orígenes de la calidad se deben a dos aspectos principales: calidad de la semilla (aspecto genético) y calidad del manejo del material en el vivero (aspecto silvicultural o ambiental). En el presente trabajo se busca entonces proponer no solo una metodología para la evaluación de la calidad de plántulas de viveros forestales, basada en el ciprés, sino también aportar información y bases para la discusión sobre los orígenes de la calidad del material de viveros forestales.

METODOLOGÍA

La investigación se realizó en los años 1999-2000 en las instalaciones del Vivero Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica en Cartago. Se realizaron muestreos en 12 bancales (de 10.5 m de largo y 0.97 m de ancho) de ciprés (*Cupressus lusitanica*. Mill) de 24 a 28.5 semanas de edad, establecidos con semilla procedente de Prusia, Volcán Irazú, Cartago. Se establecieron 24 parcelas permanentes de muestreo, cada una con 25 a 30 plántulas. Cada parcela de muestreo incluyó 2 filas completas a todo lo ancho del bancal o cama de producción y se establecieron al menos 2 parcelas al azar por bancal con base en una tabla de

números aleatorios. En total se evaluaron 710 plántulas durante un período de 4 meses.

El Cuadro 1 muestra el formulario empleado en la evaluación de la calidad de las plántulas. Para cada una de las parcelas de muestreo se registró información general y específica. Dentro de la información general se contempló el tamaño de la parcela de muestreo, fecha de repique y de medición, dimensiones de la bolsa utilizada como sistema de producción, anotador y otros aspectos de la parcela que brinden toda la información básica que facilite el análisis posterior. En cuanto a la información específica, a todas las plántulas de cada parcela de muestreo se les evaluó las siguientes variables: altura total (cm) cada 15 días; presencia de bifurcaciones (0 = no bifurcado, 1 = bifurcado); pérdida del meristemo principal (0 = con meristemo sano, 1 = meristemo dañado); estado fitosanitario: Se incluye aquí cualquier problema fitosanitario en hojas y tallo como amarillamiento, herrumbre, exudados, presencia de agallas y cualquier manifestación que indique la presencia de agentes patógenos. La incidencia y severidad del problema se registra bajo tres categorías: 1 = plántula completamente sana sin ningún problema fitosanitario visible, de buen color y vigor; 2 = plántula relativamente sana, con alguna evidencia de problemas fitosanitarios pero que no corre riesgo de morir, y principalmente cuando no se presente en más de un 50 % del follaje o que no haya provocado heridas severas en el tallo; 3 = enferma, plántulas con problemas fitosanitarios que afectan el desarrollo normal de la plántula tales como la pérdida del eje dominante o del follaje y en general, daños visibles en más del 50 % de la planta.; rectitud del tallo (0 = con tallo totalmente recto, 1 = tallo con torceduras severas y evidentes); daño mecánico: esta característica permite registrar cualquier anomalía asociada a malas prácticas silviculturales e incluye no solo la presencia o pérdida del meristemo sino también, plántulas deshojadas o quebradas y heridas en sus tallos que expongan el material a problemas fitosanitarios posteriores. Se califica como sigue 0 = plántula sin daño aparente, 1 = plántula con daño aparente; malas hierbas: esta es una variable que permite verificar el cuidado que recibe el material en vivero y se califica como sigue: 0 = libre de malas hierbas, 1 = con presencia de malas hierbas. La posición sociológica es una variable que permite determinar si hay niveles de competencia severos dentro del bancal, así como otra manera más de conocer la heterogeneidad en alturas; los individuos se califican como dominantes = D (reciben luz de todas direcciones), codominantes = C (reciben luz por arriba pero no de todos sus flancos), intermedios = I (recibe luz solamente por arriba) y los suprimidos = S (recibe luz solamente en forma difusa a través de las copas de sus compañeros en el bancal). Como última variable está la mortalidad, que es uno de los aspectos más importantes para predecir la productividad del vivero desde el punto de vista económico, así como la presencia de factores críticos como problemas fitosanitarios y prácticas silviculturales incorrectas. Para efectos prácticos no se incluye dentro del formulario porque se asume que la ausencia de información de una plántula implica un individuo ausente o muerto.

Las siguientes son las variables que implican la toma de una submuestra destructiva dentro de cada una de las parcelas de muestreo. A las plántulas en la posición 1^a, 7^a, 14^{va}, 21^{ava} y 28^{ava} se les midió el diámetro al cuello del tallo (0,01 mm) con ayuda de un vernier, y luego de manera destructiva la longitud de raíz (mm) y calidad de raíz de las plántulas. Con este procedimiento se buscó eliminar los posibles efectos de borde en las variables cuantitativas. La calidad de la raíz es una variable de gran importancia y se evaluó como sigue: 1 = raíz sana, abundante, masiva, sin problemas de torceduras ni sistema radical deformado en el fondo de la bolsa, 2 = con raíz de mala calidad, pocas

raíces pubescentes adicionales, sistema radical secundario pobre o casi nulo o con torceduras.

Finalmente se determinó la calidad de la plántula con base en el uso de todas las variables evaluadas como sigue: 1= plántula de primera calidad con ausencia total de características indeseables, 2 = plántula de sanidad 2 ó con presencia de una sola característica indeseable que no sea bifurcación, 3 = plántula de mala calidad con presencia de dos o más características indeseables que afectan notoriamente la capacidad de sobrevivencia y posibilidad futura de producir un árbol comercial para aserrío.

CUADRO 1. Formulario de campo para la evaluación de la calidad de plántulas en viveros forestales.

Fecha de medición: 22 de febrero del 2000 Especie: Cupressus lusitanica
Edad del material desde el repique (semanas): 24 Bancal No.: 5 Parcela No.: 1

Plántula	d cuello (mm)	h (cm)	Posición Sociológica ¹		Meristemo apical		Daño Mecánico		Rectitud de tallo			Estado Fitosanitario			Calidad de Raíz		Largo de Raíz (cm)		Malas hierbas		Calidad de plántula		
			D	C	I	S	1	2	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	2	3	1	2	3
1	4,15	14,9	I		1	1	1	1	1	1	1	2	22,1	2	2								
2		—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
3		15	I		2	1	1	1	1	1	1	1		1	3								
4		15,5	I		1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								
5		18	C		1	2	1	1	1	2	2	1		1	2								
6		7,5	S		1	1	1	1	1	1	1	1		1	2								
7	2,3	7	S		1	1	1	1	1	1	1	2	3,4	2	2								
8		12	I		1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								
9		17	C		1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								
10		18	C		1	1	2	1	1	1	1	1		1	2								
11		12	I		1	1	1	1	1	3	3	1		1	3								
12		9	S		2	1	1	1	1	1	1	1		1	3								
13		—	—		—	—	—	—	—	—	—	—		—	—								
14	6,3	24	C		1	1	1	1	1	1	1	2	32,7	1	2								
15		21	C		1	1	1	1	1	1	1	1		1	2								
16		13	I		1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								
17		18	C		1	1	1	1	1	2	2	1		1	2								
18		24	C		1	1	2	1	1	1	1	1		1	2								
19		15	I		1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								
20		—	—		—	—	—	—	—	—	—	—		—	—								
21	5,1	19	I		1	1	1	1	1	1	1	2	30,5	1	2								
22		10,5	S		1	1	1	1	1	2	2	1		1	2								
23		14	I		1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								
24		11	S		1	1	1	1	1	2	2	1		1	2								
25		—	—		—	—	—	—	—	—	—	—		—	—								
26		20	C		1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								
27		22	C		1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								
28	4,36	22	I		1	1	1	1	1	1	1	2	21	2	2								

1. D = dominantes; C = codominantes; I = intermedios; S = suprimidos

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La intensidad de muestreo por bancal o cama de producción, fue de alrededor de un 3 % del total de plántulas (60 plántulas muestreadas en dos parcelas de un bancal con 2000 plántulas), que supera sustancialmente la intensidad de muestreo propuesta en el Cuadro 2. Por lo tanto, los valores registrados en esta investigación pueden considerarse como altamente representativos de la población de plántulas de ciprés estudiadas.

CUADRO 2. Intensidad de muestreo sugerida para viveros forestales según el volumen de producción.

Intensidad de muestreo	Número de plántulas en producción
2,0 %	< 1000
1,5 %	1000 – 10 000
1,0 %	10 000 – 50 000
0,5 %	> 50 000

En el Cuadro 3 se muestra en detalle los defectos y características más importantes registradas en este estudio con plántulas de ciprés. Las variables bifurcación, torceduras severas en el tallo y parcialmente la altura total, son indicadores en buena parte de la calidad genética de la semilla seleccionada. Mientras que las variables “pérdida del meristemo principal”, “presencia de malas hierbas”, “posición sociológica”, “daños mecánicos” y en parte, “presencia de problemas fitosanitarios” y “altura total”, reflejan directamente un mal manejo silvicultural de las plántulas.

CUADRO 3. Valores porcentuales y su respectivo error estándar, para los defectos y características más importantes (variables cualitativas) obtenidas de la población de plántulas de ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) de 25 semanas de edad, del vivero forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. (n = 24 parcelas de 30 plántulas c/u).

Defecto evaluado		Valor porcentual en la población (% ± error estándar)
Bifurcaciones		1,87 ± 0,56
Pérdida del meristemo principal		0,51 ± 0,28
Presencia de malas hierbas		33,96 ± 4,02
Tallo con torceduras severas		2,21 ± 0,69
Posición sociológica ¹	D	6,0 ± 1,13
	C	43,66 ± 7,23
	I	35,33 ± 8, 15
	S	15,0 ± 2,45
Daños mecánicos		0,68 ± 0,41
Estado fitosanitario	1	77,64 ± 5,55
	2	21,84 ± 5,53
	3	0,51 ± 0,29
Mala calidad de raíces		13,48 ± 0,89
	1	45,05 ± 4,06
Calidad de la plántula	2	51,02 ± 3,78
	3	3,92 ± 0,80

1. D = dominante; C = codominante; I = intermedia y S = suprimida

Se puede notar que la presencia de malas hierbas alcanzó un 34 % de la población de plántulas, lo que indica una atención deficiente y que podría estar afectando su crecimiento. Este aspecto influye claramente en la calidad, vigor y posibilidad de sobrevivencia de las plántulas, por lo tanto, las descalifica automáticamente a calidad 2. En el mismo cuadro se aprecia que un 35 % de las plántulas presentaron una posición sociológica de intermedias y un 15 % de suprimidas. Estos valores deben ser considerados como altos e indicadores de una mala selección de semilla y mala asistencia silvicultural. Es común en nuestros viveros forestales que la semilla no sea seleccionada por su tamaño antes de ser sembrada en el germinador. Esto produce una germinación y crecimiento irregular posterior al repique. Así también, si el sistema de riego no moja en forma uniforme en las camas de crecimiento; si la aplicación de fertilizantes no ha sido cuidadosamente dirigida a todas las plántulas; o si la sombra de las primeras semanas después del repique no protege igual a todo el material, las plántulas tendrán un desarrollo en altura muy heterogéneo. Con el paso de las semanas, estas diferencias en altura propiciarán una competencia entre las plántulas y diferencias notables en su posición sociológica o exposición a la luz. Toda plántula que se ubique en una posición sociológica de intermedia o suprimida se debe registrar entonces en la categoría de calidad 2.

En los bancales de producción puede también observarse que se manifiesta un efecto de borde. Las plántulas ubicadas en las orillas tienden a sufrir mayores daños mecánicos producto del movimiento del personal del vivero por los pasillos. Este efecto se intensifica en la medida en que las plántulas crecen.

En cuanto al estado fitosanitario, se aprecia en el mismo Cuadro 3, que una proporción muy alta de las plántulas no presentan ningún problema evidente. Un 78 % de plántulas completamente sanas debe considerarse como un valor muy alto y positivo para un vivero forestal. Solamente un 0,5 % del material se registró con problemas fitosanitarios severos (con más de un 50 % de su parte aérea enferma o con lesiones visibles), que puede considerarse como muy bajo, a pesar de que es común la aparición de brotes de una herrumbre (*Cercosporae* spp) en el follaje de esta especie en los viveros forestales de Costa Rica en los últimos años (Rojas, 2002).

La bifurcación se observó solamente en un 1,87 % del material, lo cual es sumamente bajo. Esta variable descalifica inmediatamente una plántula como material de plantación, por lo que implica la asignación de una calidad 3, ó no viable para reforestación con fines de producción de madera sólida. Debe recordarse que ésta variable está fuertemente determinada por factores hereditarios (Zobel y Talbert, 1984). Por lo tanto, estos resultados sugieren que la semilla utilizada ha sido efectivamente seleccionada contra este defecto.

La variable calidad de la raíz puede considerarse como de poca experiencia en el país, a pesar de su gran potencial como pronóstico de futura sobrevivencia y crecimiento inicial de la plántula una vez establecida en la plantación (Toral, 1997). En el Cuadro 3 se muestra que un 13 % de las plántulas presentaron algún tipo de problema con su sistema radical, como lo es el enrollamiento o pobre desarrollo. Esta variable debe considerarse como vital en la calidad de una plántula, por lo tanto las descalifica al nivel de calidad 2 o calidad 3, si tan solo se observa algún problema en su sistema radical. Si más de un 5 % de las plántulas presentan problemas de calidad de raíz, debe revisarse los procedimientos de repique o trasplante a la bolsa o pote, así como recurrir a actividades de capacitación del personal. La poda de las raíces al momento del repique debería ser una práctica de rutina en la producción de plántulas, con el fin de corregir su excesiva longitud y posterior deterioro por un crecimiento. La poda estimula la brotación de una masa de raíces que aumenta su densidad y capacidad de adsorción de nutrimentos y agua. El principal problema de las raíces de plántulas producidas en bolsa plástica o potes, es que comúnmente crecen un poco más rápido que la sección aérea, e inician un enrollamiento dentro de la bolsa. Este enrollamiento llamado cuello de ganso, ocasiona luego un débil anclaje de la raíz pivotante al suelo, que puede luego ser la causa de derribo de los árboles en zonas con suelos poco profundos o con mucha exposición al viento. En el Cuadro 5 se muestra claramente esta relación, donde el largo de raíz crece en promedio 13,9 mm/ semana, mientras que el tallo lo hace a un ritmo de 13 mm/ semana.

Sin embargo, el largo de raíz que se reporta en este estudio puede no reflejar los valores que se obtendrían en viveros donde se practique apropiadamente la poda de raíz al momento del repique. Como se mencionó anteriormente, esta práctica estimula la formación de una mayor masa pubescente en su raíz y afecta su longitud. Es de esperar entonces, que los valores de largo de raíz con poda sean muy diferentes a los registrados en este estudio. Por lo tanto, los valores obtenidos en este estudio de la relación altura/largo de raíz ó de diámetro al cuello/largo de raíz, deben ser utilizados como de referencia pero no de criterio de calidad para esta especie. Serán necesarios estudios posteriores específicos sobre el crecimiento de la raíz del ciprés en el sistema bolsa, para establecer criterios precisos de calidad al respecto.

El conjunto de todas las variables se puede resumir en la asignación de la calidad global de la plántula. En términos generales se obtuvo un 45 % de calidad 1 y un 51 % de calidad 2 (Cuadro 3). Menos de un 4 % de las plántulas obtuvo una calificación de calidad 3 o material no útil para fines de reforestación. Puede proponerse de manera preliminar, que un vivero forestal debe presentar

menos de un 5 % de plántulas de calidad 3. Sin embargo, conforme avancen los programas de mejoramiento genético y silviculturales, se espera que a futuro los viveros forestales registren menos de un 1 % de plántulas de calidad 3 o de rechazo. Puede notarse también que los defectos con un control genético alto (bifurcaciones y torceduras del tallo), se presentaron con una baja frecuencia en la población evaluada. Esto se debe en parte a que todo este material proviene de árboles de la mejor calidad posible.

Los índices de calidad pueden tener una gran utilidad para describir rápidamente la calidad de las plántulas o de un vivero forestal. En el Cuadro 4 se muestra como algunas de las variables evaluadas pueden también ser expresadas en forma de un índice de calidad. Valores cercanos a 1 siempre indicarán una mayor calidad, mientras que cercanos a 2 (en caso de que la variable sea binomial) o cercanos a 3 (cuando la variable tenga 3 opciones), indicarán una menor calidad. Puede entonces observarse que la calidad de la raíz presenta el índice más bajo de todos, mientras que la calidad promedio global de la plántula fue de 1,59 (de 1 a 3), lo cual es relativamente bueno.

CUADRO 4. Índices de calidad para algunas variables cualitativas obtenidas de la población de plántulas de ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) de 25 semanas de edad, del vivero forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. (n = 24 parcelas de 30 plántulas)

Variable	Índice = $\frac{(n1*1 + n2*2 + n3*3)}{(n1+n2+n3)}$
Rectitud del tallo	1,11
Estado fitosanitario	1,21
Calidad de raíz	1,75
Calidad de plántula	1,59

n1 = No. de individuos de calidad 1; n2 = No. de individuos de calidad 2; n3 = No. de individuos de calidad 3.

Estos valores coinciden con los resultados de calidad que se muestran en el Cuadro 3. Por ejemplo, la torcedura severa en el tallo se reporta solamente en un 2,21 % de las plántulas (Cuadro 3). El índice de rectitud del tallo en concordancia, se ubicó en un 1,11 (Cuadro 4), que es un valor muy cercano al 1,0, como correspondería cuando el 100 % de los individuos no presenten ningún tallo torcido.

La tasa de mortalidad de las plántulas en el vivero parece estabilizarse a partir de la semana 12 después del repique (Figura 1). Los valores registrados en esta investigación podrían servir de punto de referencia en futuros trabajos o para el control de calidad en viveros comerciales. Tasas de mortalidad superiores a las registradas en este estudio, podrían considerarse como un efecto de algún problema de manejo del vivero.

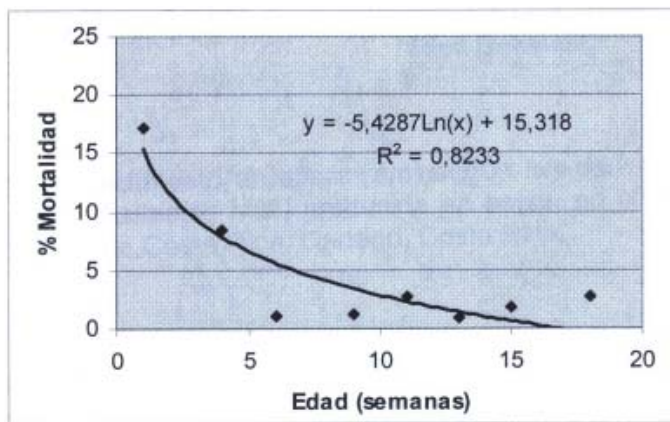


Figura 1. Estabilización de la mortalidad de la plántula de *Cupressus lusitanica* en relación con la edad del transplante a la bolsa, en el vivero forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Con relación a la tasa de crecimiento en altura de las plántulas, es posible aplicar los principios del control de calidad con base en la curva promedio que se muestra en la Figura 2. Aquellos viveros de ciprés, cuya tasa de crecimiento sea inferior al crecimiento promedio que se propone en este estudio, podría claramente considerarse principalmente como un efecto de algún problema de manejo del vivero. Ya sea problemas con la irrigación, con la fertilización o con el control de malezas. Aunque el efecto genético también podría estar explicando en parte su bajo crecimiento.

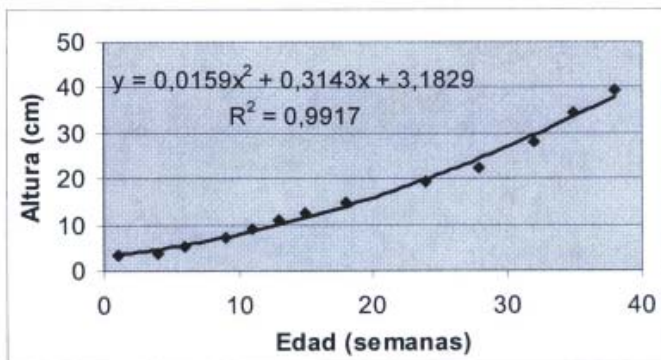


Figura 2. Crecimiento en altura (cm) según la edad de la plántula (x) de ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) producida en bolsa, en el vivero forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Podría también utilizarse el coeficiente de variación de la altura total de la plántula, como una variable de fácil medición y manifestación directa de problemas en el manejo del lote de producción. Para este estudio se encontró un valor superior al 17 % (Cuadro 5).

CUADRO 5. Valores promedio de las variables cuantitativas medidas en la población de plántulas de ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) de 25 semanas de edad, del vivero forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. (n = 24 parcelas de 30 plántulas c/u)

Variable	Promedio	Error Estándar ±	Coefficiente de Variación	Incremento Medio Semanal
Largo de raíz (cm)	33,99	1,08	15,18	1,39 ± 0,06
Diámetro al cuello (mm)	27,94	0,96	16,39	1,14 ± 0,05
Altura total (cm)	32,77	0,90	17,85	1,30 ± 0,03
Relación altura/diámetro	1,09	0,02	—	—
Relación altura/largo raíz	0,90	0,03	—	—
Relación diámetro/largo raíz	0,84	0,04	—	—

El diámetro al cuello es una variable de difícil medición y con algún grado de error debido al uso del pie de rey (vernier). Las plántulas presentan por lo general un tallo con tejido succulento que no ofrece mayor resistencia al cierre del instrumento a la hora de efectuar la medición. Además, por ser una variable con un alto costo de medición, se propone en esta metodología tomar una submuestra de 5 individuos dentro de la parcela de muestreo. Esta fue quizá la causa principal de que esta variable presentara uno de los valores de error estándar más altos (Cuadro 5). Sin embargo, los datos que se presentan en esta investigación, son basados en numerosas repeticiones y cantidad de parcelas de muestreo (24 parcelas permanentes) que respaldan su representatividad. Puede observarse en el cuadro 5, que el diámetro al cuello tiene una tasa promedio de crecimiento de 1,14 mm/semana. El valor promedio de diámetro al cuello de 2,8 cm registrado en esta investigación, es bastante bueno y superior a los 2 cm, considerado en muchos trabajos como criterio límite de salida del vivero forestal y buen predictor de supervivencia en la plantación (Mexal y Landis, 1990; Toral, 1997). Morales y Viedma, 1998;

La relación altura total versus diámetro al cuello se ubicó en un valor de 1,09, que es bastante cercano al 1,0 que se registraría cuando ambas variables (diámetro y altura) estén creciendo a una tasa similar. Se considera que valores cercanos a 1,0 son deseables e indicadores de una buena calidad de plántula (Toral, 1997).

Finalmente, se proponen criterios de aceptación y rechazo de lotes de producción de viveros de esta especie, para las variables de mayor impacto y significancia en su calidad y sobrevivencia (Cuadro 6). Los valores de aceptación y rechazo que se proponen se basan en resultados realistas, alcanzables, tal y como se demuestra en esta investigación y en observaciones realizadas por los autores en otros viveros de ciprés del país.

CUADRO 6. Criterios de aceptación y rechazo de lotes de producción en viveros forestales de ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.), basados en las variables de mayor importancia en la calidad y sobrevivencia de las plántulas.

Variable	Excelente	Bueno	Aceptable	Deficiente o de rechazo
Cantidad de plántulas de calidad 1 y 2 < 85 %	> 95 %	90-94.9 %		85-89.9 %
Coefficiente de variación de la altura total > 15 %	1-5 %	5.1-10 %		10.1-15 %
Cantidad de plántulas con estado fitosanitario 1 y 2 < 85 %	> 95%	90-94.9 %		85-89.9 %
Presencia de plántulas de posición sociológica suprimida	< 2 %	2.1-5 %	5.1-10 %	> 10 %

Conclusiones y recomendaciones

Los estándares de calidad propuestos en este estudio pretenden ser una guía inicial que pueda ser mejorada en futuras investigaciones. Más importante aún, con el avance de los programas de mejoramiento genético y las mejoras en el paquete tecnológico que emplean las organizaciones y empresas reforestadoras, se espera que en el futuro cercano estos mismos criterios e indicadores puedan ser revisados y establecidos con valores aún más altos.

La metodología propuesta deberá ser especialmente revisada en sus aspectos de muestreo. Se considera que con la alta homogeneidad en crecimiento entre plántulas, en particular en aquellos viveros altamente tecnificados, resultará en la necesidad de una menor intensidad de muestreo para alcanzar valores de error razonablemente bajos (< 1-2 %). El número de plántulas a muestrear en cada unidad de muestreo es sin duda otro aspecto que refinarse con base en futuros estudios en esta dirección.

La tasa de crecimiento de la altura total, diámetro al cuello y longitud de raíces, para esta especie, producida en el sistema de bolsa plástica, deben ser tomados como una referencia y no como valores absolutos. En viveros forestales con un mejor manejo de la fertilización y el riego, podría perfectamente resultar en un incremento sustancial de la tasa de crecimiento de las plántulas de ciprés.

AGRADECIMIENTO

Esta investigación se realizó con el apoyo financiero de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica y el apoyo logístico y humano del vivero forestal en Cartago, de la Escuela de Ing. Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

LITERATURA CITADA

- MEXAL y LANDIS. 1990. Target seedling concepts: height and diameter. *En*: ROSE, CAMPBELL y LANDIS. (eds.) Target Seedling Symposium: Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations. 13-17 agosto, Roseburg, Oregon, USA: pp 17-35.
- MORALES y VIEDMA. 1998. Guía para la evaluación de plántulas en vivero. Programa Red Nacional de Semillas Forestales. Cochabamba, Bolivia. Mimeo.
- RITCHIE y TANAKA. 1990. Root growth potential and the target seedling. *En*: ROSE, CAMPBELL y LANDIS. (eds.) Target Seedling Symposium: Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations. 13-17 agosto, Roseburg, Oregon, USA: pp 37-52.
- RODRIGUEZ y MURILLO. 1986. Almácigos Forestales. Establecimiento y manejo. Serie Informativa Tecnología Apropiaada No. 12. Unidad de Tecnología Apropiaada. Centro de Información Tecnológica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 71 p.
- ROJAS, F. 1999. Manual del reforestador. Centro de Información Tecnológica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 125 p.
- TORAL I., M. 1997. Concepto de calidad de plantas en viveros forestales. Documento Técnico 1. Programa de Desarrollo Forestal Integral de Jalisco. Guadalajara, Jalisco, México. 26 p.
- ZOBEL y TALBERT. 1984. Applied Forest Tree Improvement. John Wiley and Sons. New York, USA. 505 p.