

SILVICULTURA EN ZONAS ARIDAS

ANTONIO VITA ALONSO
INGENIERO FORESTAL

DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA

SERIE EDUCATIVA Nº 1.
Facultad de Ciencias Forestales
Universidad de Chile

Primera edición
250 ejemplares
Enero de 1981

Comisión revisora
Ing. For. Manuel Toral I.

Composición en matrices
Paola Madariaga I.

Impreso Talleres Graficos
Facultad de Agronomía
Universidad de Chile

Departamento de Silvicultura
Facultad de Ciencias Forestales
Universidad de Chile
Casilla 9206
Santiago - Chile.

FE DE ERRATAS

<u>Página</u>	<u>Línea</u>	<u>Dice</u>	<u>Debe decir</u>
2	1	Antecedentes General	Antecedentes Generales
8	3	en lo concierne	en lo que concierne
12	14	extraordinariamente	extraordinariamente
13	13	Fary	Fray
14	5	inte_ Rior	inte_ rior
22	8	es muy abundante	es más abundante
25	12	pueden	puede
28	7	efectúan	efectúa
32	7	apetecidas	apetecidos
48	5	una posibilidad dejar	una posibilidad es dejar
49		antepenúltima Casaurina	Casuarina
62	24	El el proceso	Es el proceso
64	8	Por lo tanto;	Por lo tanto,
71	18	IV y VI Región	IV y VI regiones
72	1	las epecies	las especies
74	Cita 13	repite Cita 12	
76	14	Fa_ Cultad	Fa_ cultad

I N D I C E

	Pág.
I. INTRODUCCION.	1
II. ANTECEDENTES GENERALES.	2
A. Características de las Zonas Áridas	2
B. Las Zonas Áridas en Chile	5
1. Región de tendencia desértica	6
1.1. Zona desértica litoral	6
1.2. Zona desértica interior	7
2. Región de tendencia mediterránea	8
2.1. Zona mediterránea per-árida	9
2.2. Zona mediterránea árida	11
2.3. Zonas mediterránea semi-árida y mediterránea sub-húmeda	13
III. ACCION DEL INGENIERO FORESTAL EN EL MANEJO DE ZONAS ARIDAS.	17
1. Conservación de la vegetación y recuperación de áreas degradadas	17
2. Economía Pastoral	18
2.1. Plantaciones con especies forrajeras	19
2.2. Tratamiento de arbustos o árboles forrajeros	19

	Pág.
2.3. Uso silvo-pastoral	19
2.4. Fuego de matorrales	20
3. Producción de agua	20
4. Operaciones agrícolas	21
4.1. Cultivos regados	21
4.2. Protección de embalses, tran <u>ques</u> y canales de regadío	21
4.3. Especies forestales para incre <u>mentar</u> los cultivos agrícolas	22
5. Aproveccionamiento de madera para le <u>ña</u> , postes y construcción	23
6. Aproveccionamiento de otros productos forestales	25
7. Manejo de áreas silvestres	25
IV. PROBLEMAS SILVICOLAS.	26
A. Regeneración Natural	27
1. Regeneración natural por semillas	28
2. Regeneración natural por retoños de tocón	31
B. Regeneración Artificial	34
1. Elección del sitio	34
2. Elección de especies	36
3. Semillas	40
4. Reforestación por siembra directa	42
5. Viveros	43

	Pág.
6. Técnicas de plantación	50
6.1. Casillas	51
6.2. Hoyos	52
6.3. Montículos	54
6.4. Terrazas (banquetas) de tracción animal.	57
6.5. Subsulado lineal	59
6.6. Terrazas aradas con <u>cordo</u> nes lomos o acaballonado	60
6.7. Terrazas con subsulado	61
6.8. Lomos (acaballonado) y <u>sub</u> solado	63
6.9. Método de irrigación de <u>Li</u> man	66
7. Tratamientos para mejorar la <u>su</u> pervivencia inicial	67
7.1. Riegos	67
7.2. Labores al suelo	68
7.3. Sombra	68
7.4. Retardantes de la <u>evapora</u> ción del agua del suelo	69
7.5. Retardantes de la <u>transpira</u> ción	69
7.6. Protección contra vientos desecantes	70
7.7. Captación de neblinas y <u>ro</u> cíos	70

	Pág.
8. Crecimiento de las poblaciones	 71
BIBLIOGRAFIA	 73

I. INTRODUCCION.

Las zonas áridas y semi-áridas adquieren cada vez mayor importancia, concentrándose en ellas la atención de muchos países y organismos internacionales. La principal causa de este fenómeno es el rápido aumento de la población que ha agudizado el problema de la escasez de alimento y materias primas esenciales.

Por otra parte, el mal uso de los recursos ha producido una intensificación de la aridez lo que se ha traducido en una preocupación creciente a nivel mundial para estudiar el problema a nivel científico y técnico.

Se estima que alrededor de una tercera parte de la superficie terrestre se puede incluir dentro de la categoría de zonas áridas y semi-áridas. En el caso de Chile esta relación adquiere mayor importancia por cuanto cerca de la mitad del territorio nacional continental se encuentra en esta categoría.

Entre las diferentes disciplinas que pueden contribuir al manejo adecuado de las zonas áridas le cabe un papel destacado a la ciencia forestal.

II. ANTECEDENTES GENERAL.

A. Características de las Zonas Áridas.

Como criterio principal para definir la aridez de una zona se considera el régimen de precipitaciones. De este modo y dentro de un marco muy general, se consideran zonas áridas aquellas que reciben menos de 300 mm de precipitación anual y semi-áridas aquellas que reciben entre 300 y 600 a 800 mm. Sin embargo, para definir en forma más adecuada la aridez de un lugar se debe hacer un análisis más completo del clima considerando la distribución de las lluvias, la distribución de las temperaturas, la humedad relativa, vientos, etc. aspectos que influyen sobre la eficacia de las precipitaciones. Para ilustrar lo anterior se puede señalar el estudio realizado por Catinot (1967) comparando las condiciones de la sabana africana y de Israel. En un lugar dado de la primera caen aproximadamente 800 mm anuales y del segundo 250 mm. Pero al analizar la distribución de las lluvias y principalmente, las temperaturas, se concluyó que las condiciones de la sabana africana eran más áridas a pesar de una mayor cantidad total de precipitaciones.

En lo que se refiere a suelos, los de las zonas áridas se caracterizan por la falta de desarrollo que se manifiesta por su delgadez, presencia de rocas, baja cantidad de materia orgánica y escasa definición de horizontes. En muchos casos se presentan suelos

salinos o alcalinos como consecuencia de la escasa precipitación y altas temperaturas que promueven una evaporación superior a la percolación durante gran parte del año.

La vegetación que se encuentra en las zonas áridas es el resultado de un largo proceso de adaptación a dicho ambiente. Como la competencia por el escaso líquido disponible es muy acentuada, las plantas se encuentran muy distanciadas entre sí. Cada ejemplar desarrolla un extenso sistema de raíces superficiales en contraste con la parte aérea, aumentando así su capacidad de absorción de las pocas lluvias sin exponer a la atmósfera más que una parte relativamente pequeña de la planta. Otro mecanismo de fundamental importancia para la supervivencia de las especies de zonas áridas es el rápido alargamiento en profundidad de la raíz primaria, lo que les permite alcanzar oportunamente niveles más húmedos.

Las hojas de las especies siempreverdes están cubiertas de una gruesa capa de cera, lo que permite reducir la transpiración cuticular. Esta característica le da el nombre de "plantas esclerófilas" a los Eucalyptus y al quillay (Quillaja saponaria), peumo (Cryptocarya alba) y otras especies de las zonas áridas de Chile. Estas especies tienen hojas que carecen de estomas en su cara superior (Alfaro y Sierra, 1973). Algunas especies, como el Prosopis tamarugo, tienen la propiedad de absorber la humedad ambiente por las hojas y

el excedente liberarlo por las raíces para su posterior aprovechamiento. Esto ocurre en localidades donde se presentan una alta humedad relativa, sobre 80%, durante varias horas (Sudzuki, 1969).

Las especies características de condiciones de xerofitismo presentan hojas pequeñas, lo que contribuye a disminuir la transpiración. Como ejemplo se pueden mencionar especies de los géneros Acacia, Prosopis, Adesmia y otras. En los períodos de sequía estas especies eliminan sus hojas, lo que constituye otro mecanismo de supervivencia. En algunas especies no existen hojas, como ocurre en algunas acacias australianas, Colletia y otras Rhamnáceas. En estas plantas la función foliar se transfiere a los pecíolos o a los tallos, que son verdes.

Otras especies de las zonas áridas son suculentas lo que les permite la acumulación de grandes cantidades de agua en las breves temporadas de lluvia. Como ejemplo se pueden citar las Cactáceas, Crassuláceas y otras.

En las zonas áridas el movimiento hacia el climax es muy lento y esta condición es difícilmente alcanzable. La sucesión vegetal progresa a un nivel controlado por el grado de la sucesión del suelo, ya que ambos se desarrollan conjuntamente, pero el clima es el que determina el punto final de la sucesión, vale decir, el climax. Este punto, en las zonas áridas, corresponde

al punto en el cual la precipitación disponible es efectivamente usada. Para que se instalen nuevas especies, correspondientes a un punto más avanzado de la sucesión, se requieren relaciones hídricas más favorables, situación que no ocurre bajo las actuales condiciones de las zonas áridas.

La forma climax de las zonas áridas se haya en un equilibrio delicado en extremo y basta una breve perturbación para romperlo. Esta es otra razón que contribuye a que sea difícil encontrar en esas zonas la fase final de la sucesión, ya que el ambiente ha sido modificado por el hombre, quién, a través de la extracción de leña, fuego y pastoreo incontrolado, ha sido un factor determinante en la inversión de la sucesión natural, haciendo retroceder la vegetación a una etapa anterior con especies de mayor rusticidad. Lo anterior también afecta al estado del suelo todo lo cual contribuye a alterar el microclima y acentuar aún más la sequedad del terreno.

B. Las Zonas Áridas en Chile.

En términos muy generales se puede decir que en Chile las zonas áridas y semi-áridas se extienden desde el extremo norte del país hasta aproximadamente el paralelo 36° S (Cauquenes - Linares), aún cuando este límite tanto por la zona costera como de la Cordillera de los Andes avanza hacia el norte, hasta el paralelo 35° S, que corresponde a la altura de Curicó.

Analizando un poco más en profundidad lo anterior y tomando como base el estudio de Di Castri, Esbozo Ecológico de Chile (1968) se pueden distinguir las siguientes situaciones:

1. Región de tendencia desértica.

Se sitúa entre el límite con Perú y Copiapó (37° 30' S). Igual que en los demás casos este límite avanza hacia el norte por la parte costera y cordillerana. Esta región presenta un período de aridez de 12 meses. Se puede distinguir la zona de sértica litoral y la zona desértica interior.

- 1.1. En la primera, la tendencia desértica está mitigada por influencias oceánicas que se manifiesta principalmente por la condensación de la neblina que permite condiciones ecológicas más favorables que en el interior. La temperatura media es de 17,5° C, con media máxima de 21° C y media mínima de 13,5° C, humedad relativa 75% y la pluviosidad varía entre 0 y 15 mm anuales, pero con influencia intensa de la neblina y del rocío. Los suelos son rojos con hardpan salino y son mucho más desarrollados que en el interior. Relictos de suelos rojos bastante profundos y bien evolucionados atestiguan la intervención de un clima tropical, netamente más húmedo que el actual.

La fisonomía vegetal es la de un semi-desierto, con caméfitas, cactáceas y plantas anuales de actividad invernal. Esta zona ha sido poco modificada por el hombre.

- 1.2. Hacia el Este se tiene la zona desértica interior que se extiende hasta alrededor de 2.500 a 3.000 m de altitud, donde se perciben las primeras lluvias regulares de verano, lo que configura un régimen de tendencia tropical. Hay 12 meses áridos y 2 a 3 meses templados-fríos en invierno. La temperatura media anual es de 15,5° C, siendo la máxima media 28,0° C y la media mínima 5,0° C, con variaciones térmicas bastante considerables durante el día. La humedad relativa es de 50% y la pluviosidad de 0 a 10 mm anuales. Dominan los suelos esqueléticos, regosoles o litosoles casi desprovistos de materia orgánica, existiendo también los solonchaks.

La vegetación está ausente en la mayoría de esta área excepto en las quebradas donde hay especies de los géneros Adesmia, Atriplex y otras. En la Pampa del Tamarugal, con napas de agua freática bastante superficiales en algunos casos, hay sabanas abiertas de Prosopis tamarugo.

En esta zona las modificaciones producidas por el hombre son evidentes especialmente en lo concierne a la destrucción progresiva de las sabanas y el cambio completo de los valles por los cultivos y la introducción de especies.

2. Región de tendencia mediterránea.

Dentro de esta región, que se extiende hasta la zona de Valdivia, se considera, para efectos de este trabajo, hasta la zona mediterránea sub-húmeda cuyo límite sur corresponde a Cauquenes - Linares (paralelo 36° S). La característica principal es la de presentar lluvias regulares en invierno, aunque ellas sean insuficientes y un período variable de sequía en verano.

La aridez de esta región disminuye progresivamente hacia el sur, hacia el mar y hacia Los Andes. Por lo tanto se puede efectuar una zonación latitudinal (regiones mediterráneas per-árida, árida, semi-árida y sub-húmeda) y una zonación longitudinal (bioclimas mediterráneos marítimos, interior o central y de montaña o pre-andino).

La zona marítima es más húmeda que aquella de la banda interior y las temperaturas extremas son más moderadas. El bioclima de montaña, que

recibe influencias continentales, es más lluvioso, pero con una humedad relativa más baja en relación a la zona interior. Las diferencias térmicas son más acentuadas y las mínimas inferiores.

- 2.1. Zona mediterránea per-árida. Corresponde a la parte septentrional más árida de la región mediterránea. Se extiende desde el paralelo 25° S por la costa (norte de Tal-Tal) y el paralelo 27° 30' S por la parte central (Copiapó) hasta un poco más al norte del río Elqui por la parte central (paralelo 29° 45' S) y paralelo 28° 30' S por la parte costera e interior.

Es una zona que tiene densas formaciones de matorrales, por lo menos en los valles y en los cuales se realizan cultivos típicos de zonas mediterráneas, como es el caso de olivares.

La sequedad de esta zona está moderada en la costa por la alta humedad y las neblinas persistentes, en los valles interiores por la proximidad de los ríos y en la banda pre-andina por el aumento de la pluviosidad.

En la zona costera se tienen 9 a 10 meses absolutamente áridos en la costa, 11 en el interior y 9 en la parte pre-andina. Ningún

mes es suficientemente húmedo, siendo los más favorables de condiciones semi-áridas. Sobre 2.000 m de altitud hay 3 a 4 meses temperados fríos.

En la zona central la temperatura media es de 16,0°C, la media máxima es de 24,5° C, la media mínima 8,0° C, la humedad relativa 65% y la pluviosidad 25 mm. Los mismos valores en la costa son respectivamente: 16,5° C, 20,0° C, 13,0° C, 75% y 20-25 mm; en el área pre-andina: 11,0° C, 16,5° C, 7,0° C, 25 a 30% y 50-75 mm. La atmósfera es pues excepcionalmente seca en las cercanías de Los Andes.

Los suelos son rojos desérticos, a veces bastante profundos. En la zona costera hay suelos pardos a rojizos, más evolucionados que los del interior. Cerca de Los Andes existen suelos pardo cálcicos.

La vegetación dominante es el jaral (se mi-desierto) de Caméfitas y Cactáceas, cuya densidad crece hacia la costa y el sur. Sobre las colinas y los valles costeros, donde se ha ce sentir la influencia de la neblina, se en cuentran asociaciones a veces muy densas de Euphorbia lactiflua y Cactáceas. A lo largo de los ríos, donde la permeabilidad de los sue

los permite la subida de las aguas subterráneas, hay sabanas de chañar (Geoffroea decorticans). En esta zona aparecen los espinos (Acacia caven) más septentrionales

Las modificaciones antropógenas son evidentes, especialmente en los valles con los cultivos irrigados y en la parte meridional con el pastoreo de cabras.

- 2.2. Zona mediterránea árida. Se encuentra entre la zona anterior y el paralelo $32^{\circ} 40' S$ que corresponde aproximadamente a la Cuesta El Melón, norte del río Aconcagua. Como en los otros casos, por la parte costera y andina el límite se desplaza hacia el norte, llegando hasta aproximadamente la desembocadura del río La Ligua ($32^{\circ} 20' S$) en la parte costera y algo más al norte por la parte andina.

Esta región, en la cual la aridez es siempre un rasgo dominante, se distingue de la precedente por la fisonomía más claramente mediterránea y el decrecimiento marcado de la influencia desértica. El período seco descende a 8 - 9 meses áridos, con 3 - 4 meses sub-húmedos en invierno, y ausencia de período frío. Las diferencias climáticas entre la costa y el interior están en el mismo orden señalado ante

riormente, pero las influencias marinas penetran a menudo profundamente a lo largo de los valles transversales.

En la costa la temperatura media es de $14,7^{\circ}\text{C}$, la media máxima es de $18,3^{\circ}\text{C}$, la media mínima es de $11,5^{\circ}\text{C}$, la humedad relativa 82% y la pluviosidad 115 mm. Los datos correspondientes en el interior son $15,5^{\circ}\text{C}$, $24,0^{\circ}\text{C}$, $8,5^{\circ}\text{C}$, 65% y 145 mm. Las lluvias aumentan hasta 200 - 300 mm hacia el sur de la zona.

El principal factor de limitación climática, además de la aridez, es la extrema variabilidad anual de las lluvias, con alternancia de años favorables con otros extraordinariamente secos.

Los suelos corresponden al grupo llamado pardos cálcicos. En los "Altos de Talinay" (Fray Jorge) hay suelos pardos forestales típicos. También hay redzinas.

La vegetación de la zona ha sido fuertemente alterada por extracción de leña para combustible y sobrepastoreo. En los cerros de la costa la formación corresponde a un bosque esclerófilo con dominancia de Mirtáceas del que esta zona es el límite septentrional. Como consecuencia de la intervención humana esta ve

getación se ha transformado en una estepa ar
bustiva. En el interior, o sobre las terrazas
marinas, se encuentran matorrales espinosos
densos o también sabanas arbóreas en los terre
nos con menor intervención. Donde ésta ha si
do más intensa se tiene una estepa empobreci
da, situación que es la más generalizada en el
área.

En esta zona se encuentran también algu
nos casos particulares de bosques templados hi
grófilos cuya existencia ha sido motivo de va
rias hipótesis. Es el caso de los Bosques de
Fary Jorge y Talinay, al norte y sur respecti
vamente de la desembocadura del río Limarí y
Santa Inés, en Pichidanguí. Estos bosques se
mantienen debido a las abundantes neblinas
existentes en dichas áreas.

La zona mediterránea árida ha sido extre
madamente intervenida por el hombre en cuanto
a desmonte, monocultivo repetido de cereales y
excesiva densidad de cabras.

- 2.3. Zonas mediterránea semi-árida y mediterránea
sub-húmeda. Ambas zonas se examinarán conjun
tamente por cuanto los principales factores
ecológicos son los mismos y solamente la ari
dez revela una disminución progresiva hacia el
sur.

La zona mediterránea semi-árida se encuentra desde el límite con la anterior y el río Maipo por el sur. La zona mediterránea sub-húmeda se encuentra entre dicho río y el área de Cauquenes y Linares por la parte interior (Paralelo 36° S).

El rasgo típico de estas zonas es la presencia de un llano longitudinal flanqueado por una cordillera costera bien desarrollada que impide la penetración de las influencias marítimas.

El promedio de duración de la aridez es de 7 meses en la región mediterránea semi-árida y de 5 - 6 meses en la sub-húmeda. Hay además en las dos regiones, 1 - 2 meses semi-áridos.

En la zona interna, el promedio de la temperatura de los tres meses de invierno está por debajo los 10° C mientras que en la costa no hay período frío.

Los datos climáticos en las regiones mediterráneas semi-áridas y sub-húmedas son respectivamente las siguientes: promedio temperatura: 15,0° C y 14,5° C; promedio temperaturas máximas: 23,0° C y 21,5° C; promedio temperaturas mínimas: 7,0° C y 7,5° C; humedad relativa

va: 67 y 73%; pluviosidad: 330 y 700 mm. Las mínimas, ligeramente más elevadas en la región meridional, son la consecuencia de la disminución de las influencias continentales y de la infiltración de tendencias oceánicas debido a que la cordillera baja de altura.

Las áreas costeras y pre-andinas presentan disminución de las temperaturas medias, la humedad relativa en las primeras llega a 80% y en las segundas a 60%. La pluviosidad en ambas áreas es también superior al promedio llegando, en la zona mediterránea semi-árida a 400 mm en el área costera y 600-700 mm en el área pre-andina.

Los suelos de estas zonas corresponden a los pardos no cálcicos y en la precordillera andina hay suelos pardos forestales.

En la vegetación se observa una diversidad comparable a la de la zona precedente. Así, se tienen estepas arbustivas sobre las terrazas litorales, bosques esclerófilos ralos en la Cordillera de la Costa generalmente degradados y reducidos a una formación espinosa, sabana con espino en llano central y áreas adyacentes, sabanas, bosques abiertos y formaciones espinosas en la zona pre-andina y estepas en altitudes más elevadas.

En estas zonas las transformaciones an
tropógenas han sido muy intensas ya que la den
sidad humana es la más elevada del país.

III. ACCION DEL INGENIERO FORESTAL EN EL MANEJO DE ZONAS ARIDAS.

Es muy importante el rol que desempeña el Ingeniero Forestal en el manejo de zonas áridas por cuanto debe intervenir en:

- La regeneración y conservación de la vegetación y consecuentemente de los suelos;
- La recuperación de áreas degradadas;
- Las operaciones de pastoreo;
- La producción de agua;
- Las operaciones agrícolas;
- El aprovisionamiento de madera para leña, postes, embalajes y construcción;
- La producción de cortezas, hojas medicinales, taninos, miel y otros;
- El manejo de la vida silvestre;
- El manejo recreacional y turístico.

1. Conservación de la vegetación y recuperación de áreas degradadas.

En relación a estos aspectos se puede señalar que, en aquellos lugares donde aún se mantiene

vegetación susceptible de ser manejada, se pueden aplicar las técnicas silvícolas que se verán más adelante.

En los sectores donde existe un deterioro de la vegetación y del suelo, en casos más extremos, las técnicas a utilizar son generalmente de tipo artificial o bien una combinación de métodos de silvicultura natural y artificial. En los casos de degradación extrema se debe enfatizar el papel del ingeniero forestal en el control de dunas, que constituyen una de las manifestaciones más evidentes de la erosión y de las cuales existen numerosos ejemplos en el litoral árido de Chile.

2. Economía Pastoral.

En las zonas áridas uno de los principales objetivos que permite manejar áreas extensivas de vegetación es el pastoral. El ingeniero forestal va a encontrarse en la mayoría de los casos, con terrenos que son de aptitud mixta, forestal-ganadera, y en muchas ocasiones, este tipo de manejo será el único rentable desde el punto de vista socio-económico. Ello implica el trabajo en equipo entre profesionales forestales y del agro, los cuales deberán manejar los terrenos considerando los principios básicos del manejo pastoral que dicen relación con el tipo de ganado a utilizar de acuerdo a las condiciones del medio, carga animal, ajuste estacional y rotación del ganado.

Además de lo anterior, los profesionales involucrados deben participar en otros aspectos:

- 2.1. Plantaciones con especies forrajeras. Las plantaciones con especies forrajeras arbustivas o arbóreas (Acacia, Prosopis, Atriplex y otras) permiten aumentar en forma muy significativa la producción de alimento y la capacidad sustentadora en carga animal. Fundamentalmente se trata de proporcionar proteínas durante la época seca, situación que puede permitir rentabilizar las operaciones de forestación, que son de elevado costo.
- 2.2. Tratamiento de arbustos o árboles forrajeros. Una vez instalado el recurso forrajero este debe ser sometido a tratamiento en lo que se refiere a la manera como va a ser utilizado el recurso por los animales. Se debe hacer hincapié en aspectos tales como el desrame abusivo, época y duración del talajeo, resiembra natural, etc.
- 2.3. Uso silvo-pastoral. En los casos anteriores, los arbustos o árboles son los que proporcionan el alimento para el ganado. Ocurren otras situaciones en que vegetación forestal usada con otros fines puede combinarse con producción forrajera. En la región de clima mediterráneo en Chile se tiene el quillay, especie

cuya corteza constituye un valioso producto para la exportación. Generalmente esta especie se encuentra en formaciones abiertas que permiten el desarrollo de gramíneas. Ello permite usar esos terrenos con doble finalidad: los árboles dan un producto, la corteza, y las gramíneas permiten realizar una ganadería extensiva.

Un adecuado manejo silvo-pastoral, con la participación de ingenieros forestales y otros profesionales del agro, puede permitir el máximo aprovechamiento de dicha alternativa.

- 2.4. Fuego de matorrales. Los incendios son muy frecuentes durante la estación seca en áreas de clima mediterráneo. En este campo el ingeniero forestal tiene una importante actividad en lo que se refiere a planificar la prevención, presupresión, detección y supresión.

3. Producción de agua.

Este aspecto adquiere fundamental importancia en las zonas áridas y semi-áridas, especialmente en las de clima de tendencia mediterránea, que resultan muy atractivas para ser habitadas por el hombre, lo que se traducen en un aumento de la población.

ción con las consiguientes necesidades de agua. El ingeniero forestal puede influir en la producción de agua, tanto en sus aspectos cuantitativos como calitativos, mediante el aprovechamiento de las neblinas costeras y el manejo de la vegetación en las cuencas receptoras de lluvias, márgenes de ríos, etc.

4. Operaciones agrícolas.

En las zonas áridas, la agricultura está restringida a ciertas áreas favorables como es el caso de fondos de valles, oasis y cajas de ríos. El ingeniero forestal también puede desempeñar un importante papel en el aumento de la producción de las áreas agrícolas como se verá a continuación:

4.1. Cultivos regados. En los cultivos agrícolas el profesional forestal puede establecer una red de cortinas cortavientos que permiten aumentar los rendimientos de las áreas protegidas en forma mucho más importante que en regiones de climas más húmedos.

4.2. Protección de embalses, tranques y canales de regadío. Mediante estructuras de conservación de suelos, instalados en las laderas adjuntas y en los afluentes, combinado con un tratamiento vegetal, se pueden proteger las diferentes obras de regadío.

- 4.3. Especies forestales para incrementar los cultivos agrícolas. En las zonas cultivadas y ganaderas, la introducción de ciertas especies permite enriquecer los suelos y aportar un apoyo forrajero importante a los animales o incrementar la producción agrícola.

Se ha constatado que la vegetación, principalmente herbácea, es muy abundante bajo la sombra de espino que bajo la de otras especies o al descubierto. A menudo se ha hablado de la fijación del nitrógeno atmosférico por los nódulos de las raíces de las leguminosas, pero en este caso es poco probable que así sea, debido a que casi la totalidad del sistema radical profundiza rápidamente en el suelo en búsqueda del agua, por lo que parece poco probable que los horizontes superficiales del suelo sean significativamente enriquecidos de esta manera. En cambio, la copa poco densa, permite la llegada de suficiente luz al suelo, pero al mismo tiempo lo protege contra las variaciones térmicas extremas que ocurren en terreno descubierto. Ello se traduce en una mayor cantidad de micro-organismos, los cuales pueden entrar en actividad desde las primeras lluvias, período en que caen las hojas. La cobertura muerta y las deposiciones del ganado que ha pastoreado bajo las especies y de los pájaros que se instalan en la copa son inmediatamente y completamente transformadas en humus.

Estudios realizados en la sabana africana con Acacia albida han demostrado la influencia de dicha especie sobre la fertilidad del suelo y la capacidad de retención del agua (Giffard, 1964 y 1971). Se ha determinado que, en las áreas bajo las copas de Acacia, la fertilidad del suelo aumenta en más de un 100% en relación a sectores adyacentes descubiertos. Ello se traduce en que los rendimientos de los cultivos ubicados bajo Acacia son cinco a seis veces superiores a los ubicados fuera de su área de acción.

Debido a lo anterior se maneja ese tipo de vegetación para incrementar los rendimientos de cultivos agrícolas y de pastizales.

5. Aprovisionamiento de madera para leña, postes y construcción.

El problema del abastecimiento de madera para la población se plantea de manera diferente según se trate de una zona densamente poblada o no, o en una zona donde el precio del agua es alto o bajo.

En las zonas poco pobladas, la vegetación arbórea generalmente sigue siendo abundante y la simple cosecha de madera muerta permite asegurar, a bajo costo, el aprovisionamiento de combustible.

En cambio, en las zonas pobladas, la vegetación arbórea prácticamente ha desaparecido. Si el agua es poco cara, lo que ocurre esencialmente en los bordes de los ríos, no se puede vacilar en programar plantaciones regadas que permitirán aprovisionar las ciudades o industrias locales. En este caso, los rendimientos obtenidos con las especies de rápido crecimiento superan a $25 \text{ m}^3/\text{há/año}$. En la caja del río Limarí, en las cercanías de la ciudad de Ovalle, existen plantaciones de Eucalyptus globulus que tienen crecimientos superiores a $45 \text{ m}^3/\text{há/año}$, lo que las ubica entre los mejores obtenidos en el país con eucalipto. Además, estas especies del género Eucalyptus retoñan bien de tocón con lo cual los costos de regeneración son prácticamente nulos.

En el caso de que el agua sea cara no se puede pensar en plantaciones regadas y por lo tanto se debe recurrir a plantaciones en secano. Para que éstas tengan éxito necesitan importantes inversiones, 120 a 200 dólares por hectárea. Por otra parte, su crecimiento va a ser lento, por lo que es poco probable que exista interés para forestar con estos fines.

La solución puede ser tratar de promover la regeneración natural en sectores aún no degradados o bien traer combustible de otras regiones, lo cual puede hacerse transportando el combustible bajo

la forma de carbón, permitiendo reducir los costos de transporte. Un análisis similar puede realizarse para el abastecimiento de postes de cerco, rodrigo nes viñateros, madera para construcción y rollizos para la refinación del cobre.

6. Aprovisionamiento de otros productos forestales.

En las zonas áridas, los productos tales como frutos alimenticios para el hombre, cortezas, hojas medicinales, taninos, miel y otros adquieren especial importancia. Muchos de estos productos son exportables y de demanda creciente, y por lo tanto el manejo de la vegetación con estos fines pueden ser de gran interés económico, especialmente cuando se combina con otros usos del recurso.

7. Manejo de áreas silvestres.

El ingeniero forestal, también participa en programas de desarrollo turístico y recreacional y en el manejo de la vida silvestre. Dichos programas forman parte de un plan de manejo integral de áreas silvestres, en el desarrollo de los cuales de ben participar equipos multidisciplinarios de profesionales. En estos equipos debe estar integrado el ingeniero forestal y aún más, este profesional debe promover y coordinar su acción, atendiendo a su for mación más generalista, que incluye, en forma equili brada disciplinas tales como ecología, silvicultura, economía y administración.

PROBLEMAS SILVICOLAS.

Los objetivos fundamentales de la silvicultura son la mantención y el aumento de la productividad de masas o terrenos forestales, de modo que proporcionen el máximo de beneficios en un período de tiempo lo más reducido posible. Ello se logra a través de las diferentes líneas de acción de la silvicultura que son fundamentalmente: 1) Control de la composición del rodal, en beneficio a las especies más productivas de acuerdo a los objetivos del plan de manejo; 2) Control de la densidad del rodal para lograr el óptimo aprovechamiento del sitio; 3) Control de la longitud de la rotación; 4) Forestación de áreas degradadas, que permite el ingreso a la producción de terrenos actualmente improductivos; y 5) Medidas de protección contra agentes bióticos y abióticos.

Las acciones señaladas se concentran en una o en las dos partes del campo de la silvicultura: la regeneración y las cortas intermedias. En el primer caso se trata de la reposición del recurso cuando éste es explotado para su aprovechamiento o bien de su creación cuando se tienen terrenos de aptitud preferentemente forestal sin vegetación susceptible de ser manejada. El segundo caso se refiere al tratamiento de vegetación natural en etapas de desarrollo intermedio, es decir, que aún no llegan a tamaños explotables. También se incluye aquí el tratamiento de vegetación instalada artificialmente.

El primer tipo es el que plantea mayores particularidades en el caso de zonas áridas, motivo por el que será objeto del análisis posterior, el cual considerará los dos métodos generales de regeneración: la regeneración natural y la regeneración artificial. La primera implica una intervención activa del profesional forestal el cual planifica el tratamiento, interviene la vegetación original que servirá de fuente de semillas o de retoños, interviene el suelo, la vegetación accesoria, la vida silvestre, etc., pero no manipula directamente las semillas o las plantas. En cambio, en la segunda, el profesional instala semillas o plantas provenientes generalmente de un vivero en el lugar a repoblar.

A. Regeneración Natural.

En este caso, la silvicultura persigue la utilización de las semillas que caen al suelo o de los retoños que se producen sobre los tocones de ciertas especies luego de la corta. De este modo, la corta de explotación es el instrumento de la regeneración, sea provocando la retoñación de los tocones, sea favoreciendo la producción de semillas de ciertos ejemplares y el crecimiento de las plántulas resultantes de las semillas que han caído, mediante el aclareo y la limpieza del suelo que ella implica.

1. Regeneración natural por semillas.

En las zonas secas este modo de regeneración es muy difícil de obtener, por cuanto las semillas caen sobre un suelo demasiado seco, a veces compactado o cubierto con un tapiz herbáceo con lo que difícilmente germinan. La regeneración de los árboles de estas zonas se efectúan solamente durante ciertos años particularmente favorables en cuanto a cantidad y distribución de las lluvias. Lo anterior implica un invierno relativamente lluvioso y una primavera en que las precipitaciones se prolonguen hasta bastante avanzada la estación.

Si la producción de semillas es abundante (factor que no constituye una limitante significativa en zonas áridas), un cierto porcentaje de ellas germina desde las primeras lluvias en otoño, pero las plántulas no sobrevivirán más que si el medio permanece suficientemente húmedo. Es preciso que la estación lluviosa se prolongue lo suficiente como para que las plántulas puedan desarrollar profundamente sus raíces. La alternativa es efectuar un trabajo intenso del suelo que permita captar y mantener la humedad y profundizar rápidamente el sistema radical.

La variabilidad anual y geográfica de las lluvias explica la aparición de regeneración solamente en ciertos años y sobre áreas bien localizadas.

El pastoreo incontrolado constituye otra de las causas fundamentales del fracaso de la regeneración natural por semillas, por cuanto el pisoteo contribuye a compactar los suelos, de por sí afectados por la escasez de vegetación protectora. Ello impide la germinación de las semillas o si ocurre, dificulta el desarrollo de las plántulas.

No obstante lo anterior, en ciertos casos el ganado constituye un eficaz medio para dispersar las semillas y promover la germinación de ciertas especies de Acacia y Prosopis. Las vainas son consumidas por los animales y las semillas rompen su latencia luego del paso por el sistema digestivo de aquellos.

La regeneración que logra producirse debe tropezar aún con otros factores desfavorables:

- Ella va a afrontar la primera estación seca y si las plantas no han tenido tiempo de desarrollar adecuadamente sus raíces se secarán más o menos rápidamente y la regeneración se pierde.

- Si ha ocurrido una estación lluviosa favorable, ésta ha favorecido paralelamente con la regeneración, el crecimiento de la hierba, la cual después se va a secar. Como consecuencia de ello los riesgos de incendio son altos y si el fuego se produce, el repoblado desaparecerá.

- El ganado que permanece en los cerros durante algunos meses mientras aún hay forraje disponible puede eliminar rápidamente la regeneración producida.

- Finalmente, otro factor decisivo en el fracaso de la regeneración natural por semillas en zonas áridas es el aumento excesivo de la población de roedores que ocurre en ciertos sectores como consecuencia del desequilibrio ecológico producido por el hombre.

Por las razones anteriormente señaladas es muy difícil encontrar regeneración natural por semillas de especies tales como Quillay (Quillaja saponaria), Litre (Lithraea caustica) y otras, excepto en condiciones particularmente favorables muy localizadas, como ser, micro-relieves en forma de pequeñas concavidades que permiten acumular humedad, sectores protegidos contra el ganado y la insolación excesiva, como es el caso de las inmediaciones de los espinos pequeños o fondos de quebradas donde además, se produce una acumulación de hojarasca que permite la germinación de especies como el Peumo (Cryptocarya alba).

El último período de sequía, que alcanzó su punto culminante en 1968 y 1969 ha dificultado aún más la regeneración natural por semillas, lo que se ha traducido en un envejecimiento general de la

vegetación arbórea de la zona centro-norte. Paralelamente, la sequía ha ocasionado un desequilibrio en el abastecimiento de agua de los árboles habiéndose secado los menos resistentes, lo que ha acentuado los procesos erosivos, factor que contribuye a frenar la regeneración arbórea y arbustiva.

Como conclusión, se puede afirmar que, fuera de excepciones relativamente raras, la regeneración natural por semillas no puede servir de base, en los climas áridos, para programas de repoblación de envergadura.

2. Regeneración natural por retoños de tocón.

El tratamiento de monte bajo es prácticamente el único susceptible de ser utilizado como método de regeneración natural ya que la mayoría de las especies forestales de las zonas áridas retoñan bien de tocones. Esta capacidad para retoñar ha permitido la conservación de la vegetación leñosa en muchos sectores del país. En efecto, después de las explotaciones que se han efectuado para obtener combustible, de incendios y de otras causas de destrucción, aparecen retoños sobre los tocones. De hecho, gran parte de la vegetación leñosa de las zonas áridas y semi-áridas de Chile se presentan bajo la forma de masa de monte bajo.

Aún cuando el fuego puede ser el origen de un monte bajo, se transforma en un serio peligro cuando éste está en etapa inicial de desarrollo, ya que puede destruir los retoños recientes e incluso los tocones.

Por otra parte, los retoños recientes son especialmente apetecidas por el ganado debido a que por su rápido crecimiento son de constitución poco lignificada, motivo por el cual durante los primeros años los animales deben quedar excluidos de los sectores en regeneración.

La corta de monte bajo tiene la ventaja de aumentar la densidad vegetal sobre cada tocón, lo que se traduce en una mejor cobertura del suelo y en un aumento de la producción leñosa por hectárea, pero a menudo en detrimento del diámetro medio de los retoños. Árboles que pueden producir madera aserrable de grandes dimensiones se transforman en un grupo de retoños de dimensiones menores que solamente producen leña u otros productos similares. O sea, se gana en cantidad, pero no en calidad. Por lo tanto, esta técnica se recomienda cuando el tipo de producto esperado es leña, carbón, cortezas, hojas medicinales, hojas y frutos para forraje, postes de cerco y otros que, en general, constituyen los productos forestales más susceptibles de obtener en zonas áridas.

No obstante lo anterior, se han producido casos en que ejemplares de Eucalyptus introducidos artificialmente en la sabana africana, crecieron con muy mala forma. Luego de la explotación retoñaron, produciendo ejemplares de mucho mejor forma que los de la generación precedente. Ello posiblemente se debió a una mayor densidad inicial, obtenida por el monte bajo. Por otra parte, mediante cortas intermedias tales como los raleos, se pueden producir ejemplares con diámetros aceptables para la producción maderera.

La técnica de corta debe ser efectuada de acuerdo con las normas clásicas de explotación de un monte bajo, en lo que se refiere a cortar los más cerca posible del suelo, en forma inclinada, dejando la superficie lisa sin rugosidades y efectuando la intervención en la época de receso vegetativo.

El problema mayor del método de monte bajo lo constituye la longevidad de los tocones y la imposibilidad de regenerar indefinidamente un rodal mediante este sistema. Al respecto, no se conoce el número de veces que han retoñado los tocones de las especies nativas de Chile. En el caso del Eucalyptus globulus, en la zona de Santiago, los tocones son capaces de producir retoños durante tres a cuatro rotaciones.

B. Regeneración Artificial.

Como consecuencia del estado generalizado de degradación de la vegetación en las zonas áridas y la consiguiente dificultad para mejorar mediante manejo la vegetación arbórea y arbustiva, la forestación constituirá, preferentemente, el primer tratamiento silvícola para iniciar el manejo forestal de esas zonas. En este sentido, se analizarán en forma general, algunos de los aspectos más relevantes de las repoblaciones en zonas áridas.

1. Elección del sitio.

En las zonas áridas las condiciones del sitio varían frecuentemente mucho en distancias muy cortas, lo que implica el aumento de las probabilidades de cometer errores cuando se generalizan, sin mayor estudio, las posibilidades de una especie para ser introducida o técnica a emplear en una zona determinada.

Para la planificación de trabajos silvícolas en una región se deben establecer previamente unidades en base a parámetros ecológicos que a su vez nos determinan unidades de tratamiento silvícola. Estas unidades ecológicas están determinadas, en primer término, por características climáticas. Por ejemplo, en las zonas de climas mediterráneo árido, se pueden distinguir zonas de influencia marina

directa, zonas interiores de clima comparativamente más riguroso y zonas precordilleranas y cordilleranas, donde se acentúan las bajas temperaturas, pero en cambio, se dispone de mayor humedad.

En cada una de dichas unidades generales climáticas se pueden distinguir algunas unidades más pequeñas determinadas por diferencias edáficas. Así por ejemplo, en las terrazas marinas costeras de la IV Región, se tiene una unidad de suelo que se encuentra aproximadamente entre la quebrada El Teniente y el río Choapa y cuya característica fundamental es la de presentar un horizonte B con hardpan arcilloso que impide la percolación del agua de lluvias y dificulta la penetración radicular.

Lo anterior puede señalarse como ejemplo de una unidad ecológica a la cual pueden hacerse extensivos los ensayos de introducción de especies y de tratamiento silvícola. Sin embargo, dentro de dichas unidades existen otro tipo de variaciones que determinan diferencias bastante significativas. Una situación bien característica la constituyen las diferencias de exposición.

La observación de la vegetación del lugar constituye el elemento de juicio más útil para definir un sitio como indicador de las condiciones ecológicas del mismo. Pero frecuentemente se encuentra degradada por la acción antropógena en cuyo caso no representa realmente el potencial de la estación.

Otras características tales como varia
ciones de relieve, posición, altitud, etc., condicio
nan también potencialidades muy diferentes en áreas
relativamente pequeñas. Ello induce a elegir los lu
gares más favorables cuando se pretende iniciar pro
gramas de forestación.

2. Elección de especies.

En la elección de especies para refores
tación en zonas áridas se deben considerar fundamen
talmente dos aspectos: la finalidad de la repobla
ción y su capacidad de adaptación a las condiciones
ecológicas de las áreas disponibles para reforestar.

En relación al segundo aspecto, se puede
señalar que, en general, las especies nativas son
más adecuadas, por cuanto están más adaptadas a las
condiciones del lugar. Sin embargo, por tratarse en
muchos casos de áreas degradadas no siempre es posi
ble re-instalar especies nativas, excepto cuando se
usan previamente especies pioneras que mejoran las
condiciones del lugar.

Los trabajos de reforestación en zonas
áridas son de alto costo lo que obliga a efectuarlos
sobre una base razonable de antecedentes que permi
tan disminuir al máximo las posibilidades de fraca

so. Dentro de dichos antecedentes uno de los más importantes se refiere a la determinación de las especies más adecuadas para reforestar un área determinada.

Entre las especies nativas arbóreas que se han ensayado desde el río Limarí al sur, la única que hasta el momento ha dado buenos resultados de supervivencia y desarrollo es el quillay, debido a su gran plasticidad. En cambio, especies como el espiño, el algarrobo, el peumo, la tara (Caesalpinea spinosa) y el belloto, han dado resultados negativos cuando se han ensayado bajo condiciones edáficas diferentes a las de su zona original. (Vita, 1977).

Por otra parte, existen especies exóticas que se adaptan mejor que las nativas, especialmente en condiciones de degradación, presentando una alta supervivencia, buen desarrollo y una productividad muy superior a la de especies nativas. Tal es el caso del Pino insigne (Pinus radiata) en la zona costera de la V Región, de algunas especies de Eucalyptus más hacia el norte y especies forrajeras como Acacia cyanophylla en la IV Región.

Entre los factores bióticos del medio que tienen especial importancia para la elección de especies en zonas áridas, se debe considerar la presencia de roedores y lagomorfos. Debido al desequilibrio ecológico en ciertos sectores la población de

ratones, conejos y liebres ha aumentado a niveles muy difíciles de combatir y constituyen un elemento importante en la pérdida de plantaciones con especies apetecidas por dichos animales.

En la elección de las especies es preferible utilizar aquellas que proceden de condiciones ecológicas análogas. Sin embargo, existen numerosos ejemplos de especies exóticas que crecen muy bien en climas y latitudes muy diferentes a los de su habitat nativo, razón por la cual no se deben aplicar rigurosamente los conceptos de homoclimas al seleccionar las especies.

Se ha señalado que, debido al estado de degradación de muchos sectores de las zonas áridas, a veces resulta muy difícil reforestar con las especies nativas que antes se encontraban en dichos sectores. Por otra parte, se tiene el fenómeno de la plasticidad. Como consecuencia de ello, lo más adecuado es la realización de ensayos de introducción de especies, que consideren los aspectos anteriores como base de selección de especies para ser utilizadas en los ensayos, los cuales pueden involucrar especies exóticas y nativas. Estos ensayos de introducción de especies constan de tres etapas, no siendo necesaria la finalización de una para iniciar la siguiente.

En la primera etapa se efectúan ensayos de eliminación de especies, para lo cual se plantan en pequeñas parcelas unos 16 a 20 ejemplares por especie con el objeto de probar un gran número de especies y eliminar las inútiles del modo más económico y rápido posible. Considerando que algunas especies son de crecimiento inicial lento estas parcelas de selección se evalúan por lo menos durante cinco años y hasta que no transcurre ese período no se considera fracasada ninguna especie.

La plantación realizada se repite dos o tres veces en años sucesivos para disminuir la influencia de posibles años desfavorables u otras causas que puedan descartar una especie sin justificación. En esta etapa se evalúa la supervivencia, vigor y el crecimiento en altura de los ejemplares registrándose las causas de los fracasos.

En la segunda etapa, las especies que han tenido éxito en la etapa precedente se ensayan nuevamente en parcelas con mayor número de ejemplares, generalmente de una superficie mínima de 400 m² y que contengan entre 60 y 120 ejemplares. Estas parcelas se deben disponer según un diseño apropiado susceptible de análisis estadístico. Las evaluaciones registran la supervivencia, el vigor, la altura, los diámetros y más adelante, la forma del fuste, hábito de ramificación y otros aspectos. Los controles se realizan anualmente durante los tres o cuatro

primeros años, después de lo cual el intervalo de evaluación puede aumentarse a un período de 2 a 5 años. La duración de los ensayos de esta etapa va rían desde la mitad hasta una rotación completa. En esta etapa se evalúa fundamentalmente el desarrollo de las especies y su comportamiento en rodales.

En la tercera etapa se evalúa cuantitati vamente el rendimiento del cultivo en condiciones de plantación incluyendo los efectos de cortas interme dias. Para ello, las especies que en la etapa ante rior dieron resultados positivos se ensayan de nuevo en parcelas mayores de 0,2 a 2 ha. Es preferible realizar repeticiones, pero la gran extensión de las distintas parcelas generalmente limita la posibili dad de hacerlo. En esta última etapa, simultáneamen te se pueden realizar ensayos de procedencia. Por otra parte se puede analizar el efecto de las espe cies sobre el medio, principalmente en lo que se re fiere al suelo y a la fauna.

3. Semillas.

Una vez elegida la especie el siguiente problema que se presenta es el de la obtención de las semillas. Para ello es preciso poner especial énfasis en lo que se refiere al origen geográfico. Además, si la semilla va a ser recolectada directa mente, habrá que considerar rodales e incluso ejem plares seleccionados dentro de cada origen geográfi

co. En Chile se realizó un estudio con quillay que demostró que el efecto de este último aspecto era muy significativo en los resultados obtenidos en la repoblación (Vita, 1970).

Luego de recolectadas las semillas o los frutos que las contienen, éstas se extraen, se limpian y si es necesario, se almacenan. En general, las semillas de las especies de zonas áridas se almacenan en un ambiente frío y seco. Solamente semillas de gran tamaño, como las de belloto (Beilschmiedia miersii) o carnosas, como el peumo, se almacenan en frío-húmedo.

Un aspecto que es necesario destacar es el relacionado con los pretratamientos de las semillas para aumentar la capacidad y energía germinativa. Con algunas de las especies de zonas áridas, como es el caso del quillay, no es necesario efectuar ningún tipo de pre-tratamiento, ya que gran parte de las semillas germinan y en forma rápida. Pero con otras, en general especies de los géneros Acacia y Prosopis, es preciso someterlas a pre-tratamiento.

Para conocer el tipo de pre-tratamiento que se debe aplicar a la semilla de una especie de terminada es necesario estudiar lo que ocurre en la naturaleza. En las especies de climas fríos las semillas caen en otoño y permanecen en estado latente hasta la primavera, como medio de defenderse del

frío. En este caso se tiene una latencia del em
brión. En algunas especies de zonas áridas, las se
millas presentan latencia de la testa. Estas caen
en otoño o a fines de verano. Si germinaran fácil
mente con una lluvia de otoño, las plántulas podrían
morir posteriormente por falta de agua.

Como consecuencia esas semillas tienen
latencia de la testa, lo que se traduce en una pro-
longación de la época de germinación, de modo que al
gunas de las semillas tengan la posibilidad de produ-
cir plántulas solamente después de varias lluvias y
así puedan sobrevivir.

Las semillas de testa dura al ser arras-
tradas por el viento y ser golpeadas contra las aspe-
rezas del suelo sufren la rotura de la testa lo que
facilita su germinación. Otras veces como ocurre
con el espino, son consumidas por animales, (por
ejemplo cabras) y luego expulsadas junto con las de-
posiciones produciéndose abundante regeneración. El
primer caso nos sugiere una escarificación mecánica;
el segundo, un pre-tratamiento con ácido.

4. Reforestación por siembra directa.

En las zonas áridas, la siembra directa
no constituye una técnica de reforestación muy segu-
ra, por cuanto depende mucho de la cantidad y distri-
bución de las lluvias que, como se sabe, son muy
irregulares en esas zonas.

Solamente en la India, ciertos lugares de la sabana africana y en Australia, se usa con éxito el método con especies del género Acacia. De los ensayos realizados en Chile ha dado muy buenos resultados el espino, superando los métodos de plantación (Stohr, 1969).

Además se emplea con Ambrosia chamissonis en las dunas de Ritoque, V Región y más al norte, en la IV Región, con algunas especies forrajeras.

5. Viveros.

El método más seguro de repoblación en zonas áridas es la plantación, técnica que implica previamente la formación de plantas en viveros.

El objetivo fundamental del vivero es producir plantas de desarrollo y vigor óptimo que permita la mayor supervivencia y crecimiento inicial en terreno. Este es uno de los aspectos claves para tener éxito en las plantaciones en zonas secas.

El manejo de viveros forestales se basa en algunos principios generales que son comunes para cualquier región respecto a los cuales se han escrito numerosos textos. En este caso se hará referencia exclusivamente a aquellos aspectos más fundamentales que caracterizan a los viveros en zonas áridas.

En este sentido, una de las particularidades más importantes es la producción de plantas en macetas, situación que es necesaria para la gran mayoría de las especies. Escapan a lo anterior el Pino insignie, el que sin problema se cultiva a raíz desnuda en la V Región y Área Metropolitana y las especies que se reproducen por vía vegetativa, como es el caso de los Tamarix y algunas Salicáceas que se emplean en plantaciones en cajas de ríos.

La plantación en macetas tiene las ventajas de ser más segura y permite alargar la época de plantación. Sus inconvenientes son el mayor costo de material y transporte, ocupación de mayor superficie de vivero y necesidad de grandes cantidades de suelo por la continua extracción de tierra contenida en las macetas. En todo caso sus ventajas son decisivas para determinar su uso en zonas áridas.

Como maceta se han utilizado diferentes materiales: bloques de tierra, arcilla, papel impermeable, cartón, tarros de hojalata y otros. Actualmente lo que se usa más es la maceta de polietileno, que tiene la ventaja de ser económica, liviana y fácil de manejar. Generalmente su diámetro varía entre 8 y 12 cm. y su largo de 20 a 30 cm., lo que implica un contenido de hasta 1.200 cm^3 de tierra con un peso aproximado de 1,8 kg. En España se usan bolsas pequeñas entre 5 y 6,5 cm de diámetro y 15 a 20 cm de largo, lo que implica un peso entre 0,5 y 0,6 kg. (Navarro, 1975).

Constituyendo el transporte uno de los principales ítem de costo en la Sabana Africana se está investigando la posibilidad de emplear bolsas más pequeñas de 10 a 15 cm de largo. (Laurie, 1975).

La mezcla de tierra que va a contener las macetas debe ser liviana, pero cohesiva; debe retener el agua, pero no formar barro cuando se riega, ni endurecerse cuando se seca. Debe contener suficientes nutrientes, los cuales se pueden agregar como fertilizantes artificiales y en caso necesario, se añaden insecticidas.

Los ingredientes de las mezclas de tierra varían mucho de un país a otro. En Chile no se ha determinado cual es la mezcla ideal para las especies que se cultivan en las zonas secas. Una mezcla adecuada puede ser: una parte de arena, dos partes de suelo limoso, una parte de tierra de hoja (o turba) y media parte de estiércol bien descompuesto.

Existen dos métodos generales de producción de plantas en macetas: 1) siembra en platabandas o cajones y posterior trasplante a macetas, y 2) siembra directa en macetas.

El primer método consiste en colocar la semilla en platabandas o cajones y al cabo de algunas semanas, cuando las plántulas tienen cierto desa

rrollo, 3 a 4 cm de altura, se transplantan a las macetas, operación lenta que debe efectuarse procurando no exponer las raíces al sol o al viento.

Este método es especialmente adecuado con especies de semillas pequeñas, como es el caso de los eucaliptos, con los cuales es muy difícil dosificar una cantidad de semillas a sembrar en cada maceta. Es preferible usar cajones, los cuales pueden ser de diferentes tamaños, aunque son preferibles los de pequeñas dimensiones, por cuanto permiten una mejor y más homogénea preparación de la cama de semilla, facilita la distribución y cobertura de las semillas, se pueden transportar a bajo costo a otros lugares y permiten una mayor facilidad en la extracción de las plántulas.

Estas almacigueras son llenadas con una mezcla de tierra y arena en proporciones variables según la textura inicial de la tierra, generalmente en proporción 2 : 1 ó 3 : 1, de acuerdo con el contenido de arcilla. Cuando el período de la planta en la almaciguera es corto, como ocurre con el eucalipto, no es necesario agregar tierra de hoja a la mezcla, ya que las plántulas no extraen nutrientes de ella, sino de la misma semilla.

Cuando la semilla a sembrar es de pequeño tamaño es necesario arnear finamente la tierra antes de mezclarla con la arena, especialmente aquella parte que quedará en la capa superior de la almaciguera.

El transplante tiene la ventaja de permitir un mejor desarrollo del sistema radical, particularmente de las raicillas que sirven de nutrición para la plántula. El crecimiento en altura se detiene momentáneamente como consecuencia del transplante, obteniéndose por lo tanto un mejor equilibrio entre la parte aérea y las raíces, lo que es fundamental para la calidad de la planta.

El segundo método, la siembra directa en las macetas, probablemente sea más barato, pero requiere de una mayor cantidad de semillas, ya que para obtener una plántula por maceta deben sembrarse varias semillas, seleccionando posteriormente un ejemplar, lo que implica eliminar el resto.

Uno de los mayores problemas que presenta la producción de plantas en maceta es el desarrollo excesivo de la raíz en profundidad, saliendo fuera del recipiente o bien creciendo en espiral. Para evitar lo anterior, se debe regar por aspersión y en cantidad suficiente sólo hasta el fondo de la maceta.

Para controlar la raíz pivotante que es una característica de las especies de zonas áridas, se pueden cortar una vez al mes, con cuchillo o tijeras, las raíces que salen de la maceta. Pero ello implica un alto costo. Además, donde se efectúa el corte, se forma una protuberancia cicatricial que,

en el caso de recipientes más duros que el polietileno, dificulta su extracción al plantar, ya que se inserta en el envase y cuesta mucho sacarlo sin herir la planta.

Por lo anterior, una posibilidad dejar sin tocar la planta durante gran parte de su estadía en el vivero y cortar el pivote al final, un mes antes de la plantación. Durante dicha época, luego de la corta, se debe regar abundantemente. Además, es preciso podar la parte superior de la planta, para reestablecer el equilibrio entre la parte aérea y la parte radical. Además, para facilitar la rápida reconstitución del pivote luego de la plantación y el subsecuente rápido prendimiento de la planta, se agrega 1 a 2 cm de tierra fina de muy buena calidad, constituida por materia orgánica bien descompuesta, que provoca en un mes el desarrollo de raicillas adventicias vigorosas.

El sistema empleado por CONAF consiste en efectuar, cada cierto tiempo, un movimiento de macetas para agrupar las plantas resultantes según tamaño. Aprovechando dicha operación se efectúa una corta de las raíces que emergen de las macetas.

Otra característica de los viveros de zonas áridas es la de tener sombreadores, ya que la mayoría de las especies requieren de ser protegidas contra el exceso de sol en la etapa de germinación y

de desarrollo inicial. Por otra parte, el sombreadero permite mantener mejor la humedad. De las especies que se cultivan en la región de clima mediterráneo semi-árido, solamente el Pino insigne se desarrolla bien sin necesidad de sombreadores.

El sombreadero más útil es el alto, 2 a 2,50 m, que permite un fácil desplazamiento bajo él. El principio fundamental es que produzca una semi-sombra. Los viveros permanentes generalmente tienen sombreadores de este tipo. Pueden ser también de 0,30 a 0,40 m de altura contruidos con listones o arpillera. En todos estos últimos casos el sombreadero debe ser fácilmente removible.

Los sombreaderos altos cubren las platabandas y los senderos que las separan; los bajos exclusivamente las platabandas.

Los sombreaderos permiten regular la insolación sobre las macetas. En los climas secos, además, se debe disminuir la excesiva transpiración producida por el viento (Vita, 1969). Ello se consigue mediante las cortinas cortavientos constituidas por especies de rápido crecimiento y de raíces poco invasoras. Entre las especies que cumplen con dichas condiciones y que se adaptan muy bien en Chile están las de los géneros Casaurina, Acacia, Albizia, Tamarix, Cupressus, entre las exóticas. De las especies nativas el quillay está dando buenos resultados

como cerco vivo según experiencias realizadas en el Fundo Antumapu, Región Metropolitana y puede ser usada para dichos efectos.

Finalmente, debe señalarse que, la selección de las plantas que van a ser usadas en reforestación de zonas secas, debe ser muy estricta. Solamente los ejemplares decididamente de buena calidad deben ir a plantación para asegurar el máximo de probabilidades de éxito.

6. Técnicas de plantación.

En las zonas áridas el principal factor limitante para la supervivencia y el desarrollo de las plantas es la humedad del suelo. Por lo tanto las técnicas de repoblación deben tender a asegurar el máximo de infiltración del agua de lluvia y el máximo de conservación y disponibilidad para las plantas durante la prolongada estación seca.

De acuerdo con estudios efectuados por forestales franceses en la sabana africana (Catinot, 1967), en zonas con precipitaciones de 400 a 900 mm anuales y 6 a 8 meses secos, una planta no prende a menos que sus raíces puedan extenderse durante el primer año como mínimo 50 a 60 cm en todos sentidos con respecto al cuello. Lo anterior raramente se obtiene si el suelo no ha sido trabajado en pleno. Pa

ra vivir, las raíces tienen necesidad de agua, pero también de oxígeno, el que se encuentra difícilmente en un suelo no trabajado.

El trabajo intenso del suelo es la principal característica de los métodos de plantación en zonas áridas. En los trabajos iniciales, la base era el empleo de mano de obra con la ayuda de animales. En la década del 50 se empezó a utilizar la maquinaria, como consecuencia de la disminución de la oferta de mano de obra y de la necesidad de intensificar los trabajos del suelo. A partir de la década del 60 la mecanización de los trabajos de reforestación se ha generalizado en países como España y otros que han realizado un gran esfuerzo de repoblaciones en zonas áridas.

A continuación se describirán brevemente las principales técnicas de preparación del suelo en zonas áridas.

6.1. Casillas. Es una preparación puntual del suelo que supone la cava a mano con azadón de una superficie generalmente de forma cuadrada o rectangular eliminando restos de matorral y el césped, en cuyo centro se coloca el ejemplar a introducir. Las dimensiones más usuales son de 0,30 x 0,30 m a 0,40 x 0,40 m y 0,10 a 0,30 m de profundidad.

Para el mejor aprovechamiento del agua de las lluvias la distribución de las casillas debe ser en triángulos equiláteros o en cuadrados superpuestos, de modo que el agua que escurre entre dos casillas sea captada por otra ubicada más abajo.

Es un método adecuado para condiciones de pedregosidad u otros obstáculos que condicionan suelos discontinuos, caracterizados por no ser mecanizables.

El rendimiento en España es de 120 casillas de 0,30 m de profundidad por jornada.

Este sistema, empleado en España hasta 1950, fue abandonado en las regiones secas, pues no constituían un trabajo suficiente del suelo.

- 6.2. Hoyos. La casilla implica una labor del suelo sin su extracción. En cambio, el hoyo se forma extrayendo la tierra excavada. Como en el caso anterior, es un proceso puntual de preparación del suelo con herramientas manuales de tipo azapico o con chuzo y pala. También puede utilizarse la motoperforadora que consiste en un motor similar al de las sierras mecánicas que acciona un barreno. Existen modelos para una o dos personas, pudiendo ser accionado también desde un tractor.

El hoyo realizado en forma manual generalmente tiene forma prismática con su base superior de 0,25 x 0,25 m a 0,40 x 0,40 m y 0,30 a 0,40 m de profundidad. El realizado con barreno no tiene forma cilíndrica.

En ciertas localidades, especialmente cuando se tienen suelos con hard-pan, ha dado muy buen resultado la confección de grandes hoyos que en algunos casos, como en la India, tienen profundidades de hasta 0,90 m. Una técnica similar se emplea en la Pampa del Tamarugal, donde la forestación con tamarugo se efectúa removiendo la costra salina, formándose una tasa de 0,80 m de diámetro y 0,40 m de profundidad. En el fondo se hace el hoyo de plantación de 0,30 x 0,30 m ó 0,20 x 0,50 m (Figura 1).

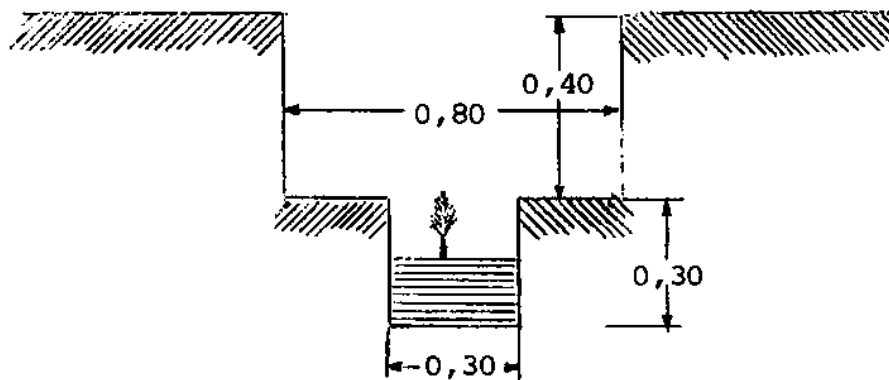


Fig. N° 1.- Sistema de forestación con tamarugo consistente en un gran hoyo para remover la costra salina y uno pequeño en el centro donde se coloca la planta a raíz cubierta.

En las zonas secas no conviene dejar el hoyo abierto durante cierto tiempo, como es deseable en zonas húmedas para lograr su meteorización, especialmente en suelos ácidos. Para rellenar el hoyo, se vuelca en el interior de éste la tierra que fue extraída al ahoyar, retirando piedras y restos de plantas leñosas. Es importante reconstruir los horizontes del suelo al rellenar el hoyo. Luego del relleno se puede excavar los alrededores, formando una casilla de 0,50 x 0,50 m de tierra perfectamente limpia. En las laderas, esta superficie va inclinada en contrapendiente para retener las aguas de escorrentía. Es decir, se tiene una combinación de casilla y hoyo.

El rendimiento para abrir el hoyo es muy variable, siendo en general, de 40 a 70 unidades por jornada. Sin embargo, en suelos de textura arenosa en la provincia del Limarí, IV Región, se han obtenido rendimientos de hasta 300 hoyos por día de dimensiones de 0,30 x 0,30 m.

- 6.3. Montículos. Este método fue desarrollado por forestales franceses en Argelia y posteriormente se ha usado en Israel en la zona esteparia del sur. En aquel país se observó en forma muy corriente que, sobre taludes, terrenos removidos y terraplenes de caminos, la vegetación se regeneraba con particular facilidad.

De allí nació la idea de emplear los montículos de tierra en la forestación. Como las primeras experiencias de este tipo se realizaron en paisajes esteparios, a este método se le dió el nombre de "método estepario", el cual se hace extensivo al método de montículos alargados o acaballonado, que se verá más adelante.

Este método trata de combinar los dos aspectos que activan la vegetación en su desarrollo. Por un lado está la disponibilidad del agua. Por otro, el estado del suelo en cuanto a su potencial de intercambio y aereación. Estas características se obtienen separadamente, pero dentro de una unidad de cultivo formada por un lomo pequeño y el hueco correspondiente a su constitución.

El sistema consiste en trabajar una superficie de suelo de 0,80 x 0,80 m de lado con azapico, soltando el suelo hasta una profundidad de 0,20 m. Hacia arriba, subiendo por la pendiente, se abre una pequeña zanja de 0,80 m de largo y 0,25 m de profundidad, cuyo objetivo es coleccionar el agua en escurrimiento. El suelo extraído de esta zanja se deposita encima de la superficie de suelo suelto para formar un montículo de cima plana de 0,60 x 0,60 m de lado y 0,30 m de altura. (Fig. N° 2).

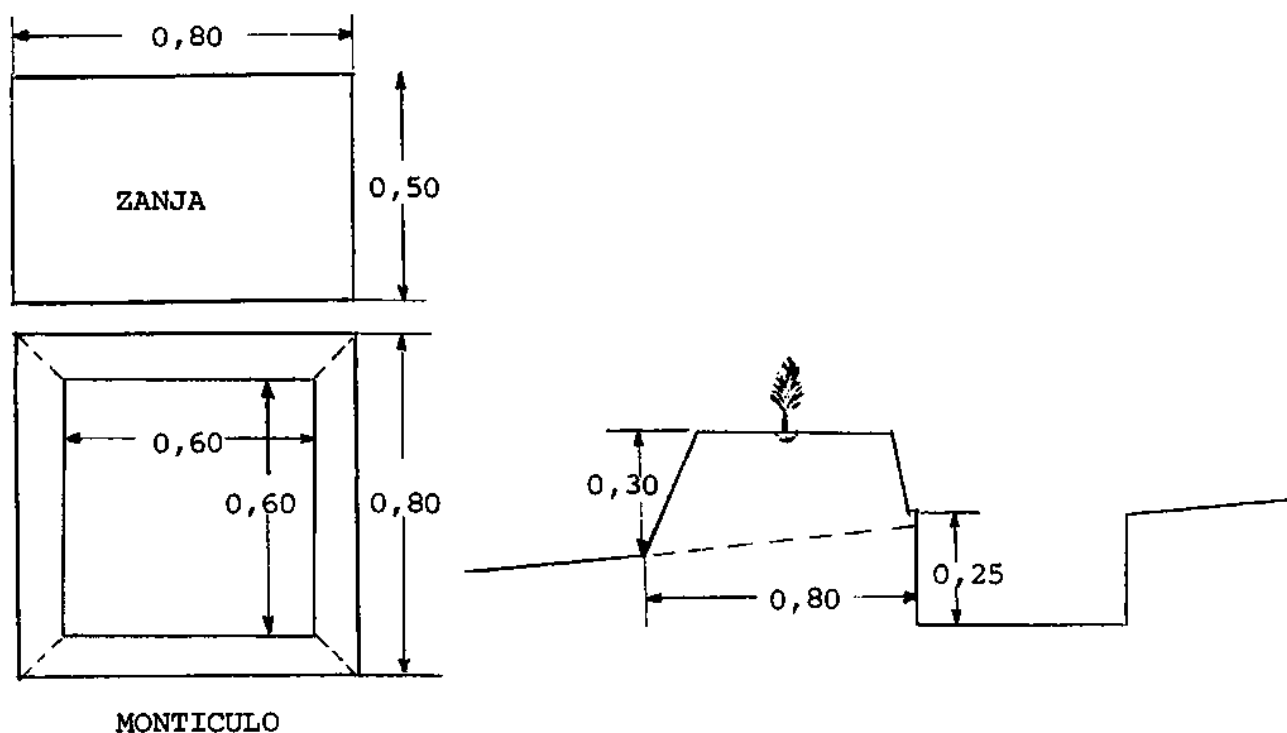


Fig. N° 2.- Sistema de plantación en montículos en vista desde arriba, a la izquierda y en perfil longitudinal a la derecha.

En el momento de plantar se abre un pequeño hoyo en el centro del montículo con el azapico.

En primavera se efectúan dos labores al suelo. Simultáneamente con la primera labor, se cierra la zanja.

Este método aumenta el porcentaje de supervivencia y el crecimiento inicial de las plantas bajo condiciones de intensa sequedad. Requiere de gran cantidad de mano de obra.

En Chile se efectuó un ensayo de algunos métodos de forestación con Eucalyptus globulus en la zona secano interior costera de la provincia de O'Higgins, norte de la VI Región, entre los cuales se incluyó el método de los montículos (Garrido y Vita, 1977). De los métodos de preparación manual del suelo, el de los montículos dió resultados muy superiores en cuanto a supervivencia y desarrollo inicial.

La Corporación Nacional Forestal (CONAF) utiliza montículos de pequeñas dimensiones en algunos trabajos de forestación en la Región Metropolitana y en las IV y V Regiones.

- 6.4. Terrazas (banquetas) de tracción animal. Es un proceso de preparación lineal del terreno para la forestación mediante la formación de superficies estrechas, de menos de 1 m de ancho, siguiendo curvas de nivel y utilizando aperos de tracción animal, generalmente yunta de buey, a veces también caballos. (Navarro, 1975).

Se puede usar en pendientes de hasta 60%. Se emplea un arado de vertedera, monosur

co y reversible, el cual puede penetrar a 0,30 a 0,40 m. (Navarro, 1975).

El resultado del trabajo es un surco y un camellón ubicado hacia abajo, lugar donde se instalan las plantas. El primer surco a preparar se marca siguiendo la curva de nivel para lo cual se emplea un nivel de mano (clinómetro o similar). Este, ubicado en la parte alta de la ladera, sirve de guía para el resto. La operación se inicia siempre de arriba hacia abajo.

Cada banqueta queda formada por tres o cuatro pasadas en los dos sentidos. La distancia entre banquetas puede ser de tres o más metros.

El rendimiento medio de una yunta es de 1.000 metros lineales de banqueta por jornada de 6 horas. (Navarro, 1975).

Las ventajas de este proceso son su amplia capacidad de aplicación a diversidad de terrenos no mecanizables por ser poco accesibles, con mucha pendiente o quebradas y el lograr una retención de la escorrentía superficial eficaz, con labores someras que prácticamente no alteran el paisaje.

Su inconveniente es la ejecución de labores insuficientemente profundas.

De acuerdo con el estudio antes señalado (Garrido y Vita, 1977) este método dió resultados significativamente superiores a los tradicionales realizados a mano. Desde entonces su uso se ha generalizado en las forestaciones de la zona árida y semi-árida del país.

- 6.5. Subsolado lineal. Este método consiste en una preparación mecanizada y lineal por la rotura y quebrantamiento en líneas o fajas equidistantes de los horizontes inferiores del suelo sin alterar su disposición, con el fin de proporcionar profundidad amplia a las raíces de las plantas a introducir para su rápido desarrollo (Navarro, 1975).

Con el subsolador se rompe frecuentemente la roca madre y la profundidad de trabajo puede ser superior a 0,60 m.

El equipo está constituido por un tractor oruga con una barra portaherramientas de alzado y descenso por mando hidráulico. La barra puede contener uno a tres elementos cortantes que terminan en punta y que son los que producen el subsolado.

En comparación con las terrazas este método tiene mucho menor efecto de retención de escorrentía.

En la zona árida de Chile recientemente se introdujo su uso en una forestación efectuada en invierno de 1977 en la Estancia Camarones, frente a Tongoy, IV Región.

6.6. Terrazas aradas con cordones lomos o acaballado.

Es una preparación mecanizada y lineal del suelo para la plantación formando cordones lomos o caballones, según curvas de nivel, mediante un arado de vertedera bisurco que puede trabajar hasta 0,70 m de profundidad.

Se pueden construir en pendiente de hasta 30%.

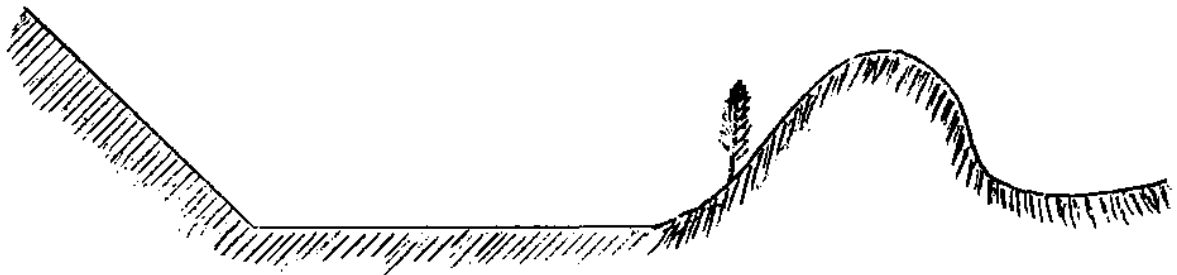


Fig. N° 3.- Perfil transversal de una terraza arada con lomo, donde se muestra la ubicación correcta de la planta.

Los rendimientos varían de 830 a 1.500 metros lineales por hora de tractor.

Este método necesita una profundidad uniforme del suelo no menor de 0,50 m. En caso contrario se debe efectuar un subsolado.

- 6.7. Terrazas con subsolados. Es una preparación mecanizada y lineal del suelo formando terrazas según curvas de nivel de anchura entre dos a más de cuatro metros y que han sido subsoladas en toda su longitud en profundidades de hasta 0,70 m. (Navarro, 1975).

Las terrazas pueden tener el perfil transversal en contrapendiente u horizontal. Se puede construir en pendientes de hasta 50%.

Para construirlas se usa tractor oruga del tipo de trabajos de obras públicas provisto de una pala frontal regulable a mano y con alzado hidráulico y montaje posterior de elementos subsoladores en una barra portaherramientas con movimiento vertical hidráulico de ascenso y descenso. Los tractores que se usan en estos trabajos son de marca Caterpillar, Fiat y Komatsu con potencias que fluctúan entre 110 y 270 C.V. (Navarro, 1975).

La terraza contrapendiente es el tipo de preparación que permite la máxima retención de la escorrentía superficial en laderas. Por otra parte, el subsolado proporciona una capacidad de inhibición por lo menos equivalente al subsolado lineal y al subsolado pleno. Por otra parte, el proceso facilita el rápido enraizamiento profundo, lo cual es fundamental para la supervivencia y desarrollo inicial de las plantas. (Navarro, 1975).

Su defecto es la necesidad de tractores de gran potencia con palas frontales de excesiva anchura, del orden de 4 m, que producen terrazas muy anchas con mucho desmonte y muy separadas entre si (5 o más metros), lo que da una muy mala distribución superficial de las plantas en el caso de especies que requieren de alta densidad (2.000 o más plantas por hectárea) para ser destinadas a la producción maderera. Se pueden emplear tractores más pequeños, del orden de 60 C.V. y palas de 2 m de ancho, pero solamente si el terreno no es muy compactado o rocoso. (Navarro, 1975).

El el proceso de preparación del suelo más antinatural (Navarro, 1975), ya que produce una gran alteración del perfil del suelo, interrumpe de manera violenta la evolución edáfica natural y supone voluminosos desplazamientos de

tierra. Por otra parte, es el proceso de mayor impacto sobre el paisaje, desde cualquier lugar que se observe. Por lo tanto, ello debe tenerse en cuenta cuando la forestación cumple fines ornamentales o se localiza en lugares muy próximos a ciudades o vías de comunicación.

Este tipo de preparación de suelo constituye hoy día la técnica más frecuente para la plantación mecanizada en España. (Navarro, 1975).

En la zona árida de Chile la terraza con subsolado se ha empleado sólo a nivel de ensayo en la Cuesta Las Cardas, camino entre la Serena y Ovalle, IV Región, donde en 1975 se prepararon 1,5 ha mediante este sistema.

- 6.8. Lomos (Acaballonados) y subsolado. Este método se denomina también "método estepario", en su versión de trabajo mecanizado del suelo. Consiste en una preparación continua del suelo formando lomos o caballones según las curvas de nivel mediante la acumulación de la tierra de las fajas que queda entre ellas, las cuales son subsoladas. Este subsolado puede ser total incluyendo la parte bajo los lomos, situación que implica el máximo de trabajo del suelo. Esta modalidad sólo puede emplearse en terrenos con pendiente inferior a 15%.

La operación se realiza con un tractor oruga que construye los lomos mediante la pala, los cuales tienen altura de hasta 1 a 1,5 m y base de hasta 2 m de ancho. La distancia entre las cimas de los lomos varía entre 3 y 8 m, dependiendo de su altura. Por otra parte, a mayor aridez las plantas deben quedar más separadas. Por lo tanto; la distancia entre los lomos es inversamente proporcional a la precipitación anual. Previamente, si el subsolado es en pleno o con posterioridad, si sólo afecta a las fajas interlomos, el suelo es subsolado hasta 0,70 - 0,80 m de profundidad.

Las plantas se colocan en la cara lateral, a 2 tercios de la cima y no en ésta, con el objeto de evitar su descalce por asentamiento de la tierra (Fig. N° 4).

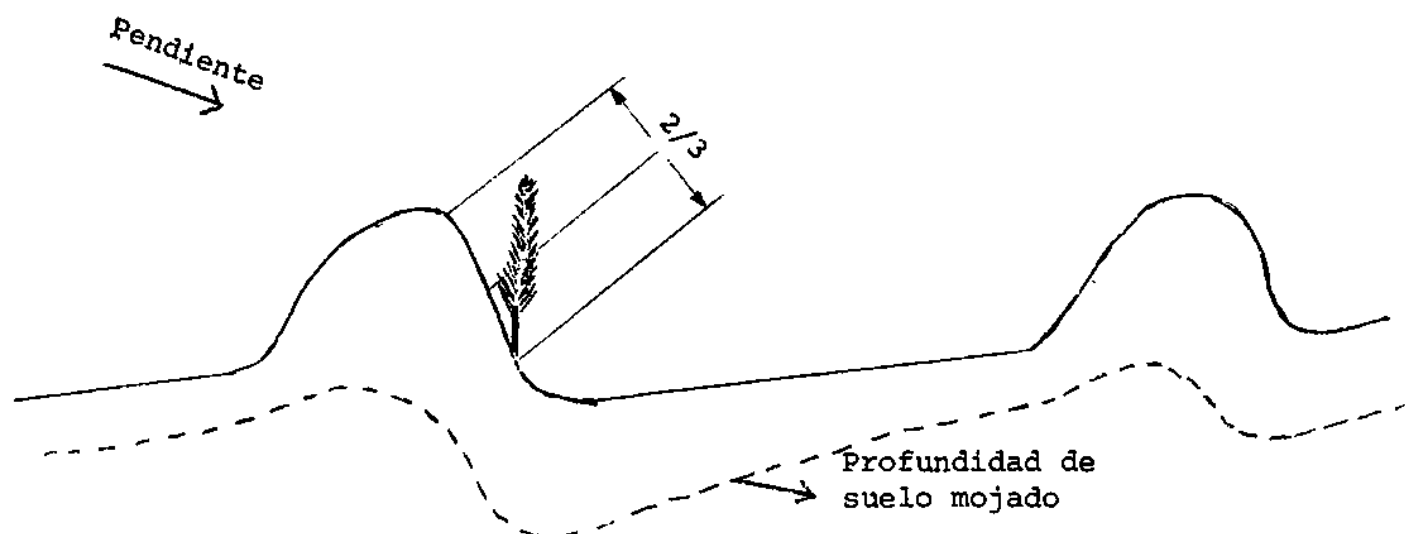


Fig. N° 4.- Perfil transversal de lomos, donde se indican los diferentes niveles de profundidad de suelo mojado y la posición correcta de la planta.

Este perfilamiento del suelo permite poner a disposición de las plantas un nivel del agua superior a la altura de lluvia caída por recuperación del escurrimiento entre dos montículos. Por otra parte, cuando se practica la variación de subsolado en pleno, este método pone a disposición de las plantas un considerable volumen de tierra trabajada. En relación a la plantación en hoyos, esta técnica multiplica por 10 a 20 el volumen de tierra trabajada que beneficia las raíces. Además, los trabajos aumentan la aireación del suelo y por lo tanto la disponibilidad de oxígeno para las raíces. (Catinot, 1967).

Las tres ventajas señaladas permiten explicar el éxito que ha tenido este método en las forestaciones de Israel y otros lugares con climas áridos. Su limitación es, la disponibilidad de terrenos adecuados para una roturación masiva del suelo.

- 6.9. Método de Irrigación de Liman. Esta técnica se basa en el aprovechamiento del agua de arroyos. En el Medio Oriente su aplicación en la agricultura data desde muy antiguo.

En la salida de una pequeña quebrada y aprovechando condiciones topográficas favorables, se constituyen con tractor oruga pequeñas represas para retener el agua que sale de dichas quebradas. La razón entre la quebrada y el área de recepción debe ser como máximo de 1: 20.

El suelo del área de acumulación de agua debe estar perfectamente bien nivelado para que la repartición a las plantas se haga en forma uniforme. La plantación se efectúa dentro del área de acumulación del agua. Durante la estación seca, el suelo se trabaja intensamente, para conservar la humedad y reducir la evaporación.

Este método se ha desarrollado en Israel y por razones de disponibilidad de terrenos es

tá limitado a forestaciones de poca superficie unitaria.

7. Tratamientos para mejorar la supervivencia inicial.

Siendo la escasez de agua la causa fundamental de la mortalidad de las plantas en zonas áridas, se han desarrollado algunos tratamientos para minimizar las pérdidas ocasionadas por la sequía.

7.1. Riegos. Es una práctica que se usa en algunos casos y que está limitada por su alto costo en zonas áridas. Debido a ello, en la mayoría de las forestaciones no es posible efectuar riego y de allí la importancia de emplear una buena técnica en todo el proceso de forestación: especie adecuada, utilización de plantas de buena calidad y trabajo intensivo del suelo.

En España, a nivel de ensayo se ha usado la práctica de enterrar una caña hasta el nivel de las raíces como medio de hacer llegar una cantidad limitada de agua y aprovecharla al máximo.

En Chile se riegan las plantaciones de tamarugo, en la Pampa del Tamarugal, mediante un coloso con aljibe y manguera, lo cual es posible por la topografía.

Las primeras forestaciones que realizó la CONAF en la IV Región fueron bajo riego, situación que ha cambiado en los últimos años.

Plantaciones realizadas en cajas de ríos y cortinas cortavientos situadas en terrenos agrícolas constituyen otro caso frecuente de aplicación de riego.

- 7.2. Labores al suelo. Se ha visto la importancia de una preparación intensiva del suelo previa a la plantación. Posterior a ella es muy importante efectuar labores al suelo que permitan conservar la humedad de éste, al eliminar malezas que implican competencia y romper la capilaridad del suelo superficial para aminorar la evaporación.

La experiencia ha demostrado que es preferible un cultivo repetido del suelo a un cultivo único. Si es posible esta labor se efectúa dos veces durante la primera estación de crecimiento: al inicio de la primavera y antes del inicio del verano. Estas labores se efectúan corrientemente con azadón y se aplican a cualquiera de los métodos de repoblación ya estudiados.

- 7.3. Sombra. Estudios realizados en el país (Schlegel y Vita, 1967) y en el extranjero han demonstrado que el efecto de la sombra es muy signifi-

cativo en la supervivencia de las plantas. Dicho efecto se puede obtener colocando junto a la planta una rama de algún arbusto del lugar hacia el lado norte o nor-este del ejemplar. En Estados Unidos se han dispuesto listones de ramas o estacas en forma horizontal sobre el hoyo de plantación, de modo que proporcionen semi-sombra (Kaul, 1970).

- 7.4. Retardantes de la evaporación del agua del suelo. Este efecto lo puede proporcionar la sombra. Específicamente para este caso se puede colocar sobre el suelo algún elemento que cumpla con dicha finalidad. Se puede utilizar paja, aserrín, arena (reduce la capilaridad), papel con alquitrán, acículas de coníferas, plásticos, pedazos de corteza, etc.

En España y en Israel se ha utilizado con buen éxito la colocación alrededor de la planta de piedras planas y de colores claros. En Estados Unidos se ha ensayado con resultados positivos la colocación de papel alquitranado. En la Pampa del Tamarugal se ensayó con éxito la colocación de plástico en las plantaciones de tamarugo (Carvallo, 1970).

- 7.5. Retardantes de la transpiración. Como en el caso anterior, la sombra tiene aquí un efecto directo. Se han ensayado varios productos quími

cos con buenos resultados. Se ha utilizado la
tex viníflico, emulsiones de lanolina, cera emul
sionada y en Chile, el Instituto Forestal reali
zó un ensayo con alginato de sodio.

7.6. Protección contra vientos desecantes. Esta pro
tección, además de prevenir daños mecánicos en
la planta, actúa contra la evaporación del agua
del suelo y la transpiración. Una cortina cor
tavientos puede cumplir con este objetivo. Una
replantación reciente se protege con algún tipo
de pequeña estructura que puede reducirse a una
rama colocada en el lado adecuado, igual que la
sombra. Como estructura más usual se utilizan
los cordones trenzados o quinchas, particular
mente en la forestación de dunas.

7.7. Captación de neblinas y rocíos. Este aspecto
tiene gran importancia en la zona costera norte
del país, como lo demuestra la existencia de
Fray Jorge, Talinay, Santa Inés y otras forma
ciones vegetales que deben su permanencia a las
neblinas.

En Fray Jorge se establecieron mallas pa
ra captar la neblina, las que permitieron el de
sarrollo de vegetación arbustiva bajo ellas.
Por otra parte, la Universidad del Norte insta
ló ensayos de diferentes tipos de mallas capta
doras de neblina en Cerro Moreno (Antofagasta).

Aprovechando uno de estos instrumentos se plan
tó un Ciprés el cual se ha desarrollado vigoro
samente en un ambiente desértico. (Muñoz, R. y
Espinoza, C., 1970).

En Israel se utiliza la colocación de pie
dras en las cercanías de las plantas para cap
tar rocío. Con los mismos objetivos, en las Is
las Canarias se usaban piedras porosas de ori
gen volcánico para cubrir las siembras, en luga
res de alta humedad y poca precipitación.

La malla de protección contra ganado me
nor (malla "ursus") y contra lagomorfos ("coru
met") tienen algún efecto en este sentido.

8. Crecimiento de las poblaciones.

Existe muy poca información referente a
las especies nativas, pero de las observaciones reali
zadas en las diversas parcelas de introducción de es
pecies ubicadas entre las IV y VI Región del país se
puede deducir que el quillay es la que, entre las na
tivas ensayadas, presenta las mayores tasas de creci
miento. En rodales naturales de dicha especie se han
medido anillos de ancho promedio 3,5 a 4,0 mm, llegan
do a máximos de 7,0 mm. Resultados similares se han
obtenido en rodales de peumo creciendo en fondos de
quebrada.

Con las especies exóticas del género Eucalyptus se han detectado crecimientos de más de $20\text{m}^3/\text{ha/año}$ en zonas de secano, llegándose a un máximo, posiblemente a nivel mundial para condiciones similares, de $45\text{ m}^3/\text{ha/año}$, bajo riego en la caja del Río Limarí, en las inmediaciones de Ovalle.

En general, los crecimientos en zonas de secano son inferiores a los que se pueden obtener en condiciones más lluviosas. Sin embargo, se debe considerar que, para los tipos de productos obtenidos en las zonas áridas, las rotaciones son más cortas. Por ejemplo, para obtener corteza, hojas medicinales, leña y otros productos los períodos involucrados son generalmente inferiores a 20 años, llegando a un mínimo en el caso de los arbustos forrajeros, donde al cabo de 2 a 3 años de efectuada la plantación se puede empezar a utilizar. Lo anterior se traduce en un retorno de la inversión a un plazo mucho más breve.

B I B L I O G R A F I A

1. ALFARO, R. y SIERRA, V. Absorción Foliar de Humedad Atmosférica y Relaciones Hídricas en Cryptocarya alba (Mol.) Looser; Quillaja saponaria Mol., Prosopis chilensis (Mol.) Stuntz y Acacia caven Mol. Tesis Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago. 1973. 70 p.
2. BOLOTIN, M. Establishment of Aleppo pine by direct sowing. La-Yaaran. 14 (3): 54 - 61 Israel. 1964.
3. BOUDY, P. Guide du Forestier en Afrique du Nord. Ed. La Maison Rustique. París. 1952. 505 p.
4. CARVALLO, N. Determinación de tasas de riego en la plantación de Prosopis tamarugo Phil. Tesis Escuela de Ingeniería Forestal, Universidad de Chile. 1970. 86 p.
5. CATINOT, R. Sylviculture tropicale dans les zones sèches de l'Afrique. Bois et Forêts des Tropiques. N° 111, p 19 y N° 112, p 3. París. 1967.
6. CATINOT, R. Contribution du Forestier a la Lutte contre la Désertification en Zones Sèches. Bois et Forêts des Tropiques 155: 3 - 13. 1974.
7. DELWAULLE, J. C. Le Role du Forestier dans L'Aménagement du Sahel. Bois et Forêts des Tropiques 160: 3 - 22. 1975.

8. DI CASTRI, F. Esbozo Ecológico de Chile. Trad. Depto. de Botánica, Universidad de Concepción. Biología de L'Amérique Australe. Ed. du Centre National de la Recherche Scientifique. París. Vol. IV. 1968.
9. FERLIN, G. Role du Forestier Sahélien. Bois et Forêts des Tropiques 171: 5 - 15. 1977.
10. GARRIDO, F. y VITA, A. Efecto de la Preparación del Suelo sobre la Mortalidad y el Crecimiento del Eucalipto Común (Eucalyptus globulus Labill) Bol. Téc. N° 45. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. 1977. 15 p.
11. GIFFARD, P. L. Les Possibilités de Reboisement en Acacia albida au Sénégal. Bois et Forêts des Tropiques 95; 21 - 33. Mai - Juin 1964.
12. GIFFARD, P. L. Recherches Complémentaires sur Acacia albida (Del.) Bois et Forêts des Tropiques 135: 3 - 20. Jan - Feb. 1971.
13. GIFFARD, P. L. Recherches Complémentaires sur Acacia albida (Del.). Bois et Forêts des Tropiques 135: 3 - 20. 1971.
14. GOOR, A. Métodos de Plantación Forestal en Zonas Áridas. FAO. Roma. 1964. 265 p.

15. KARSCHON, R. Trends in the Choice of Species in Afforestation when Moisture is a Limiting Factor. Agricultural Res. Arg., Bet Dagan, Israel. 1972 Series N° 2121-E, 16 p.
16. KAUL, R. et al. Micro-Relief as a Decisive Factor in the Development of Vegetation in Arid Zones. La - Yaaran 16 (4): 164 - 197. Israel. 1968.
17. KAUL, R. N. Afforestation in Arid Zones. Dr. W. Junk N.V. Publishers The Hague. Netherlands. 1970. 435 p.
18. KOLAR, M. et al. Afforestation Techniques For Dry Areas. La - Yaaran 16 (2-3): 95 - 102 1966.
19. LAURIE, M. V. Prácticas de Plantación de Árboles en la Sabana Africana. FAO. Cuadernos de fomento forestal. N° 19. Roma 1975. 203 p.
20. METRO, A. Les Pépinières Forestières au Maroc. Station de Recherches et D'Expérimentation Forestières. Brochure Technique N° 1 Rabat. 1951.
21. MONJAUSE, A. Note sur les Principes Généraux de la Méthode de Reboisement Dite "Steppique". La - Yaaran 10 (1-4): 1 - 63. 1960.
22. MUÑOZ, R. y ESPINOZA, C. Rocío y Nieblas: recursos hídricos no convencionales en las zonas áridas. Plandes. Bol. Especial: El Hombre en la Zona Árida del Norte Chileno. Santiago. 1970. p. 44 - 49.

23. NAVARRO, M. Técnicas de Forestación. 1975. Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Monografías 9. Madrid 1975. 201 p.
24. SCHLEGEL, F. y VITA, A. Reforestación por siembra Directa con Quillaja saponaria Mol. y Cryptocarya alba (Mol.). Looser en la Zona Semiárida de Chile. Asociación Chilena de Ing. Forestales. Actas Terceras Jornadas Forestales. Valdivia. 1967. P. 53-57.
25. STOHR, G. Método de Reforestación con Espino (Acacia caven (Mol.) Hook et Arn). En la Zona Semiárida de Chile. Tesis Escuela de Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. 1969. 119 p.
26. SUDZUKI, F. Absorción Foliar de Humedad Atmosférica en Tamarugo. Prosopis tamarugo Phil. Bol. Técnico N° 30, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. 1969 - 23 p.
27. TILLON, R. Etude d'une Parcelle de Savane mise en Défens. (Republique Centrafricaine). Reboisement Artificiel ou Naturel?. Bois et Forêts des Tropiques 77: 13-21. 1961.
28. TOUZET, G. Les Plantations Forestieres en Mottes. Bois et Forêts des Tropiques 142: 3 - 13. 1972.
29. VITA, A. Cortinas Cortavientos. Principios Generales y su uso en Chile. Bol. Técnico N° 19. Escuela de Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. 1969. 26 p.

30. VITA, A. Efecto del Origen Geográfico de Arboles Padres de Quillay (Quillaja saponaria Mol.) Sobre la Calidad de la Semilla y en Reforestación por Siembra Directa. Bol. Técnico N° 21. Escuela de Ingeniería Forestal, Universidad de Chile. Santiago. 1970. 20 p.
31. VITA, A. Introducción de Especies Forestales en la Zona Costera de la Región de Coquimbo. Bol. Técnico N° 48, Fac. de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. 1977. 63 p.