

POSIBILIDADES DE DETECCIÓN TEMPRANA DE INDIVIDUOS DEFECTUOSOS EN *Cupressus lusitanica* COMO COMPLEMENTO DE MEJORAMIENTO GENÉTICO.

Flores, Marcela¹, Ramírez, Evelyn¹, Orozco, Antonio y Murillo, Olman².

RESUMEN

Ante los bajos rendimientos obtenidos en el aprovechamiento de plantaciones forestales, el área de mejoramiento genético del sector forestal se cuestiona acerca de la calidad del material utilizado para su establecimiento. Nace entonces el objetivo de este estudio, investigar la posibilidad de detectar a edades tempranas los individuos que expresarán los defectos más severos en plantaciones. Se presentan los resultados en vivero de un ensayo de progenie de individuos portadores de los defectos cualitativos más severos observados en ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill) en plantaciones de 16-18 años de edad establecidas en Cartago, Costa Rica (1400 m.s.n.m.). Se seleccionaron individuos que presentaban claramente: bifurcaciones, grano o hilo en espiral, torceduras en el fuste, ramas en ángulo agudo, ramas gruesas e individuos suprimidos (posición sociológica). De cada uno de estos defectos se seleccionaron 5 árboles/familias y se evaluaron en vivero entre 25 y 90 progenies por familia. De cada lote de familia se evaluó su altura total a los 5 y 7 meses de edad, así como la presencia de estos defectos. Se presentan los resultados del análisis de varianza para cada uno de los caracteres evaluados. Los resultados obtenidos permiten concluir que solamente el ángulo de ramas agudo y la tasa de mortalidad podrían ser utilizados como criterios de selección temprana en viveros de ciprés a las 30 semanas de edad. Se recomienda continuar la evaluación a nivel de plantación para determinar la edad a la que empiezan a manifestarse y el grado de control genético de los demás defectos investigados en esta especie.

Palabras clave: *Cupressus lusitanica*, mejoramiento genético, ensayo de progenie.

¹Estudiantes Escuela de Ing. Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.

²Profesor Escuela de Ing. Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. Omurillo@itcr.ac.cr

POSSIBILITIES OF EARLY DETECTION OF DEFECTED INDIVIDUALS IN *Cupressus lusitanica* AS A COMPLEMENT OF GENETIC IMPROVEMENT.

Flores, Marcela Ramírez, Evelyn, Orozco, Antonio y Murillo, Olman

SUMMARY

Behind low yields obtained in the use of forest plantations, the area of genetic improvement of the forest sector is questioned on the quality of the utilized material for its establishment. The objective of this study is born then, to investigate the possibility to detect at early ages, individuals that will show the most severe defects in plantations. The results are presented in nursery of a test of individuals that have the most severe qualitative defects observed in cypress (*Cupressus lusitanica* Mill) in 16 -18 year-old plantations established in Cartago, Costa Rica (1400 m.a.s.l.). Individuals were selected which presented clearly bifurcations, grain or thread in spiral, twists in the trunk, branches in sharp angle, thick branches and suppressed individuals (sociological position). Of each one of these defects, 5 trees/families were selected and were evaluated in nursery between 25 and 90 progenies per family. Of each family lot their total height was evaluated to the 5 and 7 months of age, as well as the presence of these defects. The results of the variance analysis are presented for each one of the valued characters. The obtained results allow to conclude that the sharp angle of branches and mortality rate could only be used as approaches of early selection in cypress nurseries up to 30 weeks of age. It is recommended to continue the evaluation at plantation level to determine the age to which they begin to show those characters and the grade of genetic control of the other defects investigated in this species.

Key words: *Cupressus lusitanica*, genetic improvement, progeny test.

INTRODUCCION

En el país, la reforestación en las zonas de altitud media y alta (> 1000 metros), ha venido siendo desarrollada principalmente con la especie ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill) desde hace poco más de 100 años (Bucarey, 1967, en Rodríguez, 1997), seguido por la especie jaúl (*Alnus acuminata* ssp *arguta*). En 1995 se estimó en 7000 ha reforestadas en las zonas altas, principalmente con estas dos especies.

A pesar de que se han logrado avances significativos en las técnicas de propagación con esta especie (Sánchez, 1999; Sánchez & Murillo, 2000) y se hicieron esfuerzos para establecer fuentes semilleras en el país (Quirós, 1988) y ensayos de progenie (Montoya, 1993; Cornelius y Baeza, 1995; Rodríguez, 1997), los esfuerzos aún no son suficientes para conformar un programa de mejoramiento genético a largo plazo, que sustente el desarrollo de una reforestación de alta productividad con estas especies en las zonas altas del país.

La inexistencia de fuentes semilleras seleccionadas ha provocado fuertes variaciones en la productividad de la reforestación en el país (Murillo, 1992), cuyos resultados podrían crear un efecto muy negativo de la actividad de la reforestación. Con el ciprés en el Valle de El Guarco, Cartago, se obtuvieron diferencias de más de un 280% en la cantidad de trozas aserrables de primera y segunda calidad/ha, entre la mejor y peor plantación evaluadas en el estudio (Murillo *et al.* 1996). Es claro que el verdadero potencial del país en reforestación está en plantaciones pequeñas y medianas, basadas en un paquete tecnológico que garantice la más alta productividad y calidad posible, de modo que estimule la posibilidad de utilizar el suelo en reforestación para la producción de materia prima competitiva en calidad y costos.

El objetivo de este trabajo fue investigar la posibilidad de detectar a edades tempranas los individuos que presentarían los defectos más severos en plantaciones forestales de *Cupressus lusitanica*, con el fin de utilizar esta información como un filtro o criterio adicional de eliminación de individuos defectuosos. En programas de mejoramiento genético, es común que se presenten problemas con contaminación de polen indeseable en el huerto semillero, o que los árboles seleccionados sean aún heterocigotas y por tanto, portadores de alelos indeseables a la población de mejoramiento. Por lo que es de esperar que en el material comercial de reforestación, persista una proporción importante de individuos de baja calidad a pesar de los esfuerzos realizados en el programa de mejoramiento.

La selección temprana de individuos superiores en crecimiento y calidad ha sido por lo general sumamente difícil y con una baja probabilidad de éxito (Zobel y Talbert, 1984). Por lo tanto, en este estudio nos hicimos la pregunta de si es posible poder detectar a edad de vivero cuáles serán los individuos que definitivamente serán inferiores en crecimiento o expresarán alguno de los caracteres cualitativos indeseables para la especie?: bifurcación, grano en espiral, ángulo de inserción de ramas, grosor y cantidad de ramas, torcedura en el fuste y otros. Si la detección temprana de estos caracteres fuera posible, esta información podría entonces utilizarse como un filtro más de mejoramiento de la especie. En otras palabras, si no es posible detectar a temprana edad cuales son los individuos superiores, entonces busquemos detectar los individuos defectuosos. El resultado final será también una nueva población con material que ha sido seleccionado y depurado, sería una población mejorada.

METODOLOGÍA

En una plantación de *Cupressus lusitania* de 16 a 18 años de edad ubicada en Lourdes de Cartago (Costa Rica), se escogieron individuos que expresaran claramente alguno de los defectos más importantes de esta especie. Cinco árboles fueron seleccionados por cada uno de los siguientes defectos: ramas gruesas, grano en espiral, fuste torcido, fuste bifurcado, posición sociológica suprimido y ramas en ángulo agudo (aquellas ramas cuyo ángulo de inserción es inferior a 90°). Cada uno de los árboles se constituyó en una familia. De cada uno de los árboles se recolectó 30 conos, de los que se extrajo su semilla en el vivero forestal de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica (Cartago). El material se mantuvo indentificado y separado por familia y defecto.

La semilla fue entonces analizada de acuerdo con las normas ISTA para determinar para cada lote, su porcentaje de germinación, valor pico de germinación y peso de 1000 semillas. Las semillas se dejaron sumergidas en una solución de agua con vitavax durante 24 horas para hidratarlas. Después de 24 horas se pusieron a germinar durante un periodo de 40 días, registrando los conteos una vez por semana.

Las semillas que no se utilizaron en estos ensayos se sembraron en camas germinadoras y se transplantaron luego a bolsa plástica en el vivero forestal. En todo momento se mantuvo la identidad de cada uno de los lotes. A las 7 semanas

de edad del repique se procedió a realizar una medición de altura de cada uno de los individuos que se encontraban en las bolsas. La siguiente medición se realizó a las 17 semanas de repicadas y se midió: número de ramas y altura total. A las 30 semanas de edad se realizó una última medición donde se midió altura (cm), número de ramas, altura de la bifurcación, ángulo de ramas y torcedura del tallo. Así mismo se determinaron los valores promedios de mortalidad. Con la información recolectada se realizaron los respectivos análisis de varianza y coeficiente de correlación en el paquete estadístico SAS (1999). El modelo empleado fue el siguiente:

Variable (progenie) = Defecto del árbol madre + Arbol (Defecto)

Donde la variable dependiente fue la altura total, rectitud del tallo, altura de bifurcación del tallo, ángulo de ramas de la plántula y número de ramas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Para la variable altura a las 12 y 30 semanas de edad, se obtuvieron diferencias significativas entre las familias de un mismo defecto a un 99,9% (cuadro 1). Entre defectos se detectaron diferencias significativas, pero únicamente a partir de las 30 semanas de edad. Este resultado implica que las diferencias entre los tipos de defecto se empiezan a expresar en el carácter altura de la plántula, a partir de las 30 semanas de edad (figura 1). Anterior a esta edad no se manifestaron niveles altos de competencia entre los individuos en el vivero. A las 30 semanas de edad las plántulas registraron un promedio de 32,87 cm de altura, lo que significa que al aumentar la biomasa pero no el espacio de crecimiento en el pote, se incrementa la competencia por luz en el vivero.

LIBRERIA

Cuadro 1. Análisis de varianza para las variables altura a las 12 semanas y altura a las 30 semanas de edad de la progenie, de familias de árboles defectuosos de ciprés (*Cipressus lusitanica*), procedente de Lourdes de Cartago, Costa Rica.

Variable dependiente	Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Prueba de F	Probabilidad
Altura 12 semanas	Familia	19	39684,4636	1984,223	10,32	<0,0001 ***
	Tipo de defecto	5	19218,5486	3843,709	1,94	0,1329 n,s
Altura 30 semanas	Familia	19	3074,2229	167,801	3,56	< 0,0001 ***
	Tipo de defecto	5	2960,4372	592,087	3,66	0,0173 *

* significativas a un 95 % de probabilidad
 ** significativas a un 99 % de probabilidad
 *** significativas a un 99,9 % de probabilidad.

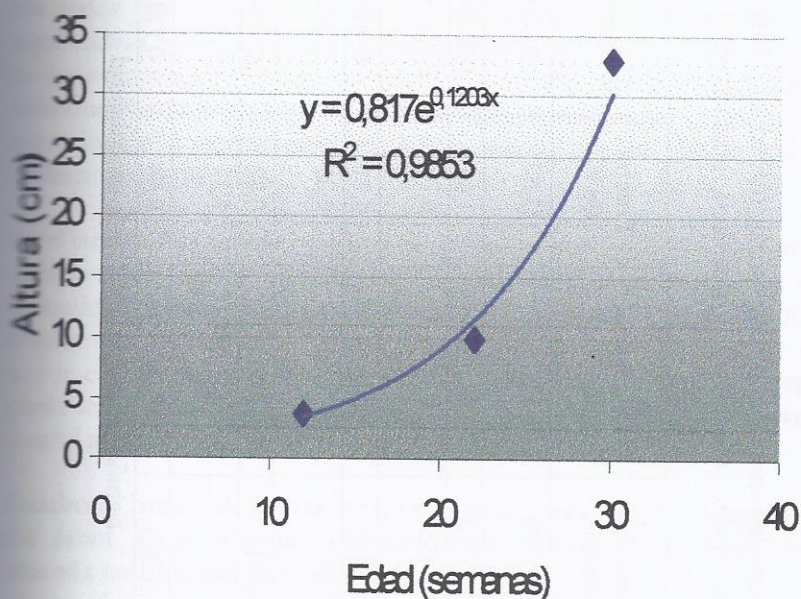


Figura 1. Crecimiento en altura (cm) según la edad, de progenies de árboles defectuosos de ciprés (*Cupressus lusitania*).

En el cuadro 2 se reportan los resultados de los análisis de varianza realizados para cada uno de los defectos del fuste investigados. En ninguna de las cuatro variables evaluadas (altura, rectitud del tallo, número de ramas, ángulo de ramas) se obtuvieron diferencias significativas entre el tipo de defecto. Estos resultados sugieren que a la edad de 30 semanas aún no se expresan los defectos en las progenies de ciprés. Para el defecto árbol suprimido era de esperar diferencias tempranas con respecto al vigor y desarrollo en altura de sus progenies, así como un menor número de ramas que los demás defectos. Este tipo de resultados sugiere que la posición sociológica de árbol suprimido no es un carácter que tenga un alto control genético/hereditario, sino más bien ambiental. Esto podría sugerir, que los árboles que se manifiestan como suprimidos en una plantación de ciprés, ha sido más por factores ambientales (como poco vigor desde el vivero, mal plantados, vecinos mucho más vigorosos y precoces que por azar compartieron el mismo microsítio) que por una predisposición hereditaria.

Cuadro 2. Análisis de varianza para las variables número de ramas, ángulo de ramas, torcedura y bifurcación en progenies de árboles defectuosos de una plantación de ciprés (*Cupressus lusitanica*), ubicada en Lourdes de Cartago, Costa Rica.

Variable	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	Prueba de F	Probabilidad
No ramas	Familia (defecto)	19	4066,9378	214,0493	11,82	< 0,0001 ***
	Defecto	5	1776,4204	355,2840	1,66	0,1927 n,s
	Familia (defecto)	19	25,5455	1,3445	6,70	< 0,0001 ***
Angulo de ramas	Defecto	5	14,8447	2,9689	2,21	0,960 n,s
	Familia (defecto)	19	7,1501	0,3763	2,21	0,0022 **
	Defecto	5	1,6818	0,3363	0,89	0,5049 n,s
Torcedura de tallo	Familia (defecto)	19	0,3019	0,01589	1,11	0,3312 n,s
	Defecto	5	0,03953	0,0079	0,50	0,7742 n,s
	Defecto	5	0,03953	0,0079	0,50	0,7742 n,s

* significativas a un 95% de probabilidad,
 ** significativos a un 99% de probabilidad,
 *** significativos a un 99,9% de probabilidad.

En todos los casos menos en las bifurcaciones, se registraron diferencias significativas entre las familias. Debe recordarse que las diferencias entre familias es un evento esperado, ya que siempre se tiene una gran variabilidad entre individuos en la población. Es probable que las diferencias genéticas continúen expresándose a mayor edad en la plantación, por lo que se deben hacer evaluaciones posteriores.

En el cuadro 3 se muestra claramente que los promedios de las progenies para la variable ramas agudas, en cada uno de los defectos, coincide con los resultados esperados y objetivos de esta investigación. Las progenies de las familias de árboles con ramas agudas fueron las que manifestaron a temprana edad con mayor cantidad de ramas agudas. Estos resultados sugieren que esta variable puede tomarse en cuenta para la selección temprana y parece estar bajo un alto control genético.

Cuadro 3. Índice de ramas agudas en progenies, según el tipo de defecto del árbol madre de una plantación de ciprés (*Cupressus lusitánica*) ubicada en Lourdes de Cartago, Costa Rica.

Índice de ramas agudas	No. de individuos evaluados	Defecto
1,88	25	6 = bifurcado
1,70	146	1 = ramas gruesas
1,66	186	4 = suprimido
1,51	233	3 = fuste torcido
1,42	168	2 = grano espiral
1,26	138	5 = ramas agudas

Nota: Valores cercanos a 1 = ramas agudas; Valores cercanos a 2 = ramas rectas. No se tomó en cuenta la información del defecto 6 pues sólo contó con 1 familia, mientras que para los demás defectos se analizaron 5 familias.

Con respecto a la variable torcedura del fuste/tallo se presentan los resultados respectivos en el cuadro 4. Esta variable es la de mayor cuidado a la hora de valorar pues su causa puede ser variada: factor mecánico (mal repique), factor ambiente (viento) o factor propio de la planta (calidad de material genético). Las familias de los suprimidos son las que mostraron mayor proporción de progenies

con el tallo torcido, puesto que fue en estas familias donde se observaron más individuos de clase 3 de tallo o deformados severamente. Se esperaba encontrar en primer lugar a las familias con el defecto 3 (fuste torcido), sin embargo se ubicaron en una posición intermedia con respecto al resto de las familias de los demás defectos. Por lo tanto, esta variable parece no expresarse a temprana edad en progenies de ciprés, ni puede de momento utilizarse como criterio de selección temprana.

Cuadro 4. Índice de torceduras del fuste/tallo en progenies, según el tipo de defecto del árbol madre de una plantación de ciprés (*Cupressus lusitanica*) ubicada en Lourdes de Cartago, Costa Rica.

Índice de torceduras de tallo	No. de individuos evaluados	Defecto
1,25	186	4= suprimido
1,25	143	1= Ramas gruesas
1,17	233	3= Fuste torcido
1,14	168	2= Grano espiral
1,11	138	5= Ramas agudas
1,00	25	6= Bifurcado

Nota: Valores cercanos a 1 = tallo recto; 2 = tallo levemente torcido; 3 = tallo severamente torcido.

La mortalidad promedio mayor se registró en el defecto 3 (fuste torcido) con un 46,91%, sin embargo para el caso de las familias suprimidas (defecto 4) su valor promedio fue muy cercano (45,38%). Se esperaba que para este último defecto su valor promedio fuera el mayor por tratarse de árboles con menor vigor (Cuadro 5). Esto puede explicarse por medio de la desviación estándar puesto que el valor para el defecto 3 fue de 9,58 y para el defecto 4 fue de 20,72. Este valor tan elevado se obtuvo porque en una familia se registró uno de los valores de mortalidad más bajo, por lo que no concuerda con los valores de las otras familias.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con excepción de las variable ángulo de ramas y tasa de mortalidad, las demás variables no han contribuido a una selección temprana a las 30 semanas de edad. Solamente los caracteres ángulo de ramas y tasa de mortalidad a las 30 semanas tienen algún potencial de ser utilizados como criterio de selección temprana en plántulas de ciprés. La tasa de mortalidad a las 30 semanas de edad mostró estar fuertemente ligada a familias de individuos de bajo vigor o suprimidos en la plantación. Esta información sugiere la posibilidad de eliminar lotes identificados en los viveros de ciprés, cuya tasa de mortalidad sea muy elevada. Así también las progenies de familias con ramas agudas expresaron una alta incidencia de este defecto, lo cual permitirá utilizar esta variable como criterio de selección en viveros forestales.

Estos resultados deben ser validados con al menos una segunda experiencia similar. El material generado en esta investigación deberá ser plantado para continuar obteniendo mayor información sobre la expresión temprana y grado de control genético de estos caracteres en ciprés.

BIBLIOGRAFIA

1. Cornelius, J. y Baeza, O. 1995. Familias superiores de *Cupressus lusitanica* en Costa Rica. CATIE. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales. No.11: 7-10.
2. Montoya R., A. 1993. Comportamiento juvenil de ocho fuentes de germoplasma de *Cupressus lusitanica* Mill., en dos sitios de Costa Rica. Informe de práctica de especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Depto. de Ing. Forestal. Cartago, Costa Rica. 98 p.
3. Murillo, L.F., Hernández, X. y Murillo, O. 1996. Evaluación de la calidad de plantaciones de ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) en el Valle de El Guarco, Cartago, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 20(1): 17-23.
4. Murillo, O. 1992. Necesidad de programas de producción de semilla mejorada para la reforestación en Costa Rica. En: II Congreso Forestal Nacional. 25-27 noviembre 1992, San José, Costa Rica: 7-9.
5. Quirós, R. 1988. Selección de rodales semilleros de ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) en el Valle Central de Costa Rica. Tesis Lic. en ciencias forestales. Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 83 p.
6. Rodríguez M., J.A. 1997. Evaluación de un ensayo de progenies de ciprés (*Cupressus lusitanica* Miller) en tres sitios de Costa Rica. Tesis Lic. en ciencias forestales. Escuela de Ciencias Ambientales. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 149 p.
7. Sánchez, S. & Murillo, O. 2000. Potencial de reforestación clonal con ciprés. *Rev. Forestal Centroamericana*. Nº 32: 30-33
8. Sánchez, S. 1999. Ensayos de propagación vegetativa en ciprés (*Cupressus lusitanica*, Mill.) Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Práctica de especialidad. Cartago, Costa Rica. 105 pp.
9. Soares, A. y Rosero, P. 1973. Variacao entre nove procedencias de *Cupressus lusitanica* em Costa Rica. *Turrialba* 23(2): 222-226.
10. Zobel, B. y Talbert, J. 1984. *Applied Forest Tree Improvement*. John Wiley & Sons. USA. 505 p.

