

Capítulo 18

Reforestación para la expansión de los bosquetes de Olivillo.

IVÁN R. HERNÁNDEZ GENTINA & ANTONIO VITA ALONSO

RESUMEN

Con el propósito de evaluar las posibilidades de aumentar la masa boscosa del Bosque Fray Jorge, sellar los claros y unir los fragmentos, se inició un programa de plantación en 1999 con una duración de tres años. El objetivo fue contribuir a la restitución de la condición ambiental del bosque, en sus aspectos cuantitativos y cualitativos. Las plantaciones con las especies *Aextoxicon punctatum* Ruiz et Pav. (Olivillo), *Myrceugenia correifolia* Hook et Arn. (Petrillo) y *Drimys winteri* J.R. Forst. et G. Forst. (Canelo) se efectuaron en claros y bordes de diversos tamaños, considerando siempre la protección de *Baccharis vernalis* F.H. Hellwig (vautro). Como medida de mantención, en forma semanal a cada planta se le aplican cinco litros de agua durante el primer año. En el segundo año la misma tasa de riego se aplicó cada 15 días. Durante el primer semestre del tercer año la frecuencia de riego fue mensual. El agua se obtuvo de la captación de neblinas por medio de atrapanieblas. Los resultados indicaron que los mejores porcentajes de sobrevivencia se obtuvieron en sitios de Bordes y Claros Abiertos (95%). Por otra parte, se determinó que olivillo presentó mayor sobrevivencia promedio de los tres años (97%) y crecimiento diametral, particularmente en ejemplares de dos años de edad.

Palabras Clave: enriquecimiento, Parque Nacional Bosque Fray Jorge, plantación, *Aextoxicon punctatum*.

INTRODUCCIÓN

En el año 1982, Körbler realizó una evaluación cuantitativa de la regeneración del bosque de olivillos y concluyó que la regeneración de las especies arbóreas es escasa y presentan una alta mortalidad. Gajardo et al. (1984) y Gajardo y Grez (1990), señalaron que una de las características importantes de la declinación del bosque de Fray Jorge sería la alteración del régimen regenerativo, el cual debería ser apoyado con la producción de plantas bajo dosel y en viveros tradicionales.

En la actualidad, la fisionomía general del bosque, está caracterizada por la presencia de grandes claros, que son colonizados por especies arbustivas del matorral xerófito, lo que ha ido creando un paisaje de bosque fragmentado constituido por un pequeño número de árboles (bosquetes), en cuyo interior se aprecia la ausencia de los diferentes estados regenerativos de las especies dominantes, en donde prevalecen árboles senescentes, de mala forma y por lo general en proceso de desmoronamiento.

Con el objeto de expandir los bosquetes tratando de restituir las condiciones de bosque se realizó un programa de plantaciones como forma de enriquecer, sellar claros y unir fragmentos de bosquetes.

Enriquecimiento

Se denomina enriquecimiento a un conjunto de operaciones silviculturales destinadas a mejorar la composición de un bosque o matorral, mediante la siembra o plantación de especies de valor (Vita 1996). Las especies incorporadas al bosque o matorral pueden estar presentes en el área, ser nativas sin presencia en el área, o bien, tratarse de especies exóticas.

El método más usual para establecer los nuevos ejemplares en el área es a través de la plantación de ejemplares producidos en vivero. Considerando que estos nuevos ejemplares deberán interactuar con la vegetación original, se requiere del uso de plantas bien desarrolladas, cuyas características corresponden a un buen nivel de lignificación, altura mínima de 25 centímetros y diámetro del cuello superior a 0,5 cm, con una relación máxima entre ambos parámetros de 50:1, idealmente 40:1 a 30:1.

El enriquecimiento corresponde a una actividad silvicultural que no modifica, en lo fundamental, la composición o estructura de la formación vegetal leñosa original (Vita 1997). A diferencia de lo que ocurre con un proceso de forestación, la actividad se desarrolla sólo en un bajo porcentaje de la unidad silvicultural (parcela, rodal, cantón), mediante un diseño que se debe adaptar a las características del bosque original y a la especie a incorporar. De este modo, los principales esquemas de enriquecimiento son: en fajas, en bosquetes bajo abrigo vertical y en claros (Vita 1996).

Enriquecimiento en fajas

El enriquecimiento en fajas es el método más extendido en bosques que mantienen gran parte de su cobertura. Por tal motivo, ha sido muy utilizado en las selvas tropicales de Asia, África y América. Corresponde a un diseño longitudinal donde los ejemplares se plantan, en una o más hileras, en fajas previamente despejadas de vegetación, de dos a diez metros de ancho, abiertas al interior del bosque, en forma paralela y equidistantes cada 20 o más metros. De este modo, los ejemplares plantados reciben protección lateral. En la medida que éstos se desarrollan, será necesario evaluar la necesidad de aplicar algún tipo de corta intermedia, como ser corta de liberación, poda o raleo.

En Chile, esta modalidad ha sido utilizado con *Nothofagus alpina* (raulí) en la Reserva Nacional Malleco y tiene un gran potencial para el mejoramiento de los bosques nativos en la zona sur y austral del país (Vita 1996).

Enriquecimiento en bosquetes bajo abrigo vertical

El enriquecimiento en bosquetes bajo abrigo vertical corresponde a un diseño de plantación al interior del bosque, en grupos de nueve o más individuos, con una separación tal que, en conjunto no representen una superficie mayor del 30% del total, generalmente entre 5 y 15%. Estos bosquetes, habitualmente de forma cuadrada, se disponen según distanciamiento regular. A medida que los ejemplares

plantados se van desarrollando, se realizan cortas parciales en el dosel superior, de manera que se elimine progresivamente la protección vertical, la cual podría transformarse en competencia. Finalmente, los ejemplares plantados quedan sin árboles sobre ellos, pero incorporados en el bosque original.

Esta modalidad de enriquecimiento es de aplicación más difícil en relación al caso anterior. Por tal razón, su uso es más restringido. En Chile, existen ejemplos de aplicación con raulí y algunas exóticas, en ciertos lugares de las Regiones IX y X (Vita 1996).

Enriquecimiento en claros

A diferencia de los casos anteriores, esta modalidad se aplica en superficies de formas y tamaños irregulares, porque aprovecha los claros existentes en los bosques. En éstos, los ejemplares se disponen en forma regular o irregular, dependiendo de la apariencia futura que se desee obtener.

El enriquecimiento en claros se aplica preferentemente a bosques fragmentados que, en Chile, son frecuentes en la zona sur del país. Por otra parte, la mayoría de los bosques esclerófilos de la zona de clima mediterráneo están en dicha condición

Microhábitat

En los proyectos de forestación es importante evaluar la adaptabilidad de la especie a plantar al sitio donde se va a llevar a cabo la operación. En el caso de enriquecimiento, además de lo anterior, se requiere considerar la relación que se producirá entre la vegetación original y la introducida artificialmente. Esto es particularmente importante en la modalidad de enriquecimiento en claros.

La heterogeneidad en la disposición de la vegetación en bosques fragmentados genera una gran diversidad de condiciones locales de cobertura y estratificación vertical, lo que se traduce, a su vez, en múltiples tipos de microhábitat.

El microhábitat o micrositio se puede considerar como un subconjunto del ecosistema, el que se diferencia de los demás por pequeñas variaciones de los factores que definen al sitio como tal. De este modo, se pueden producir cambios a nivel del terreno y a nivel de la vegetación natural. En el primer caso, las variaciones más frecuentes ocurren en la exposición, pendiente, microrrelieve y ubicación fisiográfica. En el segundo caso, los cambios se presentan en el tipo de cobertura (árbol, arbusto), características de la copa (densidad, persistencia), altura del inicio de la copa desde el suelo, ubicación de la planta en relación al ejemplar que le proporciona protección o competencia (bajo copa, borde de copa, lado de copa, orientación geográfica de la planta en relación a la copa).

Estas variaciones tienen un efecto muy marcado en el comportamiento de las variables ambientales y, como resultado de ello, en el prendimiento, sobrevivencia y desarrollo de las plantaciones. En las zonas áridas, afectan muy significativamente al balance hídrico.

Plantas nodriza

En los ambientes mediterráneos, la sequía estival provoca una situación de estrés, causando mortalidades masivas de plántulas naturales y de plantas en las forestaciones. Para aminorar este problema, en la Cuenca del Mediterráneo, se

utilizan varias técnicas, como es el caso de la construcción de microcuencas de captación de agua alrededor de cada planta, uso de ejemplares en contenedores, aplicación de geles retenedores de agua en la zona radical, inoculación de micorrizas y uso de protectores individuales (Castro et al. 2002). No obstante, el uso de cualquiera de dichas técnicas está restringida debido a que ellas aumentan considerablemente el costo de forestación. En estas circunstancias puede resultar más beneficioso para una planta estar situada bajo la sombra protectora de otra planta que crecer en un claro desprovisto de vegetación.

Las técnicas habituales de forestación consideran los arbustos pre-existentes, como una causa de competencia y son eliminados. No obstante, la interacción entre especies de plantas puede cambiar desde negativa (competencia e interferencia) a positiva (facilitación y mutualismo), dependiendo de las especies involucradas y de las condiciones ambientales (Castro et al. 2002).

En ambientes templados, la proximidad espacial entre las plantas frecuentemente resulta en un efecto negativo como consecuencia de la competencia por recursos. Por el contrario, en ambientes mediterráneos la combinación de altas temperaturas y bajas precipitaciones durante el verano pueden estresar las plantas, convirtiendo la disponibilidad de agua en el principal factor limitante para el crecimiento de éstas. En esas circunstancias, cambios en las condiciones del microhábitat causados por plantas nodriza pueden beneficiar la sobrevivencia y el desarrollo de especies bajas y el reclutamiento de plántulas (Castro et al. 2002). Este hecho se observa claramente en el sector norte del Bosque de Fray Jorge, donde la regeneración natural de olivillo (*Aextoxicon punctatum*), petrillo (*Myrceugenia correifolia*) y yelmo (*Griselinia scandens*) se instala y desarrolla exclusivamente bajo ejemplares de vauto (*Baccharis vernalis*) en los claros ubicados entre los fragmentos del bosque.

El efecto facilitador de las plantas nodriza durante la estación de crecimiento en ambientes secos puede ser causado por diferentes mecanismos de interacción. En primer lugar, el arbusto provee protección contra el viento, la irradiación y temperaturas extremas. Como consecuencia de ello, la humedad del suelo bajo la planta nodriza es usualmente mayor. Por otra parte, la transpiración de la planta protegida es menor y, en el caso de Fray Jorge, se agrega la captación de neblina por parte de los arbustos. Como indicador de este hecho, la parte del suelo que habitualmente recibe el goteo de agua bajo los vauto se observa cubierta con musgos. Como resultado de lo anterior, se mejora el estado hídrico de las plantas bajo los arbustos nodriza. Adicionalmente, los arbustos nodriza pueden mejorar la disponibilidad hídrica a través del mecanismo de levantamiento hidráulico (Squeo et al. 1999, 2000, Castro et al. 2002, León & Squeo 2004).

Por otra parte, los arbustos nodriza pueden incrementar la disponibilidad de nutrientes de la rizósfera mediante la acumulación de materia orgánica y por la aceleración del ciclo de nutrientes como consecuencia de la mayor humedad. Finalmente, los matorrales, especialmente si son espinosos o poco palatables, pueden proteger mecánicamente a las plántulas y juveniles del pisoteo y consumo directo de los herbívoros. Como consecuencia, el balance final de las interacciones planta-planta (competencia *versus* facilitación) puede ser beneficioso para las especies leñosas que crecen al amparo de otras especies de matorral frente a las que lo hacen en lugares abiertos (Jordano et al. 2000).

Entre 1997 y 1998, en la Sierra Nevada, zona montañosa del sureste de España (37°N), se hizo un estudio para evaluar el efecto del uso de arbustos como plantas nodriza en forestación con dos especies nativas: *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra*. La experiencia se realizó a una altitud de 1.800 - 1.850 metros, en exposición NO, en clima mediterráneo subhúmedo, con 825 mm de precipitación media anual, concentradas mayormente en otoño y primavera. Los veranos son secos y cálidos y los inviernos fríos. El suelo es generado por una roca madre calcárea (Castro et al. 2002).

Las especies de arbustos presentes en el área correspondían a una etapa sucesional iniciada en 1983 luego de un incendio. Entre las especies más frecuentes estaba *Salvia lavandulifolia* Vahl (Lamiaceae), arbusto siempreverde que alcanza una altura máxima de 50 centímetros y 2 metros de diámetro. Además, había varias especies espinosas caducifolias, destacando *Prunus ramburii* Boiss, *Crataegus granatensis* Boiss (Rosaceae) y *Berberis hispanica* Boiss & Reuter (Berberidaceae), todas capaces de alcanzar 1,5 o más metros de altura.

La sobrevivencia en los espacios abiertos fue de 21,5% en *Pinus sylvestris* y 56,8% en *Pinus nigra*; en tanto que bajo ejemplares de *Salvia* fue de 54,8 y 81,9%, respectivamente. La sobrevivencia de los ejemplares ubicados al lado norte de los arbustos (más protegido del sol en el hemisferio norte) también fue buena; en cambio, al lado sur (más asoleado) fue similar al descubierto. De este modo, los resultados del estudio mostraron que el uso de arbustos como plantas nodriza es una técnica que ofrece ventajas tanto ecológicas como económicas (Castro et al. 2002).

De acuerdo con Jordano et al. (2000), la mayoría de las especies de matorral mediterráneo (*Salvia*, *Ulex*, *Rosmarinus*, *Berberis*) tienen efecto facilitador. El microclima producto del sombreado generado por la copa de los matorrales es el principal mecanismo de facilitación. Por otra parte, la facilitación es más evidente cuando las condiciones abióticas, especialmente la sequía estival, son más adversas, y cuando la presión de herbivoría es mayor.

En definitiva, esta nueva técnica acelera un proceso natural de sucesión ecológica, al colocar las plantas en aquellos microhábitats, los matorrales, actúan como nichos de regeneración efectivos. Adicionalmente, se evitan los problemas de erosión de suelo, que siempre se agravan cuando en la repoblación se realizan limpiezas previas de la vegetación arbustiva. Las ventajas son también económicas, ya que se reducen las labores de preparación del terreno, se hace innecesaria la utilización de tubos protectores frente al ganado y hay que reponer menos plantaciones, ahorrándose tanto plantas como trabajo (Jordano et al. 2000).

En concordancia con lo anterior, la restauración *in situ* de especies forestales requiere procedimientos a escala de paisaje que tengan en cuenta el mosaico natural de tipos de microhábitats adecuados para el establecimiento de propágulos en las diferentes etapas de reclutamiento. Dependiendo de la especie, pueden realizarse siembras o plantaciones en aquellos lugares más adecuados para su establecimiento, de modo que se reduzcan las pérdidas y se acorten los tiempos de restauración, reduciéndose también los costos. Las técnicas de forestación y de reforestación deben aprovechar los efectos positivos de los matorrales pioneros sobre plantas y semillas de especies forestales (Jordano et al. 2000).

Como se señaló anteriormente, las actividades de enriquecimiento se caracterizan por afectar directamente sólo a una proporción pequeña, habitualmente menos del 30%, de la unidad silvicultural. Por tal motivo, siempre es posible elegir los mejores microhábitats para instalar las plantas y, de este modo, mejorar las probabilidades de éxito.

EXPERIENCIA EN FRAY JORGE

Sobre la base de lo planteado por Gajardo et al. (1984) y Kummerov (1984), se realizó una experiencia cuyos objetivos fueron, por una parte, el de establecer en forma artificial una superficie cercana a 5 ha, utilizando las especies leñosas dominantes del bosque, que son olivillo, petrillo y canelo. Por otra parte, evaluar el efecto del tipo de microhábitat determinado por las características de la cobertura leñosa y claro producido, las especies y la edad de las plantas en el establecimiento y desarrollo de las mismas.

El estudio se llevó a cabo durante los años 1999 y 2001, en la zona norte del bosque, entre las coordenadas UTM 6.605.200 y 6.605.000. Esta área es definida por el actual Plan de Manejo, que rige a la Reserva de la Biosfera Parque Nacional Bosque Fray Jorge, como zona de recuperación, situación que permite su intervención en términos experimentales (CONAF 1998). Esta zona de recuperación que presenta lomajes y pendientes menos abruptas se ha convertido en islas de árboles con superficies boscosas que varían entre 400 y 2.000 m².

Durante el primer año en que se realizó el estudio (1999), la precipitación fue escasa, alcanzando sólo a 58,4 mm. Durante el segundo y tercer año (año 2000 y 2001) las precipitaciones fueron abundantes para la zona, alcanzando a 126,9 mm y 219 mm respectivamente (Fig. 1).

El suelo del lugar de estudio se ha desarrollado *in situ* en la Cordillera de la Costa y corresponde a lo que se ha denominado Serie Fray Jorge Cumbre. La principal característica de este suelo es la gran cantidad de arcilla que posee, teniendo textura franca, franco-arcillosa y arcillosa. Es un suelo profundo, de muy buen arraigamiento. La capacidad de uso de estos suelos corresponde a la clase IV (Peralta 1986).

Las plantaciones experimentales se establecieron en los claros y bordes usando el concepto de enriquecimiento (Martínez 1999, Vita 1996). Una de las características de la dinámica de regeneración de este bosque fragmentado es que se regenera en forma natural principalmente en los frentes donde predominan las neblinas, la cual lo penetra y humedece constantemente (Capítulo 9). Dentro de esta dinámica, la facilitación entre especies juega un rol determinante (Pugnaire et al 1966, Holmgren et al. 1997, Teilborger & Kadmon 2000), lo que se expresa en el reclutamiento de plantas de las especies olivillo y petrillo por parte del arbusto vauto aprovechando su condición natural como captador de neblinas. De este modo, en la selección de cada uno de los sitios se consideró la presencia de vauto y de la abundancia de neblinas (Capítulo 16, Fig. 2).

Las plantaciones se realizaron cada año entre los meses de junio y julio, época que presenta las mejores condiciones para esta actividad, con mayores probabilidades de precipitación, alta humedad ambiental y bajas temperaturas, condiciones indispensables para atenuar el impacto del proceso de plantación (Capítulo 2). Para

tales efectos, se confeccionaron manualmente hoyos de 40 x 40 x 30 cm, localizadas bajo la cobertura de vauto.

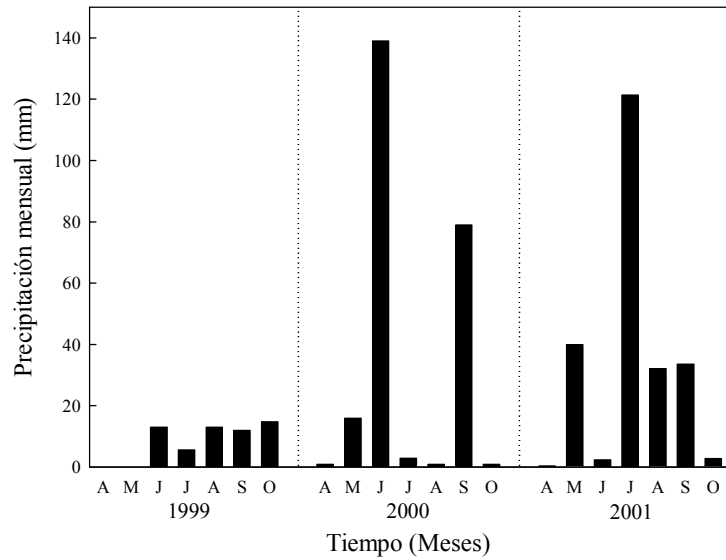


Fig. 1. Precipitación mensual registrada en el Parque Nacional Bosque Fray Jorge durante los años de plantación (1999 a 2001). Se muestran sólo los meses con presencia de lluvia (Abril a Octubre). Datos de Estación Quebrada Las Vacas.



Fig. 2. Detalles de plantación de olivillo, con cerco de protección, bajo el dosel de vauto, en el Parque Nacional Bosque de Fray Jorge.

Las plantas utilizadas fueron del tipo 1:0 (un año de permanencia en el lugar de siembra, sin trasplante en el vivero) para el primer año de plantación (1999) y de 1:1 (un año de permanencia en el lugar de siembra original, maceta, y un año de trasplante en el vivero a macetas de mayor desarrollo) para los años sucesivos, las que fueron producidas en el vivero del Parque Nacional Bosque de Fray Jorge. Se instalaron en terreno en una proporción de 5 olivillos: 3 petrillos: 2 canelos, de acuerdo a lo recomendado por Gajardo y Grez (1992).

No se definió una densidad regular de plantación, con el propósito de generar individuos distribuidos de manera cercana a la natural. No obstante, se usó como referencia general un distanciamiento de 3 x 3 metros. En la práctica, por la necesidad de acomodar la plantación respecto al arbusto vauto, el distanciamiento definitivo resultó ser superior.

Cada ejemplar fue rodeado de una protección, en forma de cilindro, consistente en un armazón de alambre metálico, recubierto de malla tipo "Rashell". El propósito de esta estructura fue impedir la herbivoría, como también proteger las plantas de la acción del viento, proporcionar condiciones de semisombra y, a su vez, servir como eventuales microcaptadores de neblinas.

Las plantaciones se establecieron en los siguientes tres tipos de microhábitat:

Claro pequeño o cerrado: Superficie inferior a 0,4 ha, de forma irregular, ubicada al interior de un bosquete, caracterizada por no poseer vegetación arbórea continua y uniforme, generada normalmente por la caída de árboles senescentes, aunque pueden haber otros factores, como el resultado de la acumulación de daños exógenos y de enfermedades (White 1979).

Claro grande o abierto: Superficie mayor a 0,4 ha, de forma variable, ubicada en el exterior de bosquetes, limitada al menos por dos de éstos, caracterizada por no poseer vegetación arbórea continua y uniforme. Esto permite una libre circulación de las neblinas.

Zona de borde de bosquetes: Superficie adyacente y exterior al bosquete, de ancho variable (3 a 9 m de ancho) de acuerdo a la influencia ejercida por los árboles en la vegetación del exterior. Se consideró, además, la dirección de las neblinas y su efecto favorable sobre la regeneración de las especies leñosas del lugar. De este modo, las zonas de borde se ubicaron a barlovento de los bosquetes, que correspondían a sectores de exposición general suroeste - oeste y que presentaban características de mayor humedad (Gajardo & Grez 1990).

En la temporada 1999 se plantó un total de 449 ejemplares, en siete sectores diferentes, con una participación de 229 ejemplares de olivillo, 134 de petrillo y 86 de canelo. Los ejemplares plantados se seleccionaron de acuerdo a una altura mínima de 5 cm y un adecuado nivel de lignificación del tallo, dentro del material disponible en vivero. La plantación se programó con riego mediante agua proveniente de un sistema de captación de agua de neblina (ver Capítulo 16), de acuerdo a una tasa de riego de 5 litros semanales por planta. Para efectos de evaluación de las plantaciones la variable respuesta fue el prendimiento y supervivencia de los ejemplares, medidos cada tres meses a partir del momento de iniciada la plantación.

En la evaluación de junio del 2000 de las plantaciones efectuadas en 1999, se obtuvo una sobrevivencia general de 62%, de acuerdo al siguiente detalle: olivillo 98%, petrillo 60% y canelo 27%. Estos resultados se atribuyeron a los distintos requerimientos hídricos de las especies (ver Capítulos de Squeo et al. y Arancio et al. en este libro).

En la temporada 2000 se plantaron 509 ejemplares de olivillo, 298 de petrillo y 143 de canelo; en total, 950 ejemplares. En forma adicional, se instaló un ensayo con el objeto de evaluar el comportamiento de las variables riego (con y sin riego), edad de la planta (1 y 2 años) y el efecto protector de la vegetación arbustiva (con vauto y sin vauto), en olivillo y petrillo.

Considerando todo lo anterior, las plantaciones realizadas durante los años 1999 y 2000 alcanzaron un número superior a las 2.200 plantas, con una superficie equivalente de dos hectáreas.

Durante el año 2001, los riegos con agua provenientes de neblina, se fueron distanciando para las primeras plantaciones, conforme los ejemplares se iban desarrollando, considerando que eran capaces de iniciar su propia cosecha de neblinas, sin perjuicio de una mayor penetración del sistema radical hacia horizontes más húmedos. De este modo, el criterio fue aplicar como máximo un riego semanal de 2,5 l por ejemplar, dependiendo de las condiciones de humedad del lugar. Así, las plantaciones de 1999, las más antiguas, recibían 5 l de agua cada 30 días; las del 2000, 5 l cada 15 días y las del 2001, las más recientes, 5 l semanales.

A los seis meses de efectuada la plantación del 2.000 individuos, en enero del 2001, la sobrevivencia era: olivillo 100%, petrillo 98% y canelo 100%. Estos buenos resultados, superiores a los de la plantación del año anterior, se atribuyeron a un mayor tiempo de permanencia de las plantas en vivero y a cambios en el tamaño de las macetas. En efecto, los ejemplares permanecieron dos años en el vivero y, al cumplir el primer año, fueron transplantados de macetas de 10 x 16 cm a macetas de 15 x 25 cm. Ello se tradujo en mayor desarrollo de los ejemplares que, en enero del 2001, mostraban las siguientes alturas promedio: olivillo 12,54 cm, petrillo 11,59 cm y canelo 13,62 cm; en tanto que los diámetros al nivel del cuello eran de 0,34, 0,25 y 0,46 cm, respectivamente.

En el control final de diciembre del 2001, la sobrevivencia continuaba siendo alta: olivillo 94%, petrillo 92% y canelo 96%; en tanto que las alturas eran: olivillo 38,3 cm, petrillo 23,4 cm y canelo 25,5 cm. Los respectivos diámetros al nivel del cuello eran: olivillo 0,76 cm, petrillo 0,48 cm y canelo 0,62 cm. El menor desarrollo relativo de petrillo se vio compensado por una mayor cantidad de hojas por ejemplar: 93,1 contra 39,6 de olivillo y 21,7 de canelo. No obstante, las hojas de estas dos últimas especies eran de mayor tamaño.

La evaluación final de las plantaciones de los años 1999 y 2000 indicó una sobrevivencia promedio de 81%, la que puede ser considerada como muy promisoriosa, tomando en cuenta que esta evaluación se hizo luego de casi tres años de la primera plantación y que ésta no se realizó con ejemplares de tamaño adecuado. Esto se advierte en que la sobrevivencia general de la plantación de 1999 fue de 62%, en tanto que la del 2000 alcanzó a 99%. De todos modos, es preciso señalar que las condiciones atmosféricas fueron mejores en el 2000 que en 1999. En la Tabla 1 se entrega un resumen de los porcentajes de sobrevivencia por especie y por año de plantación.

Tabla 1. Porcentaje promedio de sobrevivencia por especie y por año de plantación.

Especie	Año de Plantación			Promedio
	1999	2000	2001	
Olivillo	98	100	94	97
Petrillo	60	98	92	83
Canelo	27	100	96	74
Promedio	62	99	94	85

Entre julio y agosto del 2001 se plantaron otros 1.011 ejemplares, casi en su totalidad con riego tecnificado por goteo. De este modo, el total de plantas instaladas en terreno durante el período evaluado fue de 3.600 individuos, que cubren una superficie aproximada de 4,2 hectáreas, distribuidas aleatoriamente en la zona de estudio, con una densidad de plantación de 877 ejemplares por hectárea.

En relación al tipo de microhábitat, se determinó un efecto significativo sobre la sobrevivencia de plantas de olivillo y petrillo (Fig. 3). Sin embargo, el desarrollo inicial en altura y diámetro de cuello no estuvo afectado por el tipo de sitio. La comparación entre los microhábitat de borde y los de claro abierto, en cuanto a sobrevivencia, no mostró diferencia entre ellos. Esto podría deberse a que ambos recibían en forma similar el efecto directo de las neblinas. Sin embargo, éstos mostraron diferencias significativas con respecto a los claros cerrados.

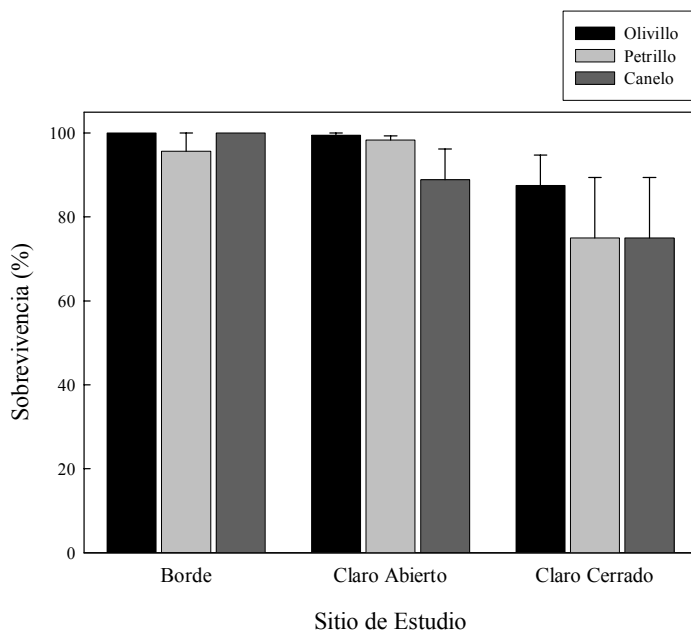


Fig. 3. Porcentajes promedios de sobrevivencia y errores standard (líneas verticales) en plantas de olivillo, petrillo y canelo según el sitio de plantación, medidos a los doce meses de plantados en el Parque Nacional Bosque de Fray Jorge.

La diferencia entre los microhábitats puede deberse a que los claros cerrados, contrariamente a los bordes y claros abiertos, no reciben efecto directo de las

neblinas porque éstas son interceptadas por la vegetación arbórea que circunda el claro, disminuyendo su efecto en el área de claro. Esto se traduce en una disminución de la humedad relativa y en un aumento de la temperatura, aspectos negativos en el área de estudio, para la sobrevivencia de las plantas. A su vez, al reducirse la densidad del dosel ocurren flujos altos de temperaturas del aire dentro del bosque, lo que afecta a la vegetación.

En el ensayo en que se compararon las especies olivillo y petrillo, de uno y dos años en vivero, realizado en claro abierto sin riego, se estableció que olivillo con dos años de vida presentó los mejores resultados en sobrevivencia y crecimiento, seguido por olivillo de un año. Se concluyó que el uso de ejemplares con dos años de permanencia en vivero, bien lignificados, aumenta significativamente la sobrevivencia de olivillo, petrillo y canelo en plantaciones (Fig. 4).

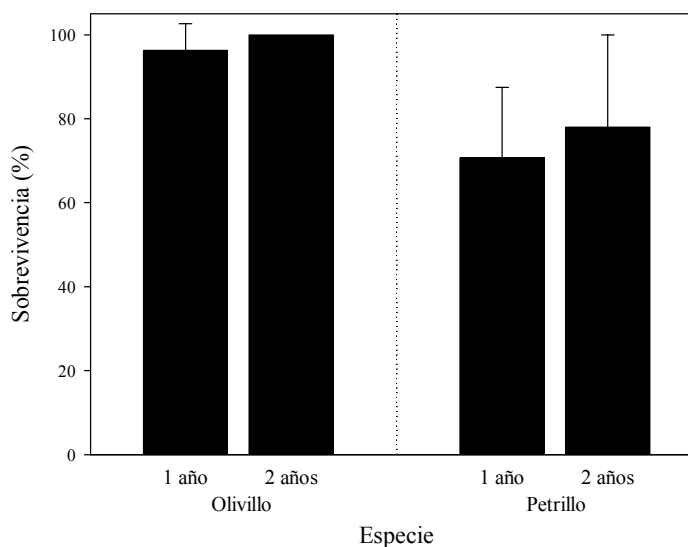


Fig. 4. Porcentajes promedio de sobrevivencia y errores standard (líneas verticales) en plantas de Olivillo y Petrillo de uno y dos años, medidos a los doce meses de plantados en el Parque Nacional Bosque de Fray Jorge.

En síntesis, los resultados obtenidos con las plantaciones de olivillo y petrillo en Fray Jorge fueron muy promisorios y permiten diseñar plantaciones de enriquecimiento de mayor extensión. En canelo, no obstante el menor número de ejemplares utilizados, se puede señalar que se pueden obtener también buenos resultados plantando ejemplares vigorosos y con buen desarrollo, en los microhábitats adecuados.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo logístico del personal del Parque Nacional Bosque Fray Jorge. Este estudio fue financiado por el Proyecto BIP N° 20092545-0.

LITERATURA CITADA

- CASTRO J, R ZAMORA, J HÓDAR & J GÓMEZ (2002) Use of shrubs as nurse plants: A new technique for reforestation in Mediterranean mountains. *Restoration Ecology* 10: 297-305.
- CONAF (1998) Plan de Manejo Parque Nacional Bosque Fray Jorge. Documento de Trabajo N° 297. Ministerio de Agricultura. Corporación Nacional Forestal. IV Región. 60 p.
- GAJARDO R, M TORAL & V CUBILLOS (1984) Estudio de Regeneración en el Bosque de Fray Jorge. (Informe Final). Departamento de Silvicultura y Manejo. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Universidad de Chile. 60 p.
- GAJARDO R & I GREZ (1990) Diagnóstico de algunos aspectos de la regeneración en el bosque de Fray Jorge - IV Región- (Informe Final). Departamento de Silvicultura y Manejo. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Universidad de Chile. 120 p.
- GAJARDO R & I GREZ (1992) Acciones complementarias al “Estudio de regeneración en el Bosque de Fray Jorge” y Elaboración del programa “Proposiciones para el estudio y rescate del Bosque de Fray Jorge”. Departamento de Silvicultura y Manejo. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Universidad de Chile. 27 p.
- HOLMGREN M, M SCHEFFER & MA HUSTON (1997) The interplay of facilitation and competition in plant communities. *Ecology* 78(7): 1966-1975.
- JORDANO P, R ZAMORA, T MARAÑÓN & J ARROYO (2000) Claves ecológicas para la restauración del bosque mediterráneo. Aspectos demográficos, ecofisiológicos y genéticos. *Ecosistemas Año X*, N° 1/ 2000, Enero.
- KÖRBLER TI (1982) Descripción y análisis del bosque de olivillo (*Aextoxicon punctatum* Ruiz et Pav.) en el Parque Nacional Fray Jorge. Tesis de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Santiago, 98 pp.
- KUMMEROV J (1984) Informe de visita al Bosque de Fray Jorge. Corporación Nacional Forestal - IV Región -. 3 p.
- LEÓN M & FA SQUEO (2004) Levantamiento hidráulico: la raíz del asunto. En: HM Cabrera (ed) *Ecofisiología en Plantas*. Ediciones Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso (en prensa)
- MARTÍNEZ A (1999) Silvicultura práctica en renovales puros y mixtos y, bosques remanentes originales del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe. En: C Donoso & A Lara (eds) *Silvicultura de los Bosques Nativos de Chile*: 145-175. CONAF - WWF - Universidad Austral de Chile y Editorial Universitaria S. A., Santiago, Chile.
- PERALTA J (1986) Reconocimiento semi-detallado de suelos en el sector costero de la IV Región, mediante el uso de “Land Units”. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. 318 p.
- PUGNAIRE FI, P HAASE, J PUIGDEFÁBREGA, M CUETO, SC CLARK & LD INCOLL (1966) Facilitation and succession under the canopy of a leguminous shrub. *Retama sphaerocarpa*, in a semi-arid environment in South-east Spain. *Oikos* 76: 455-464
- SQUEO FA, N OLIVARES, S OLIVARES, A POLLASTRI, E AGUIRRE, R ARAVENA, C JORQUERA & JR EHLERINGER (1999) Grupos funcionales en arbustos desérticos del norte de Chile, definidos sobre la base de las fuentes de agua utilizadas. *Gayana Bot.* 56: 1 - 15.
- SQUEO FA, N OLIVARES, A VALENZUELA, A POLLASTRI, E AGUIRRE, R ARAVENA, C JORQUERA & JR EHLERINGER (2000) Fuentes de agua utilizadas

- por las plantas desérticas y su importancia en planes de manejo y restauración ecológica. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 65: 95-106.
- TEILBORGER K & T KADMON (2000) Temporal environmental variation tips: the balance between facilitation and interference in desert plants. *Ecology* 81: 1544-1553.
- VITA A (1996) *Los tratamientos silviculturales*. 2ª ed. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Departamento de Silvicultura. 147 p.
- VITA A (1997) Silvicultura de formaciones nativas. En: G Valdebenito & S Benedetti (eds) *Forestación y silvicultura en zonas áridas y semiáridas de Chile*: 257- 273. CORFO – INFOR, Santiago.
- WHITE PS (1979) Pattern, process and natural disturbance in vegetation. *Botanical Review* 45: 229-299.