

EFFECTO DE LA ZONA DE VIDA Y LA ALTITUD EN LA MORTALIDAD Y ADAPTABILIDAD AL PRIMER AÑO DE ESPECIES FORESTALES EN LA CORDILLERA VOLCANICA CENTRAL, COSTA RICA¹

Yorlery Badilla^{2/*}, Olman Murillo^{**}, German Obando*

Palabras clave: *Especies forestales, adaptabilidad, mortalidad, Costa Rica.*

RESUMEN

Se presenta los resultados de la mortalidad y adaptabilidad a los 6 y 12 meses de edad, de las especies forestales ciprés (*Cupressus lusitanica*), eucalipto de altura (*Eucalyptus globulus*), pino patula (*Pinus patula*), pino radiata (*Pinus radiata*), roble encino (*Quercus coopeyensis*), jaúl (*Alnus acuminata*), cedro dulce (*Cedrela tonduzii*) y turrá (*Ulmus mexicana*). De cada especie fueron plantadas 4 repeticiones dentro de cada una de las 3 zonas de vida de mayor representatividad de la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica, desde los 1000 a los 2000 m de altitud. Se registró una tendencia de mayor mortalidad conforme aumentó la pluviosidad. Las 3 especies coníferas mostraron desde los 6 meses la menor mortalidad (<15%) y mayor estabilidad en todas las zonas de vida; presentaron un alto potencial de reforestación en toda la Cordillera Volcánica Central. Las especies cedro dulce, turrá y jaúl conformaron un grupo de especies con una mortalidad elevada, que se estabilizó hasta el año de plantadas. Las especies eucalipto de altura y roble conformaron el grupo de mayor mortalidad (>50%) y de adaptabilidad más lenta. Sin embargo, el eucalipto de altura mostró un buen crecimiento en sitios pluviales. Un mayor cuidado de la calidad del material de reforestación y el empleo de técnicas de

ABSTRACT

Effect of life-zone and altitude on the mortality and adaptability up to the first year, of forest species in the Cordillera Volcánica Central, Costa Rica. Mortality and adaptability results at 6 and 12 months' age of a trial with the tree species cypress (*Cupressus lusitanica*), eucalypto de altura (*Eucalyptus globulus*), patula pine (*Pinus patula*), radiata pine (*Pinus radiata*), costarican alder (*Alnus acuminata*), sweet cedar (*Cedrela tonduzii*), turrá (*Ulmus mexicana*) and a costarican oak (*Quercus coopeyensis*), are presented. Each tree species had 4 replicates in each of the 3 major life zones of the Cordillera Volcánica Central of Costa Rica, ranging from 1000 to 2000 m altitude. There was a general trend of higher mortality with an increase in pluviosity. However, the 3 conifers registered after the 6 months' age the lowest mortality (<15%) and higher stability in all 3 life zones; they exhibit a high potential for reforestation in all Cordillera Volcánica Central. Sweet cedar, turrá and costarican alder conformed a group of high mortality rate, attaining intermediate stability after 12 months' age. The tree species eucalipto de altura and the costarican oak exhibited the highest mortality rate (>50%) and slower adaptability among all species. However, eucalipto de

1/ Recibido para publicación el 19 de agosto del 2001.

2/ Autor para correspondencia.

* Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central.

Correo electrónico: badilla@costarricense.com

Correo electrónico: gobando@fundecor.or.cr

** Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Correo electrónico: omurillo@itcr.ac.cr

plantación como los camellones, la aporca y el drenaje, son esenciales para poder reforestar en zonas de altura con una elevada pluviosidad.

INTRODUCCION

La mortalidad es un evento común en todo proceso de reforestación y requiere de un análisis e interpretación adecuados. Valores altos de mortalidad traen como consecuencia un retraso en el establecimiento del estado de competencia de la plantación forestal. El diseño inicial de espaciado se vería severamente afectado y en adelante, todo el proceso de desarrollo podría sufrir también al establecerse otra densidad-competencia menor y diferente a la planeada. Valores de mortalidad mayores a un 20% son comúnmente considerados como altos según los criterios aceptados (Murillo y Camacho 1997). Sin embargo, dependerá también de si la mortalidad ocurre en forma aleatoria y bien distribuida en toda la plantación o si más bien se manifiesta claramente en grupos o sectores definidos, cuya medición apropiada es parte de un buen sistema de muestreo (Baeza *et al.* 1991).

En un proceso de evaluación del comportamiento y rendimiento de especies forestales, es importante determinar con precisión la magnitud y ubicación espacial de la mortalidad. Una buena especie para reforestación, no será aquella que solamente muestre altos valores de crecimiento promedio por árbol. También es importante determinar su potencial productivo por unidad de área, donde se tome en cuenta la mortalidad. En Costa Rica no se cuenta con experiencia suficiente del efecto de climas pluviales y condiciones ambientales severas sobre el potencial de reforestación. Las zonas altas de Costa Rica requieren pronto de opciones viables de reforestación para apoyar los esfuerzos del pago de servicios ambientales, que se espera sustenten la conservación y uso racional de los recursos suelo, agua,

altura exhibited a strong growth in very wet sites. A stronger seedling quality control in the nursery, as well as the use of such site-planting techniques as individual drainage and soil-beds, are necessary for reforestation at high elevation sites with high pluviosity in Costa Rica.

madera, biodiversidad, vida silvestre, paisajismo y otros (Murillo *et al.* 2000). Para el año 1995 se registraron poco más de 7100 ha plantadas en las zonas altas con las especies ciprés (*Cupressus lusitanica*) y jaúl (*Alnus acuminata*) mayoritariamente (Alfaro y Barrantes 1995); sin embargo, estas 2 especies han mostrado limitaciones en una gran cantidad de sitios donde predominan climas pluviales. La experiencia en campo con otras especies aptas para reforestación en las zonas altas es aún muy limitada (Camacho 1981, Rojas y Torres 1990, Ugalde 1992, Chaverri *et al.* 1997). En un esfuerzo conjunto entre la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR) y la Fundación Internacional para las Ciencias (IFS), se inició a mediados de 1998 un programa de mejoramiento y conservación genética de especies forestales aptas para la reforestación de las zonas altas del país (Badilla 1998). En este trabajo se analiza en detalle el efecto de la altitud (de 1000 m hasta poco más de 2000 m) y de 3 zonas de vida, en la variación de la tasa de mortalidad sufrida en los primeros 6 y 12 meses de plantación. Los resultados forman parte de una investigación del comportamiento en reforestación de 8 especies forestales en la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica.

MATERIALES Y METODOS

Se realizó una estratificación de la Cordillera Volcánica Central en la que se determinó las principales zonas ecológicas existentes y su potencial de reforestación. En cada una de las zonas ecológicas de mayor tamaño y potencial, se

estableció ensayos de comportamiento con 8 especies maderables: las especies nativas roble encino (*Quercus coopeyensis*), jaúl (*Alnus acuminata*), cedro dulce (*Cedrela tonduzii*), y tirrá (*Ulmus mexicana*); y las especies exóticas ciprés (*Cupressus lusitanica*), eucalipto de altura (*Eucalyptus globulus*), pino patula (*Pinus patula*) y pino radiata (*Pinus radiata*). Estas especies se eligieron con base en la calidad de su madera (maderas duras y semiduras), facilidad de reproducción, amplia distribución natural, alto potencial de producción maderera, crecimiento y finalmente, su importancia ecológica.

Para cada una de las especies nativas se colectó semilla de 16 a 38 árboles semilleros (en bosque natural), con el fin de mantener una representatividad y amplia base genética para su futuro desarrollo en plantaciones forestales. En la mayoría de los casos se colectó semilla de varias poblaciones naturales ubicadas en la Cordillera Volcánica Central, como en el Cerro de la Muerte. Con las 4 especies exóticas (ciprés, eucalipto, pino radiata y pino patula), se importó semilla de 20 árboles plus por especie, procedente del Programa de Mejoramiento Genético Forestal de Cochabamba, Bolivia. En total se establecieron 12 bloques o repeticiones para un total de 105 parcelas de 144 árboles cada una, que permitieron registrar su comportamiento en 3 zonas de vida (Bosque Pluvial Premontano, Bosque muy

Húmedo Montano Bajo y Bosque Pluvial Montano Bajo), 2 provincias de humedad (Muy Húmeda y Pluvial) y desde los 1000 m hasta los 2000 m de altitud.

En este estudio se realizó un censo de todas las parcelas establecidas en el Proyecto de Conservación y Mejoramiento Genético de Especies Forestales aproximadamente a los 6 y 12 meses de edad. La base de datos fue procesada en la hoja electrónica de EXCEL 2000. Para cada parcela (especie) de cada repetición, se obtuvo un porcentaje de mortalidad, que fue luego transformado ($\text{Mortalidad} = \arccos(\sqrt{\% \text{mortalidad}})$) para garantizar su normalidad y poder llevar a cabo los análisis de variancia. Los datos fueron analizados con el programa SAS (versión 1998) y se crearon varias bases de datos para determinar los efectos de la especie, altitud y zona de vida en la mortalidad.

RESULTADOS

En la Figura 1 se presenta los porcentajes de mortalidad obtenidos a los 6 meses y al año para cada especie. Como se puede observar la especie que presentó menor mortalidad tanto a los 6 meses como al año fue el pino radiata (8,1 y 9,4%), seguido por el ciprés (13,3 y 13,5%) y el pino patula (13,4 y 14,3%). En la primera medición (6 meses), el roble presentó un porcentaje de

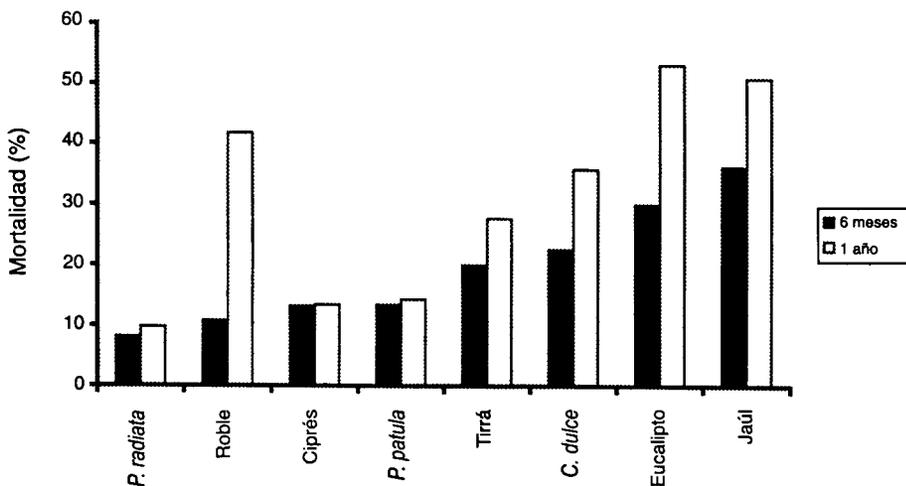


Fig. 1. Porcentaje de mortalidad global por especie obtenido a los 6 y 12 meses.

mortalidad bajo (10,8%), pero al año del establecimiento fue la especie que registró en proporción el mayor aumento (41,9%). Otro grupo de especies conformado por el jaúl, eucalipto, cedro dulce y tirrá, presentaron porcentajes de mortalidad altos tanto en la primera medición como al año del establecimiento. De este grupo la especie que tuvo el menor aumento al año fue el tirrá, seguido por el cedro dulce y el jaúl. El eucalipto registró el mayor aumento en su mortalidad dentro de este grupo (23,1%).

Las especies pino radiata, pino patula y ciprés presentaron estabilidad en la mortalidad hasta el primer año de establecimiento en el rango altitudinal de 1000-1500 m.s.n.m (Figura 2). Dentro de las especies que tuvieron un aumento importante, el cedro dulce fue el que registró el menor aumento, mientras que el roble fue la especie que registró el mayor aumento dentro de este rango altitudinal.

El grupo de especies jaúl, eucalipto y tirrá, registraron una mortalidad alta en la primera medición y una aún mayor al año de establecimiento. De este grupo, el tirrá fue la que registró el menor aumento en mortalidad, mientras que el eucalipto registró el mayor aumento (37,3%) en el rango altitudinal de 1000-1500 m.s.n.m.

La mortalidad a través del tiempo en el rango altitudinal de 1500-2000 m.s.n.m varió significativamente entre las especies (Figura 2). En este rango el ciprés fue la especie que mostró el menor cambio en mortalidad entre la medición a los 6 meses y la de los 12 meses, por lo que se le consideró como la de mayor estabilidad. Las especies pino radiata, pino patula y tirrá registraron también aumentos leves. En contraste, las especies roble, eucalipto, jaúl y cedro dulce registraron el mayor aumento en el porcentaje de mortalidad.

Lo mismo se observó en las mortalidades por especie registradas al año de establecimiento en los 2 rangos altitudinales (1000-1500 y 1500-2000 m.s.n.m.) como se puede observar en la figura 2. Las especies pino radiata, ciprés y jaúl, no muestran variación en el porcentaje de mortalidad según la altitud. Los resultados de ciprés y pino radiata sugieren que estas 2 especies presentan un comportamiento muy plástico y de amplia adaptabilidad a distintas condiciones de sitio. El

caso del jaúl es interesante y de gran relevancia, pues esta especie nativa habita en Costa Rica sobre los 1400 m.s.n.m (Murillo *et al.* 1993). Estos resultados muestran la posibilidad de adaptar el jaúl en sitios húmedos hasta los 1000 m.s.n.m con buenos resultados, con lo cual se aumentaría en gran proporción su área potencial de reforestación. En contraste el tirrá registró una menor tasa de mortalidad aunque muy leve en el rango de 1500-2000 m.s.n.m. Las especies roble y eucalipto si registraron una disminución considerable de la mortalidad a mayor altitud. Debe señalarse que estas 2 especies habitan preferiblemente en sitios superiores a los 2000 m, por lo que estos resultados parecen coincidir con lo esperado, que sería una mejor adaptación inicial en el rango de 1500-2000 m.s.n.m. Lo contrario se obtuvo con las especies pino patula y cedro dulce, que registraron mortalidades claramente inferiores en el rango altitudinal de 1000-1500 m.s.n.m. La especie cedro dulce es nativa en Costa Rica y habita preferiblemente sitios de los 1000-2000 m (Rojas y Torres 1990), pero estos resultados parecen indicar una mayor adaptabilidad a sitios más bajos. Los resultados del pino patula no parecen coincidir con la buena adaptabilidad que ha mostrado esta especie en Costa Rica, en sitios aún superiores a los 2600 m, como se ha observado empíricamente en el Parque Nacional Volcán Irazú (sector de Prusia) y en el Area Experimental del CATTIE en Bosques de Altura (Sector Villa Mills). Sin embargo, este material de pino patula proviene del Programa de Mejoramiento Genético Forestal que se desarrolla en Cochabamba, Bolivia, adaptado a sitios fríos pero con precipitaciones inferiores a los 1000 mm (Murillo 1998). Se conoce que en Costa Rica y en especial en la Cordillera Volcánica Central, la precipitación sigue una gradiente de aumento con la altitud y la duración del período seco disminuye o desaparece con un aumento de la altitud (Herrera 1986). Estos resultados sugieren entonces una menor adaptabilidad de este material de pino patula a sitios con alta pluviosidad.

El análisis de variancia entre altitudes (Cuadro 1) determinó que las diferencias en mortalidad no fueron significativas, debido probablemente a que 4 de las 8 especies presentaron casi

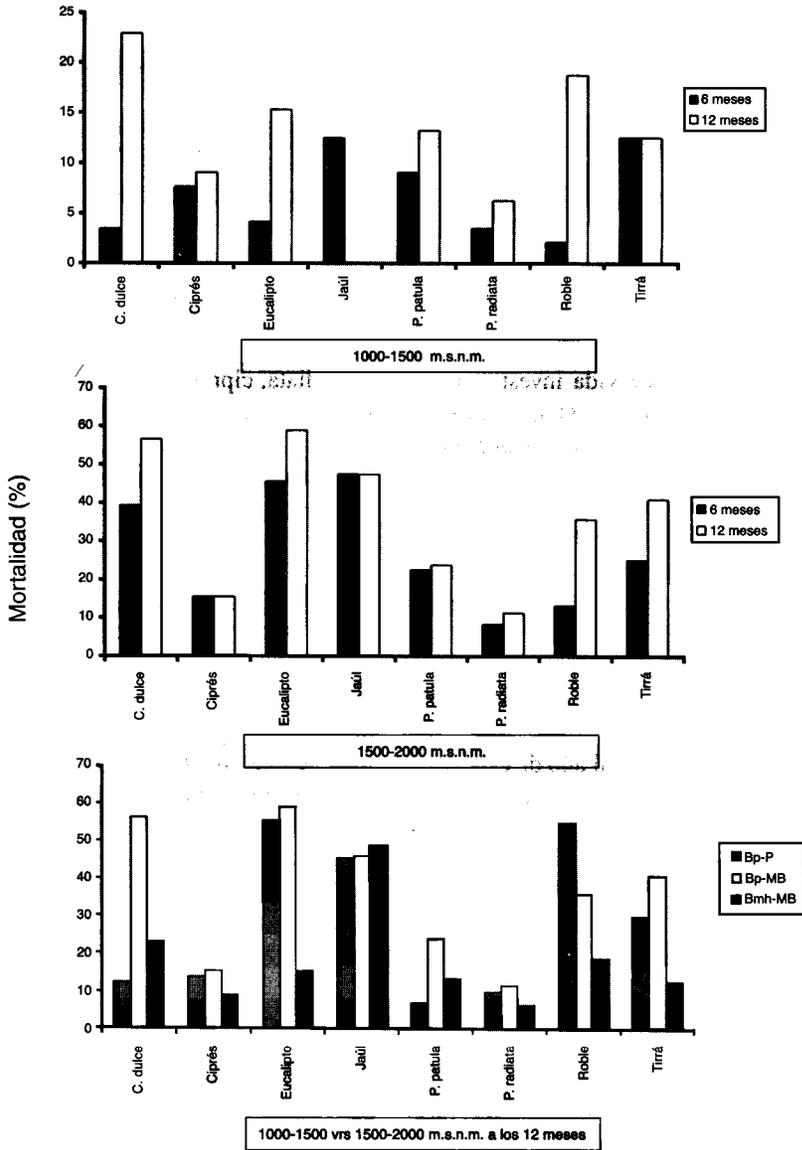


Fig. 2. Porcentaje de mortalidad por especie a los 6 y 12 meses de plantada, en el rango altitudinal de 1000 a 2000 m.s.n.m. de la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica.

idéntica tasa de mortalidad en ambas altitudes. Sin embargo, el ANDEVA si determinó diferencias significativas entre especies, tal y como se esperaba según se aprecia en la figura 2 (última parte). La interacción altitud*especie no fue significativa, tal y como se esperaba, ya que las especies eucalipto, jaúl, tirrá y roble registraron en ambas altitudes las mayores tasas de mortalidad.

La mortalidad registrada por especie en las 3 zonas de vida investigadas (Bosque Pluvial Premontano, Bosque Pluvial Montano Bajo y Bosque muy Húmedo Montano Bajo) a los 6 y 12 meses del establecimiento también varió (Figura 3). Se puede observar que el pino patula, el pino radiata y el ciprés registraron la menor tasa de mortalidad (<15%) y prácticamente fueron estables a partir del

Cuadro 1. Resultados del ANDEVA de la mortalidad a los 12 meses según la altitud, con 8 especies forestales establecidas en la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica.

Fuente de variación	Grados de libertad	F	Valor probabilístico (P=1- α)
Altitud	1	1,15	0,3622
Bloque	4	3,40	0,1714
Especies	7	5,39	0,0205
Altitud*bloque	3	0,19	0,8999
Altitud*especie	7	1,65	0,1470

sexto mes, en las 3 zonas de vida investigadas. Cedro dulce, tirr y jal podrían integrar un segundo grupo de especies caracterizadas por presentar una tasa de mortalidad elevada y parcialmente inestable (jal y cedro dulce >40%) hasta cerca del año de plantadas. Por último, está el grupo de especies altamente inestable o de adaptabilidad más lenta, conformado por el eucalipto y el roble. Ambas especies registraron las tasas más altas de mortalidad (hasta más de un 50%) en las 3 zonas de vida, aún a los 12 meses de plantadas.

La mortalidad registrada al año de establecimiento entre las 3 zonas de vida sugieren que el Bosque muy Húmedo Montano Bajo presentó la menor mortalidad de las 3 zonas de vida (18,3%), seguido por el Bosque Pluvial Premontano (28,4%) y con la mayor mortalidad el Bosque Pluvial Montano Bajo (36,1%) (Figura 3). Estos resultados coinciden con lo esperado, ya que las 4 especies exóticas no vienen de sitios mucho más secos que las 3 zonas de vida investigadas en Costa Rica. La especie que tuvo menor mortalidad en las 3 zonas de vida fue el pino radiata con un promedio de 9,1%, mientras que el jal registró la mayor mortalidad con un 47%. La alta mortalidad que se presentó en el jal, fue causada principalmente por una alta sensibilidad al ataque de hormigas y porque fue una especie muy apetecida como forraje ganadero. Por lo tanto, su tasa de mortalidad podría confundirse entre algún problema de adaptación al sitio junto con el ataque de animales. Estos resultados merecen ser interpretados como no conclusivos para esta especie. El cedro dulce, el jal y el pino patula mostraron una sobrevivencia mayor en la zona de vida Bosque Pluvial Premontano. Las especies pi-

no radiata, ciprés, roble, tirr y eucalipto presentaron su menor mortalidad en la zona de vida Bosque Pluvial Premontano. De las especies estudiadas, solamente el pino radiata y el ciprés mostraron un porcentaje de mortalidad aceptable (<15%) en la zona de vida Bosque Pluvial Montano Bajo.

Tal y como se discutió con respecto al efecto de la altitud, se encontr que el cedro dulce, el eucalipto, el roble y el tirr, mostraron valores de mortalidad altos entre zonas de vida (Figura 4). Estos resultados permiten proponer la hipótesis de que las especies pino patula, pino radiata y ciprés son sumamente plásticas y con un gran potencial de adaptación a todas las zonas de vida. El jal se muestra también como una especie plástica, aunque aparentemente con una mortalidad igualmente alta en todos los sitios.

El análisis de variancia entre zonas de vida (Cuadro 2) refleja los mismos resultados que muestran las figuras 3 y 4. Las diferencias entre zonas de vida son débilmente significativas ($P > 0,082$). Este resultado se debe posiblemente a que con el 50% de las especies (pino radiata, pino patula, ciprés y jal) no se registraron diferencias importantes entre zonas de vida. Sin embargo, entre especies, el ANDEVA muestra diferencias claras, tal y como se ha discutido. Es importante mencionar que no se registraron interacciones entre especies y zonas de vida, ni entre bloques y zonas de vida. La primera interacción refleja que no se observó cambios importantes en el ranking de las especial al cambiar la zona de vida, es decir, las mismas especies mostraron valores bajos o altos de mortalidad en todas las zonas de vida. La nica excepción fue el cedro dulce, al mostrar baja mortalidad solamente en el Bosque Pluvial

Cuadro 2. Resultados del ANDEVA de la mortalidad por zona de vida, en plantaciones a los 12 meses en la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica.

Fuente de variación	Grados de libertad	F	Valor probabilístico (P=1- α)
Zona de vida	2	6,44	0,0821
Bloque	4	1,97	0,3015
Especies	7	4,25	0,0103
Zona de vida*bloque	3	0,48	0,7008
Zona de vida*especie	14	1,24	0,2915

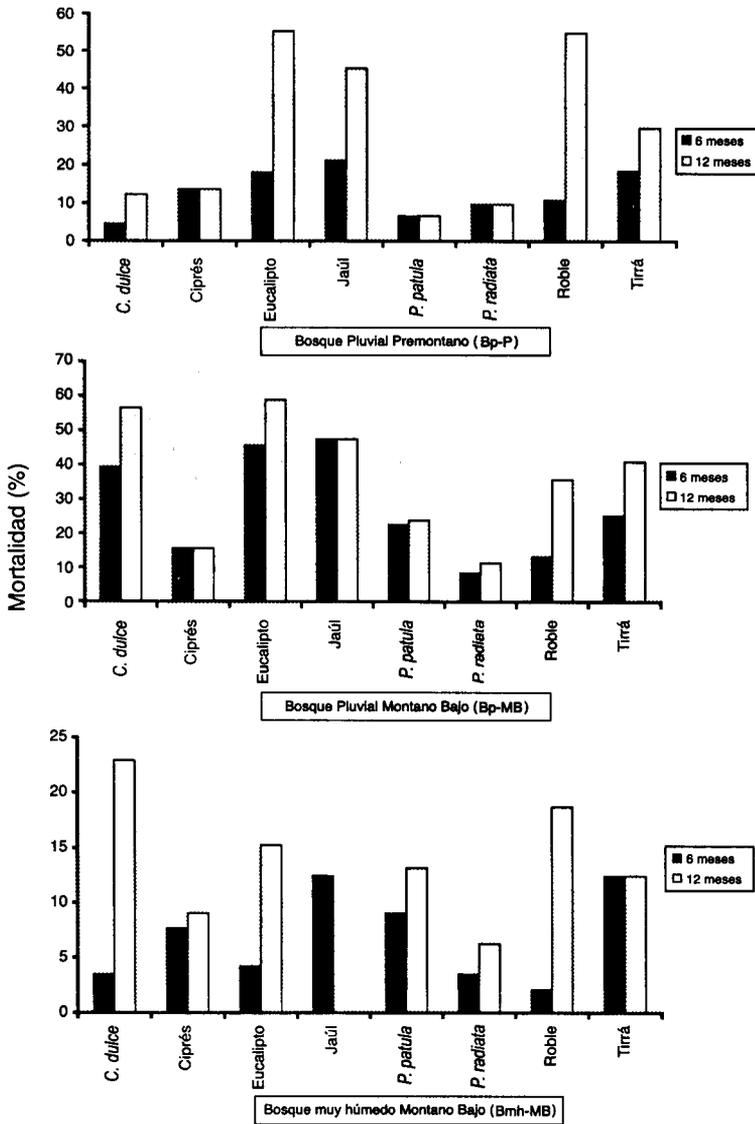


Fig. 3. Porcentaje de mortalidad por especie a los 6 y 12 meses de plantada, en las zonas de vida Bosque Pluvial Premontano, Bosque Pluvial Montano Bajo y Bosque muy Húmedo Montano Bajo, de la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica.

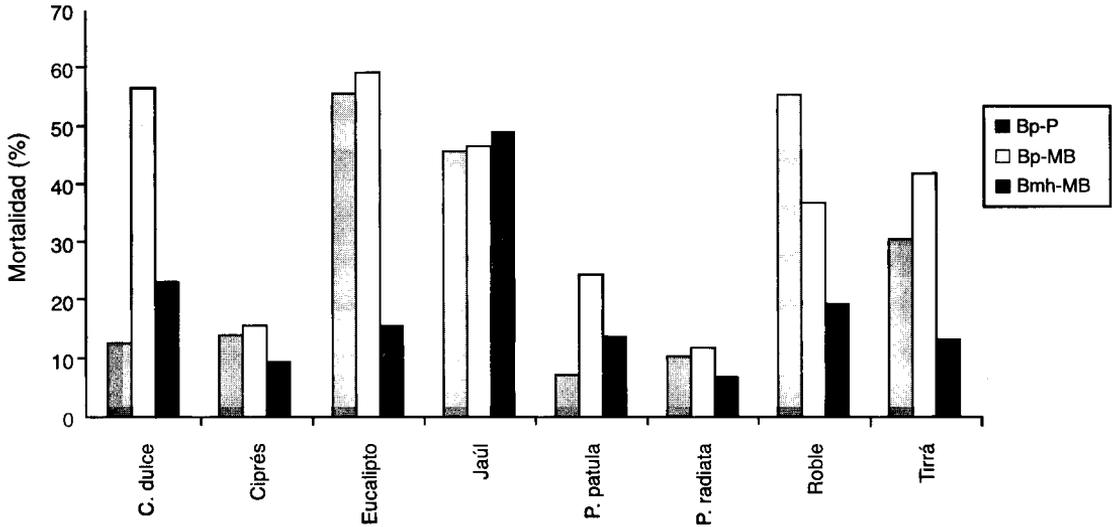


Fig. 4. Comparación del porcentaje de mortalidad a los 12 meses por especie plantada en las zonas de vida Bosque Pluvial Premontano, Bosque Pluvial Montano Bajo y Bosque muy húmedo Montano Bajo, de la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica.

Premontano, aunque no fue suficiente como para afectar la significancia del ANDEVA.

CONCLUSIONES

La mayor tasa de mortalidad se registró en las 2 zonas de vida pluviales, dada su mayor marginalidad para la producción forestal. Sin embargo, las diferencias fueron débilmente significativas y en las especies coníferas prácticamente no hubo diferencias entre zonas de vida, lo cual las ubica de momento como especies con un alto potencial de reforestación para toda la Cordillera Volcánica Central. Su tasa de mortalidad fue menor al 15% y se mantuvo estable a partir del sexto mes. Un segundo grupo lo conforman las especies cedro dulce, tirrá y jaúil, caracterizado por presentar una tasa de mortalidad elevada y parcialmente inestable hasta cerca del año de edad. El cedro dulce en particular, registró una mortalidad muy alta en el piso Montano Bajo. Por último, está el grupo de especies altamente inestable (>50% de mortalidad) o de adaptabilidad más lenta, conformado por el eucalipto de altura y el roble. Estas 2 especies continuaron registrando mortalidad aún a los 12 meses de plantadas. La

calidad del material de reforestación empleado, así como errores en el establecimiento de algunas de las parcelas, definitivamente, contribuyeron a obtener una mortalidad más alta de la que posiblemente hubiera ocurrido. A pesar de su mortalidad, merece destacarse que la especie eucalipto de altura ha mostrado una alta tasa de crecimiento en sitios de gran pluviosidad. La reforestación en las zonas altas del país, donde se registra una alta pluviosidad, exige definitivamente un mayor cuidado de la calidad del material de reforestación y el empleo de técnicas de plantación como los camellones, la aporca y el drenaje. La elaboración de la rodajea con el fin de eliminar la competencia de malezas, puede traer más bien un acumulamiento de agua que provoca la muerte temprana del arbolito. Esta práctica silvicultural exige en estos sitios, la apertura de una salida para evitar la acumulación del agua, así como elevar la posición del arbolito para disminuir el efecto de la escorrentía y evitar su volcamiento o desenraizamiento.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido financiado conjuntamente por la Vicerrectoría de Investigación y

Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR) y la Fundación Internacional para la Ciencia (IFS).

LITERATURA CITADA

- ALFARO C.M., BARRANTES P. 1995. Estudio de adaptabilidad preliminar de 15 especies de altura en la zona sur de Costa Rica. Práctica de especialidad. B.Sc. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 151 p.
- BADILLA Y. 1998. Planificación e inicio de un programa de especies forestales de altura para el área de conservación de la Cordillera Volcánica Central. Práctica de especialidad. B.Sc. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 45 p.
- BAEZA M.J., PASTOR A., MARTIN J., IBAÑEZ M. 1991. Mortalidad post-implantación en repoblaciones de *Pinus halepensis*, *Quercus ilex*, *Ceratonia siliqua* y *Tetraclinis articulata* en la provincia de Alicante. *Studia Oecologica* 8:139-146.
- CHAVERRI A., ZUÑIGA E., FUENTES A. 1997. Crecimiento inicial de una plantación mixta de *Quercus*, *Cornus*, *Alnus* y *Cupressus* en Costa Rica. *Biología Tropical* 45(2):777-784.
- HERRERA W. 1986. Clima de Costa Rica. EUNED. San José, Costa Rica. 118 p.
- MURILLO O., VILCHEZ B., ROJAS E. 1993. Provenances of jaúl (*Alnus acuminata* ssp *arguta* Schkect Furlow) in Costa Rica. *FAO. Forest Genetic Resources Bulletin* 21:43-45.
- 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. 1998. Informe de consultoría en mejoramiento genético y banco de semillas para la Red Nacional de Semillas Forestales. UMSS/Intercooperation/COSUDE. Cochabamba, Bolivia. 25 p.
- MURILLO O., OBANDO G., BADILLA Y., SANCHEZ S. 2000. Perspectivas de la reforestación en las zonas altas de Costa Rica. *In: IV Congreso Forestal Centroamericano*. Montelimar, Nicaragua, 15-17 noviembre 2000. sp.
- ROJAS F., TORRES G. 1990. Manejo de semillas y viverización para especies forestales nativas de importancia en las zonas altas de Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 210 p.
- SILVA R. s.f. Notas sobre la evaluación de la sobrevivencia en plantaciones forestales. *Revista Forestal Venezolana* 39-54.
- UGALDE L. 1992. Resumen de crecimiento de las 14 especies prioritarias del proyecto MADELEÑA en América Central. *In: II Congreso Forestal Nacional*. 25-27 noviembre. San José, Costa Rica. 48-50 p.