0002350



CORFO
CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN

INFOR
Instituto Forestal

Forestación y Silvicultura en Zonas Áridas y Semiáridas de Chile



INSTITUTO FORESTAL
FILIAL CORFO

CORPORACIÓN DE FOMENTO
DE LA PRODUCCIÓN

Forestación y Silvicultura en Zonas Áridas y Semiáridas de Chile

EDITORES:
Gerardo Valdebenito R.
Susana Benedetti R.

Agosto, 1997
SANTIAGO - CHILE

INFOR

Proyecto marco: Investigación Silvícola para el desarrollo forestal del secano interior. Financiamiento FONSIP-CORFO

Publicación correspondiente al Seminario Internacional Forestación y Silvicultura en zonas áridas y semiáridas, realizado por el Instituto Forestal en la ciudad de La Serena, Chile, los días 21 al 25 de octubre de 1996.

Instituto Forestal (INFOR).
Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)

Edición y corrección de texto: Marcela Medina B.
Diseño gráfico: Andrés Inojoza C.

Registro de propiedad intelectual N° 98.131
ISBN 956-7727-00-7
Santiago de Chile, agosto 1997
Impreso en Alphagraphics (F. 246 81 96)

INFOR

PRÓLOGO

Diversas instituciones en el extranjero y en Chile se ocupan del desarrollo de las zonas áridas, a través de trabajos de investigación y de fomento. Los resultados de las investigaciones científicas y aplicaciones de manejo demuestran el importante rol que puede cumplir la actividad forestal y agroforestal en la restauración de sitios desertificados y en la generación de alternativas de producción. Se han seleccionado las epecies arbóreas más aptas y se está avanzando en el mejoramiento genético de ellas. Las técnicas de establecimiento permiten obtener mejores resultado en la forestación. Particularmente promisorias son las técnicas de cosecha de aguas lluvia y establecimiento de sabanas con el manejo adecuado de las aguas de escorrentía. Incluso se están realizando experiencias para la obtención de agua de las neblinas costeras para la forestación. En el tema de las formaciones nativas, los avances de la investigación entregan resultados interesantes que permiten asegurar la regeneración adecuada de los recursos. En este tema se ha podido determinar el efecto benéfico de los árboles en la producción de la pradera asociada. En cuanto a la utilización de los recursos se han obtenido avances significativos en el uso como forraje y de otras materias primas.

Con el objeto de analizar el estado actual del conocimiento en materias agroforestales en zonas áridas, el Instituto Forestal de Chile, INFOR, Filial de la Corporación de Fomento de la Producción, CORFO, organizó en Octubre de 1996, en la ciudad de La Serena, el Seminario Internacional: "Forestación y Silvicultura en Zonas Áridas y Semiáridas". El Seminario contó con expositores invitados y participantes de Argentina, Egipto, España, Israel, Perú, Zimbabwe y de nuestro país. En dicha ocasión el Instituto Forestal pudo también mostrar en terreno los trabajos de sus proyectos de investigación en zonas áridas, financiados principalmente por CORFO-Chile y CIID de Canadá.

Para el Instituto Forestal de Chile es particularmente grato poder entregar en este libro las actas de este Seminario, con los variados trabajos presentados, agrupados en los siguientes temas principales: a) establecimiento y manejo de las plantaciones; b) mejoramiento genético; c) silvicultura de las formaciones nativas; d) utilización de los recursos.

El Instituto Forestal agradece a los participantes su valiosa contribución en el intercambio de experiencias y desea dejar constancia del agradecimiento a CORFO por el financiamiento de esta publicación.

Johannes Wrann Hartmann

INFOR

ÍNDICE

Prólogo

ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE PLANTACIONES 1

Técnicas de forestación en zonas áridas: cosecha de aguas lluvia y utilización de vertientes.
Andrade, F.; Wrann, J. 3

Manejo y rentabilidad de plantaciones clonales de jojoba.
Botti, C.; Prat, L.; Cánaves, L.; Doussoulin, E.;
Barriga,C.; López X.; Covarrubias, G. 19

Ensayo y evaluación de técnicas de repoblación con pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) en ambientes mediterráneos semiáridos.
Castillo, V. 34

La niebla: agua para la regeneración de ecosistemas desérticos.
Cereceda, P.; Schemenauer, R.S.; Osses, P.; Villegas, L. 44

La neblina como recurso para el desarrollo sustentable de los ecosistemas del desierto costero peruano-chileno.
Jiménez, P.; Villasante, F.; Talavera, C.;
Villegas, L.; Huamán, H. 50

Evaluación de ecotipos chilenos de *Medicago polimorpha* (hualputra) para zona mediterránea árida.
Meneses, R.; Ovalle, C.; Ibacache, G. 54

Evaluación de pérdidas de suelo y escorrentía bajo diferentes esquemas productivos en la provincia de Choapa, IV Región.
Perret, S.; Valdebenito, G. 60

Arboricultura: nueva alternativa silvícola para la zona semiárida.
Pineda, G.; Delard, C. 73

Savannization-an integration of ecological theory, experimental approach and successful landscape management in the negev desert.
Shachak, M..; Sachs, M.; Moshe, L; 93

Utilización de especies nativas argentinas: tasas de crecimiento y ramificación en *Prosopis alba*, *P. flexuosa* y *P. alpataco*.
Vilela, A.; Brizuela, M.; Palacios, R. 118

INFOR

MEJORAMIENTO GENÉTICO 127

Selección multicriterio aplicada a un ensayo de *Eucalyptus camaldulensis* en la zona central de Chile.
Alvear , C; Chung, P. 129

La variación electroforética como herramienta para la conservación de germoplasma y su aprovechamiento en el género *Prosopis*.
Burghardt, A.; Palacios, R. 142

Comportamiento de procedencias de *Eucalyptus cladocalyx* F. Muell. de 31 meses de edad. Los Vilos. IV Región.
Parra, P.; Chung, P. 153

Selection and breeding strategies: for *Eucalyptus camaldulensis*.
Seward, B.R.T. 161

Comportamiento de *E. camaldulensis* en Longotoma, Chile. Bases para el mejoramiento de la especie en la zona semiárida.
Smith, N. 186

SILVICULTURA DE LAS FORMACIONES NATIVAS 197

Prospección y domesticación de arbustos forrajeros nativos e introducidos para la forestación de la IV Región de Chile.
Alcaíno, E.; Meneses R.; Ibacache, G.; Pereira, P. 199

Factores de variación de la reserva de semillas del suelo de una pradera de terófitas del semiárido.
Johnston, M.; Olivares, A. 209

Caracterización del recurso agroforestal en la región de Antofagasta.
Martínez , B.; Martínez, L.; Geró, T.; Ríos, P. 220

Utilización y comercialización de especies nativas por el hombre: estudio de caso de Cactáceas columnares.
Montenegro, G.; Iturriaga, L.; Martínez, V.;Timmermann, B. 255

Silvicultura de formaciones nativas.
Vita, A. 257

INFOR

UTILIZACIÓN Y MANEJO DE LOS RECURSOS 275

Conceptos y metodologías para determinar la capacidad sustentadora animal en un contexto de uso múltiple de la vegetación arbustiva en ecosistemas mediterráneos áridos.
Azócar, P.; Mansilla, A.; Mira, J. 277

Procesamiento de la semilla y cera de jojoba y su utilización en la industria.
Cánaves, L.; Botti, C.; Aravena, P. 290

Propuesta de agroforestería en fondo de valle para zonas semiáridas. (Caso de localidad de Los Pajaritos, comunidad agrícola De Olla de Caldera. La Higuera - IV Región).
Elgueta, J. 300

***Acacia saligna* as potential shrub for forage use in arid zones.**
Hassan, M. 309

Desarrollo de centros demostrativos de producción de rumiantes menores bajo las condiciones de las comunidades agrícolas de la IV Región.
Alcaíno, E.; Martínez, L.; Meneses, R.; Pereira, P. 319

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS 329

Visión del Instituto Forestal sobre la investigación para las zonas áridas y semiáridas de Chile.
Benedetti, S.; Valdebenito, G. 331

Propuesta de estructura y operaciones del programa de acción nacional contra la desertificación.
Soto,G. 345

INFOR

ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE PLANTACIONES

INFOR

TÉCNICAS DE FORESTACIÓN EN ZONAS ÁRIDAS: COSECHA DE AGUAS LLUVIA Y UTILIZACIÓN DE VERTIENTES

Fernando Andrade V.[1] y Johannes Wrann H.[1]

INTRODUCCIÓN

La IV Región de Chile tiene características de clima mediterráneo árido, con una precipitación de 100 a 300 mm/año y una evapo-transpiración potencial de 1000 a 1600 mm/año (Merlet y Santibáñez, 1987). Esto significa que los índices de aridez (cuociente entre precipitación y evapo-transpiración anual) pueden fluctuar entre 0,06 a 0,30. De acuerdo a la clasificación de FAO (1989), en la región se localizan zonas áridas (definido por índices 0,03 a 0,20) a semiáridas (definido por índices 0,20 a 0,50).

Fisiográficamente la región es de valles transversales que se extienden entre cordones montañosos en dirección E-W, desde la Cordillera de Los Andes al Océano Pacífico. La topografía es accidentada y los terrenos de secano son casi exclusivamente de cerros con pendientes moderadas a fuertes. Los centros poblados se localizan en altitudes desde el nivel del mar hasta alrededor de 1000 m s.n.m.

Las condiciones socioeconómicas de la población de la región son difíciles y en ésta se localizan las comunas más pobres del país. La población rural vive fundamentalmente del ganado caprino, de cultivos hortícolas limitados a pequeñas superficies de riego y de cultivos de secano, principalmente trigo, sujeto a la cantidad incierta de lluvia de la temporada invernal. Las necesidades energéticas aún son cubiertas fundamentalmente por leña de arbustos y árboles nativos. Un estudio realizado en la década pasada (Prado *et al.*, 1988) reveló que en una zona interior de Ovalle, una familia rural gastaba 410 horas/persona/año para cosechar leña. De acuerdo a dicho estudio, en la zona de acopio la vegetación leñosa estaría agotada en un plazo de 4 años. Por tal motivo, la solución más realista para detener el avance de la desertificación es el establecimiento de especies arbóreas de rápido crecimiento.

En forestación se han logrado avances interesantes en la región. Desde la década de 1970 se han establecido casi 50.000 hectáreas del arbusto forrajero *Atriplex nummularia*. Sin embargo, en cuanto a especies arbóreas, las plantaciones se limitan a sectores con riego y en cajas de río. Para los sectores de secano, sin riego o con riego eventual, se han seleccionado algunas especies de uso múltiple y resistentes a la sequía como *Acacia saligna* y *Eucalyptus cladocalyx*, *E. camaldulensis* y *E. sideroxylon*.

[1] División Silvicultura
Instituto Forestal. Santiago Chile

INFOR

Las investigaciones del Instituto Forestal de Chile (INFOR) han dado resultados positivos en la forestación con estas especies, usando técnicas intensivas de establecimiento (preparación de suelo, fertilización, control de malezas). Sin embargo, los períodos de sequía, habituales en la región, afectan significativamente el desarrollo de las plantaciones. Esta realidad impone la necesidad de aprovechar, según el caso, aguas permanentes u ocasionales, a fin de mantener adecuadamente las plantaciones y pasar las temporadas de sequía.

Existen en la región algunas vertientes de agua en las quebradas que, no obstante su exiguo caudal (del orden de 1 litro/minuto), representan la posibilidad de abastecimiento de agua para pequeñas plantaciones de uso múltiple. Las plantaciones piloto establecidas por INFOR con riego ocasional han demostrado que existen alternativas para la producción de forraje, leña y postes. La necesidad de riego, aún en forma ocasional en el período seco, limitan las superficies forestables a unidades pequeñas (3-5 ha) debido a las otras necesidades de uso del agua para la población, los cultivos hortícolas y el ganado. Por otra parte, es necesario pensar que no siempre hay disponibilidad de agua de vertiente en la región.

Una fuente de agua ocasional es la de escorrentía (runoff) en quebradas y laderas, producto de las lluvias torrenciales de la zona. Se habla por esto de la cosecha de aguas lluvia, técnica que usaban los Nabateos en la agricultura del Medio Oriente hace más de 2000 años atrás. El agua de escorrentía era guiada desde laderas y quebradas a los suelos agrícolas de los valles.

En la actualidad el Servicio Forestal de Israel está adaptando esta técnica para forestar terrenos en el desierto del Negev sin necesidad de riego. En áreas con precipitación anual de 150 a 250 mm/año se utiliza la escorrentía como un proceso de riego natural que se colecta en las superficies de plantación (Moshe, 1994). Esto equivale a un índice de aridez menor a 0,2 (Sachs, com. pers, 1991). La escorrentía se cosecha en las laderas en colectores de terrazas en forma de camellones o surcos en curvas de nivel. En los sectores bajos se usan como colectores de agua las terrazas de piedra y diques de suelo y piedras, en que se establecen las plantaciones (Moshe, 1994). Con esta técnica se pueden establecer formaciones de 100 a 120 árboles por hectárea. De esta manera, se están desarrollando, desde 1986, en el Negev, las primeras sabanas creadas por el hombre, en un desierto que de otra forma sería incapaz de mantener la subsistencia de árboles (Sachs, 1994).

En Chile el Instituto Forestal (INFOR), ha iniciado experiencias con esta técnica en 1992, en la provincia del Choapa, IV Región, con resultados promisorios. Aún cuando las experiencias son todavía recientes, se pueden hacer algunas recomendaciones que permitirían hacer intentos de sabanización en esa región.

En esta publicación se entregan antecedentes sobre experiencias de forestación de INFOR desarrolladas en la zona de Illapel. En esta zona la precipitación anual promedio es de 220 mm y la evapo-transpiración anual de 1300 mm/año (índice de aridez 0,17).

INFOR

Se analizan las posibilidades y limitaciones del uso de la técnica de cosecha de aguas lluvia, en comparación con las plantaciones con riego ocasional, aprovechando aguas de vertiente. Estas experiencias las desarrolla INFOR con el apoyo financiero de la Corporación de Fomento de la Producción de Chile (CORFO). Hasta el año 1993 se contó con financiamiento del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá (CIID) y de CORFO-CHILE.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Cosecha aguas lluvia

En la técnica de la cosecha de aguas lluvia se distinguen la superficie de captación, superficie en que se hace escurrir el agua de exceso de las lluvias, y la de colección, que es la superficie en que se colecta la escorrentía y se establece la plantación de árboles u otro cultivo. Para diseñar el sistema de plantación y determinar el número de colectores y de árboles por unidad de superficie, el requisito es establecer en forma adecuada la relación entre el área de captación y el área de cultivo. La relación entre ambas superficies, en términos de tamaños, determina el factor por el cual se multiplicará la lluvia en el área cultivada o en el colector.

De acuerdo a las condiciones de la zona de Illapel (precipitación media de 220 mm/año y evapo-transpiración de 1300 mm/año), basado en la experiencia de Israel, se puede recomendar en forma preliminar una cantidad de colectores tal, que sostengan entre 100 y 120 árboles por hectárea. La fórmula para estimar la razón entre la superficie de captación y de colección o de cultivo se detalla en el Anexo 1a (Critchley and Siegert, 1991).

Para la cosecha de aguas lluvia en laderas se recomiendan colectores en forma de camellones y surcos en curvas de nivel. Sin embargo, también pueden usarse pequeñas terrazas. En valles o piedmontes con poca pendiente, los colectores más usados son diques de piedra y suelo, llamados "limanes". Los colectores con que INFOR ha obtenido los resultados promisorios son: a) para escurrimiento de laderas: terrazas; zanjas; b)para escurrimiento de quebradas: canaletas de desviación que alimentan tazas de plantación individual; terrazas o limanes pequeños hechos manualmente. Para la aplicación de esta técnica es necesario que se produzca escorrentía en el suelo, en laderas y quebradas tributarias a los colectores, esto depende de varios factores, tales como intensidad de la lluvia, características del suelo, topografía, tipo de vegetación, etc. y que se detallan en el Anexo 1b.

Plantaciones con riego ocasional

Otra de las posibilidades de forestar en la zona árida, es aprovechar aguas de vertientes, de manera que se establecen bosquetes de 2 a 5 ha, que se riegan ocasionalmente en las temporadas de sequía, aplicando 4 a 8 riegos anuales dependiendo de las precipitaciones del año en la estación seca, en una cantidad de 5 litros por planta.

La forestación consiste en establecer una plantación con un espaciamiento de 3m x 3m ó 4m x 4m, con una preparación de suelo con escarificación mecánica o bien con arado tirado por

INFOR

animales, haciendo líneas de escarificado de un ancho de 1m y una profundidad 40cm ó 20cm, según tipo de arado y tracción. Las técnicas de establecimiento incluyen fertilización inicial y control de malezas el primer y segundo año de plantación. Las especies con mayor éxito usadas son *Acacia saligna* y *Eucalyptus cladocalyx.*

Como fuente de agua se aprovecha una vertiente localizada en una quebrada pendiente arriba del sitio de plantación. Para extraer el agua se construye una pequeño dique de contención, de manera que se forma un acopio de agua, de 1 a 5 m^3 de acuerdo al gasto en riego y la producción de la vertiente. El agua se hace llegar a la plantación mediante una manguera de poliestireno de 1/2" de diámetro. Esta manguera se tiende a través de la plantación con conexiones para salidas cada 20m, para permitir regar con otra manguera la totalidad de las plantas.

OPERACIONES Y MANTENIMIENTO

Cosecha aguas lluvia

Los pasos principales de operación para la aplicación de la tecnología son las siguientes:

a) Elección del sitio: en el sitio a usar para la forestación se deben analizar las condiciones para que ocurra escorrentía. En laderas los sitios más aptos son de transición entre laderas rocosas y suelos coluviales; en los primeros hay mayor escorrentía y los coluviales tienen mayor profundidad (Yair *et al.*, 1989). Tratándose de una técnica nueva para la forestación, es preciso hacer estimaciones de la escorrentía mediante un simulador de lluvia o con una parcela de escorrentía, o bien con el tubo medidor (Anexo 1c). En estos últimos casos es necesario hacer observaciones de dos o tres años, previos a forestaciones de mayor envergadura (Shanan and Tadmore, 1979, cit. en Critchley and Siegert, 1991).

b) Precipitación normal del área a intervenir.

c) Determinar los puntos en que se establecerán los colectores. Para esto es conveniente contar con planos topográficos para ubicar diferentes tipos de colectores (limanes, surcos, canaletas de desviación). Para el establecimiento de los colectores es necesario tener en cuenta la relación de superficies de captación en relación a los de colección (Anexo 1a). Se debiera partir con colectores de escorrentía de quebradas, en los puntos que ofrezcan mayores posibilidades de cosecha de aguas, mediante limanes y canaletas de desvío. Posteriormente, se ubican los colectores de laderas, para acercarse al número de 100 árboles.

d) Elección de la especie: en la IV Región en Chile se han obtenido buenos resultados con *Cassia clossiana* (arbusto nativo) y *Euaclyptus cladocalyx* en sitios con serias limitaciones debido a sequía. Otra especie promisoria es *Acacia saligna* en base a otras experiencias de INFOR.

INFOR

e) Construcción de los colectores: las experiencias más antiguas de INFOR se refieren a colectores manuales, en laderas con pendientes de hasta 15% y en puntos junto a quebradas. Para la construcción de los colectores es necesario tener presente la construcción de una vía de escape del exceso de agua, que pudiera juntarse ante el evento de una lluvia muy intensa. En el caso de las canaletas de desvío desde la quebrada, la pendiente debe ser suave (0,3 a 1%, de acuerdo a las características del suelo) para evitar daños por erosión. Como una operación necesaria en el establecimiento de colectores se incluye la protección con cercos contra el ganado, roedores y lagomorfos.

f) Mantenimiento: las labores de mantenimiento son mínimas, en la medida que el diseño de los colectores (número por unidad de superficie, tamaño, ubicación, aliviaderos de agua) sean los adecuados. En general, el mantenimiento debe corresponder a reparaciones menores, para optimizar la colección de agua y reparar daños producidos por exceso de agua después de cada temporada.

Plantaciones con riego ocasional

Las labores de operación y mantención principales para el establecimiento de un bosquete de 2 a 5 ha de superficie son las siguientes:

a) Elección del sitio: se deben elegir suelos suficientemente profundos (50 cm) y que permitan ser abastecidos con una fuente de agua, aunque pequeña, de carácter permanente. El sitio debe tener preferentemente una exposición sur (de menor grado de asoleamiento en el hemisferio sur) y estar protegido de la acción directa de vientos fuertes.

b) Elección de la especie y procedencia de la semilla adecuada, según la experiencia forestal en la zona. En la zona árida de la IV Región de Chile se recomiendan: *Acacia saligna, Eucalyptus cladocalyx, Eucalyptus camaldulensis* y *Eucalyptus sideroxylon*.

c) Otra actividad se refiere a las técnicas de establecimiento, sobre las cuales INFOR ha desarrollado varias experiencias en la zona árida y semiárida del país (Prado y Rojas, 1987; Wrann, Andrade y Alvear, 1994), que comprenden: preparación de suelo (surco o subsolado); fertilización inicial; control de malezas. Un aspecto importante es el cercado adecuado de la plantación para protegerlo del ganado y la protección de los animales silvestres herbívoros (roedores y lagomorfos).

d) Instalación del sistema de riego sencillo, en que se distinguen: tranque de acumulación en la vertiente; manguera de conducción de poliestireno de 1/2" de diámetro; aliviaderos de presión en el tendido cuando sea necesario; conexiones y manguera de riego en el sitio de la plantación propiamente tal.

e) Mantención: Se refiere principalmente a los riegos periódicos en la temporada seca (noviembre a marzo), con 4 a 8 riegos por temporada a razón de 5 litros en las edades iniciales hasta llegar a 15 litros por árbol a la edad de 4 años. El control de malezas es uno de los factores más importantes (Prado y Rojas, 1987) por lo que es recomendable repetirlo una

INFOR

temporada después de la plantación. Otras labores de mantención son los controles de plagas, cuando es necesario.

PLANTACIONES EXPERIMENTALES Y RESULTADOS

Cosecha aguas lluvia

Con esta técnica se están desarrollando las primeras plantaciones en forma experimental. Las experiencias principales establecidas por INFOR se anotan a continuación.

Ensayo exploratorio:

La primera experiencia de INFOR consiste en un ensayo exploratorio de alrededor de 1,0 ha establecido en invierno de 1992 en la localidad de Atelcura, Illapel (Wrann, Andrade y Alvear, 1994). Las experiencias se establecieron en una ladera de exposición norte con una pendiente de aprox. 12%. La vegetación está degradada, con ejemplares aislados de cactáceas columnares. El suelo de textura franco-arcillosa, presenta una costra de vegetación microfítica, lo que favorece la escorrentía.

Se establecieron dos hileras de cuatro colectores de 10 m² cada uno. En cada colector se plantaron 5 árboles de la especie *Eucalyptus cladocalyx*. Cada colector consiste en una terraza en forma de media luna construida con piedras hacia el lado de la pendiente descendiente. La superficie útil de plantación se escarificó en forma manual con un relleno de suelo y a una profundidad de 40 cm . Cada colector dispone de una superficie tributaria de captación de 1425 y 500 m² según se trate de la hilera superior o inferior respectivamente.

En la superficie experimental se hicieron además canaletas de desvíos desde una quebrada, que tiene un área tributaria de alrededor de 5 ha. Las canaletas alimentan con escorrentía ocasional a seis minicolectores, consistentes en una taza de plantación de 1m x 1m y 25 cm de profundidad, cada una con un ejemplar de *E. cladocalyx*. El tranque de desvío alimenta además un limán o terraza de 14 m², construidos en forma análoga a los anteriores, en que se plantaron 6 árboles de *E. cladocalyx*.

En esta experiencia, se obtuvieron resultados muy promisorios, con una supervivencia de 100%; alturas de árboles entre 1,9 m y 3,6 m a la edad de tres años. Esto, no obstante, a que en el año 1994 las lluvias alcanzaron 102 mm y el año actual se perfila como seco. Las estimaciones de captación de agua preliminares indican que las plantas estarían recibiendo una cantidad de agua equivalente a seis veces la precipitación normal.

INFOR

Ensayo densidad árboles por ha

Con el objeto de poder estimar el número de plantas que se pueden establecer por hectárea, se estableció en invierno de 1994 en el predio experimental "Bellavista", cercano a Illapel, un ensayo de plantación en colectores de ladera. El ensayo se estableció en una ladera de 17% de pendiente, de exposición -E, en un suelo de textura franco-arcillosa. Se aplicaron 9 tratamientos en un diseño factorial 3x3, en que se combinan 3 tamaños de colectores (litros de colección) con 3 superficies de captación: a) colector de 1500 litros con superficies de captación de 40m² - 65m² - 115m²; b) colector de 2250 litros con superficies de captación de 48m² - 78m² - 138m²; c) colector de 3600 litros con superficies de captación de 64m² - 104m² - 184m². En cada colector se plantaron 3-4-5 árboles de la especie *Eucalyptus cladocalyx*, según se trate del colector pequeño, mediano o grande respectivamente. En terreno, los tratamientos se dispusieron en bloques al azar con 3 repeticiones.

En el ensayo de densidad no hubieron diferencias significativas, con un crecimiento de altura de 80 cm al primer año (incl. temporada de vivero) y un 91 % de supervivencia, en una temporada de crecimiento con una precipitación muy baja (alrededor de 110 mm).

Plantaciones con riego ocasional

En el invierno de 1991 se establecieron en la zona de Illapel, dos plantaciones experimentales, en que se aplicaron los conocimientos en cuanto a especies seleccionadas y técnicas de establecimiento de la experiencia de INFOR en la región. Las plantaciones son de una superficie de 3,0 ha y 2,3 ha en las localidades de Atelcura (250 m.s.n.m.) y Tunga Norte (450 m.s.n.m) respectivamente. Las experiencias se establecieron en terrenos de secano en laderas con pendientes de 5 a 12%.

La preparación de suelo se efectuó en hileras separadas 3 ó 4 m, de acuerdo al lugar de plantación, con un escarificado con tractor oruga (Caterpillar D-6) con tres subsoladores, con una penetración de 30 a 40 cm en el suelo.

Las especies plantadas, en superficies iguales son *Acacia saligna*, *Eucalyptus cladocalyx* y *Eucalyptus sideroxylon*, en una densidad de 1110 árboles por hectárea en Atelcura (espaciamiento 3m x 3m) y de 625 en Tunga (espaciamiento 4m x 4m).

Se aplicó abono natural, guano de cabra 1 kg. por planta. Se realizó una limpia manual en primavera después de la plantación y al año siguiente, para extraer de la taza de plantación los pastos y malezas.

Para el riego se extrae agua de una vertiente distante entre 250 a 1000 m, de acuerdo al lugar de plantación. Para esto se construyó junto al afloramiento de la vertiente un pequeño dique de piedras y arcilla, de manera que se forma un acopio de agua, de 2 a 5 m^3 de acuerdo al gasto en

INFOR

riego y la producción de la vertiente. El agua se hace llegar a la plantación mediante una cañería de poliestireno de 1/2" de diámetro. Dentro de la plantación se instaló cada 25 m un arranque, para poder conectar una manguera flexible de igual diámetro, a fin de que el regador pueda alcanzar cada árbol.

En cuanto a la adopción de esta técnica, se está logrando en una escala muy pequeña, empleando técnicas al alcance de los campesinos, con preparación de suelo con arado tirado por animales. Se plantan árboles en huertos familiares con riego usando 50-100 árboles por familia. Se espera poder hacer más popular el establecimiento de plantaciones en bosquetes superiores (3-5 ha) con las especies mencionadas anteriormente, en la medida que se hagan más accesibles las semillas a los campesinos.

Las plantaciones piloto muestran resultados alentadores, con una mortalidad entre 3 y 12 % y crecimientos de altura promedios entre 1,3m y 2m para *Eucalyptus cladocalyx* y *Acacia saligna* respectivamente a los 2,5 años de edad. De acuerdo a resultados preliminares de la última evaluación en el presente año, edad 4 años, la especie *Acacia saligna*, establecida en Tunga norte, a un espaciamiento de 4m x 4m tiene una biomasa forrajera (hojas y ramillas peso verde) de 1,1 toneladas por hectárea (Alcaíno *et al.*, 1995).

ESTÁNDARES Y COSTOS DIRECTOS DE ESTABLECIMIENTO.

Cosecha de aguas lluvia

Se anotan los costos estimados para los diferentes sistemas de colectores, descritos con anterioridad.

a) para escurrimiento de laderas:

- Terrazas: las terrazas de alrededor de 10 m² en laderas, para 5 árboles, han demostrado buenos resultados para el establecimiento inicial, sin embargo son de un costo muy alto, de acuerdo al desglose siguiente:
  Costo unitario: el costo unitario por terraza se estima en US$ 126.-, desglosado de la siguiente manera: mano de obra: 8J x US$ 10,5/J = US$ 84.- ; material de nylon para recubrir el muro 10 m² = US$ 5.-; protección inicial (cercos) y otros m . = US$ 37. El costo de 20 terrazas, para un total de 100 plantas es de US$ 2520.-
- Surcos manuales en media luna: de 10 m2 para establecer 3 plantas tiene un costo unitario de US$ 46.-, desglosado en: mano de obra : 0,85J x US$ 10,5/J = US$ 9,0.- ; cerco US$ 37. El costo de 34 surcos manuales con un total de 102 plantas es de US$ 1564.-
- Zanjas manuales de colección rectangulares de 10 m² para establecer 3 plantas. El costo unitario se estima en US$ 43,5; desglosado en: mano de obra 1J x US$ 10,5; cerco US$ 33. El costo de 34 zanjas para un total de 102 plantas es de US$ 1479.-

INFOR

b) para escurrimiento de quebradas:

- Limán construido en forma manual, análogo a una terraza construida con piedras, de 20 m², para establecer 8 árboles. El costo unitario se estima en US$ 251,5. El costo se desglosa en: mano de obra de 15J x US$ 10,5 = US$ 157,5 ; materiales de cerco y lámina de nylon impermeabilizante del muro de piedras y suelo: US $ 94. Para establecer 48 árboles /ha se necesitarían construir 6 limanes a un costo de US$ 1509.-
- Canaletas de desviación que alimentan tazas de plantación individual, dispuestos cada 5 m en el surco. El costo unitario se refiere a 50 m de canaletas con sus respectivas tazas de plantación, para plantar 10 árboles. El costo unitario se estima en US$ 183,5 ; desglosado en: mano de obra: 5 J x US$ 10,5/J = US$ 52,5 ; material de cercos para 10 tazas individuales US$ 183,5. Para 10 tramos en que puedan establecerse 100 árboles el costo es de US $ 1835.-
- Limán construido en forma mecanizada, de 80 m² para establecer 25 árboles. El número de limanes posibles de establecer depende de las condiciones fisiográficas y topográficas. No siempre es posible establecer uno o más por hectárea. El costo unitario se estima en US$ 389.-, desglosado en: mano de obra 14J x US$ 10,5 = US$ 147.-; operación de un tractor agrícola con retroexcavadora (4 hrs) = US$ 105.-; material de cerco US$ 137.-

c) Sistemas combinados para forestación de 1 ha (101 árboles) con el siguiente supuesto, dependiendo de las condiciones fisiográficas y topográficas del sitio:

Escurrimiento de laderas: 4 terrazas para 20 árboles, 8 zanjas para 24 árboles. Escurrimiento de quebradas: 100 m de canaletas de desviación para 20 árboles y un limán hecho en forma mecanizada para 25 árboles. Se considera un costo de US$ 12 por planta establecida. El costo total estimado es de US$ 1804.

En el Cuadro N°1 se anotan los costos estimados por hectárea forestada con densidades entre 25 árboles y 102 árboles por hectárea. Se puede observar una alta incidencia del cerco en el costo total, por lo tanto se considera de interés buscar otros tipos de protección, lo que es difícil si en la región existe pastoreo sin vigilancia de un pastor a bien que las plantaciones se establezcan en grandes áreas cercadas de manera de bajar el costo por metro de cerco. En la práctica se usará una combinación de colectores de acuerdo a los accidentes topográficos del terreno (laderas, quebradas, etc.). Los costos de establecimiento por una hectárea con 100 árboles establecidos en diferentes colectores fluctúa entre US$ 1500. y US$ 2532. de acuerdo al tipo de colector usado. Los costos de cerco pueden disminuirse al proteger la superficie total a forestar. Por ejemplo, al forestar una microcuenca de 5 ha, usando la combinación de colectores anotados en el punto anterior (c), el costo total sería del orden de US $ 990.- por hectárea, dependiendo del perímetro exacto del cerco.

INFOR

Cuadro N°1: Estimación de costos de forestación con la técnica de cosecha de aguas lluvia según diferentes tipos de colectores.

Tipo de Colector	N° Colectores /ha	Arboles/ha	Confección Colectores US$/ha	Cercos de Protección US$/ha (2)	Valor plantas US$/ha (1)	Valor Total US$/ha
Tipo Manual Terrazas en ladera 10 m²	20	100	1.780.-	740.-	12.-	2.532
Surcos Media Luna	34	102	306.-	1.258.-	12.-	1.576
Zanjas	34	102	357.-	1.122.-	12	1.491
Canaletas desviación (500 m)	100	100	525.-	1.310.-	12.-	1.847
Liman 20 m²	6	48	1.005.-	504.-	6.-	1.515
Mecanizado: Liman 80 m²	1	25	252.-	137.-	3.-	392.-

(1) Incluye la plantación.
(2) Cercos de protección individuales.

Plantaciones con riego ocasional

a) Producción de plantas: existen numerosos trabajos que relatan experiencias sobre producción de plantas (FAO, 1989; Prado y Barros, 1989), por lo tanto no se entrará a explicar estos procesos. Se asignará más adelante un valor de costo de producción de plantas, de acuerdo a la experiencia en el país y los valores a los que se cotizan las plantas. El principal problema que debe resolverse, es obtener un tipo de maceta con cantos rectos, con poda automática de raíz, para evitar el espiralamiento de ésta.

b) Cerco de la plantación: para efectos de costos se considera un cerco con postes de 2,20m de largo, puestos cada 3m, malla fina galvanizada de 1 1/2 pulgada de abertura, de 1 m de alto. La malla tiene a nivel del suelo y la parte alta un alambre liso y un alambre púas sencillo al centro y, además, un alambre de púas 20 cm sobre la malla. De esta manera la malla sirve para control del ganado y de herbívoros silvestres. Se considera un rendimiento de 20 jornadas/km. de cerco. Se considera una distancia variable de cerco de acuerdo al tamaño y forma de la superficie a plantar. Así por ejemplo se considera para una superficie de 3 ha una longitud de cerco de 230 m por ha y para 10 ha una de 190 m por ha. Se estima el valor de US$ 1,8 por metro de cerco.

INFOR

c) Preparación de suelo, se consideran las alternativas, rendimientos y costos siguientes para una plantación de 1110 árboles por hectárea, esto es una preparación de suelo en líneas de plantación espaciadas cada 3 m.

- Arado de discos tirado por tractor agrícola. Rendimiento 2 horas/ha. Costo US$ 34.-
- Subsolado normal tirado por tractor agrícola. Rendimiento 2,8 horas/ha. Costo US$ 48.-
- Subsolado profundo con tractor oruga, prof. de trabajo de 60-80 cm. Rendimiento 1,8 horas/ha. Costo US$ 119.-.
- Escarificado con tractor oruga, tres subsoladores (rippers) separados aprox. 40 cm, profundidad de trabajo 40 cm. Rendimiento 1,5 horas/ha. Costo US$ 99.- Es necesario destacar que los valores horarios del tractor oruga pueden sufrir incrementos significativos por costos de traslado al lugar de la faena.
- Surco en líneas de plantación con arado tirado por bueyes. Rendimiento 2 ha/día. Costo/ha US$ 14,0.
- Arado con bueyes en superficie total. Rendimiento 2 jornadas/ha. Costo US$ 56,0.
- Arado en fajas de plantación, con ancho de 1,0 m. Rendimiento 1 jornada/ha. Costo US$ 28,0.

d) Plantación con azadón: rendimiento 6 jornadas/ha. Costo US$ 51,0.

e) Control de malezas: en que pueden considerarse las siguientes alternativas:

- Manual, limpia taza de plantación con azadón, en un diámetro de 1m alrededor de la planta. Rendimiento 4 jornadas/ha por aplicación. Costo US$ 42.
- Atrazina (8 litros/ha) con "Hache uno Super" (i.a. fluazifop butil, Bayer), (2 litros/ha); solución 5,2% atrazina y 1,3% fluazifop butil, aplicando cantidad de solución de 12 cm^3 por taza de plantación. Costo del herbicida: US$ 6.-/ ha
- Aplicación en taza de plantación 1m de diámetro. Rendimiento 0,5 jornadas/ha. Costo US$ 25,9.

f) Fertilización: se pueden usar fertilizantes inorgánicos comerciales o bien el abono natural de la zona, guano fermentado de cabra. Se ha estimado un rendimiento de aplicación de 4 jornadas por hectárea.

- Fertilizante comercial: 60 g superfosfato triple, 60 g urea y 40 g sulfato de potasio por planta. Costo/ha incl. la mano de obra: US$ 124.-
- Guano de cabra 1 kg./planta. Costo por ha incl. la mano de obra: US$ 48.-

g) Riego de establecimiento: materiales e instalación mangueras, para distancia de aducción de 500 m: US$ 95,0. Rendimiento por riego 4 jornadas/ha: US$ 168.- ha para 4 riegos de establecimiento.

De acuerdo a estos estándares y costos estimados, se pueden anotar los siguientes costos directos de forestación por hectárea (Cuadro N°2). Los costos pueden variar de acuerdo a las diferentes alternativas de preparación de suelo, control de malezas, fertilización, número de riegos, etc., según se anota precedentemente.

INFOR

Cuadro N°2: Costo por hectárea de una plantación con riego ocasional. Base plantación de 3 ha y una densidad de 1110 plantas por hectárea

Ítem	US $
Plantas (c/u)	75
Cerco (230m)	414
Preparación suelo	
Escarificado con tractor oruga	99
Plantación	63
Control malezas	
Manual en taza plantación	42
Fertilización con abono (guano)	48
Riegos establecimiento (4 riegos)	168
Sistema de riego	
(distancia 500 m a la fuente de agua)	95
Total costos directos	**1004**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Existen antecedentes preliminares que indican posibilidades de aplicación de la técnica de cosecha de aguas lluvia en la IV Región del país. Si bien falta aún afinar qué número de árboles se puede establecer por unidad de superficie, hay algunas situaciones en que los colectores pueden captar aguas de quebradas donde la escorrentía es solamente ocasional durante el período de lluvias. También se pueden hacer canaletas para desviar las escorrentías hacia colectores o tazas de plantación.

Estos primeros antecedentes indican la conveniencia de comenzar con el uso de escorrentía desde quebradas, con mediciones de escorrentía por métodos simples, para poder extender esta técnica hacia las laderas.

Las plantaciones con riego ocasional permiten usar densidades de 600 a 1100 árboles por hectárea, con especies seleccionadas mediante una preparación de sitio intensiva (aradura en fajas, fertilización inicial, control de malezas), una adecuada mantención y riegos mínimos con técnicas sencillas. Éstas están limitadas a superficies pequeñas (hasta 5 ha), pero representan una solución adecuada para pequeños propietarios con el fin de lograr el establecimiento de plantaciones para usos múltiples. Las plantaciones experimentales de *Acacia saligna*, a una edad temprana (4 años) ya presentan material para utilización forrajera.

INFOR

BIBLIOGRAFÍA

ALCAÍNO, E.; BENEDETTI, S.; PERRET, S. y VALDEBENITO, G., (1995), *"Acacia saligna,* una especie multipropósito: su potencial forrajero en la provincia del Choapa, IV Región" en Seminario Avances de Silvicultura, 2ª Reunión, Universidad de Chile (en impresión).

CRITCHLEY, W. & SIEGERT, K., (1991), "Water harvesting", FAO, Roma, 133 págs.

FAO, (1989), "Arid zone forestry, a guide for field technicians", FAO Conservation Guide, N° 20, Rome, 143 págs.

MERLET, H. y SANTIBAÑEZ, F., (1989), "Evaluación y cartografía de la evapotranspiración potencial en la zona de climas mediterráneos de Chile", Boletín Técnico, N°48, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Santiago, pp.27-50.

MOSHE, I., (1994), "Soil Conservation and afforestation practices as a tool for rehabilitation of arid regions". Proceedings IUFRO Symposium *Silviculture of Protection Forestry in Arid Regions and the Agroforestry Potential*, Alexandria, March, 1994, pp.116-117.

PRADO, J.A. y ROJAS, P., (1987), "Preparación del sitio y fertilización en el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus globulus* en la zona semiárida de Chile", Ciencia e Investigación Forestal, Vol. N°1, pp.17 - 27.

PRADO, J.A., INFANTE, P., ARRIAGADA, M., AGUIRRE, S., (1988), "Aprovechamiento de la biomasa en zonas áridas y semiáridas", Proyecto CONAF/PNUD/FAO, Documento de Trabajo , N°15.

PRADO, J. A. y BARROS, S., (1989), "Eucalyptus, principios de silvicultura y manejo", Instituto Forestal - Corporación de Fomento de la Producción, Santiago, 199 págs.

SACHS, M, (1994), "Desert afforestation, a successful implementation in the Negev Desert", en Proceedings IUFRO Symposium *Silviculture of Protection Forestry in Arid Regions and the Agroforestry Potential*", Alexandria, Egypt, march 1994, pp.110-112.

WRANN, J., ANDRADE, F. y ALVEAR, C., (1994) "Técnicas de establecimiento para *Eucalyptus cladocalyx* y *Eucalyptus camaldulensis* en la zona árida y semiárida de Chile" en Actas Simposio *Los Eucaliptos en el Desarrollo Forestal de Chile*, Pucón, Chile, noviembre 1993; CORFO-INFOR, Santiago, (1994), pp.417-438.

YAIR, A., SCHACHAK, M., SCHREIBER, K-F., (1989), "Hillslope Minicatchments: The Use of Surface Run-off Water to Increase Primary Production in a Rocky Desert" Allgemeine Forstzeitschrift , N°24-26, pp.642-647.

INFOR

ANEXO 1

a) Fórmula para establecer la relación entre la superficie de captación y de colección (según Critchley & Siegert, 1991).

$$\frac{CA}{CU} = \frac{\text{requerimiento agua cultivo - lluvia estimada}}{\text{lluvia estimada x coef. escorr. x factor efic.}}$$

en que:
CA = superficie de captación.
CU = superficie del colector o área del cultivo.
Requerimiento de agua cultivo = en términos de la precipitación anual requerida para la especie arbórea (Rocheleau *et al.*, 1988).
Lluvia estimada = es la lluvia total durante la temporada de producción (para árboles se considera la anual). Usualmente se asigna a una determinada probabilidad estadística de ocurrencia (habitualmente se considera una probabilidad de exceso de un 67%, probabilísticamente, en dos de cada tres años la lluvia será igual o mayor a la estimada).
Coef. escorr. = coeficiente de escorrentía. Es la proporción de las precipitaciones que escurre superficialmente. Depende de varios factores, que se analizan más adelante. Usualmente este factor fluctúa entre 0,1 y 0,5. Mediciones preliminares de las experiencias de INFOR en parcelas de escorrentía dan un valor de 0,3.
Factor efic.= factor de eficiencia. Es la eficiencia de la disponibilidad de agua en las superficie de cultivo, dependiendo de la homogeneidad de distribución de la humedad en el suelo y a pérdidas por evaporación y percolación profunda (Loewenstein *et al.*, 1991). Normalmente este factor oscila entre 0,5 y 0,75.

b) Factores que influyen en la formación de escorrentía.
(Fuente: Dunne & Leopold, 1978; Yair *et al.*, 1989; Moshe, 1989; West, 1990; Critchley & Siegert, 1991; Gillis, 1992).

La intensidad de las lluvias:

Es sabido que el tamaño de las gotas aumenta con la intensidad de una lluvia. En lluvias intensas la energía cinética de las gotas es considerable cuando choca con la superficie del suelo. Esto causa el rompimiento de la agregación del suelo, así como una dispersión de las partículas, las que rellenan los poros superficiales, lo que produce la obstrucción de los poros, formando una capa compactada superficial que reduce la capacidad de infiltración.

Por ejemplo, en un área específica de acumulación e igual humedad inicial del suelo, una lluvia de duración de 40 minutos y una intensidad de 30 mm/hora producirá un porcentaje de escurrimiento menor que una lluvia de solamente 20 minutos de duración pero con una intensidad promedio de 60 mm/hora, aún cuando la precipitación total es igual en ambos casos.

INFOR

El suelo:

- Textura y estructura: como la porosidad varía de un tipo de suelo a otro, también varía la capacidad de infiltración, de modo que cada tipo de suelo presenta una curva característica de infiltración en relación al tiempo de ocurrencia de la lluvia. Lógicamente los suelos arenosos tienen una tasa de infiltración superior a los arcillosos.
- Humedad inicial del suelo: la capacidad inicial de infiltración de un suelo decrece con el tiempo en que ocurre una lluvia, hasta que alcanza un valor constante en la medida que el perfil del suelo se satura (Fuente W. Critchley and K. Siegert, 1991; pág. 27 fig. 8 y pág. 28 fig. 9).
- Origen, profundidad y posición en la pendiente: estudios desarrollados en Israel, (Yair and Schachak, 1989) determinaron que la capacidad de generar escurrimiento superficial es superior en las laderas rocosas, comparado con las laderas de suelo coluvial. Se determinó además que la zona de mayor eficiencia para el establecimiento de los colectores de agua es la de transición entre la ladera rocosa y el suelo coluvial.

La cubierta vegetal

Los desiertos están formados por dos tipos de cubiertas vegetales que forman casillas (en la literatura en inglés: "patches") en el suelo: aquellas que generan escurrimiento superficial y las que lo absorben. El suelo cubierto de vegetación microfítica (algas cyanobacterias, líquenes y musgos) forman casillas con una costra que generan escurrimiento superficial (West 1990). Por otra parte, las casillas de suelo con macrófitas como árboles, arbustos, pastos anuales y perennes, así como el suelo cultivado, absorben el escurrimiento (Schlesinger *et al.*, 1990).

El microrelieve

En el área de captación tiene importancia el microrelieve, formando almacenamientos de agua en forma de charcos en las pequeñas depresiones del terreno.

La pendiente

La escorrentía es mayor en cuanto aumenta el grado de la pendiente.

c) Medición de escorrentía

En laderas:
(Fuente: Critchley & Siegert, 1991).

Las parcelas de escorrentía se usan para mediciones directas en el área del proyecto de forestación. Las características físicas tales como tipo de suelo, pendiente y vegetación deben ser representativas de los sitios donde se han planificado las cosechas de aguas lluvia.

El tamaño de la parcela debiera ser idealmente del tamaño del área de captación planificada en el proyecto. Sin embargo, esto no siempre es posible, debido principalmente a la limitación del almacenamiento de la escorrentía. El tamaño mínimo es de 3 - 4 m de ancho y 10 - 12 m de

INFOR

largo. Los límites de la parcela pueden hacerse de listones de madera o latón galvanizado de mínimo 15 cm de altura para evitar escorrentía de las superficies adyacentes. Las parcelas tienen un estanque en su parte inferior para medir el escurrimiento, con partidores que reciben una parte del agua en el estanque y el resto sale al exterior de la parcela, para evitar hacer estanques demasiado grandes. Se debiera instalar un pluviómetro en las cercanías de la parcela.

En quebradas:
(Fuente Moshe, 1994, com. pers.).

Un instrumento sencillo para estimar niveles de escorrentía en pequeñas quebradas consiste en un tubo perforado de 1,5 m de alto aprox. en cuyo interior una regla graduada y marcada con yeso o tiza marcará el nivel máximo del agua, que se alcanza en el sector de la quebrada, en un momento determinado.

INFOR

MANEJO Y RENTABILIDAD DE PLANTACIONES CLONALES DE JOJOBA

Claudia Botti [1], Loreto Prat [1], Loreto Cánaves [1]
Eugenio Doussoulin [2], Claudio Barriga [2], Ximena López [2] y Guillermo Covarrubias [2].

RESUMEN

Las plantaciones de jojoba (*Simmondsia chinensis* (Link.) Schneider) que fueron establecidas por semilla en diversos países, incluido Chile, han demostrado una enorme variabilidad, tanto en caracteres morfológicos como en producción de flores y semillas. Además, por el hecho de ser una especie dioica, las siembras produjeron poblaciones en que el 50% o más de las plantas eran de sexo masculino, no productivas. Ésto trajo como consecuencia el abandono o eliminación de las plantaciones en la mayoría de los países, debido a los bajos rendimientos de semilla (aprox. 200 kg./há) y la escasa rentabilidad que ofrecía el cultivo.

Dos proyectos realizados por la U. de Chile en conjunto con la U. de Tarapacá, U. de Arizona (USA) y U. de Ben-Gurion (Israel), desde 1991 a la fecha, han permitido la selección, propagación y evaluación de 27 clones de jojoba, 25 de ellos obtenidos de plantas madres seleccionadas de diversos sectores de Chile y 2 de plantas seleccionadas en USA.

Los resultados de este trabajo permiten recomendar al menos 10 de estos clones para ser establecidos en plantaciones comerciales, como una alternativa muy rentable para zonas libres de heladas, de escasa disponibilidad de agua o con serios problemas de salinidad. Se pudo comprobar su gran resistencia a condiciones de suelo y agua de extrema salinidad con dos ensayos establecidos en la I Región (Quebrada de Camarones y Villa Frontera). La producción de semilla promedio de las variedades clonales más destacadas fue entre 325 y 491 g/pl, al 3er año de edad, lo que permite asegurar un rendimiento de semilla superior a los 2,5 kg. en plantas de 6 o más años. Estos valores indican que con una densidad de plantación de 1.250 plantas /ha (de las cuales 125 deben ser machos), es posible obtener más de 2,8 toneladas de semilla/ha. El estudio plantea, también, la alternativa de plantaciones en alta densidad, con 5.000 pl/ha hasta el año 4, un raleo a 2.500 plantas/ha que se mantienen hasta el año 6 y, finalmente, un segundo raleo para dejar 1.250 plantas en la hectárea en forma definitiva. El análisis económico que se presenta indica que con este sistema de cultivo es posible obtener saldos positivos de caja al tercer año, con una Tasa Interna de Retorno del 25%.

Los autores agradecen el financiamiento otorgado por FONDECYT (proyecto 91/1166) y por FONDEF (proyecto 2-31) para la ejecución de este estudio.

[1] Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, Casilla 1004, Santiago. Fax: 56 -2 -678 5700. Teléf: 56 -2 -678 5727

[2] Instituto de Agronomía, Universidad de Tarapacá.,Casilla 6-D, Arica.

INFOR

INTRODUCCIÓN

La jojoba (*Simmondsia chinensis* (Link.) Schneider) es una especie arbustiva originaria del desierto de Sonora, zona que corresponde a uno de los lugares más inhóspitos de la tierra con precipitaciones que pueden llegar tan sólo a 80 mm. anuales, en algunos sectores, y temperaturas tan altas como 50°C. Muy pocos cultivos sobreviven a este ambiente; sin embargo, entre rocas y arena, la jojoba lo resiste (Gentry, 1958; Burden, 1970).

Para Chile, la jojoba es un cultivo nuevo que fue introducido en la década de los 70. Se caracteriza por sus modestos requerimientos hídricos, por su extrema habilidad para sobrevivir en fuerte estrés hídrico y salino (Benzioni, 1995; Benzioni *et al.*, 1996) y por ser la única especie vegetal conocida que produce una cera líquida como material de reserva en la semilla. Este producto, de alto valor y notoriamente diferente a los triglicéridos presentes en otras semillas productoras de aceite (Wisniak, 1988), corresponde a un 44-58% del peso total de la semilla. Las excelentes propiedades de esta cera permiten su utilización en la industria cosmética, de lubricantes, farmacéutica y diversas otras de menor importancia (López, 1987).

El interés por el cultivo de jojoba comenzó poco después que investigadores de la Universidad de Arizona descubrieron la característica única de su semilla (Greene y Foster, 1933). No obstante, el interés a escala comercial sólo se inició entre 1976 y 1978, después de haberse reunido información sobre el manejo de la especie y sus posibilidades industriales. Aproximadamente en la misma época se hizo presente el valor intrínseco del agua para el desarrollo de zonas áridas en Estados Unidos. Un cultivo nativo, que necesitaba menos riego que cultivos tradicionales, parecía ofrecer grandes posibilidades para el desarrollo agrícola de esas regiones. Esto, junto con incentivos tributarios que se hicieron disponibles a aquéllos que invirtieran en el cultivo, provocó un gran entusiasmo, se hicieron cálculos muy optimistas de rendimiento de semilla y aceite (cera líquida), y se establecieron numerosas plantaciones, todas por semilla. La realidad pronto reemplazó al optimismo ya que los rendimientos proyectados estaban basados en los de unas pocas plantas muy productivas. No se había considerado que la especie es dioica y de polinización cruzada (anemófila), lo que provocó poblaciones extremadamente variables, tanto en hábito y épocas de floración como en rendimiento de frutos. Además, más de la mitad de la población era de plantas macho. Los bajos rendimientos que se obtuvieron de estas poblaciones sembradas llevó a una gran inestabilidad en la producción, lo que subsecuentemente provocó grandes fluctuaciones en el precio del aceite. En consecuencia, se hacía muy difícil ampliar el mercado del aceite de jojoba hacia nuevos usos. Para que el mercado se ampliara, era indispensable identificar variedades clonales de rendimientos altos y consistentes que permitiera a los productores ofrecer semilla a un precio de venta relativamente estable en el tiempo.

Desde hace unos 10 años, las investigaciones realizadas en selección de clones, propagación vegetativa y manejo del cultivo han aumentado considerablemente (Benzioni y Dunstone, 1986; Feldman *et al.*, 1987; Palzkill, 1988; Botti *et al.*, 1989, 1992; Ayerza, 1990; Coates, 1990; Coates y Lorenzen, 1990; Nelson y Palzkill, 1991; Benzioni *et al.*, 1992; Benzioni, 1995). En relación con los requerimientos hídricos se ha demostrado que para una producción

INFOR

comercial es necesario aplicar entre 3.600 a 4.500 m^3/há como mínimo, dependiendo de las características de la zona de cultivo (Ruskin, 1985; Benzioni, com.personal). Estudios realizados en California en selección de clones demostraron que de 564 plantas, menos del 1% produjo 2,5 kilos de semilla/planta o más después de 4 ó 5 años (Palzkill, 1987). Clones con un rendimiento potencial de 3 a 3,5 kg/planta fueron seleccionados y propagados en Israel durante un programa de mejoramiento que se inició en 1963. En 1990, 8 de estos clones fueron recomendados por el Ministerio de Agricultura para ser establecidos en ensayos semi-comerciales en dos localidades del país, y luego 20 otros clones fueron también liberados y están ahora siendo establecidos en plantaciones comerciales (Forti y Elharar, 1990; Benzioni, 1995). Sin embargo, aún quedan diversos aspectos de importancia por resolver, como es la optimización de la propagación vegetativa, el desarrollo de un mejor conocimiento de la fisiología de la floración y de las prácticas de manejo de genotipos seleccionados sometidos a diferentes características agroclimáticas.

Los objetivos de este estudio se enfocaron, por tanto, hacia la selección, en Chile, de plantas madres de características deseables, introducción de clones extranjeros, optimización del sistema de propagación vegetativa y evaluación de los clones en cuanto a su fenología, rendimiento de semilla y resistencia a factores abióticos (salinidad, déficit hídrico y heladas). Estos estudios se realizaron con la participación de investigadores de la Universidad de Arizona (USA) y de la Universidad de Ben-Gurion (Israel).

MATERIALES Y MÉTODOS

La selección de genotipos se realizó en siete plantaciones de jojoba establecidas por semilla a fines de la década de los 70, desde la I a la V Región del país. Estas plantaciones, todas abandonadas, se encontraban bajo un fuerte estrés hídrico y/o salino, dependiendo de la localidad, lo que facilitó la selección de germoplasma. Los parámetros considerados para la selección fueron: rendimiento de semilla (plantas con más de 1Kg mínimo), resistencia aparente a sequía o salinidad (por color del follaje), altura y diámetro (hábito) y época de floración.

Se seleccionaron 39 plantas femeninas y 10 plantas masculinas. Se importaron, además, dos genotipos seleccionados en USA (AT-1487 y Mirov) por su alto rendimiento de semillas y buenas características generales. La propagación se realizó mediante la recolección de estacas en primavera y otoño, según metodología descrita por Botti *et al.*, 1989.

Cinco repeticiones de cada clon femenino fueron establecidas en junio de 1992, con un diseño completamente aleatorizado, en tres ensayos ubicados en diferentes zonas agroclimáticas: Villa Frontera, I Región, de condición desértica y fuertemente salina en suelo y agua (conductividad eléctrica (C.E.) promedio en el suelo = 63,3 dSm-1; en agua= 5.24 dSm-1); Quebrada de Camarones, I Región, de condición desértica y salina en suelo y agua (C.E. promedio en el suelo= 38 dSm-1; en agua= 7.32 dSm-1); Las Cardas, IV Región, de condición árida y de suelos y agua no salina. Los tres ensayos estuvieron bajo riego y fertilizados según Benzioni y Nerd (1985). Un 10% de plantas macho se distribuyó al azar entre las plantas hembra, más una

INFOR

hilera de plantas macho en el extremo opuesto a los vientos predominantes. La distancia de plantación fue de 4 x 4 m.

Los clones fueron evaluados dos años después de la plantación considerando los siguientes parámetros: sobrevivencia, número de brotes y flores por planta, altura y diámetro (Botti *et al.*, 1996). Al tercer año desde la plantación se evaluó nuevamente la sobrevivencia, el rendimiento de semillas (número y peso de semillas) y la fenología de floración de cada clon. Los resultados de cada localidad y entre localidades fueron sometidos a un análisis de varianza y dado que la Prueba de Comparación Múltiple (Duncan) no logró separar los grupos, se realizó una prueba multivariada (clusters) (Figura N°1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sobrevivencia

La mayor sobrevivencia, después de dos años, se obtuvo en el ensayo de Las Cardas (66,7%) con 26 clones femeninos representados con tres o más repeticiones. Los ensayos establecidos en la Quebrada de Camarones y Villa Frontera presentaron un 60,4% y 54,7% de sobrevivencia, respectivamente, con 22 y 24 clones femeninos con tres o más repeticiones (Botti *et al.*, 1996). Un año más tarde, el porcentaje de sobrevivencia en Las Cardas fue de un 59% con 26 clones femeninos representados con tres o más repeticiones; en Q. de Camarones fue de 47,3% con 19 clones femeninos y en Villa Frontera fue de 54,1% con 23 clones femeninos. No obstante estos resultados, algunos de los clones establecidos en Q. de Camarones son los que presentan a la fecha (agosto 1996) el mejor aspecto y mayor desarrollo. En Villa Frontera, a pesar de su buen tamaño, al cabo de tres años muchos de los clones se vieron fuertemente afectados por las condiciones de extrema salinidad de la localidad. Hubo constante caída de hojas y, a excepción de cuatro genotipos, las hojas se presentaban con los márgenes y puntas necróticas.

Desarrollo vegetativo y floral

Los resultados de la evaluación preliminar realizada en plantas de dos años (Botti *et al.*, 1996) demostraron que de los 41 clones femeninos seleccionados, al menos 6 de ellos (4 seleccionados en Chile: 4.8; 4.11.32; 1.4.13; 4.13.1; y dos introducidos desde USA: Mirov y AT-1487) ofrecían excelentes perspectivas productivas, en base al número de brotes y flores producido, y una buena adaptación a condiciones de muy alta salinidad. El número de brotes promedio de las tres localidades en estos clones fue superior a 66, siendo el clon 4.8 el de mejor desarrollo con 91 brotes/planta. Con respecto a número de flores, presentaron, en promedio, más de 86 flores/planta, destacando los clones 4.11.32 y 4.8 con más de 100 flores/planta. Estos resultados preliminares indicaban, además, que los clones establecidos en las localidades salinas del norte desarrollaban un mayor número de flores (en promedio), significativamente diferente que aquéllos establecidos en el sector no salino de Las Cardas. Sin embargo, un año más tarde estos resultados variaron, viéndose reflejados en la producción de semilla obtenida en cada localidad, que se presenta más adelante. Esta diferencia puede

INFOR

atribuirse al efecto acumulativo de la salinidad sobre los componentes de rendimiento, como son la producción de yemas florales, floración y la cuaja y desarrollo de frutos (Benzioni *et al.*, 1996).

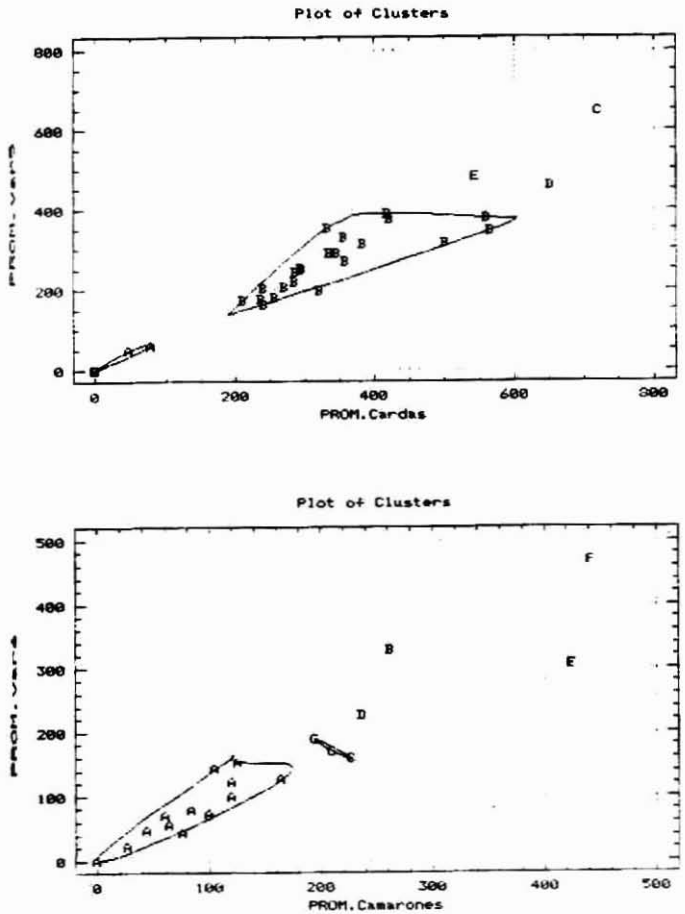

Figura N°1: Representación gráfica de prueba multivariada (clusters).

Efecto de la salinidad

Al tercer año de desarrollo se observaron diferencias visuales en el aspecto y color de los clones sometidos a condiciones de extrema salinidad, especialmente en la localidad de Villa Frontera; no obstante, el porcentaje de sobrevivencia disminuyó sólo en un 0,6%. El ensayo establecido en esta localidad permitió detectar 10 clones de alta resistencia a la salinidad (Cuadro N°1), destacándose los clones 4.11.32, 3.10.10, 4.15.63 y Mirov. Estos genotipos

coinciden exactamente con los que presentaron menor daño en el ensayo establecido en Q. de Camarones (Cuadro N°2), de condición menos extrema, pero igualmente inapropiada para cultivos tradicionales, a excepción de un ecotipo local de alfalfa.

Los resultados permiten validar ampliamente lo mencionado por diversos autores (Rasoolzadegan *et al.*, 1980; Mills and Benzioni, 1992; Benzioni *et al.*, 1992) en relación a la resistencia a la salinidad que muestra esta especie, así como recomendar estos genotipos para zonas con problemas de salinidad, ya que tres de ellos son también los que han presentado mayor rendimiento de semilla a la fecha. Las diferencias genotípicas frente a este estrés también han sido mencionadas en la literatura (Benzioni,1995; Benzioni *et al.*, 1996), destacándose especialmente una disminución de tamaño de las yemas florales en algunos de los clones menos tolerantes. Estos resultados provienen de evaluaciones realizadas en Israel, en tres clones de jojoba, regados con tres tratamientos de agua salina (1,2; 3,4 y 6,4 dS/m de conductividad eléctrica). En relación con el efecto de la salinidad sobre la época de floración, Benzioni *et al.* (1996) indican que los tratamientos salinos no afectaron a dos de los tres clones estudiados, pero que el clon 879-154 mostró un adelanto de dos semanas en la floración. La evaluación de fenología floral realizado en las tres localidades chilenas demostró, en general, un retraso en la floración en las dos localidades de condición salina, en comparación con el ensayo establecido en la IV Región (Las Cardas).

En el Cuadro N°3 se presenta el estado de floración de algunos clones al 10 de junio de 1996, fecha en que la mayoría de los clones se encontraba con gran porcentaje de flores ya receptivas (F3) en la localidad no salina de Las Cardas. Se observa que la mayoría de los genotipos sometidos a condición de salinidad estaban más atrasados en su floración. Esta diferencia con respecto a lo observado por Benzioni *et al.* (1996) puede deberse a factores genotípicos, a las condiciones de salinidad mucho más extremas de los ensayos en Chile o a otros factores agroclimáticos difíciles de evaluar. Además, el método empleado por estos autores para evaluar floración consistió en la selección de ramas con yemas florales en receso que se forzaban a florecer en cámara climática, a fin de evaluar el porcentaje de yemas que habían superado el estado de reposo. La evaluación realizada en los ensayos chilenos consistió sólo en una apreciación visual, en campo, de los estados florales presentes en mayor porcentaje en cada planta, en una fecha determinada. Es importante destacar, además, que el genotipo 4.11.32 presentó la floración más tardía de todos los clones (mayor porcentaje de flores en F3 en octubre, casi 5 meses después que la mayoría de los otros clones), característica en extremo interesante si se considera que las heladas afectan a la jojoba especialmente durante la época de floración. Este clon podría, entonces, escapar a las heladas y recomendarse para zonas más frías, previo estudio de su comportamiento bajo esas condiciones.

INFOR

Cuadro N°1: Valores relativos de daño por efecto de la salinidad en clones de jojoba de tres años de edad, establecidos en Villa Frontera.

Genotipo	Apreciación visual (*) (grado de necrosis de hojas y yemas florales)					
Repeticiones	1	2	3	4	5	x
Clones 0						
2.2.6	2	2.	2,5	-	-	2,17
2.7	2	3	2	2.5	2.5	2.40
2.2.8	0.5	1	2	2	-	1.37
13	2	3	1.5	-	-	2.17
3.21.31	0.5	1.5	1.5	3	-	1.87
1.3.8	1.5	3	2.5	2	2.5	2.30
1.4.10	2	3	3	3	-	2.75
Clones 0						
4.14.2	2	2	3	-	-	2.33
3.10.10	0	0.5	1.5	-	-	0.66
Mirov	2	1.5	0.5	1	1	1.20
1.2.4	1.5	1.5	1.5	0.5	-	1.25
74	1	2.5	1.5	2	-	1.75
22.1	3	3	2.5	-	-	2.83
3.20.33	3	2	2.5	-	-	2.50
1.4.13	2	2	2.5	1.5	-	2.00
16	2.5	3	2	2	2.5	2.40
4.11.33	2	1	1.5	-	-	1.50
4.11.32	0.5	0.5	1	0.5	-	0.63
4.15.63	0.5	2	1	0.5	-	1.00
3.34.6	2	3	3	2	-	2.50
69	2	2	0	-	-	1.33
5.3.14	3	3	3	3	-	3.00
2.1	2.5	3	3	3	-	2.13
2.2.22	3	3	3	-	-	3.00
5.1	1.5	2	2	2	-	1.88
4.8	3	3	3	3	3	3.00
AT-1487	3	3	3	2	-	2.75
10.3	3	1.5	1.5	-	-	2.00
1.8.10	3	3	3	3	-	3.00
2.3.8	3	1.5	1.5	-	-	2.17

(*) 0= Sin daño; 1= leve amarillez en borde de hojas o botones florales; 2= punta de hojas con necrosisy caída de hojas; 3= intensa necrosis en hojas y botones florales y fuerte caída de hojas.

INFOR

Cuadro N°2: Valores relativos de daño por efecto de la salinidad en clones de jojoba de tres años de edad, establecidos en Quebrada de Camarones.

Genotipo	Apreciación visual (*) (grado de necrosis de hojas y yemas florales)					
Repeticiones	1	2	3	4	5	x
Clones 0 2.7	1.5	3	2	-	-	2.16
Clones 0 2.1	0.5	1.5	1.5	2	2.5	1.60
4.15.63	0.5	0	0.5	0	-	0.25
5.1	1	1	1.5	1.5	1	1.20
Mirov	0.5	0	0	-	-	0.13
29	0	0.5	1.5	-	-	0.67
2.2.22	2.5	1.5	3	-	-	2.34
AT-1487	2	2.5	1.5	1.5	1.5	2.00
4.11.32	0	0	0	0.5	0.5	0.20
22.1	2	2.5	2	2	3	2.30
5.3.14	0.5	1	1	3	-	1.38
16	1	0	1	2.5	-	1.13
1.4.13	1.5	2	1.5	-	-	1.67
10.3	1	0.5	1.5	-	-	1.00
1.2	0	1	2	1	-	1.00
3.10.10	0.5	1	1	0	-	0.63
2.3.8	0	0	0	1	-	0.25
107	3	2.5	2.5	2	-	2.50
1.8.10	1	1	1	-	-	1.00
16.2	1	1	2	-	-	1.33
4.8	2.5	3	1	-	-	2.17
7.3	1	2	1	-	-	1.33

(*) 0= Sin daño; 1= leve amarillez en borde de hojas o botones florales; 2= punta de hojas con necrosis y caída de hojas; 3= intensa necrosis en hojas y botones florales y fuerte caída de hojas.

INFOR

Cuadro N°3: Desarrollo floral de clones de jojoba de tres años de edad en tres localidades de Chile, al 10-6-95.

Desarrollo floral		F1	F2	F3	F4
Clones	Local				
AT-1487	LC		*	*	*
	QC	*	*		
	VF	*			
Mirov	LC		*	*	
	QC	*			
	VF	*		*	*
4.8	LC		*	*	*
	QC	*	*		
	VF	*	*		
1.4.13	LC				*
	QC	*	*	*	
	VF				*
2.3.8	LC			*	*
	QC	*			
	VF	*			
2.2.22	LC		*		
	QC	*			
	VF	*			
5.1	LC			*	*
	QC	*			
	VF	*			
5.3.14	LC			*	*
	QC	*	*		
	VF	*			
4.11.32	LC	*	*		
	QC	*			
	VF	*			

** F1= Yema Floral en latencia; F2= Ovario hinchado; F3=Estigmas visibles; F4=Estigmas secos; F5=Fruto en estado de llenado.
*** LC= Las Cardas; QC= Quebrada de Camarones; VF= Villa La Frontera

Producción de semillas

Los resultados de número y peso de semillas obtenidos al tercer año de desarrollo muestran diferencias significativas entre clones en una misma localidad y entre localidades (Cuadro N°4). De los 26 clones femeninos representados en Las Cardas con 3 o más repeticiones, destacan 10 seleccionados en Chile y el clon Mirov introducido de USA, con más de 300g de semilla/planta en promedio. El genotipo AT-1487, también seleccionado en USA, produjo 289g de semilla. El de mayor rendimiento fue el clon 4.11.32 con 721 semillas correspondientes a 647g. Este genotipo es, además, el que ha demostrado mayor resistencia a las condiciones de salinidad de los ensayos de la I Región. Sin embargo, al comparar el

INFOR

rendimiento de semilla entre localidades se observa que el clon 4.11.32 no fue el más productivo en Q. de Camarones. En este ensayo destacan los clones 4.15.63, 7.3 y 1.8.10, los que, además, tienen valores relativos bajos de daño por salinidad en este sector (Cuadro N°2). En Villa Frontera los rendimientos fueron significativamente inferiores debido a la extrema condición de suelo y agua, pero permitió detectar los clones más resitentes a la salinidad y corroborar los resultados obtenidos en Q. de Camarones.

Aunque estas cifras son aún preliminares, ya que se refieren a plantas de sólo tres años de edad, se puede concluir que al menos 10 de los clones seleccionados ofrecen excelentes perspectivas de producción de semilla, de los cuales por lo menos 3 son altamente resistentes a condiciones de extrema salinidad. Esto permite aventurar que las condiciones de la Quebrada de Camarones, u otras de la I Región con clima y condiciones de suelo y agua similares o más favorables, serían recomendables para el cultivo comercial de estos genotipos de jojoba. Las condiciones de la IV Región, especialmente en sectores libres de heladas, ofrecen excelentes perspectivas para el cultivo de la especie.

Manejo del cultivo

Durante el curso de la investigación se pudieron detectar diversos aspectos del manejo del cultivo que pudieran incidir en el desarrollo y productividad de una plantación con fines comerciales.

Densidad de plantación: aun cuando los resultados finales de los ensayos de densidad establecidos no están aún disponibles, debido a que las plantas son todavía muy jóvenes para evaluar el efecto, el desarrollo y rendimiento de los clones a los tres años de edad permitiría recomendar un sistema de alta densidad inicial de plantación, con 2.500 (2m x 2m) ó 5.000 plantas/há (2m x 1m), para posteriormente realizar uno o dos raleos al 4° o al 4° y 6° año, respectivamente, y terminar con una densidad de 1.250 plantas/há. Las densidades generalmente recomendadas para plantaciones comerciales de jojoba son de 800 pl/há (5m x 2,5m), 1000 pl/há (5m x 2m) (Davidson, 1996) ó 1250 pl/há (Gentry, 1958), dependiendo del genotipo, las condiciones de suelo y disponibilidad de riego. Sin embargo, el volumen de los clones seleccionados, al 3er año de desarrollo, parecería no ofrecer impedimento para una alta densidad inicial hasta el 4° año. Esto permitiría un rendimiento de 1,5 toneladas/há al 3er año y obtener saldos positivos de caja desde el tercer año en adelante. No obstante, mayores antecedentes sobre el volumen final de los clones son aún necesarios para recomendar con plena exactitud diseños de plantación y densidades finales, debido a la gran variación de tamaño entre los clones seleccionados.

INFOR

Cuadro N°4: Número y peso (g) promedio de semillas de clones seleccionados de jojoba establecidos en tres localidades de Chile.

Clon	Número de semilla			Peso de semillas (g)		
	LC	QC	VF	LC	QC	VF
2.2.6	48	-	-	48.3A	-	-
3.27.44	356	-	-	329.2B	-	-
82	333	-	41	352.8B	-	28.3
7.3	345	262	122	289.2B	327.8B	160.3
4.11.32	721	210	-	647.4C	169.8C	-
3.4.27	421	-	-	375.0B	-	-
2.2.22	321	100	0	194.6B	72.3A	0
4.2.28	296	-	-	247.8B	-	-
1.8.10	285	425	3	217.8B	306.5E	2.8
2.2.15	418	125	24	390.0B	154.2A	18.0
107	257	165	-	177.9B	126.0A	-
2.1.9	294	-	-	252.2B	-	-
74	287	60	30	242.6B	70.4A	30.8
501	79	44	0	60.3A	46.9A	0
3.32.5	358	-	-	269.3B	-	-
4.8	270	120	2	205.6B	121.4A	1.9
5.3.14	237	76	0	174.9B	43.6A	0
AT-1487	335	64	0	289.6B	55.5A	0
1.2.4	240	-	29	201.2B	-	22.9
4.13.1	545	-	-	483.5E	-	-
4.18.1	241	-	-	163.4B	-	-
4.2.26	210	-	-	171.4B	-	-
5.3	501	-	-	316.1B	-	-
Mirov	560	195	29	379.0B	188.4C	22.5
2.3.8	651	84	8	458.7D	79.3A	7.0
16.2	383	237	12	312.1B	226.1D	10.6
1.4.13	565	227	108	344.6B	159.0C	60.7
4.11.33	-	105	61	-	142.4A	67.1
3.34.6	-	27	6	-	21.8A	6.3
4.15.63	-	443	44	-	468.2F	31.9
3.10.10	-	120	8	-	99.1A	5.9
153	-		99	-	-	91.7
4.14.2	-	-	13	-	-	14.3

LC: Las Cardas; QC: Quebrada de Camarones; VF: Villa Frontera
Letras iguales indican grupos de clones sin diferencia significativa

Preparación de terreno: en suelos arables, será suficiente una aradura y rastraje, para luego establecer las plantas en hoyos de 30 x 30 x 30 cm. con riego adecuado al momento de la plantación. En suelos no arables, como pueden ser los de la I Región u otros de Aptitud Preferentemente Forestal se pude recurrir a una hoyadura directa con dimensiones de 40 x 40 x 40 cm., colocando la mejor tierra superficial al fondo. En sectores muy arenosos y salinos es conveniente mejorar el suelo en el lugar puntual de plantación, agregando tierra con guano en iguales proporciones.

INFOR

Control de malezas: podrá realizarse en forma manual, mecanizada o con productos químicos. Los productos heroicidad más recomendables son el Glifosato (sistémico) y Paraquat (de contacto), dependiendo de la cantidad y tipo de malezas perennes. Deben aplicarse protegiendo las plantas de jojoba.

Fertilización: dependerá de las condiciones de suelo del sector, y es recomendable realizar un análisis de suelo para verificar la disponibilidad de nutrientes. Como fertilización básica al momento de la plantación se puede recomendar superfosfato triple en dosis de 75-100 g/pl y sulfato de potasio en dosis de 50 g/pl. Posteriormente, aplicaciones de urea en dosis de 25-50 g/pl pueden ser cada tres o cuatro meses, según condiciones del suelo, ya que la jojoba responde muy bien a la fertilización nitrogenada.

Riego: como la jojoba es una especie recomendada para zonas con escasez hídrica, el sistema de riego más eficiente para evitar pérdidas innecesarias de agua es el riego por goteo. La recomendación de tasas de riego dependerá en gran medida de las condiciones agroclimáticas del sector de plantación. Sin embargo, diferentes autores mencionan tasas de riego aproximadas de 3.450 a 4.600 m^3/há al año desde el 4° año de desarrollo. Excesos de agua pueden ser muy perjudiciales, especialmente en plantas jóvenes, por lo que en los primeros tres años no debiera excederse de 725 a 2400 m^3/ha (Benzioni, 1995, com.peronal).

Selección y proporción de plantas masculinas: debido a las diferencias genotípicas con respecto a la época de floración, tanto de plantas femeninas como masculinas, es necesario asegurar un suministro adecuado de polen en el momento de apertura de las flores (estado F3 con estigma visible). Para ello, lo más recomendable es contar con clones masculinos de muy larga floración, que abarquen un amplio período de tiempo liberando polen, y plantarlos en una proporción de 5% más una hilera enfrentando los vientos predominantes. Otra recomendación (Benzioni, 1995, com personal) es plantar 1 hilera de plantas macho cada 15 hileras de plantas hembra, y terminar con una de machos enfrentando el viento.

Rentabilidad de una hectárea de jojoba con clones seleccionados.

El estudio económico realizado para la especie (Cuadro N°5), considerando una plantación de 1 hectárea con alta densidad (5.000 pl/ha iniciales), con riego por goteo, demuestra que el cultivo tiene una Tasa Interna de Retorno de 25% y saldos positivos de caja al tercer año de plantación. Al año 20 el flujo neto acumulado asciende a US$ 89.691.

INFOR

Cuadro N°5: Plantación de Jojoba en alta densidad (Valorada en pesos Mayo 1996 y US$ 1 = $400.-)

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8 y sigtes.
INVERSIONES									
Plantas (5.000)	2.000.000								
Cierros	160.000								
Riego goteo	1.200.000								
TOTAL	3.360.000								
COSTOS									
Mano de obra	490.580	76.800	67.200	211.200	619.200	451.200	595.200	451.200	403.200
Maquinaria	64.203	27.438	27.438	192.066	301.818	301.818	370.413	301.818	301.818
Insumos (fertilizantes)	201.860	201.860	201.860	201.860	100.930	100.930	50.598	50.598	50.598
(herbicidas)	13.690	22.519	22.519	22.519	22.519	22.519	22.519	22.519	22.519
SUB TOTAL	**4.130.333**	**328.617**	**319.017**	**627.645**	**1.044.467**	**876.467**	**1.038.730**	**826.135**	**778.135**
Imprevistos 5%	206.517	16.431	15.951	31.382	52.223	43.823	51.937	41.307	38.907
TOTAL COSTOS	4.336.850	345.048	334.968	659.027	1.096.690	920.290	1.090.667	867.442	817.042
Costo financiero	260.211	20.703	20.098	39.542	65.801	55.217	65.440	52.047	49.023
COSTOS TOTALES	4.597.061	365.751	355.066	698.569	1.162.492	975.508	1.156.106	919.488	866.064
COSTOS TOTALES US $	11.493	914	888	1.746	2.906	2.439	2.890	2.299	2.165
PRODUCCIÓN KGS.				2.000	4.000	4.000	5.000	3.125	4.375
INGRESOS US $				4.000	8.000	8.000	10.000	6.250	8.750
FLUJO NETO	**-11.493**	**-914**	**-888**	**2.254**	**5.094**	**5.561**	**7.110**	**3.951**	**6.585**
FLUJO NETO ACUM US $	**-11.493**	**-12.407**	**-13.295**	**-11.041**	**-5.947**	**-386**	**6.724**	**10.675**	**17.260**
Flujo neto acumulado Año 20	US$ 89.691	TIR	25%						

BIBLIOGRAFÍA

AYERZA, R., (1990), **La jojoba: Ecología, manejo y utilización**,Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires, 262 págs.

BENZIONI, A., (1995), "Jojoba domestication and commercialization in Israel", Hort. Review., N°17, pp. 233-266.

BENZIONI, A. and NERD, A., (1985), "Effect of irrigation and fertilization on vegetative growth and yield of jojoba in relation to water status of plants", Publ. Applied Research, Institute Ben-Gurion, Univ. of the Negev, N°44, pp.1-18.

BENZIONI, A. and DUNSTONE, R.L., (1986.) "Jojoba: adaptation to environmental stress and the implications for domestication", The Quarterly Rev. of Biol, N° 61(2), pp.177-199.

BENZIONI, A., NERD, A, ROSENGARTNER, Y. and MILLS, D., (1992), "Effect of NaCl salinity on growth and development of jojoba clones: I Young plants", J. Plant Physiol, N° 139, pp.731-736.

INFOR

BENZIONI, A., VENTURA, M. and DE-MALEACH, J., (1996), "Long term effect of irrigation with saline water on the development and productivity of jojoba clones", Proc. IX Int.Conference on Jojoba and its Uses, L.Princen and C.Rossi, eds., AAIC. Catamarca, Argentina, pp.4-8.

BOTTI, C., DOUSSOULIN, E., ESCOBAR, H., ZUNINO, C., (1989), "Estudio de reproducción vegetativa en jojoba Simm.ondsia chinensis (Link) Schneider", FAO: DP/CHI/83/017, Doc.de Trabajo ,N°23, 103 págs.

BOTTI, C., DOUSSOULIN, E., LÓPEZ, X., CRUZ, P. and CÁNAVES, L., (1996), "Selection and evaluation of clonal jojoba germplasm: I. Young plants", Proc. IX Int. Conference on Jojoba and its Uses, L.Princen and C.Rossi, eds, AAIC. Catamarca, Argentina, pp.65-70.

BURDEN, J.D., (1970), "Ecology of Simm.ondsia chinensis (Link) Schneider at its lower elevation limits" Tempe, Arizona State University , (MS Thesis), 71 págs.

COATES, W., (1990), "Jojoba harvesting systems", Proc. 8 th Int. Conference on Jojoba and its Uses, Asunción, Paraguay. June 17-22, pp.417-423.

COATES, W. and LORENZEN, B., (1990), "Equipment for ground harvesting jojoba seed", Appl. Engin. in Ag, N° 6(2): pp. 125-130.

DAVIDSON, A.L., (1996), "Critical factors in the design of jojoba plantations: how many plants?, how much water?", Proc. IX Int. Conference on Jojoba and its Uses , L.Princen and C.Rossi, eds., AAIC. Catamarca, Argentina, pp.40-43.

FELDMAN, W.R., PALZKILL, D.A. and HOGAN, L., (1987), "Mineral nutrition of jojoba cuttings during mist propagation; effect of rooting and growth"., Appl. Res., N°2(5), pp. 345-349.

FORTI, M. and ELHARAR, G., (1990), "Performances of selected jojoba clones under field conditions in Israel", Proc. 8th Int. Conference on Jojoba and its Uses, Asunción, Paraguay., June 17-22.

GENTRY, H.S., (1958), "The natural history of jojoba (Simm.ondsia chinensis) and its cultural aspects", Econ. Botany, N°12(3), pp.261- 295.

GREENE, R.A. and FOSTER, E., (1933), "The liquid wax of seeds of Simm.ondsia californica", Bot. Gaz. N° 94(4), pp. 826-828.

LÓPEZ, C.E., (1987), "La jojoba: un cultivo de alternativa para regiones semi-áridas", El Campesino, N° 112(1), pp. 37-47.

MILLS, D. and BENZIONI, A., (1992), " The effect of NaCl salinity on growth and development of jojoba clones: nodal segments grown *in vitro*.", J. Plant Physiol, N°139, pp.733-741.

NELSON, J.M. and PALZKILL, D.A., (1991), "Water stress for preventing jojoba yield loss due to frost damage", Jojoba Happenings, N°19:1, pp.6-8.

PALZKILL, D.A., (1987), "Review of some naturally occurring variability in jojoba and its use in cultivar development", Proc. 3rd Int. Conference on Jojoba and its Uses, Asunción, Paraguay, septiembre de 1987.

PALZKILL, D.A., (1988), "Propagation of jojoba by stem cuttings", Proc. 7th Int. Conference on Jojoba and its Uses, A.R.Baldwin, de., Amer. Oil. Chem. Soc., Champaign, Illinois, pp.86-101.

RASOOLZADEGAN, Y., HOGAN, L. and PALZKILL, D.A., (1980), "Response of jojoba to five levels of salinity", Proc. 4th Int. Conference of Jojoba and its Uses , M.Puebla, ed., Hermosillo, Sonora, México, pp.113-120.

INFOR

RUSKIN, F.R., (1985), "Jojoba: new crop for arid lands, new raw material for industry", National Academy Press, Washington D.C., 101 págs.
WISNIAK, J., (1988), " Jojoba oil. The chemistry and technology of jojoba oil", Proc. 7th Int. Conference on Jojoba and its Uses , A.R. Baldwin, de., Amer. Oil. Chem. Soc., Champaign, Illinois, pp.1-73.

INFOR

ENSAYO Y EVALUACIÓN DE TÉCNICAS DE REPOBLACIÓN CON PINO CARRASCO (*Pinus halepensis* Mill.) EN AMBIENTES MEDITERRÁNEOS SEMIÁRIDOS

Víctor M. Castillo Sánchez [1]

INTRODUCCIÓN

El área mediterránea española se caracteriza por unas condiciones climáticas: irregularidad y torrencialidad de las precipitaciones, fuerte demanda evaporativa, prolongados períodos de déficit hídrico, etc., que producen una especial fragilidad y vulnerabilidad de sus ecosistemas ante las actuaciones humanas . En grandes extensiones de esta área el mal uso de los recursos naturales ha desencadenado distintos procesos de degradación del suelo que provocan una pérdida casi absoluta de su productividad.

Del conjunto de procesos que producen la degradación del suelo, son los fenómenos de erosión hídrica los que tienen un papel más destacado en la degradación de los suelos mediterráneos. Roto el frágil equilibrio existente entre la cubierta vegetal y el suelo que la sustenta, las condiciones para el mantenimiento y regeneración del primitivo tapiz vegetal son muy precarias. Se entra así en un proceso de retroalimentación que acelera la degradación: la pérdida de cubierta vegetal reduce la incorporación de materia orgánica y nutrientes al suelo, aumentando su vulnerabilidad frente a los agentes erosivos, y dificultando las posibilidades de regeneración y recuperación.

Una de las prácticas más naturales, eficiente y aceptada para la regeneración de zonas degradadas es la revegetación. La influencia de la cubierta vegetal en la protección del suelo frente a la erosión hídrica está ampliamente demostrada y aceptada (Langbein y Schumm., 1958; Elwell y Stocking, 1976). A partir de esta relación se ha formado, en la práctica, una opinión que indica a las cubiertas de tipo arbóreo como las más eficaces para la protección del suelo y promueve la repoblación forestal con especies arbóreas como la medida más recomendable y utilizada dentro de los programas de lucha contra la erosión .

En España, la revegetación en áreas con fuerte estrés ambiental se ha abordado, de forma tradicional, con la siguiente metodología: 1/ eliminación de la vegetación existente, para evitar la competencia por el agua y nutrientes; 2/ preparación del suelo mediante métodos mecánicos para reducir las escorrentías y aumentar la infiltración, y 3/ selección de especies frugales, fundamentalmente coníferas (García Salmerón, 1990). Este planteamiento resulta insuficiente en gran parte del área mediterránea española. En estos ambientes la degradación del suelo, tanto de sus propiedades físicas e hidrológicas como de sus niveles de fertilidad y productividad biológica, impide el establecimiento y desarrollo de una

[1] Departamento de Conservación de Suelos y Agua, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. CSIC Apdo. 4195. 30080 MURCIA (España).

INFOR

cubierta vegetal arbórea. Asimismo, la planta introducida, a pesar de pertenecer a una especie frugal, no puede resistir las condiciones de déficit hídrico a las que se ve sometida en los primeros años de la plantación.

La presente ponencia presenta los resultados de un proyecto de investigación sobre el ensayo y evaluación de nuevos métodos de repoblación forestal con pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) en zonas mediterráneas semiáridas del sureste de España .Los métodos consisten en combinar técnicas de mejora de la calidad y la productividad del suelo, mediante labores de preparación del suelo y aplicación de enmiendas orgánicas, con tratamientos de las plántulas con objeto de aumentar su resistencia al estrés hídrico.

ÁREA DE ESTUDIO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

El área donde se realizó el proyecto se encuentra localizada en la finca El Aguilucho (UTM: 30S XG5395) en el piedemonte de la Sierra de Carrasco y en la provincia de Murcia (sureste de España). La altitud media es de 180 m s.n.m.. El clima es mediterráneo semiárido, con veranos extremadamente secos y cálidos. La precipitación media anual es de 300 mm., gran parte de ellos registrados en primavera y otoño. La temperatura media anual es de 18 ° C y la evapotranspiración potencial alcanza los 900- 1000 mm. /año. Los suelos predominantes, desarrollados a partir de coluvios carbonatados, se clasificaron como *Xerollic Calciorthid*, y presentan una textura franco-arenosa. La geomorfología de la zona se caracteriza por la presencia de grandes abanicos aluviales, incididos por barrancos y ramblas que desaguan las escorrentías de las laderas de la sierra. El área se ubica en el piso bioclimático termomediterráneo superior y la vegetación actual es un matorral xerófilo de labiadas con rodales dispersos de pino carrasco provenientes de antiguas repoblaciones.

El diseño experimental se ajustó a un modelo multifactorial 2 x 2 x 3 considerando los siguientes factores: método de preparación del suelo, enmienda orgánica y micorrización de las plántulas. El método de preparación del suelo: aterrazado mecánico o aterrazado manual con hoyos, se consideró como el factor principal. El factor enmienda orgánica con dos niveles: adición de residuo sólido urbano (RSU) y control, se aplicó a cada una de la subparcelas. Por último, el factor micorrización tenía tres niveles: control, inoculación con *Pisolithus arizhus* adición de suelo forestal. (Tabla N°1).

En el verano de 1992 se instalaron dos parcelas experimentales de 1200 m^2 en una ladera de orientación Este, con una pendiente del 25%. Una de las parcelas fue aterrazada mecánicamente y posteriormente se realizó un subsolado sobre la línea de plantación para romper la costra caliza. La preparación del suelo en la parcela restante se realizó mediante una faja manual (0.5 m de anchura por 60 m de longitud) con ahoyado manual de 0.4 x 0.4 x 0.4 m.

INFOR

Tabla N°1: Diseño experimental

FACTORES		
Preparación del suelo	Enmienda orgánica	Micorrización
Aterrazado mecánico con subsolador	Adición de residuo sólido urbano (RSU)	Inoculación en vivero con *Pisolithus arhizus* Adición de suelo forestal Control
Aterrazado manual con ahoyado	No adición	

Cada parcela se subdividió en dos sub parcelas y un residuo urbano se aplicó a una de las sub parcelas. El residuo urbano fue un material sólido, fresco, no compostado, madurado durante 15 días en la Planta Municipal de Tratamiento de la ciudad de Murcia. Sus características analíticas más relevantes se presentan en la Tabla N°2. El residuo fue aplicado una vez al principio de la experiencia, octubre de 1992. La dosis empleada fue de 10 $kg.m^{-2}$. En las terrazas mecánicas el residuo fue incorporado en los primeros 30 cm del suelo utilizando un rotovator. En las terrazas manuales el residuo se incorporó solo en los hoyos de plantación.

Tabla N°2: Características analíticas del residuo sólido urbano utilizado en la experiencia.

Cenizas (%)	40.6
pH (1:10 extracto acuoso)	6.8
Conductividad (1:10; mS $cm.^{-1}$)	4.4
C orgánico (%)	25.3
N Total (%)	1.19
P Total (%)	0.55
C extraible (%)	4.81
C ácidos fúlvicos (%)	3.17
C ácidos húmicos (%)	1.64
Carbohidratos (%)	4.95

Las plántulas de pino carrasco empleadas fueron de una savia, procedentes del vivero forestal de El Valle sin ninguna fertilización previa. Una tercera parte de las plántulas fueron inoculadas en vivero con basidiosporas de *Pisolithus arhizus*. A otra tercera parte de las plántulas se añadió, en el momento de la plantación, 150 mm de suelo forestal procedente de los rodales cercanos de pino carrasco, y recogido 3 horas antes de la plantación. Las restantes plantas no fueron sometidas a ningún tratamiento de

INFOR

micorrización. La plantación se realizó en noviembre de 1992, con una densidad de 1800 pinos/ha.

RESULTADOS

Propiedades fisico-químicas del suelo

La aplicación del residuo (RSU) produjo un incremento significativo ($p<0.05$) en los niveles de fertilidad del suelo (Tabla N°3). Este efecto fue mayor en las parcelas aterrazadas mecánicamente que en las manuales. La adición del residuo provoca también un aumento en la conductividad eléctrica de hasta un 100% en la parcela aterrazada. Este incremento en la conductividad podría afectar negativamente al desarrollo de las plantas. Sin embargo, estos efectos no se detectaron en experiencias anteriores (Albaladejo y col. 1994). Asimismo, se comprobó que la salinidad en la rizósfera disminuye rápidamente después de los primeros aguaceros tras la aplicación del residuo (Guidi y col. 1983).

Tabla N°3. Cambios en las propiedades fisico-químicas del suelo después del aterrazado mecánico (T_1), el aterrazado manual (T_2) y la adición de residuo sólido urbano (R). Cada valor es la media de 20 mediciones.

	T_1	T_1R	T_2	T_2R
P asimilable (mg g^{-1})	0.015a*	0.111c	0.017a	0.042b
N total (mg g^{-1})	0.50a	1.46c	0.77b	1.27c
C orgánico (mg g^{-1})	6.5a	14.6c	10.1b	11.0b
K de cambio (cm.ol kg..$^{-1}$)	1.73a	6.83c	1.32a	2.06ab
Conductividad eléctrica (dS m^{-1})	2.32a	4.72b	1.68a	1.96a
Carbohidratos (% glucosa)	0.130a	0.388c	0.255b	0.303bc
Resistencia a la penetración (N $cm.^{-2}$)	154.2a	182a	342.3b	356.5b
Sorptividad (cm. $min^{-1/2}$)	1.24b	6.50c	0.74a	1.50b

* Valores en la misma fila que tienen la misma letra no difieren significativamente ($p<0.05$) según el test de Duncan.

La combinación de la enmienda orgánica y el aterrazado mecánico mejora la capacidad de infiltración del suelo. Esta mejora, producida por la adición de materia orgánica al suelo, también se observa en las terrazas manuales pero es de menor cuantía que la observada en las terrazas mecánicas. Por otra parte, las terrazas manuales presentan una mayor resistencia del suelo a la penetración que la obtenida en las terrazas mecánicas, lo que evidencia la mayor compactación producida por este sistema de preparación del suelo.

La evolución de la humedad del suelo durante la experiencia indica que los valores medidos en la parcela aterrazada y con enmienda orgánica son claramente superiores ($p<0.01$) al de resto de parcelas (Figura 1).Los contenidos de humedad fueron un 28% mayores que los

INFOR

medidos en las terrazas manuales con adición de residuo, 23% más que los de las terrazas mecánicas sin adición de residuo y 52% más que los obtenidos en las terrazas manuales sin residuo. En los períodos secos estas diferencias se incrementaron hasta alcanzar un aumento del 37,85 y 106 % , respectivamente. En los últimos meses las diferencias entre tratamientos tendieron a disminuir debido, quizás, a la fuerte sequía registrada.

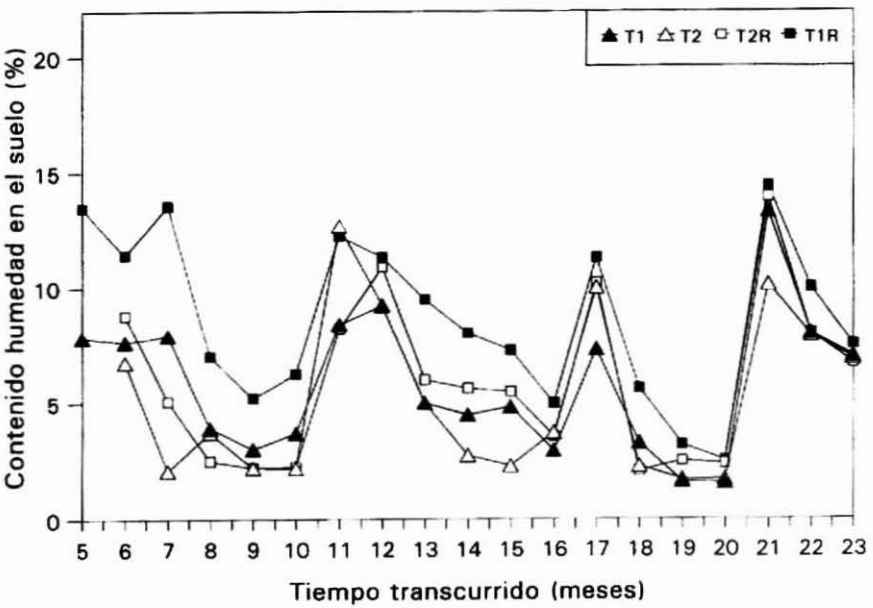

Figura N°1: Evolución de la Humedad del suelo.

Implantación y crecimiento de *Pinus halepensis*.

La adición de RSU mejora significativamente el crecimiento y la asimilación de nutrientes del pino carrasco (Tabla N°4). La mejora fue mayor en la parcela aterrazada mecánicamente, donde las plántulas con enmienda orgánica produjeron entre un 398 y un 686% más de biomasa seca que las plántulas sin enmienda. En las terrazas manuales el incremento producido por la adición de RSU fue de un 82-205%.

INFOR

Tabla N°4: Crecimiento y concentración de nutrientes en acículas de *Pinus halepensis* después de un año de la plantación.

	Altura (mm.)	Diametro basal. (mm.)	Biomasa aérea fresca (g f.w.)	Biomasa aérea seca (g d.w.)	Raíces (g d.w.)	N (mg g^{-1})	P (mg $kg..^{-1}$)	K (mg $kg..^{-1}$)
T_1M	236ef*	6.3ef	28.2d	10.5fg	2.8d	20.9abc	1200cd	6000bc
T_1C	206f	4.9f	13.4d	5.1g	2.1d	15.6d	797e	5000cd
T_1S	232ef	6.2ef	27.1d	10.6fg	3.7d	16.9cd	700e	5500cd
T_1RM	516a	12.8a	233.7a	82.6a	15.1a	22.9ab	1617ab	7500ab
T_1RC	316de	8.8cd	69.3c	25.4cd	7.6c	23.9a	1777a	8500a
T_1RS	425b	10.8b	148.1b	65.7b	12.2b	20.5abc	1570abc	7000b
T_2M	295de	6.4ef	34.2d	14.5ef	3.6d	16.7cd	1175d	5000cd
T_2C	198f	5.1f	15.7d	6.3g	3.3d	19.3bcd	1464abcd	5500cd
T_2S	230ef	5.6ef	19.7d	8.2fg	2.3d	15.7d	890de	5000d
T_2RM	411bc	9.4bc	72.4c	32.2c	4.7d	18.2cd	1553abc	7000b
T_2RC	338cd	7.2e	42.3cd	19.2de	3.5d	15.4d	1289bc	6500bc
T_2RS	309de	7.3de	36.4d	14.9ef	3.5d	16.6cd	1608ab	6500bc

* Valores en la misma columna compartiendo una o más letras no difieren significativamente ($p<0.05$) según el test de Turkey.
T_1, terrazas mecánicas; T_2, terrazas manuales; R, adición de residuo; M, inoculación con *P. arhizus*; S, inoculación con suelo forestal; C, no inoculados.

Los inoculación de *P.arhizus* mejora el crecimiento y la absorción de nutrientes respecto a las plántulas control, no micorrizadas intencionadamente, en las parcelas donde se realizó la enmienda orgánica independientemente del método de preparación del suelo. La adición de suelo forestal también mejora el crecimiento de las plántulas en las terrazas mecánicas, aunque en menor grado. En las parcelas sin adición de RSU, la plantas inoculadas con *P. arhizus* produjeron más del doble de biomasa seca que las plantas control, pero esta mejora no es estadísticamente significativa. También se observó un incremento en el crecimiento de las plántulas donde se había añadido suelo forestal.

Las diferencias en biomasa (peso seco) observadas entre tratamientos son muy similares a las observadas en la altura y diámetro basal de las plantas. La evolución de estos dos parámetros de crecimiento (Figura N°2) muestra que el efecto de los tratamientos se incrementa con el paso del tiempo.

Con respecto a la tasas de supervivencia, destaca que transcurridos 12 meses desde la plantación la supervivencia fue muy similar en todos los tratamientos (95-100 %, Tabla N°5). A partir de los 21 meses de plantación, y después de una fuerte sequía, los pinos plantados sobre terrazas manuales tienen una mayor mortalidad que los plantados en las terrazas mecánicas.

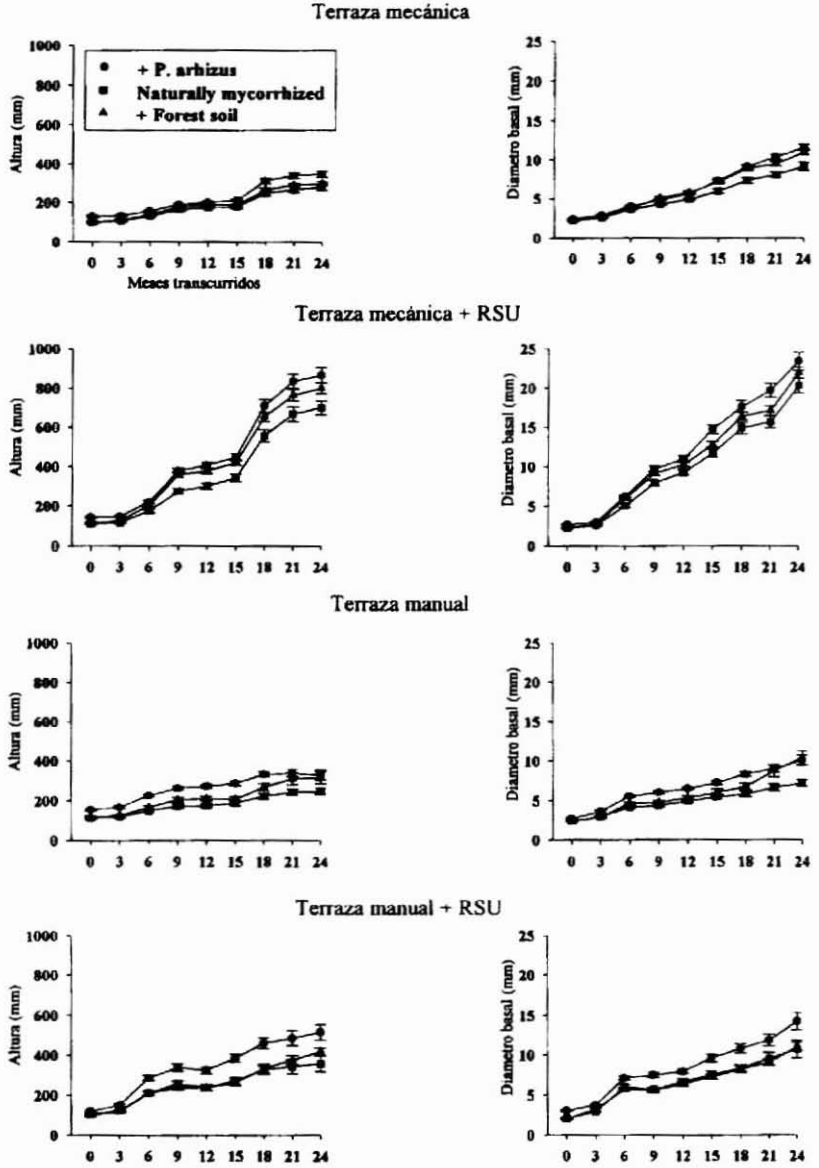

Figura N° 2 : Comportamiento de altura y diámetro basal de las plantas según método de preparación de suelo.

INFOR

Tabla Nº 5: Supervivencia de las plántulas de pino carrasco. T_1, terraza mecánica; T_2, terraza manual; R, adición de residuo; M, inoculación con *P. arhizus*; S, inoculación con suelo forestal;C, no inoculadas.

Tiempo transcurrido desde la plantación (meses)

	3	6	9	12	15	18	21	24
T_1M	100	100	100	100	100	100	100	100
T_1C	100	97	97	97	97	97	97	97
T_1S	100	100	100	100	100	100	100	100
T_1RM	100	100	98	98	98	98	98	98
T_1RC	100	100	100	100	98	98	98	98
T_1RS	100	98	98	98	98	98	98	98
T_2M	100	100	100	100	100	100	72	72
T_2C	100	100	100	100	100	100	83	83
T_2S	100	100	100	100	100	100	61	61
T_2RM	100	95	95	95	95	95	69	69
T_2RC	100	100	100	100	100	100	69	69
T_2RS	100	95	95	95	95	90	63	58

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados de la experiencia muestran la existencia de diferencias en la implantación y crecimiento del pino carrasco en un ambiente semiárido según sea el método de repoblación empleado.

La aplicación de una enmienda orgánica mejora los crecimientos de los pinos, independientemente del método de preparación del suelo y de su estado de micorrización. Experiencias anteriores han demostrado la mejora en las propiedades físicas (Díaz y col.,1994); microbiológicas (Lynch y Bragg, 1983) y en la fertilidad (Albaladejo y col.,1994) de los suelos después de la aplicación de enmiendas orgánicas. El incremento de los contenidos de fósforo y nitrógeno es especialmente interesante en suelos degradados, donde las concentraciones de estos nutrientes están próximas a los límites inferiores para el mantenimiento de una cubierta vegetal. Este aumento en la fertilidad del suelo explica, en parte, el mejor desarrollo de los pinos de las parcelas en las que se incorporó RSU. Sin embargo, las concentración de nutrientes medidas en los pinos de las parcelas no enmendadas, superan los valores observados en bosques maduros de pino carrasco.

En ambientes semiáridos, el agua es el principal factor limitante para el desarrollo de la vegetación. La adición de RSU al suelo aumenta su porosidad y capacidad de infiltración, mejora la estructura e incrementa la capacidad de retención de agua. En consecuencia, la disponibilidad de agua en el suelo para las plantas es mayor y se favorece la implantación y crecimiento. Este efecto sobre la disponibilidad de agua es más acusado en las terrazas

INFOR

mecánicas donde las labores de preparación del suelo provocan la interrupción de los flujos de escorrentía de la ladera y favorecen su infiltración.

El efecto beneficioso de la micorrización de las plántulas de pino carrasco en el desarrollo de la repoblación queda claramente demostrado. En nuestro caso, la inoculación con *P. arhizus* favoreció el desarrollo de raíces laterales en las plántulas y su infección por otros hongos simbióticos (*Suillus*) que en algunos casos desplazaron totalmente a los micelios de *P. arhizus*. Este efecto fue mucho mayor en la parcela aterrazada de forma mecánica donde las labores de preparación del suelo provocan la alteración del perfil edáfico, disminuyen su fertilidad y contenido de materia orgánica, y aumentan su aireación, creando un ambiente más favorable para la colonización de los hongos micorrízicos. Asimismo, en las parcelas donde no se ha realizado la enmienda orgánica, con menor fertilidad, el grado de micorrización fue mayor.

La micorrización mediante adición de suelo forestal también fue efectiva, aunque los incrementos en los crecimientos de los pinos fueron menores que los medidos en los inoculados en vivero.

La importancia de las micorrizas en el desarrollo de las coníferas ha sido demostrada en numerosos estudios. Las micorrizas favorecen la absorción de nutrientes, principalmente fósforo y nitrógeno; estimulan el crecimiento radicular y la producción de sustancias, hormonas, que aceleran el crecimiento. Los resultados obtenidos muestran una mayor absorción de nutrientes en los pinos micorrizados que en los pinos control. Sin embargo, como en el caso de la influencia de la enmienda orgánica, creemos que el mayor efecto de la micorrización sobre el desarrollo de las plántulas en un ambiente semiárido es el aumento de su tolerancia al estrés hídrico. La micorriza aumenta el volumen de extracción de agua del suelo, disponible para la planta, y mejora la capacidad de absorción de agua retenida a bajos potenciales hídricos.

La combinación de los métodos de preparación del suelo, de mejora de calidad del suelo mediante una enmienda orgánica y la micorrización de las plantas mejora los resultados de las repoblaciones de pino carrasco en las condiciones experimentales ensayadas. Esta metodología está en la actualidad aplicándose por el Servicio de Montes de la Comunidad de Murcia para la repoblación de un área de 18 ha. , con objeto de evaluar su viabilidad técnica y económica en los programas de reforestación de esta Comunidad.

REFERENCIAS

ALBALADEJO, J., STOCKING, M.A., DÍAZ, E., and CASTILLO,V., (1994) "Land rehabilitation by urban refuse amendments in a semiarid environment: effect on soil chemical properties", Soil Technol, N°7, pp.249-260.

DÍAZ, E., ROLDÁN, A., LAX, A. and ALBALADEJO, J., (1994), "Formation of stable aggregates in degraded soil by amendment with urban refuse and peat", Geoderma, N°63, pp.277-288.

INFOR

ELWELL, C.F. and STOCKING, M.A., (1976), "Vegetal cover to estimate soil erosion hazard in Rhodesia", Geoderma, N°15, pp.61-70.
GARCÍA SALMERÓN, J., (1990), "La repoblación forestal: técnicas y repercusión en la mejora de la calidad del suelo" en M. Stocking y E. Díaz, (Editores), **Soil degradation and rehabilitation in Mediterranean environmental conditions. J. Albaladejo**, CSIC. Murcia, pp.117-137.
GUIDI,G., PAGLIANI, M. and GIACHETTI, M., (1983), "Modifications of some physical and chemical soil properties following sludge and compost applications" en C. Catraux, P.L'Hermite and E. Suess (Editores), **The influence of sewage sludge applications on physical and biological properties of soils**, D Reidel, Dordrecht, The Netherlands, pp.122-133.
LANGBEIN,W.F.and SCHUMM., S.A., (1958), "Yield of sediment in relation to mean annual precipitation", Trans. Amer. Geophys. Union, N°39, pp.1076-1084.
LYNCH, J.M. and BRAGG, E., (1985), "Microorganisms and soil aggregate stability", Adv. Soil Sci, N°2, pp.133-171.

INFOR

LA NIEBLA: AGUA PARA REGENERACIÓN DE ECOSISTEMAS DESÉRTICOS [1]

P. Cereceda [2], R.S.Schemenauer [3], P. Osses[2] y L. Villegas [4]

INTRODUCCIÓN

La Unión Europea, a través de su Programa STD3 está financiando el proyecto "La niebla como nuevo recurso para el desarrollo sustentable de los ecosistemas del desierto costero peruano y chileno". Dicho estudio tiene una duración de cuatro años y se inició en enero de 1995.

Su objetivo es realizar un plan básico para el uso sustentable de los recursos naturales del desierto costero sudamericano mediante el uso de la niebla como única fuente de agua. El plan se basa en la verificación experimental de los siguientes supuestos: la efectividad de la colección de agua de niebla en forma artificial para restaurar la vegetación, la habilidad de las plantas para sustentarse a si misma mediante su propia colección de agua de niebla, y la posibilidad de realizar una agricultura de subsistencia con el superávit de agua captada.

Lidera el proyecto el Dr. Semenzato de la Universidad de Padua y participan además, las universidades de Florencia de Italia, Tolosa de Francia, San Agustín de Arequipa y la Pontificia Universidad Católica de Chile. El Ministerio del Medio Ambiente de Canadá colabora en el estudio de niebla.

Se desarrolla el estudio en la costa de Arequipa, Perú. Las etapas principales se refieren a la evaluación del potencial de la niebla, la implementación de un sistema moderno de riego y su correspondiente estanque de acumulación, el estudio fitogeográfico y ecológico de la vegetación de lomas, la plantación de 2 hectáreas con especies nativas e introducidas, el seguimiento del crecimiento de los árboles y arbustos y una pequeña experimentación agrícola.

En esta oportunidad se analizará la metodología empleada para evaluar el recurso niebla y el establecimiento del sitio de experimentación. Se entregarán algunos resultados sobre el potencial de captación de agua en la zona estudiada.

---

1 Proyecto Unión Europea Programa STD3 Contract TS3-CT94-0324

2 Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 306, Correo 22, Santiago de Chile.

3 Atmospheric Environment Service, Environment Canadá

4 Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.

INFOR

EL ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto se desarrolla en la costa de Arequipa, próximo a la localidad de Mejía al sur de la ciudad de Mollendo (17°00´00"S - 17°00´45"S y 71°59´50"W - 71°50´30"W). Corresponde a una zona costera montañosa con altitudes cercanas a los 1.000 m.s.n.m. Ecológicamente se denomina "zona de lomas" debido a que presenta un tipo de vegetación xerófita que, dependiendo de su emplazamiento geográfico, puede ser arbórea, arbustiva o herbácea. Esta vegetación se sustenta gracias a las frecuentes lloviznas invernales y a las constantes nieblas de advección.

Se trata de un complejo cordillerano costero con escaso desarrollo de planicie litoral al noroeste, y con amplias planicies fluviomarinas al sureste.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE NIEBLAS

El objetivo general de este subproyecto fue evaluar el potencial de captación de agua de niebla y entregar antecedentes para la selección de un sitio óptimo para la instalación de una Estación Experimental para forestación y regeneración del ecosistema.

Los objetivos específicos fueron los siguientes:
i) Conocer el comportamiento de la niebla en el sector de Mejía
ii) Medir la colección de agua de niebla en distintos sectores del área de estudio.
iii) Medir parámetros meteorológicos; dirección y velocidad de viento y temperatura en forma puntual en todos las estaciones de monitoreo, y dirección y viento con registrador continuo de datos en al menos dos estaciones.
iv) Medir las precipitaciones en distintos sectores del área de estudio y diferenciar lluvias, lloviznas y nieblas.

METODOLOGÍA GENERAL

La primera etapa consistió en conocer los requerimientos de la estación experimental, los que fueron establecidos principalmente por el equipo forestal.

Estos requerimientos fueron los siguientes: se necesitarían 700 m^3 de agua al año para el riego de la plantación, más una cantidad de agua adecuada para las necesidades de la casa de la administración y para experimentos agrícolas.

El área de la niebla debía presentar buena topografía para la plantación, suelos adecuados, y acceso conveniente tanto al área de atrapanieblas como al de la plantación. Debía contar con una superficie adecuada para la instalación de los atrapanieblas y un reservorio de agua, pendiente moderada para las actividades a desarrollar, vegetación de lomas o manifestaciones de dicha vegetación. El dominio de la propiedad era también una variable importante.

INFOR

En este proyecto no se pretendió encontrar el área de mayor potencial de captación de agua de niebla en la zona, sino que se hizo una evaluación de los cordones montañosos que presentaban aptitud para el experimento piloto y fueron los requisitos estipulados para la plantación de árboles los que primaron en la selección definitiva de los lugares a estudiar.

La segunda etapa consistió en la elección de sitios de muestreo los cuales fueron seleccionados de acuerdo a las variables geográficas que determinan el potencial de las nieblas para producir el agua. Estos son los siguientes: presencia de un cordón montañoso, altitud de las montañas, cercanía a la línea de la costa, orientación del cordón serrano, exposición de las laderas de las montañas, espacio para construir el conjunto extenso de atrapanieblas (20 colectores), la pendiente, la vegetación, y otras condicionantes menores.

Se estableció que las altitudes próximas a los 600 metros y hasta los 1000 m.s.n.m. eran adecuadas para la presencia de nieblas en las costas de Perú, similar a las condiciones chilenas. La dirección predominante de los vientos que traen las nieblas desde el mar es del sur; en los casos de presencia de valles, estos canalizan los vientos y definen su comportamiento local.

El núcleo de este proyecto se basó en una misión de terreno que duró un año en forma intensiva. En esta misión se construyeron, instalaron y monitorearon 12 neblinómetros, los que fueron colocados en las distintas estaciones de medición. En algunos sitios se instalaron, además, pluviómetros y anemómetros y se registraron en forma continua en una base horaria.

Se recorrió el área en forma diaria, se registraron parámetros de viento y temperatura en forma manual y la data extraída se procesó también en una base diaria, de modo de ir corrigiendo los posibles errores y fallas.

Se realizaron exhaustivos análisis en terreno de todos los factores geográficos que determinan la presencia y dinámica de la niebla, con el fin de detectar nuevos sitios que tuvieran mejores condiciones a los ya escogidos. Durante este ejercicio se encontraron los dos sectores de mayor potencial.

Desde mayo de 1995 se midió con neblinómetros SFC de 1 m^2 de malla Raschel 35% (Schemenauer y Cereceda, 1994). En cuatro estaciones se instalaron pluviómetros, veletas y anemómetros con registro continuo. Se visitó diariamente cada una de las 12 estaciones de monitoreo y se extrajo la información con data loggers Dachris.

INFOR

RESULTADOS

Los neblinómetros se ubicaron en cuatro serranías bien definidas:

- C° Mejía, en tres sectores entre 565 y 590 m.s.n.m., muy próximo a la línea de costa y con orientación al SW.
- C° Taro, en una transecta cada 100 m, desde los 400 hasta 800 m.s.n.m, enfrentando una amplia planicie litoral.
- C° Majuelo, dos lugares de medición a 760 y 825 m.s.n.m., más alejado del mar, pero con buena orientación a los vientos del sur.
- C° Cuchillas, a 700, 750 y 850 m.s.n.m., sectores también alejados del mar, pero con buena orientación y valle de penetración para los vientos que conducen la niebla.

Prácticamente se "barrió" la zona de estudio, a distintas altitudes, en diversas orientaciones y distancias a la línea de costa. Al cabo de 6 meses de medición, se desmantelaron los lugares que no presentaron buenas colecciones de agua, siendo éstos los de menor altitud. Sólo se dejó un SFC a los 590 m.s.n.m. en C° Mejía con fines de control para conocer la base de la nube. A continuación se entregan resultados de algunas estaciones de medición.

Tabla N°1 : Producción de agua en un año de medición. (Promedio de junio 1995 a junio 1996).

SFC sector	L m^{-2} $día^{-1}$
C° Mejía (590 m)	1,30
C° Majuelo 2 (760 m)	3,47
C° Majuelo 1 (825 m)	4,09
C° Cuchillas (850)	5,62

Si bien los datos registrados corresponden a un año de medición y por lo tanto no se puede ser categórico en las conclusiones, si se pueden hacer algunas observaciones.

De esta tabla se desprende que la niebla en el año de medición se presentó con mayor frecuencia a altitudes superiores, lo que permite pensar que en el área de estudio, el mayor potencial se encuentra sobre los 800 m.s.n.m., y que la altitud es una variable dominante en la presencia de niebla. Esto es importante, ya que en la zona sur de Perú no se había determinado la presencia de niebla según ese parámetro, y para la latitud próxima a Lima, se había establecido un rango entre los 450 y 700 m.s.n.m., como zonas potencialmente adecuadas (Cereceda *et al.*, 1993). Aquí, al menos en el período estudiado, se definió una altitud muy superior, quizás similar a lo encontrado en Antofagasta, Chile.

INFOR

Tabla N° 2: Captación promedio por mes en cuatro estaciones de medición

MES	MEJÍA	MAJ. 1	MAJ. 2	CUCHILLAS
Junio 1995	0.13	0.30	0.7	1.04
julio	0.89	6.17	4.29	7.59
agosto	1.05	9.57	6.20	11.01
septiembre	11.81	18.15	20.86	28.15
octubre	1.49	8.64	5.39	11.4
noviembre	0.01	1.23	0.48	1.95
diciembre	3.54	1.42	0.76	2.08
enero 1996	0.08	2.02	1.02	2.48
febrero	0.00	0.49	0.26	0.85
marzo	0.00	0.23	0.05	0.42
abril	0.10	1.09	0.58	1.32
mayo	0.15	0.84	0.31	1.31
junio	1.29	5.38	5.72	7.6

Se visualiza claramente una estacionalidad en la presencia de niebla en la zona de estudio. Los meses más favorables en 1995 fueron los de julio, agosto, septiembre y octubre. En 1996, la estación de nieblas comenzó en junio con una captación similar o superior a la que hubo en julio de 1995. Pero cabe destacar que, salvo en Mejía, en la zona analizada, todos los meses presentan niebla y las captaciones no son despreciables en verano; por ejemplo el mes de enero en Cuchillas fue bueno.

Los resultados permitieron en enero de 1996 elegir el área de Cuchillas para establecer la estación experimental, allí se ubicó un sector de topografía y suelos adecuados para la implementación de la parcela forestal y se calculó una colección de agua promedio de 5.4 L m^{-2} $día^{-1}$ en el período de medición. Al cabo de un año de mediciones, entre mayo de 1995 y abril de 1996, el promedio encontrado en dicho lugar es de 5.6 L m^{-2} $día^{-1}$. Este es el mejor de los sectores monitoreados, y allí se construyeron 20 atrapanieblas de 48 m^2.

Si se repitiese un año con una frecuencia y densidad de niebla similar a la del período monitoreado, con la información recabada, se podría esperar una colección de agua en un metro cuadrado de malla instalada en dicho sector que va desde 42 litros en el mes más deficitario, hasta 840 litros en el mejor. Con el máximo de septiembre, se podría extraer con un solo atrapanieblas hasta 1.300 litros de agua de neblina, y con un set de 20 atrapanieblas con casi 1.000 m^2, se obtendría más de 25.000 litros en un día, lo que de mantenerse dicho promedio podría sobrepasar una producción de 800.000 litros de agua en el mes, cumpliéndose así la meta para el riego de las dos hectáreas forestadas. Es importante reiterar que estas cifras corresponden al mes de septiembre, que fue el que mayor captación de agua de niebla arrojó, y por lo tanto, se debe tener en cuenta que en el mes más desafortunado, no llegaría a los 600 litros diarios producidos por el set de 20 atrapanieblas, bordeando en ese mes los 17.000 litros de agua colectada. Si los atrapanieblas hubiesen estado construidos en el lugar analizado,

INFOR

habrían producido entre junio de 1995 y junio de 1996 alrededor de 2.000 metros cúbicos de agua de neblina.

En la actualidad, los 20 atrapanieblas están en funcionamiento, se hizo el sistema de conducción hacia la Estación Experimental, y un estanque de 400 m^3 está lleno a su plena capacidad, utilizándose su agua para el riego por goteo de las parcelas de forestación.

BIBLIOGRAFÍA

CERECEDA P., SCHEMENAUER R.S. y M. SUIT, (1993), "Producción de agua de niebla en Perú" en Alisios, N°3, pp. 63-74.

SCHEMENAUER, R.S. y CERECEDA, P., (1994), "A proposed standard fog collector for use in high elevation regions", Journal of Applied Meteorology, Vol. 33, N° 11, pp.1312-1322.

INFOR

LA NEBLINA COMO RECURSO PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE LOS ECOSISTEMAS DEL DESIERTO COSTERO PERUANO-CHILENO

Percy Jiménez[1]; Francisco Villasante[1]; Carmelo Talavera[1]
Luis Villegas[2]; Enrique Huamán[2].

INTRODUCCIÓN

El desierto costero peruano-chileno es uno de los desiertos más áridos del mundo, tiene una gran extensión longitudinal, ya que va desde los 8 a los 32 grados de latitud sur, y es uno de los más pequeños entre los grandes desiertos de la biósfera, ya que es muy angosto.

Debe su existencia a tres causas principales:
- La presencia del Anticiclón del Pacífico sur
- La presencia de la Cordillera de los Andes muy próxima a la Costa y
- La Corriente fría del mar peruano o Corriente de Humbolt.

La combinación de estos tres factores produce una ausencia de lluvias en las costas del centro y sur del Perú y del norte de Chile, con presencia de una capa angosta de nubes bajas del tipo estrato-cúmulo durante los meses de invierno- primavera.

Estas nubes al incidir en las laderas de los cerros bajos y de mediana elevación que miran hacia el mar (entre los 400 y los 800 a 1000 m.s.n.m.), van a proporcionar agua para mantener una formación vegetal que recibe el nombre de "lomas costeras".

Las lomas costeras asemejan a "islas de vegetación" en medio del desierto y siempre han tenido una gran importancia económica y ambiental para el sur del Perú y Norte de Chile, ya que proporcionan forraje, leña, madera y atenúan las condiciones de aridez extrema del desierto costero.

Debido a la deforestación por extracción abusiva de leña y madera y al sobrepastoreo, las lomas costeras están muy degradadas y su extensión se ha reducido considerablemente, por lo que únicamente están presentes en áreas inaccesibles y que tienen características de "trampas de neblina".

Por las razones anteriores, cinco universidades sudamericanas y europeas, han elaborado un Proyecto de Investigación para elaborar un modelo de recuperación y uso sustentable de las "lomas costeras", que ha recibido el apoyo de la Unión Europea, en el programa STD-3, contrato N° TS3*-CT94-0324.

---

[1] Instituto Regional de Ciencias Ambientales.

[2] Convennio UNSA-PADOVA.

INFOR

El equipo multidisciplinario e interinstitucional, que ejecuta el proyecto, está integrado por:

- Pontificia Universidad Católica de Chile, encargada de evaluar el potencial de agua de neblinas.
- Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (Perú), responsable de los aspectos ecológicos y de apoyar en los trabajos de campo a las demás universidades.
- Universidad Paul Sabatier de Francia, encargada de estudiar la dinámica vegetacional y de elaborar la cartografía vegetal de las lomas costeras.
- Universidad de Firenze de Italia, responsable de los aspectos hídricos-forestales del Proyecto.
- Universidad de Padova (Italia), encargada de estudiar los impactos socio-económicos-ambientales y de la coordinación general del Proyecto.

Todas las universidades participan y son responsables solidarias de elaborar el modelo de recuperación y uso sustentable de las lomas costeras.

Debido a que el Instituto Regional de Ciencias Ambientales ha sido designado por la Universidad Nacional de San Agustín para participar en el Proyecto, encargándose de los aspectos ecológicos y de apoyar en las actividades de campo a las demás universidades, estamos presentando los resultados preliminares de este Proyecto en este Seminario Internacional "Forestación y Silvicultura en zonas áridas y semiáridas".

Nuestras hipótesis son:

* Las neblinas proveen suficiente agua como para recuperar, mejorar, conservar y usar sostenidamente las lomas costeras.

* La restauración de la cobertura arbórea permitirá captar agua de las neblinas en cantidades suficientes como para cubrir sus requerimientos metabólicos y para recuperar los estratos arbustivo y herbáceo.

En base a estas hipótesis hemos planteado los siguientes objetivos:

1.- Caracterización del ecosistema de lomas costeras a través del inventario de flora y fauna, del estudio de la estructura y dinámica de la vegetación de los aspectos ambientales.

2.- La verificación ambiental de las siguientes premisas:

2.1 La eficiencia de la colecta artificial de agua de neblina por medio de "atrapanieblas" para restaurar la vegetación.
2.2. La eficiencia de las plantas para captar el agua de las neblinas para su autosostenimiento cuando ya están desarrolladas y no necesitar más de los "atrapanieblas".

INFOR

METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos se está realizando el acopio de información bibliográfica sobre la influencia humana en la dinámica de la vegetación y la fragilidad de las lomas costeras; además se están realizando los inventarios por medio de recolecciones y toma de datos en el campo.

Para el estudio de la dinámica vegetacional se han establecido tres áreas de exclusión de pastoreo en las cuales se han marcado cuadrados permanentes en donde se tomarán los datos de la dinámica vegetacional. También se están haciendo uso de fotografías satelitales para elaborar las cartas de vegetación de las lomas costeras.

Para verificar las premisas se está efectuando un experimento piloto en las lomas de Mejía (Arequipa, Perú), donde se han instalado una línea de 960 m^2 de "atrapanieblas" con un sistema de almacenamiento de agua y riego, con un diseño experimental de reforestación usando 3 especies de árboles nativos (*Prosopis pallida, Caesalpinea spinoza, Parkinsonia aculeata*) y 2 especies arbóreas introducidas (*Mimosa saligna* y *Casuarina equisetifolia*) y 4 especies arbustivas nativas (*Heliotropum peruvianum, Acacia horrida, Acacia macracantha* y *Duranta armata*) que reciben un litro de agua por día y 0,5 litros por día los arbustos, con un control que no recibe agua.

RESULTADOS PRELIMINARES

1.- Colecta de agua de neblinas, estación Cuchillas. Promedio por mes de junio 1995 a junio 1996 (en L/m 2/día).

1995		1996	
junio	1.04	enero	2.48
julio	7.59	febrero	0.85
agosto	11.01	marzo	0.42
setiembre	28.15	abril	1.32
octubre	11.11	mayo	1.31
noviembre	1.95	junio	7.60
diciembre	2.08		

INFOR

2.- Promedio general: 5.77 L/m2/día.

3.- Agua almacenada a setiembre de 1996 (en m^3):

Estanque principal	350
Estanque auxiliar	400
Estanque de regulación de atrapanieblas	40

4.- Clasificación de tipos de lomas costeras:

* Lomas herbáceas en las cuales los elementos más importantes son las herbáceas anuales.
* Lomas arbustivas, en las cuales los elementos vegetacionales más importantes son los arbustos
* Lomas arbóreas, en las cuales los árboles están presentes.

Dentro de estos tres tipos principales de lomas se presenta otras combinaciones con plantas sufrutescentes.

BIBLIOGRAFÍA

KERFOOT, O., (1968), "Mist precipitacion on vegetation", For. Abstr., N°29, pp.8-20.
FRENCESCHETTI, G.,SEMENZATO, R., (1991), "La nebbia come risorsa idrica", *Atti XX Incontro Ce. S.E.T.*, Bari 1990, Centro Studi di Estimo, Firenze.
SCHEMENAUER, R., CERECEDA, P., (1991), "Fog water collecton in aarid coastal locations", Ambio, N°20, pp.303-308.
CERECEDA, P., SCHEMENAUER, R., SUIT, M., (1992), "An alternative water supply for chilean coastal desert villages", Water res. Develop., N°8, pp.53-59.
SCHEMENAUER, R.; CERECEDA, P. (1993), "Metheorological conditions at a coastal fog colectión site in Perú", Atmósfera, N°6, pp.175-188.
CERECEDA, P., SCHEMENAUER, R., SUIT, M., (1993), "Producción de agua de nieblas costeras en Perú", Submitted to Alisios.
PINCHE. C., (1985), "Uso agrario de la niebla", Agro Rev. Banco agrario del Perú II, N°4, pp.33-36.

EVALUACIÓN DE ECOTIPOS CHILENOS DE *Medicago polimorpha* (HUALPUTRA) PARA ZONA MEDITERRÁNEA ÁRIDA

Raúl Meneses R[1]. Carlos Ovalle[2] y Gabriela Ibacache T.[1]

RESUMEN

Durante la temporada de 1991 en Los Vilos (31° 52' Lat. S. 71° 28' Long. W.) fueron evaluados ecotipos chilenos de *Medicago polimorpha*. Entre éstos se consideraron, La Serena, Ovalle, Combarbalá, Illapel, Los Vilos, Pichicuy, Santiago, Cauquenes y el cultivar australiano Circle Valley. Los ecotipos fueron sembrados en junio de 1991, en un diseño bloques al azar con cuatro repeticiones. La fenología fue evaluada desde la germinación hasta la madurez. La materia seca fue cuantificada en octubre y noviembre. Los ecotipos La Serena, Pichicuy y Ovalle mostraron 74, 78 y 81 días de precocidad respectivamente. La materia seca y frutos no fue diferente (P>0,05). Sin embargo, el rendimiento de semillas del ecotipo Pichicuy fue mayor (P>0,05). La mayor producción de materia seca fue 2.489; 2.316 y 2.205 kg./ha para Cauquenes, Combarbalá e Illapel respectivamente. El rendimiento de semilla fue entre 920 y 393 kg./ha para Pichicuy y Santiago. Los ecotipos evaluados representan una buena alternativa para mejorar la disponibilidad de forraje de la pradera mediterránea semiárida de Chile.

INTRODUCCIÓN

Los *Medicagos* anuales (Hualputras) son leguminosas forrajeras de autosiembra de amplia naturalización en la zona mediterránea de Chile y en particular en la región árida (Del Pozo y otros, 1989). Esta especie puede constituir un recurso forrajero muy importante en los sistemas de producción ganadera de esta región. Especies de Los Vilos mostraron mayor peso nodular, fueron más precoces y obtuvieron más alto rendimiento, 3.530 y 2.812 kg. de materia seca para *M.truncatula*, variedad Ghor y Jamalog respectivamente (Squella, 1981).

En la actualidad existen cerca de 50 ascenciones chilenas de *Medicago polimorpha* recolectada en diferentes localidades de la región mediterránea de Chile, desde La Serena (Lat. 29 54' W.) hasta Bío-Bío (Lat. 36° 50' S.). De estos ecotipos se ha observado que los del norte de Chile son precoces en 30 a 40 días más que los ecotipos del sur (Meneses y Ovalle, 1990; Ovalle y otros, 1991).

La incorporación de las leguminosas a las praderas de la región árida y semiárida puede ser importante para mejorar la composición botánica y el valor nutritivo de éstas. El objetivo de este trabajo es de evaluar los ecotipos de *Medicago polimorpha* que pueden ser más promisorios para la región árida de Chile.

1 Centro experimental Los Vilos (INIA) Casilla 40, Los Vilos, Chile.
2 Estacion Experimental Regional Quilamapu (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

INFOR

MATERIAL Y MÉTODO

La evaluación se realizó en Los Vilos (31° 52' Lat. S.; 71° 28' Long. W.) entre mayo y noviembre de 1991. Los ecotipos considerados fueron La Serena, Circle Valley, Santiago, Combarbalá, Ovalle, Illapel, Los Vilos, Pichicuy y Cauquenes. Éstos fueron sembrados en parcelas 2x1 m, en un diseño bloques al azar, con cuatro repeticiones.

La siembra fue realizada el día 6 de junio, después de una precipitación de 35.3 mm. Las semillas fueron escarificadas e inoculadas con cepas seleccionadas en los lugares de origen del germoplasma y sembrada con una dosis de 20 kg. de semilla/ha. La siembra se fertilizó con 100 u de superfosfato triple (P_2O_5) y 50 u de sulfato potásico. La fenología fue evaluada de acuerdo a lo establecido por Silbsbury *et al.* (1979) y Olivares *et al.* (1986), considerando las siguientes etapas:

Emergencia: Desde la siembra hasta la aparición de los cotiledones.
Plántulas: Desde la aparición de los Cotiledones hasta la aparición de la quinta hoja.
Foliación: Desde la quinta hoja hasta la aparición de la primera flor.
Floración: Desde la aparición de la primera flor hasta la aparición de la última flor.
Fructificación: Desde la primera flor al primer fruto
Maduración: Desde el primer fruto hasta el fruto maduro.

La fenología fue determinada en dos líneas, marcando 5 plantas por cada repetición. La materia seca acumulada fue obtenida en octubre y noviembre. En el mes de noviembre se cosecharon los frutos. Los rendimientos de materia seca y frutos fueron determinados por análisis de variancia y la prueba de comparación múltiple de Duncan (Steel y Torrie, 1980).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones ambientales. El año fue considerado como normal en relación a las precipitaciones promedio de 233,2 mm (Meneses y López, 1990). El déficit hídrico fue de 1.068,44. La temperatura mínima absoluta se presentó en el mes de julio (2,2° C). La temperatura máxima cuantificada entre abril y noviembre fue de 26° C en el mes de mayo, siendo 18.4° C la temperatura máxima absoluta más baja en el mes de julio (Figura 2). La disponibilidad de humedad de suelo por sobre el punto de marchitez permanente se produjo entre mayo a octubre.

Estados fenológicos. La emergencia promedio fue de 17,2 ± 2,1 días, siendo 13 días para ecotipo de La Serena y 20 días para el ecotipo Combarbalá. Estos valores fueron superiores a los obtenidos por Meneses y Ovalle (1990) y lo reportado por Olivares y otros (1986), quienes obtuvieron 8 días para *M. polimorpha* y otros *Medicagos* sp.

Aunque la siembra se realizó después de 35,3 mm. de precipitación, la humedad de suelo no alcanzó al 50% de su capacidad de retención de humedad, lo que puede explicar la demora de la etapa siembra cotiledón.

INFOR

El desarrollo de las etapas fenológicas para los ecotipos evaluados se establecen en la Figura 4. En esta evaluación sobresale el ecotipo La Serena como la de mayor precocidad, comenzando la floración el día 74. Pichicuy y Ovalle fueron los ecotipos que la siguieron con 4 y 2 días más tarde. Los ecotipos Los Vilos, Cauquenes fueron los de menor precocidad con 113 y 110 días, adicionalmente, fueron los ecotipos con menor largo de floración.

El registro australiano de *Medicagos* anuales (Ewing, Revell y Thorn, 1989) establece 80-85 días la floración del ecotipo Santiago, siendo más tardía en lugares más fríos y 10 días más temprano que Circle Valley. En este caso, Circle Valley presentó una precocidad semejante al reportado por el registro australiano.

En Cauquenes (35° 58' Lat. S. 72° 19' Long. W.) estos ecotipos presentaron una floración más temprana, con excepción de Pichicuy (Ovalle *et al.*, 1991) que mostró igual precocidad, además de Circley Valley que presentó precocidad tardía. Aparentemente, los ecotipos originarios de áreas de menor latitud y más secos que la localidad de Los Vilos presentaron una tendencia de mayor anticipación. Los ecotipos La Serena, Ovalle e Illapel fueron más precoces. Excepción a esta regla fue el ecotipo Pichicuy.

La floración es el resultado de temperaturas bajas (vernalización) largo del día y requerimientos de altas temperaturas (Clarkson y Russel, 1975). A diferencia de Cauquenes, Los Vilos es una área libre de heladas, con menor precipitación y temperaturas máximas semejantes en el mes de floración. La localidades de Ovalle, Combarbalá e Illapel tienen períodos de heladas y son más secos que Los Vilos. Santiago tiene mayor precipitación y presenta heladas. Otras localidades como La Serena y Pichicuy son semejantes a Los Vilos. Estas diferencias pueden ser causantes de las diversas expresiones de estos ecotipos, razón por la cual son más precoces en Cauquenes (Ovalle *et al.*, 1991).

En general, los ecotipos más tardíos además de presentar frutos más tarde, también mostraron un mayor período de crecimiento vegetativo. La humedad de suelo por sobre el punto de marchitez permanente alcanzó solamente hasta mediados de octubre, sin embargo, los ecotipos continuaron con su desarrollo hasta fines del mismo mes.

Producción de forraje

La materia seca evaluada no presentó diferencias estadísticas ($P<0,05$). Pero, el coeficiente de variación del experimento fue muy alto (72,3% y 43,6%), siendo mayor en octubre que en noviembre (Cuadro N°1).

Los ecotipos más precoces Pichicuy, Illapel y Circle Valley destacaron por su comportamiento en la evaluación de octubre. En cambio, en la evaluación de noviembre, los ecotipos Illapel Cauquenes y Combarbalá fueron los que sobresalieron.

INFOR

Evaluaciones de praderas naturalizadas en la misma temporada establecen rendimientos acumulados que no sobrepasan los 2.051 kg. de materia seca/ha (Meneses, 1992). Producto de este potencial es que los rendimientos obtenidos en este trabajo son de interés, especialmente considerando las características de la especie en cuanto a fijar nitrógeno en el suelo. Este aporte de nitrógeno podría incrementar la expresión de las gramíneas y, por ende, la producción total de materia seca. La producción de frutos no presentó diferencias estadísticas, con la excepción de la obtenida en la localidad de Pichicuy, la cual fue mayor ($P<0,05$), (Cuadro N° 1). Los rendimientos de semillas se ajustan a los rendimientos logrados en otras experiencias. Evaluaciones realizadas por Cooks (1988) establecen rendimientos de semillas para diferentes ecotipos de *Medicagos sp* anuales entre 0 a 1000 kg./ha. En otro trabajo, Cooks (1990) obtuvo rendimientos entre 306 a 801 kg./ha para *Medicago polimorpha*.

Cuadro N° 1. Rendimiento de materia seca y semillas de ecotipos de *Medicago polimorpha* (kg./ha).

ECOTIPOS	FECHA DE EVALUACIÓN		PRODUCCIÓN DE	
	octubre	noviembre	Gloquídeos	Semillas
La Serena	1.445	1.800	1.355	402 c
Circle Valley	1.045	1.909	1.952	527 abc
Santiago	819	1.376	1.555	393 c
Combarbalá	1.293	2.316	2.169	783 abc
Ovalle	1.077	1.625	1.409	726 abc
Los Vilos	577	2.036	1.623	436 bc
Cauquenes	1.323	2.489	2.167	493 bc
Pichicuy	2.068	1.788	2.393	920 a
Illapel	1.743	2.205	2.883	493 ab
Nivel de significancia	0,465	0,738	0,230	0.029
CV., %	72,31	45,02	43,57	40,31

INFOR

La producción de semilla es una variable que se ve afectada por una serie de factores, entre ellos; relación con el número de vainas, relación con los contenidos de fósforo de la semilla (Bolland 1989, 1991) y con el déficit de agua durante la floración, que puede aumentar el número de flores y semillas (Turner, 1988).

De gran importancia son estos resultados, si son considerados los rendimientos de semillas en conjunto. En esta situación el rendimiento acumulado al mes de noviembre sería entre el rango de 4.236 kg. para el ecotipo La Serena a 1.948 kg. para el ecotipo Santiago. Esto presenta una buena alternativa para mejorar la disponibilidad de materia seca de la pradera naturalizada en la zona árida y semiárida de Chile.

BIBLIOGRAFÍA

COCKS, P.S., (1990), "Dynamics of flowers and pod production in annual medics (*Medicago spp*) II. In swards at low and high density", Australian Journal of Agricultural research, N°41 (5), p.923.

DEL POZO, L., OVALLE, M. C., AVENDAÑO, R. J.(1989), "Los medicagos en Chile. I.Comparación con Australia", Agricultura Técnica , N°49 (3), p.260.

EWING, M.A., REWELL, C. K. and THORN, C.W., (1989), "Register of australian herbage plant cultivars", B.Legume,9. Annual Medics. Australian Journal of Experimental Agricultural., N° 2, p.297.

MENESES, R.R. y OVALLE, M.C.,(1990), "Evaluación de especies anuales de autosiembra", Informe técnico 1989/90, Programa de producción ovina caprina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. p.174.

MENESES, R.R., (1992), "Evaluación cuantitativa y cualitativa de terófitas, hemicriptófitas y geofitas de pluviosidad limitada", Informe técnico 1991/92, Programa ovino caprino, Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

OLIVARES, E.A., GARCÍA, N.J. y CONTRERAS T. D., (1986), "Estudio de las características de desarrollo y rendimiento de tres cultivares de medicago anuales", I. Desarrollo fenológico, Avances en producción animal, N°11 (1-2), p.27.

OVALLE, M.C., DEL POZO, L.A., AVENDAÑO, R.J., HERRERA, O.A. y LONGERI, L., (1990), "Colecta y caracterización de *Medicago polimorpha* y sus rizobios asociados. resultados de la primera colección de germoplasma en Chile mediterráneo", XV Reunión anual de la sociedad chilena de producción animal, Temuco, octubre de 1990, p. 90.

OVALLE, M. C., AVENDAÑO, R.J. y DEL POZO, L.A., (1991), "Caracterización y selección de *Medicago polimorpha* y otras leguminosas forrajeras anuales para la zona mediterránea de Chile", Informe Técnico 1990/91, Programa praderas, estación Experimental Quilamapú, Chillán, Chile.

SILSBURY, J.H., ADEM, L., BAGHURST, P. and CARTER, E.D., (1979), "A quantitative examination of the growth of swarse of *Medicago truncatula cv.* Jemalong", Australian Journal od Agricultural Research, N°30:53.

SQUELLA, N.F., (1981), "Comportamiento de diferentes especies anuales de autosiembra del género *Medicago* y *Trifolium* bajo condiciones de clima mediterráneo árido", VI Reunión Técnica Anual, Sociedad de producción animal, Santiago, agosto 1981.

INFOR

STEEL, R. and TORRIE, J.H., (1980), "Principles and procedure of statistic a biometrical approach", **McGrow-Hallbook Company**, New York, 481 págs.
TURNER, N.C., (1988), "The benefits of water deficit. In proceeding of the international congress of plant phisiology, Society for plant physiology and biochemestry, Vol N°2, New Delhi, India, (Summary).

INFOR

EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS DE SUELO Y ESCORRENTÍA BAJO DIFERENTES ESQUEMAS PRODUCTIVOS EN LA PROVINCIA DE CHOAPA, IV REGIÓN

Sandra Perret Durán[1] y Gerardo Valdebenito Rebolledo[1]

RESUMEN

La presente investigación evalúa diferentes técnicas de conservación y uso del suelo en zonas áridas y semiáridas de Chile, con el objetivo de identificar alternativas productivas sustentables que permitan disminuir los procesos erosivos. Para tal efecto, se implementó en la zona de estudio, un diseño experimental de bloques al azar, con seis alternativas productivas (modelos productivos) utilizando técnicas de manejo y conservación de suelos, bajo un enfoque agroforestal: 1.- Pradera Natural; 2.- Cultivo tradicional de *Triticum vulgare*; 3.- Cultivo de *Triticum vulgare* en fajas y plantación de *Acacia saligna* en curvas de nivel; 4.- Cultivo de *Medicago polymorpha* en fajas y plantación de *Acacia saligna* en curvas de nivel; 5.- Plantación de *Acacia saligna* en terrazas individuales en disposición de tresbolillo; 6.-Plantación en curva de nivel de *Acacia saligna* y *Cassia closiana*.

Se realizó un seguimiento y control de las variables climáticas, biológicas, químicas y físicas en un período de tres años, determinando en forma cuantitativa el crecimiento y productividad de cada uno de los sistemas productivos implementados (tratamientos) y su impacto en términos de controlar los procesos erosivos. Los resultados indican que existe una pérdida de suelo significativa en los módulos cultivados con trigo en forma tradicional (0,84 ton/ha/año), en comparación con los restantes tratamientos. Por el contrario, los sistemas agroforestales donde se utilizan técnicas de manejo del suelo, demuestran un alto grado de eficiencia en el control de los procesos erosivos entregando pérdidas de suelo que no sobrepasan los 0,3 ton/ha/año.

INTRODUCCIÓN

La zona árida y semiárida de Chile se encuentra ubicada entre la cuenca del río Copiapó y la cuenca del río Itata, alcanzando, en términos de superficie, 16,5 millones de hectáreas, lo que equivale a un 22% de la superficie continental nacional. La región árida se caracteriza por presentar una pluviometría anual que fluctúa entre 25 y 250 mm., donde la disponibilidad de agua se ve disminuida por las altas temperaturas y las tasas de radiación. Las precipitaciones, concentradas en los meses de junio y julio se presentan con características de torrencialidad provocando grandes pérdidas de suelo, favoreciendo así el avance de la erosión. A lo anterior se suman las prácticas inadecuadas del uso de los suelos, lo que contribuye a aumentar el proceso de desertificación.

[1] División Silvicultura, Instituto Forestal. Huérfanos 554, Casilla 3085 Santiago - Chile.

INFOR

La provincia de Choapa ubicada en la IV Región de Chile, cubre una superficie de 1.006.000 ha, en donde se asienta una población aproximada de 78.078 habitantes (CIREN-INFOR, 1994). De esta población un 21% vive en condiciones de extrema pobreza dado el elevado grado de deterioro de sus recursos naturales y el acelerado proceso de desertificación (ODEPLAN,1992). Estas limitaciones se hacen especialmente evidentes en el sector de las "Comunidades Agrícolas" las que corresponden a una propiedad común donde el número de habitantes es superior a la potencialidad del medio (IREN,1977). Se determina así una sobreexplotación de los recursos, competencia entre usos y un nivel cada día más bajo de satisfacción de las necesidades básicas de su población, la que, además, presenta una fuerte marginación cultural, política y socioeconómica del contexto regional y por ende nacional.

La capacidad de uso principal que se observa en las Comunidades Agrícolas del Choapa, corresponde a las clases VII y VIII de capacidad de uso, cubriendo una superficie aproximada de 80 a 90 % de la provincia. El uso de estos suelos es principalmente ganadero ocasional de tipo caprina en su gran mayoría. El cultivo de mayor importancia en la zona es el trigo, el que ejerce un fuerte impacto al medio por el tipo de laboreo que se hace de él. Producto de este uso se ha llegado a un deterioro de los recursos naturales en especial a lo que dice relación al suelo y vegetación desembocando en ecosistemas de gran fragilidad.

La cuantificación de las pérdidas de suelo en función de la erosión hídrica y el desarrollo de modelos productivos acordes a la potencialidad del medio son de gran importancia para la proposición de acciones de uso de estos ecosistemas. El fenómeno erosión, puede ser evaluado y cuantificado de acuerdo al monto de suelo perdido en ton/ha/año, de modo de expresar cuantitativamente la magnitud del daño.

Dada las características descritas, el objetivo central de este estudio es evaluar las técnicas de uso y conservación de suelo que minimicen los procesos erosivos. En función de ello, se implementaron en la zona, parcelas experimentales que permiten determinar el comportamiento de la erosión ante diferentes cultivos y técnicas de manejo bajo enfoques conservacionistas y agroforestales, considerando su viabilidad y sustentabilidad social económica y ambiental.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de estudio

El área de estudio está centrada en una subcuenca, cuya quebrada principal es afluente de la quebrada "Quelón" en la Comunidad Agrícola de Tunga Norte, comuna de Illapel. Sus coordenadas geográficas son 31°37`35`` de latitud sur y 71°19`30`` de longitud oeste, (Carta IGM Mincha escala 1:50.000). El terreno elegido corresponde a un área con una sobre-explotación de los recursos; suelos en proceso de degradación, con una mínima cubierta vegetal y de fuertes pendientes.

INFOR

En relación a las propiedades del suelo estos son de origen volcánico y sedimentario marino, con texturas franco-arcillo-arenosa en superficie, franco-arcillosa a medio perfil y arcillosa densa en profundidad. El PH va de ligeramente ácido a neutro, con una relación carbono/nitrógeno inferior a 15, lo que refleja que son suelos pobres en nitrógeno y la proporción de calcio y magnesio es mayor en profundidad. El área de ocupación de las raíces varía entre 80 cm. a 100 cm. de profundidad.

Desde el punto de vista climático la zona ha experimentado durante el período de estudio un incremento en temperatura a razón de 1,15° C período 1993-1994 y de 0,31° C para el periodo 1994 - 1995 con una media estimada de 13,68° C. En términos de precipitación anual, el año 1993 fue considerado como normal con 232 mm. de agua caída, para luego continuar con dos años de sequía, con un total de agua caída equivalente a 108 mm. para cada año, cuestión que se puede apreciar en la siguiente Figura.

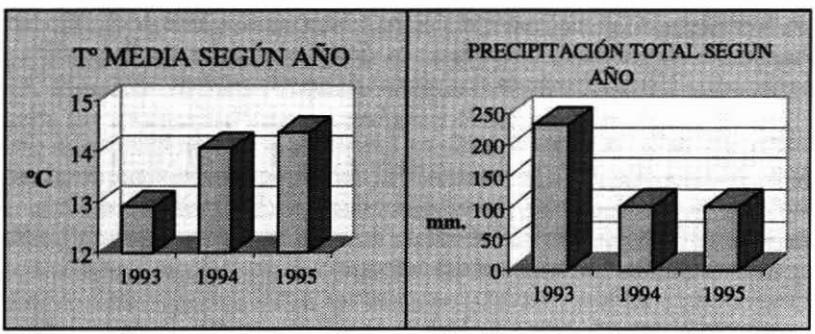

Figura N°1: Temperatura media y precipitación total según año de estudio.

La vegetación en esta zona está constituida principalmente por especies leñosa bajas, que como adaptación a la aridez experimentan desfoliación en el período de mayor déficit hídrico. Entre otras predominan las especies del genero *Adesmia*, *Gutierrezia* y *Cassia*. Otras formaciones de importancia son las suculentas entre las que se destacan los géneros *Puya* y *Cereus* y en la estrata herbácea se distinguen los géneros *Erodium*, *Vulpia* y *Koeleria*.

Diseño experimental

El proyecto utilizó, para estimar las pérdidas de suelo, el método de las parcelas de escorrentía las que difieren en dimensión de acuerdo a las variables a medir. Para el caso de evaluaciones de prácticas silvoagropecuarias se requieren dimensiones mínimas que permita labrar la tierra con animales o maquinaria agrícola. Las dimensiones más usadas son de 6 a 10 m. de ancho y hasta 32 m. de largo, dependiendo de la pendiente del terreno y de las dimensiones de los colectores o receptores de escorrentía.

INFOR

En este caso su construcción contempló una faja o borde para cada tratamiento, de un elemento en forma de embudo para concentrar la escorrentía en su extremo más bajo y de colectores para recibir el sedimento transportado. Las dimensiones de las parcelas son de 7 metros de ancho por 18 metros de largo. En la Figura N°2, se muestra un detalle de los dispositivos para retención de sedimentos y líquido.

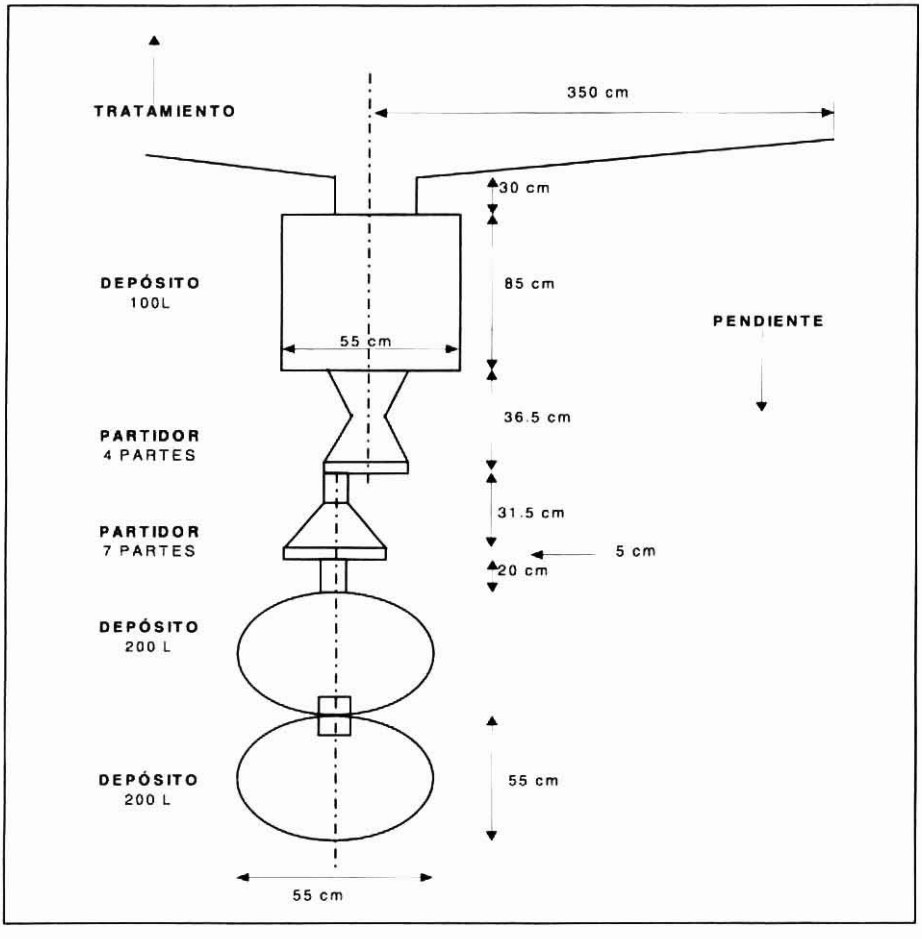

Figura N°2: Diseño de colectores para medición de Erosión

La instalación de las áreas de control o módulos de erosión, obedecen a un sistema estadístico de bloques con 6 tratamientos y tres repeticiones. Estas áreas se cercaron tomando en cuenta todas las precauciones posibles, de manera de proteger las estructuras y los tratamientos de eventuales daños de animales y personas, como así también de los factores externos que puedan alterar los resultados de pérdidas de suelo.

Los modelos productivos evaluados son los siguientes:

-T1: Testigo.
-T2: Cultivo tradicional *Triticum sativum* (trigo).
-T3: Plantación de *Acacia saligna* a un distanciamiento de 4 m por 1 m y *Phalaris tuberulosa* (falaris) cada 20 cm. entre las acacias, intercalada con cultivo de *Triticum sativum* (trigo) y *Medicago polymorpha* (hualputra).
-T4: Plantación de *Acacia saligna* a un distanciamiento de 3m por 2 m y falaris cada 20 cm. entre las acacias, intercalada con cultivo de hualputra.
-T5: Plantación de *Acacia saligna* en terrazas individuales de 1 m en disposición de tresbolillo.
-T6: Plantación de *Acacia saligna* intercalada cada 3 m con hileras de *Cassia closiana* y a un distanciamiento en la hilera de 1 m.

En el establecimiento de la vegetación tanto arbórea como arbustiva y herbácea de cada modelo (tratamiento), no se consideraron riegos suplementarios ya que el propósito es probar el éxito de las técnicas de preparación de suelo en la respuesta que éstos manifiesten en el prendimiento de las especies seleccionadas, bajo condiciones naturales del sitio.

Las variables a medir en cada tratamiento según evento pluviométrico son: pérdida total de suelo en kg./ha, sólidos en suspensión en kg./l y escorrentía superficial l/ha. Con la información obtenida de sólidos en suspensión se procedió a extrapolar los datos a la cantidad total de litros obtenidos en cada medición de terreno para los respectivos depósitos de acumulación, para luego determinar la cantidad de agua que se pierde por tratamiento al descontar la proporción de sólido contenida en las muestras.

En relación a las variables climáticas se controla la precipitación total por evento en mm., la temperatura media en °C, humedad relativa en % y la velocidad del viento en km./h, todo a intervalos de 30 min. Esta información es generada por la estación meteorológica automática "Quelón", instalada especialmente para el ensayo y avalada por la Dirección Meteorológica de Chile.

RESULTADOS

La presentación de los resultados será expuesta en función de la evaluación realizada a los diferentes componentes presentes en cada tratamiento: crecimiento arbóreo, pérdidas de suelo y escorrentía, realizando para cada caso un análisis comparativo de las variables biológicas y físicas según tratamiento y año de control

Crecimiento arbóreo

Al efectuar un análisis comparativo entre los 4 tratamientos que involucran a la especie *Acacia saligna* en función del crecimiento en altura y diámetro de cuello, los tratamientos 4 y 5 entregaron los mejores resultados (ver Figuras N°3 y 4).

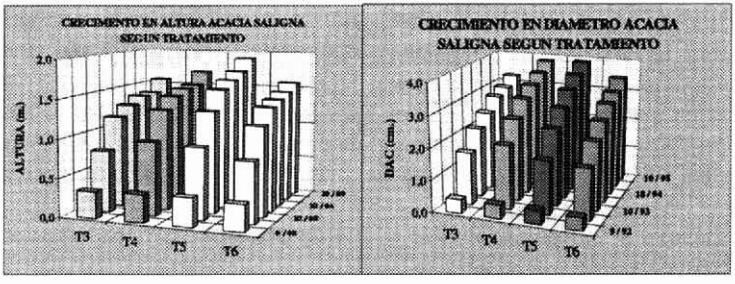

Figura N°3: Crecimiento medio en altura y diámetro de *Acacia saligna*.

Para verificar si existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos en función de dichas variables, se efectuó un análisis de varianza el que entregó grandes diferencias al 95% entre ellos. Para determinar qué tratamientos aportan las diferencias en altura y diámetro, se aplicó el Test de Tukey, el que entregó los siguientes resultados expuestos en el Cuadro N°1.

Cuadro N°1: Test Tukey para altura y diámetro según tratamiento *Acacia saligna*

	Altura (m)			Diámetro (cm.)			
Tratamiento	N	Media	Grupos homogéneos	T	N	Media	Grupos Homogéneos
T6	64	1,5769	X	T3	93	3,2877	X
T3	93	1,5863	X	T6	64	3,4607	X X
T4	60	1,6970	X X	T4	60	3,8683	X
T5	63	1,8962	X	T5	63	3,8982	X

El Test de Tukey indica que existe una diferencia significativa en altura entre el tratamiento 5 respecto de los tratamientos 3 y 6, y una diferencia no significativa entre los tratamientos 5 y 4. El tratamiento 5 claramente se diferencia del 3 y 6 y no así del tratamiento 4. Esta diferencia se explica, debido a que dichos tratamientos (4 y 5) fueron plantados a una densidad menor que los otros dos. En relación al comportamiento del diámetro frente al Test de Tukey, los resultados indican que existe una diferencia significativa entre el tratamiento 4 y 5 respecto del tratamiento 3 y una diferencia no significativa entre éstos con el tratamiento 6, lo cual se explica por la baja supervivencia de la especie *Cassia closiana* presentes en el tratamiento 6.

INFOR

Es importante destacar, que en la evaluación de ambos parámetros de crecimiento, el tratamiento 5 presenta los mejores resultados, seguido del tratamiento 4. Los tratamientos 3 y 6 respondieron en forma muy similar pero con un crecimiento menor a los anteriores.

Cultivos

En el Cuadro N° 2 se entregan los resultados obtenidos de los cultivos de trigo y pastos para los años 1993, 1994 y 1995. Los buenos resultados obtenidos para el año 1993 obedecen a las condiciones normales de precipitación alcanzadas en la zona (sobre 200 mm.) y la oportunidad en que se efectuó la siembra. Para los años siguientes los resultados han sido negativos producto del largo período de sequía que afecta a la zona, con precipitaciones que no superan los 100 mm. lo que se agrava aún más por las plagas de aves y roedores.

Cuadro N°2: Rendimiento de cultivos y pastos según año y tratamiento

	1993		1994		1995	
Tratamiento	Siembra (kg/ha)	Cosecha (kg/ha)	Siembra (kg/ha)	Cosecha (kg/ha)	Siembra (kg/ha)	Cosecha (kg/ha)
T2 (trigo)	400	302	400	0	400	0
T3 (trigo)	240	520	240	0	240	0
T4 (hualputra)	6,4	5,9 ton/há	6,4	0	6,4	0

Suelo y Escorrentía

Los resultados de pérdida de suelo y escorrentía promedio para cada tratamiento según año se muestran en el Cuadro N°3. Al analizar los datos se observa una tendencia de mayor pérdida de suelo en los tratamientos 2 y 3. Para el caso de la escorrentía los tratamientos 5 y 6 son los que presentan la menor tasa de infiltración, lo que se justifica debido a la baja intervención de suelo en dichos tratamientos.

La Figura N°4 presenta las tendencias de la pérdida de suelo según tratamiento y año. Los tratamientos se encuentran ordenados en forma creciente en base a la cantidad de suelo arrastrado y destacan en este sentido los tratamientos 2, 3 y 1 como los más erosivos. Cabe mencionar que los dos primeros contemplan el laboreo de la tierra y la posterior siembra de trigo, diferenciándose el tratamiento tres por incluir siembra en fajas con plantación de árboles en curvas de nivel. El tratamiento 1 (testigo) corresponde a un suelo completamente descubierto. Los mejores resultados en términos de control de erosión se obtuvieron en los tratamientos 4,5 y 6.

INFOR

Cuadro N° 3: Pérdida de suelo y escorrentía promedio según tratamiento y año

	Pérdida de suelo promedio kg./ha			Escorrentía promedio en %		
Tratamiento	1993	1994	1995	1993	1994	1995
T1	230,46	279,98	369,15	3,30	1,25	2,31
T2	766,35	806,14	866,46	4,17	1,18	1,66
T3	541,48	506,65	666,71	2,93	0,72	0,64
T4	391,41	331,87	179,45	4,68	1,55	1,60
T5	176,00	175,13	191,25	4,99	1,48	1,61
T6	285,48	250,09	131,36	7,28	1,58	1,87
Agua caída (mm.)	232,70	101,60	101,82			

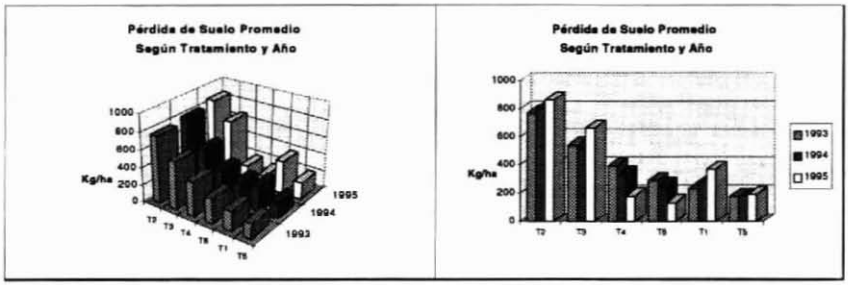

Figura N°4: Pérdida promedio de suelo según tratamiento y año

El total de escorrentía para los años 1993, 1994 y 1995 según tratamiento se presenta en la Figura N°5. El comportamiento de la variable en cada uno de los bloques resulta más heterogénea que la pérdida de suelo, sin embargo preliminarmente no se aprecian diferencias significativas. Lo anterior se corrobora con un análisis de varianza.

En relación a la captación de aguas lluvia en cada uno de los tratamientos, el T3 destaca como el más eficiente producto de los surcos en curvas de nivel y del laboreo del suelo en fajas. El tratamiento 1 entrega el mayor porcentaje de escorrentía para los años 1994 y 1995. El año 1993 en general representa una situación particular producto de que las intervenciones en el suelo para los cultivos se efectuaron en forma posterior a las primeras lluvias. Dichos eventos se precipitaron sobre una superficie muy compacta e inalterada por casi más de 6 años lo que provocó la mayor escorrentía reflejada en el gráfico.

INFOR

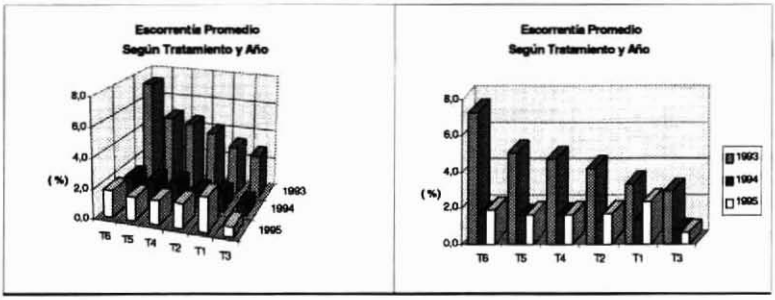

Figura N°5: Porcentaje de escorrentía promedio, según tratamiento y año.

En base a los resultados obtenidos en estos tres años de medición, es posible concluir que existen disparidades notorias en la pérdida de suelo en cada uno de los tratamientos propuestos. Para verificar estadísticamente las diferencias entre éstos se realizó un análisis de varianza, el cual entregó diferencias significativas entre tratamientos, para un 95% de confiabilidad. Para identificar la diferenciación entre cada tratamiento se aplicó el Test de Tukey, el cual entregó la siguiente clasificación de grupos homogéneos, ver Cuadro N°4.

Cuadro N°4: Test Tukey para la pérdida de suelo y escorrentía según tratamiento

Pérdida de suelo (kg./ha)				Escorrentía en %			
Tratamiento	n	media	Grupos homogéneos	t	n	media	Grupos homogéneos
T5	9	185,453	X	T3	9	1,430	X
T6	9	231,910	X	T1	9	2,203	X
T1	9	268,283	X	T2	9	2,333	X
T4	9	309,197	X	T4	9	2,613	X
T3	9	594,297	X	T5	9	2,693	X
T2	9	838,943	X	T6	9	3,580	X

Los resultados indican que el tratamiento 2 presenta diferencias significativas con el resto de los tratamientos y a la vez el tratamiento 3 difiere de los restantes. Los tratamientos 1,4,5,6 se asocian homogéneamente y no presentan diferencias significativas entre ellos. La mayor pérdida de suelo está relacionada con los ensayos que contemplan el laboreo del suelo y posterior siembra de trigo. En términos de control de erosión es posible concluir que las técnicas utilizadas en los módulos 5 y 6 resultan ser óptimas con valores de pérdida de suelo promedio que no superan las 0,2 toneladas por hectárea/año.

El comportamiento de la variable escorrentía se presenta en forma homogénea entre los tratamientos, con valores promedio de 1,4 a 3,6 % de escurrimiento superficial. Los resultados indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos y bloques, para

INFOR

las variables involucradas. El test de Tukey, presentado en el cuadro N°4, entrega la agrupación de tratamientos en base a los límites de confianza.

El tratamiento 3 entrega la mayor tasa de captación de aguas lluvia (menor escorrentía). Por el contrario, el tratamiento 6 entrega el valor más alto de escurrimiento, sin embargo no se diferencia estadísticamente con los demás tratamientos.

Es importante indicar, acorde a lo señalado, que los resultados obtenidos en estos dos últimos años de evaluación están directamente relacionados con el bajo nivel de precipitaciones alcanzado en la zona de estudio (100 mm), lo cual implica una respuesta moderara de cada uno de los tratamientos. Tomando en cuenta lo anterior, queda de manifiesto que bajo condiciones normales de clima invernal (más de 200 mm. y con lluvias de alta intensidad), los resultados se tornan más polarizados y, por lo tanto, con un mayor grado de diferenciación, lo que demuestra la eficacia de las técnicas de conservación de suelo.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En base a la información obtenida y analizada durante el presente año, más los antecedentes aportados por el proyecto en el período 1992 a 1994, es posible realizar una primera evaluación, con el objetivo de entregar una propuesta viable para la recuperación y utilización de suelos degradados en el secano interior de la IV región, bajo un marco sustentable en términos económicos y ambientales.

Para evaluar comparativamente los modelos propuestos, en función de su productividad y capacidad de frenar los procesos erosivos, se desarrolló el siguiente cuadro:

Cuadro N°5: Comparación de modelos en función de productividad y erosión

	N°árb/ha 1992	N°arb/ha 1995	Dac (cm) 1995	Altura (m) 1995	Índice Crec. (cm^3) 1995	Índice total de crecimiento en m^3/ha año 1995	Erosión (Ton/há) (1993-1995)	Escorrentía miles (Lt/ha) (1993-1995)
T1	—	—	—	—	—	—	2,35	87,62
T2	—	—	—	—	—	—	2,75	55,20
T3	2500	2450	3,26	1,57	1668,53	4,09	1,89	27,36
T4	1667	1667	3,87	1,70	2546,07	4,24	1,02	62,20
T5	1825	1661	3,91	1,90	2904,74	4,82	0,73	62,80
T6	1667	1484	3,46	1,58	1891,51	—	—	—
	1667	1000	1,58	0,74	184,73	2,99	0,76	69,80

Las primeras dos columnas indican, para los tratamientos que contemplan la componente arbórea (T3,T4,T5 y T6), la cantidad total de árboles por hectárea al momento de la plantación (año 1992) y la densidad actual que tienen (1995). La diferencia entre estas dos columnas es producto de la mortalidad.

INFOR

Las variables DAC y altura corresponden a los valores promedios de cada tratamiento evaluados a octubre de 1995. Con el objetivo de analizar comparativamente el desarrollo arbóreo de cada tratamiento en función de dichas variables, se utilizó el Índice de Crecimiento Total, el cual entrega una estimación de la fitomasa en unidad de volumen, para cada individuo. Dicho indicador, se calcula multiplicando el diámetro a la altura del cuello al cuadrado por la altura total (DAC^2 * altura). Los resultados se presentan en el cuadro anterior, como árbol individual promedio ($cm.^3$) y proyectados a la hectárea (m^3/ha).

Los resultados indican que el mayor crecimiento arbóreo, en términos de rendimiento en metros cúbicos por hectárea, se encuentra en el tratamiento 5 donde la plantación fue realizada en terrazas individuales sin ningún otro tipo de asociación. Es interesante a la vez destacar, que los tratamientos plantados a mayor densidad (T3 y T6) entregaron un índice de crecimiento por hectárea menor, a pesar que el número de individuos era superior en un 30% en comparación con los tratamientos 4 y 5.

La combinación de especies arbóreas, con cultivos y forraje (tratamientos 3 y 4) promueven una mayor competencia por agua y nutrientes, lo cual repercute en una disminución del crecimiento global del modelo. El ciclo de crecimiento de los cultivos, en temporadas de sequía, sólo logra llegar al período de floración, no consiguiendo la formación del fruto y semilla. Sin embargo, dicho desarrollo significó un grado considerable de competencia, lo cual repercute en un menor crecimiento de los restantes componentes del sistema agroforestal (árboles), como es el caso de los tratamientos 3 y 4.

En relación a la pérdida de suelo los modelos 4,5 y 6 presentan las tasas más elevadas de control de erosión, destacándose los dos últimos como los más efectivos en el período 1993 - 1995, ver Figura N°6. Para el caso de realizar una evaluación técnico-productiva, la pérdida de suelo generada por cada modelo, debe ser considerada como un costo o externalidad negativa, lo cual significa que a los tratamientos 2 y 3, además de las pérdidas económicas directas, se le debe incorporar el costo de la pérdida de suelo.

Como conclusión general de esta etapa del estudio, acorde al grado de avance del proyecto, es posible afirmar que los modelos agroforestales en donde se combina una estrata arbórea de densidad media a baja, en combinación con pradera natural o artificial, utilizando técnicas de conservación de suelo (principalmente terrazas individuales a tresbolillos o cultivo en fajas con zanjas de infiltración) es una propuesta técnica, económica y socialmente viable, además de sustentable, para recuperar y aumentar la productividad de ecosistemas naturales degradados, tal como las zonas estudiadas en este proyecto.

INFOR

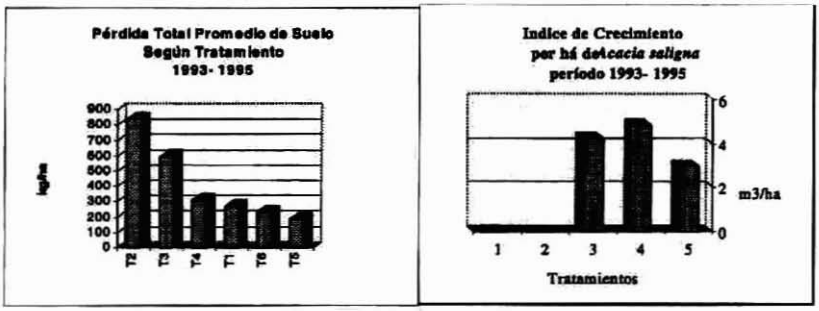

Figura N°6: Comparación entre crecimiento arbóreo y pérdida de suelo 1993-1995

En relación a esta propuesta, se plantea para el posterior análisis y estudio, el desarrollar una planificación del uso de la tierra, con la finalidad de lograr sistemas productivos armónicos y regulados en el largo plazo. Para ésto, es necesario ahondar la investigación en términos de validar los modelos en base a estudios financieros que acrediten su factibilidad, estudiar la interacción de estos sistemas con la producción animal e investigar nuevas especies y técnicas que potencien el desarrollo productivo y la calidad de vida de sus habitantes.

BIBLIOGRAFÍA

DIRECCIÓN GENERAL DEL MEDIO AMBIENTE,(1985), "Metodologías para la Evaluación de la Erosión Hídrica", Serie Documentación, Servicio de Publicaciones del M.O.P.U. , Madrid, 150 págs.

FAO, (1994), "Erosión de suelos en América Latina", *Proyecto GCP/RLA/107/JPN*, Apoyo para una agricultura sostenible mediante conservación y rehabilitación de tierras en América Latina, (Suelo y agua N°1), Santiago, Chile,219 págs.

GUJARATI, D., (1990), "Econometría", Serie McGRAW- HILL CITY, University of New York.,USA, 463 págs.

INFOR, (1976), "Tablas y Factores de Conversión", Manual N°7, Santiago, Chile, 97 págs.

MINTEGUI, A. y LÓPEZ, U., (1990), "La Ordenación Agrohidrológica en la Planificación. Departamento de Agricultura y Pesca", Gobierno Vasco, Primera parte, 172 págs.

MONTGOMERY,D., (1991), **Diseño y análisis de Experimentos**, Grupo Editorial Iberoamérica, Arizona, Estados Unidos, 589 págs.

OVALLE, C., (1992), "Caracterización y selección de *Medicago polymorpha* (Hualputra) y otras leguminosas forrajeras anuales para la zona mediterránea de Chile", Programa de praderas de secano, INIA, Santiago, 8 págs.

PERRET, S., BENEDETTI, S., ANDRADE, F., CARRASCO,R., (1993), "Técnicas de cultivo para el control de la erosión en una subcuenca de la Provincia de Choapa, IV Región", Informe Anual, INFOR , Santiago, Chile, 35 págs.

INFOR

PERRET, S., BENEDETTI, S., SALINAS, A., (1994), "Técnicas agroforestales para el control de la erosión en una subcuenca de la Provincia de Choapa, IV Región", Informe Final, INFOR, Santiago, Chile, 31 págs.
PERRET, S., BENEDETTI, S., VALDEBENITO, G., SALINAS, A., (1995), "Técnicas agroforestales para el control de la erosión en una subcuenca de la Provincia de Choapa, IV Región", Informe Final, INFOR, Santiago, Chile, 95 págs.

INFOR

ARBORICULTURA: NUEVA ALTERNATIVA SILVÍCOLA PARA LA ZONA SEMIÁRIDA

Gabriel Pineda B.[1] y Claudia Delard R.[1]

INTRODUCCIÓN

Las técnicas silviculturales modernas se diferencian en dos ramas. Por una parte se encuentra la silvicultura tradicional cuyo objeto, el bosque, está caracterizado por la existencia de complejos equilibrios ecológicos en constante dinámica, destinándosele como sistema productivo a la satisfacción de múltiples demandas. Por otra parte, está la arboricultura, técnica que pone el acento en el cultivo de árboles individuales, pertenecientes a especies de crecimiento relativamente rápido, exigentes edáfica y climáticamente, cuyos productos son maderas de gran valor y/o frutos de alta calidad.

La arboricultura tuvo sus orígenes en el continente europeo hacia la década de los treinta, cuando en Italia, el cultivo de árboles en hileras y cercos vivos proporcionaban gran parte de la producción de madera. Hacia la mitad de este siglo, la arboricultura fue identificada con el cultivo de los álamos por lo que se la vinculó a la explotación de especies de rápido crecimiento. En la década del setenta, cuando se verificaba un abandono progresivo de terrenos agrícolas, esta técnica estuvo relacionada con el manejo de coníferas de rápido crecimiento para la producción de madera aserrada y celulosa.

Producto de este nuevo enfoque, en los ochenta nace otro concepto de arboricultura, entendiéndose como el cultivo de un conjunto de árboles forestales que constituyen un sistema artificial, temporal o transitorio, cuyo objetivo es la obtención de productos madereros en períodos relativamente breves, según las condiciones ambientales y socioeconómicas presentes.

Ahora bien, considerando que la arboricultura pretende obtener el máximo valor de cada árbol particular, hoy en día es definida como una ciencia aplicada que se ocupa del cultivo temporal ya sea, de un conjunto de árboles o de árboles individuales, a fin de producir madera de alta calidad y cantidad, y que se caracteriza por la aplicación de técnicas de cultivo específicas y oportunas, compatibles con las exigencias económicas y ambientales. Se deduce de lo anterior que para esta forma de cultivar árboles son necesarias, sobretodo en los primeros años, la aplicación de fertilizantes, desmalezados, riego, podaduras y otras actividades.

Empleando la arboricultura en Europa, se ha logrado cuadruplicar y hasta sextuplicar los incrementos volumétricos anuales medios de las plantaciones respecto de los bosques naturales. No obstante, nuestro país posee ventajas naturales en relación a las presentes en

[1] División Silvicultura, Instituto Forestal, Huérfanos 554, Casilla 3085, Santiago - Chile.

INFOR

el hemisferio norte por lo que es factible obtener incrementos aún mayores si se eligen los sitios, las especies y las técnicas adecuadas.

Esta nueva técnica descansa en cuatro principios básicos:

a.- De la temporalidad y reversibilidad. Es decir, el uso del terreno se determina exclusivamente por la duración del ciclo productivo, por lo que al término de éste el propietario puede optar por el cultivo que estime más conveniente.

b.- De la complementación de funciones, por lo que a pesar de enfocarse hacia plantaciones con objetivos productivos, se ocupa también de satisfacer demandas de gran importancia tanto para el propietario como para la sociedad, tales como la producción de miel, leña u otros productos, pudiendo éstos representar rentabilidades a corto plazo con lo cual se alivian los flujos de costos totales.

c.- De la compatibilidad ecológica, que establece que todas las intervenciones deben realizarse minimizando el impacto ambiental y las repercusiones ecológicas negativas sobre el ambiente.

d.- De la diversificación. Este principio establece que las plantaciones deben ser lo más diversificadas posible, de manera de repartir y limitar los riesgos biológicos, abióticos y económicos, atendiendo también el punto de vista genético, evitándose las plantaciones monoclonales. Así, los riesgos se distribuyen en el espacio, con pequeñas plantaciones puras o con plantaciones mixtas, y en el tiempo, ampliando la gama de alternativas de cosecha futura, lo que da origen al concepto de plantaciones flexibles, las cuales sin perder de vista el o los objetivos finales, permiten un cierto margen de acción, es decir se programa hoy y se decide mañana.

UN PROYECTO DE ARBORICULTURA EN CHILE

Considerando los principios antes señalados, la División Silvicultura del Instituto Forestal ha puesto en marcha un proyecto nacional de arboricultura denominado "Silvicultura de especies no tradicionales: una mayor diversidad productiva". La iniciativa se concretó en 1992 como un proyecto financiado por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), al que desde 1995 se han adicionado recursos de la Fundación de Investigación Agropecuaria (FIA), en el propósito general de promover la diversificación silvícola del sector forestal, con base en antecedentes científicos, utilizando especies con alto potencial económico y ecológico, aptas para distintas zonas de nuestro territorio, cuyas características, silvicultura y manejo, precios y mercados objetivo sean conocidos.

Además, recientemente esta División ha finalizado un estudio solicitado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) enfocado hacia la identificación de un conjunto de especies adecuadas para dar inicio al proceso de diversificación silvícola nacional, cuya metodología permitió establecer la potencialidad de uso y rentabilidad económica de tales cultivos,

INFOR

estimando el área potencial que éstas podrían cubrir en consideración a las limitantes al crecimiento que imponen las variables ambientales.

A los recursos descritos, próximamente se agregarán los provenientes del Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF) para el desarrollo de plantaciones de interés económico entre la VII y X regiones.

De la aplicación de estas iniciativas se espera que el país experimente variados impactos positivos, que dicen relación con la diversificación silvícola y productiva, disminuyendo los riesgos de los monocultivos; la competitividad a nivel regional y global; la obtención de mayores ingresos y el mejoramiento de la calidad de vida de pequeños y medianos propietarios; la ocupación de factores productivos ociosos y sustitución de cultivos; e industrialización del sector forestal nacional.

En primer término, la diversificación silvícola provocará beneficios ecológicos relacionados con la sanidad forestal y el mejoramiento de la calidad ambiental ya que si se logran tasas significativas de plantación con especies no tradicionales de alto valor comercial, se verificará un menor riesgo de pérdidas por plagas y enfermedades (las plantaciones de pino están mayoritariamente afectadas por polilla del brote y en el caso de eucalipto, *Phoracantha semipunctata* se encuentra presente desde la I a la VIII región), y una mejor utilización de los sitios agrícola - forestales disponibles, pudiendo romperse la tendencia de la concentración territorial que hoy se aprecia en las plantaciones industriales. A esto se deben agregar beneficios adicionales en el caso de emplear especies fijadoras de nitrógeno atmosférico, por lo que asociar cultivos forestales o frutoforestales con tales especies permiten esperar incrementos de hasta 80% tanto para la altura media como para el DAP del cultivo principal.

Por otro lado, con el desarrollo de plantaciones forestales o frutoforestales se estaría colaborando con el tema de la fijación de carbono, y también con la imagen y los compromisos que asumió el país en el Acuerdo de Santiago firmado el 3 de febrero de 1995. La implementación de este acuerdo y el documento sobre "Criterios e Indicadores de Conservación y Manejo Sostenible de los Bosques Boreales y Templados" permitirá enfrentar con mayor éxito el problema de la biodiversidad, cambio climático y desertificación.

Del mismo modo, la diversificación productiva redundará en una oferta de productos de calidad, variedad y cantidad superiores. Además, visto que el sector forestal chileno representa sólo entre el 1,5 y 2% del comercio mundial del rubro, resulta estratégico conquistar mercados específicos y diferenciados, que ante cambios estructurales de dicho mercado, permitan al país una mayor flexibilidad y por lo tanto mayor estabilidad sectorial.

La competitividad a nivel regional y global también se verá afectada positivamente ya que el ingreso de Chile al NAFTA y al MERCOSUR, obligará a diversificar la producción del sector silvoagropecuario, el cual se verá amenazado por subsidios o por eventuales ventajas comparativas. Se sabe que algunos países de América del Sur, han implementado políticas

INFOR

para fomentar la diversificación productiva, por lo que Chile debe anticiparse y no quedar atrás.

Al generar productos de mayor valor, el país recibirá un monto significativo de divisas, lo que redundará en un mayor bienestar general de la economía, generando impactos sociales de diversa índole. El primero de ellos dice relación con el mejoramiento de la calidad de vida de pequeños y medianos propietarios, ya que la propuesta de manejo con especies forestales y frutoforestales (que podrían entregar ingresos anuales), junto a sus actividades tradicionales (ganadería y agricultura), les permitirá valorizar sus terrenos y tener acceso a un mayor estándar de vida, trasladando la frontera económica hacia una mejor posición, con el fortalecimiento económico consecuente. Sin embargo, no se debe olvidar que diversificar implica costos adicionales los cuales si se optimizan pueden generar beneficios sobresalientes en la ventaja competitiva de las unidades de negocios.

Además, el desarrollo de especies arbóreas valiosas, mediante la plantación de huertos de una o más hectáreas productoras de frutos y madera de alto valor comercial puede ser una alternativa de producción con propósitos múltiples, tales como:

- Implementar modelos de producción mixta que permitan la obtención de madera de alta calidad y valor comercial en rotaciones de unos 30 años, con ingresos intermedios derivados de la cosecha anual de los frutos.

- Establecer modelos de explotación silvopastoral, mediante la incorporación de sistemas de producción ganadera en los huertos frutales o frutoforestales.

- Incrementar el uso de mano de obra en estas plantaciones, reduciendo el despoblamiento de una zona rural con potencial productivo.

- Disminuir la erosión, al reemplazar cultivos anuales y extensivos en terrenos frágiles por cultivos permanentes.

Por último, el sector industrial tendrá la oportunidad de reformar su estructura incorporando tecnología avanzada, lo que junto al valor de la materia prima permitirá obtener ingresos adicionales por concepto del valor agregado. Esto adquiere mayor importancia en el hecho de que actualmente el 80% de la producción forestal genera bienes primarios destinados a materias primas industriales para producir manufacturas o productos intermedios, manejados por grandes empresas y canalizándose hacia los mercados por medio de pocos pero grandes mayoristas.

Los proyectos antes enunciados consideran un abanico de más de 30 especies, de las cuales aquellas que presentan interés para la forestación de zonas semiáridas son *Acacia saligna*, algarrobo europeo (*Ceratonia siliqua*), grevillea (*Grevillea robusta*) y pino piñonero (*Pinus pinea*) en áreas de secano; álamos y liquidambar (*Liquidambar styraciflua*) en cajas de ríos, y nogal (*Juglans regia*), cerezo común (*Prunus avium*) y cerezo americano (*Prunus serotina*) en lugares que se cuente con capacidad de riego.

INFOR

Considerando este marco de especies y reconociendo que la diversificación aparece como un tema de gran potencialidad futura y de alto impacto en la consecución de la segunda fase exportadora del sector forestal, los cuadros siguientes señalan algunas proyecciones que se han realizado sobre la superficie anual plantada y su localización probable, para el período 1997-2010.

Cuadro N°1: Proyección de plantaciones forestales diversificadas con especies de interés para las zonas áridas y semiáridas, período 1997 - 2010 (ha/año)

Especies	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Total
Acacia saligna	100	200	300	400	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	6.000
Álamo	180	240	270	320	375	375	375	395	495	495	495	495	495	495	5.500
Nogal	200	330	500	650	650	650	650	650	975	975	975	975	975	975	10.130
Pino piñonero	35	90	125	170	200	250	300	300	300	300	300	300	300	300	3.270
Otras especies	20	40	70	110	140	180	180	180	180	180	180	180	180	180	2.000
TOTAL	535	900	1.265	1.650	1.865	1.955	2.005	2.025	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	26.900

Cuadro N°2: Localización probable de plantaciones de interés para las zonas áridas y semiáridas, período 1997 - 2010.

ESPECIES	I	II	III	IV	V	R.M.	VI	VII
Acacia saligna	X	X	X	X	X	X	X	
Álamo				X	X	X	X	X
Nogal				X	X	X	X	X
Pino piñonero				X	X	X	X	X
Otras especies	X	X	X	X	X	X	X	X

Con algunas de estas especies ya se han establecido ensayos entre la IV y VII regiones, por lo cual a continuación se entregarán detalles de estas experiencias, excepto el caso del pino piñonero que será tratado más adelante.

En agosto de 1994 se instalaron dos subensayos de procedencias con plantas 1:0 de algarrobo europeo y pino piñonero en condiciones de secano, en la comuna de Casablanca, V Región. Las procedencias de algarrobo europeo estudiadas fueron: Palermo, Cádiz y Valencia.

La preparación del suelo para estos ensayos consistió en aradura de toda la superficie en el caso de algarrobo europeo, y además subsolado hasta 40 cm de profundidad con tractor agrícola sobre la hilera de plantación de los nogales. Estas operaciones son de gran

INFOR

importancia en forestaciones de secano ya que la utilización de casillas, en particular en terrenos arcillosos, puede ser conflictiva al producirse el efecto de macetero por la compactación de las paredes de la casilla causada por las herramientas que se empleen, lo que puede obstaculizar el crecimiento de las raíces y el drenaje del agua excesiva.

A la preparación del sitio le siguió la aplicación de fertilizantes, riegos de establecimiento y controles de maleza tanto manual como mecánicamente.

En octubre de ese año, dos meses después de plantado, se realizó la primera evaluación arrojando los siguientes resultados para las variables diámetro a la altura del cuello (D.A.C.) y altura promedio.

Cuadro N°3: D.A.C. y altura del primer control para algarrobo europeo de un año ensayado en Casablanca, V región.

Procedencia	D.A.C. (cm)	Altura (m)
Palermo	0.69 ± 0.14	0.37 ± 0.10
Valencia	0.67 ± 0.14	0.33 ± 0.10
Cádiz	0.64 ± 0.14	0.28 ± 0.07

Once meses después (julio, 1995) fue realizado un segundo control, el cual indicó los siguientes valores para las variables sobrevivencia, D.A.C. y altura promedio según cada procedencia.

Cuadro N°4: Sobrevivencia, D.A.C. y altura del segundo control para algarrobo europeo de dos años ensayado en Casablanca, V región.

Procedencia	Sobrevivencia (%)	D.A.C. (cm)	Altura (m)
Palermo	79.6	0.78 ± 0.21	0.37 ± 0.09
Valencia	76.9	0.72 ± 0.17	0.32 ± 0.09
Cádiz	79.6	0.68 ± 0.15	0.27 ± 0.07

INFOR

La tercera evaluación fue realizada en el mes de mayo recién pasado. Esta inspección constató que más del 70% de los algarrobos europeos tuvieron problemas de sobrevivencia por diversas causas, entre las cuales se pueden indicar condiciones extremas para los primeros, por lo cual se tomó la determinación de suspender este ensayo.

Cuadro N° 5: Sobrevivencia de algarrobo europeo de tres años ensayado en Casablanca, V región.

Procedencia	Sobrevivencia (%)
Palermo	31.29
Valencia	9.52
Cádiz	12.24

No obstante lo anterior, la experiencia permitió destacar la enorme importancia que tiene la preparación del suelo en la forestación de zonas semiáridas sobre el desarrollo de los individuos evaluados ya que si bien la altura media de los individuos no cambió significativamente con el tiempo, si se verifica un incremento del diámetro de cuello a los 11 meses de plantados los ensayos.

Durante agosto de 1995 fue instalado un ensayo de procedencias con plantas 1:0 de nogal común, esta vez bajo riego en la comuna de Retiro, VII región. Las procedencias involucradas en este ensayo son las de San Alfonso, Casella (Buin) y Andueza (San Bernardo).

La preparación del suelo consistió en la rotura de éste, seguido de fertilización, control de malezas e instalación de corromet en noviembre de ese año. Posteriormente se podaron los retoños nacientes de la base de los tallos y se aplicó insecticida para el control de chicharra (*Tettigades chilensis*).

A los dos meses de instalado, se realizó la primera evaluación, la cual arrojó los siguientes resultados:

Cuadro N° 6: Altura y D.A.C. del primer control para especies ensayadas en Retiro, VII región.

Procedencia	Altura (m)	D.A.C. (cm)
San Alfonso	0.29 ± 0.07	0.93 ± 0.15
Casella (Buin)	0.26 ± 0.06	0.78 ± 0.12
Andueza (SanBernardo)	0.35 ± 0.08	0.78 ± 0.14

INFOR

La observación de estos antecedentes indica que la procedencia de San Bernardo es la que presenta la mayor altura, en tanto que Casella es la más baja inicialmente.

En una visita realizada a este ensayo durante el mes de enero recién pasado se logró apreciar el gran desarrollo que han tenido estos ejemplares y la posibilidad de realizar cultivos intercalados aplicando un modelo de producción agroforestal.

En septiembre recién pasado, se realizó una segunda medición, y aunque los datos que a continuación se entregarán no proceden de un análisis estadístico, si representan la tendencia del comportamiento.

Cuadro N°7: Sobrevivencia, altura, D.A.P. y D.A.C. del segundo control para especies ensayadas en Retiro, VII región.

Procedencia	Sobrevivencia (%)	Altura (m)	D.A.P. (cm)	D.A.C. (cm)
San Alfonso	> 90	1.49 ± 0.54	1.30 ± 0.47	3.48 ± 0.67
Casella (Buin)	>90	1.04 ± 0.35	1.35 ± 0.20	3.74 ± 0.47
Andueza (San Bernardo)	>90	1.57 ± 0.56	1.46 ± 0.32	3.86 ± 0.45

Esta inspección refleja una situación similar a la observada en la primera medición, es decir, la procedencia Andueza de San Bernardo es la más alta, con un valor máximo que supera los 3 m de altura al año de plantado. El diámetro a la altura del cuello tiene su valor más alto también para esta procedencia, invirtiendo lo percibido en la evaluación inicial.

Por otra parte, si bien en términos cuantitativos, los incrementos observados son más que satisfactorios, la evaluación cualitativa indica que para el cultivo de nogales con objetivos frutoforestales se requiere tener muy en cuenta labores que permitan mantener la buen forma de los ejemplares del huerto ya que éstos presentan tendencia a la arqueadura de sus fustes.

Durante 1996 prosiguió la instalación de los ensayos con nogal común, realizándose plantaciones bajo riego en las cercanías de Ovalle, IV región, y en Retiro, VII región, a fin de evaluar el comportamiento de 50 familias de polinización abierta. Al igual que antes, la preparación del suelo fue una labor de gran importancia, debiendo incluso romperse una capa dura a 60 cm de profundidad en la zona de Ovalle.

Las variables de estado iniciales para ambos ensayos son las siguientes:

Cuadro N°8: Variables de estado para ensayos de nogales bajo riego en IV y VII regiones

INFOR

Variable de estado	Ovalle	Retiro
Altura media (m)	0.33 ± 0.08	0.23 ± 0.09
Rango	0.13 - 0.60	0.06 - 0.52
D.A.C. (cm)	0.69 ± 0.12	0.65 ± 0.19
Rango	0.46 - 1.05	0.45 - 1.22

CONSIDERACIONES FINALES

En el futuro, este programa de diversificación continuará la instalación de ensayos con especies no tradicionales entre las que se cuentan pino piñonero, liquidambar, nogales, grevillea y otras especies que pueden ser de interés para la forestación de esta región de nuestro país.

Otra línea de investigación futura que nace de la arboricultura se refiere a la profundización de aspectos relativos a sinergía, antagonismo y competencia que se puedan producir con asociaciones ya sea por la plantación de varias especies, realizando cultivos agrícolas intercalados e incluso ganadería mayor y menor en la misma unidad de superficie, todo lo cual constituye una excelente alternativa a las plantaciones monoespecíficas.

ESTUDIO DE CASO: *Pinus pinea* (PINO PIÑONERO)

INTRODUCCIÓN

El Instituto Forestal (INFOR) desde el año 1992 ha estado desarrollando una serie de proyectos e investigaciones conducentes a estudiar especies alternativas a las hoy mayormente utilizadas, cuya madera tuviese un alto valor o que su producción maderera pudiera ser combinada con la producción de frutos, factor de gran interés sobretodo para pequeños propietarios.

Dentro del contexto de zonas áridas y semiáridas, se está estudiando la posibilidad de introducir una especie proveniente del área del mediterráneo, la que según sus requerimientos ecológicos y los antecedentes con que se cuenta de su comportamiento en Chile podría ser una alternativa interesante de desarrollo para estas áreas. Concretamente, en el proyecto denominado "Silvicultura de Especies no Tradicionales: una mayor diversidad productiva", actualmente en su segunda etapa de desarrollo, consideró en la primera de éstas la instalación de ensayos con dos especies para la zona de secano: *Ceratonia siliqua* y *Pinus pinea*, obteniéndose con ésta última mejores resultados en su fase de establecimiento.

Posteriormente, en el proyecto "Potencialidad de Especies y Sitios para una Diversificación Silvícola Nacional" financiado por la Corporación Nacional Forestal, se incluyó a *Pinus pinea* de manera de determinar su distribución potencial entre la VI y XI regiones.

Esta especie, comúnmente llamada pino piñonero, tiene como principal importancia la producción de frutos comestibles, los que son muy usados en Europa en repostería y pastelería.

Actualmente no se ha aprovechado en Chile ni su madera ni sus frutos, debido al desconocimiento de la especie. Es por esto que el objetivo del presente trabajo es dar a conocer las potencialidades de pino piñonero dentro de las zonas de secano.

ANTECEDENTES GENERALES

Pinus pinea es un árbol de 20 a 30 m de altura, con una característica copa en forma de paraguas cuando adulto (Serra, 1987). Presenta un fuste cilíndrico de forma pobre (Webb *et al.*, 1984) y corteza surcada. Los conos tardan tres años en madurar, característica que lo diferencia de otros pinos (Serra, 1987). Las semillas poseen una testa gruesa (Crawford, 1995). En su interior se encuentra el piñón, de 15 a 16 mm de largo y 5 mm de espesor, color blanco amarillento y de consistencia harinosa. Es un fruto comestible de sabor muy agradable (Carnevale, 1955), lo que lo hace muy apreciado como alimento en forma directa o para confitería; por este motivo en algunos países posee un alto valor comercial (Serra, 1987). Se pueden encontrar entre 1.000 y 1.600 semillas por kilo (Goor y Barney , 1976).

El área de distribución natural de la especie es controvertida, pues el hecho de ser sus piñones comestibles ha contribuido a su expansión desde la antigüedad en puntos muy diversos (Gil y Abellanas, 1987). Actualmente se acepta como distribución de esta especie la Península Ibérica (España y Portugal), costa del Mediterráneo y noreste de Turquía.

En Chile, actualmente se conserva un bosquete en la reserva forestal Federico Albert (VII Región) con más de 700 individuos. Sus características no son muy alentadoras, en lo referente a la producción de frutos principalmente, debido al escaso espaciamiento y a falta de manejo adecuado (Molina, 1991). También se han observado pequeños bosquetes en la Reserva Nacional Peñuelas (V Región), en Pichilemu (VI Región), Cauquenes (VII Región), Angol y Lautaro (IX Región). Se han encontrado árboles aislados en Santiago y Melipilla (RM), Lolol (VI Región) y Quirihue (VIII Región), y en 1994 se plantaron algunos individuos en Illapel como cortina cortaviento (Carrasco[2], 1995).

[2] Rogers Carrasco, 1996. Técnico Forestal. Instituto Forestal. Comunicación personal.

INFOR