ISSN 0304 5560 PN AAR 619
IAn: 37628

# DINAMICA SUPERFICIAL DEL CAMPO DE DUNAS DE RITOQUE.

# ESTUDIO DEL CONTROL DE LAS DUNAS DE RITOQUE.

# PROPOSICIONES PARA EL MANEJO DE LAS DUNAS DE RITOQUE.

**MANUEL TORAL IBAÑEZ**
INGENIERO FORESTAL

**ANTONIO VITA ALONSO**
INGENIERO FORESTAL

**GABRIEL COGOLLOR HERREROS**
INGENIERO FORESTAL

**DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA**

BOLETIN TECNICO Nº 60
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
UNIVERSIDAD DE CHILE

Primera Edición
250 Ejemplares
Abril de 1980

Comisión Revisora
Ing. Agr. Mario Peralta P.
Ing. For. Manuel Contreras S.

Composición de Matrices
Juana Zúñiga N.

Impreso Talleres Gráficos
Facultad de Agronomía
Universidad de Chile

Facultad de Ciencias Forestales
Universidad de Chile
Departamento de Silvicultura
Casilla 1004
Santiago - Chile

# I N D I C E

PAG.

DINAMICA SUPERFICIAL DEL CAMPO DE DUNAS DE RITOQUE.

Introducción 1

I. TIPIFICACION DE LAS ARENAS 5

1.1. Granulometría 5

1.2. Diámetro mediano de las arenas y su coeficiente de clasificación 9

1.3. Esfericidad y redondeamiento medio de los minerales contenidos en las muestras 9

1.4. Color de las arenas 14

1.5. Petrografía de las muestras de arena 14

1.6. Tensión Mátrica 17

1.7. Electroconductividad y pH de la arena 18

1.8. Infiltración de las arenas 19

1.9. Fertilidad del Campo de Dunas 19

II. PROCESOS DINAMICOS SUPERFICIALES 20

Abastecimiento de arena 20

Viento y Precipitaciones 22

Geomorfología 23

Vegetación 25

Conclusiones 26

Bibliografía 28

ESTUDIO DEL CONTROL DE LAS DUNAS DE RITOQUE.

Resumen 30

I. INTRODUCCION 33

PAG.

II. MATERIAL Y METODO 34

Ensayos Efectuados 34

1. Ensayo de formación de la anteduna litoral artificial 34

2. Ensayo de introducción de especies 41

3. Control de los ensayos 44

III. RESULTADOS 45

1. Ensayo de formación de anteduna litoral artificial 45

2. Ensayo de introducción de especies 54

IV. DISCUSION 56

1. Formación anteduna artificial 56

2. Introducción de especies 59

V. CONCLUSIONES 62

1. Formación de la anteduna artificial 62

2. Introducción de especies 64

Bibliografía 66

PROPOSICIONES PARA EL MANEJO DE LAS DUNAS DE RITOQUE.

Resumen 68

I. INTRODUCCION 68

II. MATERIAL Y METODO 69

1. Metodología 69

2. Descripción de las subzonas 73

3. Determinación de prioridades 78

III. RESULTADOS 78

1. Prioridades para el control de las dunas 78

PAG.

2. Programa de control según zonificación 78
3. Programa general 85
Bibliografía 86

# DINAMICA SUPERFICIAL DEL CAMPO DE DUNAS DE RITOQUE.

MANUEL TORAL IBAÑEZ
INGENIERO FORESTAL

# R E S U M E N

Se estudió la dinámica superficial del campo de dunas de Ritoque, caracterizándose especialmente las arenas en aquellos parámetros que dicen relación a su tamaño, esfericidad, redondeamiento, color y composición mineralógica.

Con los parámetros antes mencionados se analiza la dinámica superficial en función de los agentes que intervienen en el desarrollo de este campo para preveer la interferencia que ello significa en la implantación de vegetación.

Se puede aseverar que las dunas están internamente activas y que actualmente reciben ingreso de arena. Sin embargo, la potencia invasora de éstas es escasa.

## INTRODUCCION.-

El problema de deterioro y destrucción de los Recursos Naturales Renovables de nuestro país asume caracteres graves, principalmente en lo relativo al recurso suelo, ya sea por erosión o por invasión con materiales estériles. Es así como el litoral chileno presenta en numerosos puntos, acumulaciones de arena que perjudican no sólo al suelo que es recubierto, sino que son el reflejo de problemas más graves, pues estas arenas provienen en su mayoría de los suelos que sufren erosión en el interior del continente y que son arrastradas por las aguas hacia el mar.

Varios autores han evaluado la magnitud de las dunas en Chile. En el año 1900, Federico Albert estimó la extensión de las dunas en 244.150 há., pero estudios posteriores, como el realizado por el proyecto Aerofotogramétrico OEA/BID/CHILE, en el año 1966, han determinado una superficie de 131.006,3 há de dunas en la región comprendida entre las provincias de Coquimbo y Llanquihue. De ellas 74.428 há., corresponden al litoral de esta misma región, existiendo un total de 504 campos de dunas, la mayoría de ellos formados sobre suelos de aptitudes agrícolas.

En estudios generales de las dunas litorales de Chile se indica la existencia de arenas de edad diferente en un mismo campo de dunas. Las más antiguas originadas posiblemente al inicio del Holoceno, las más nue

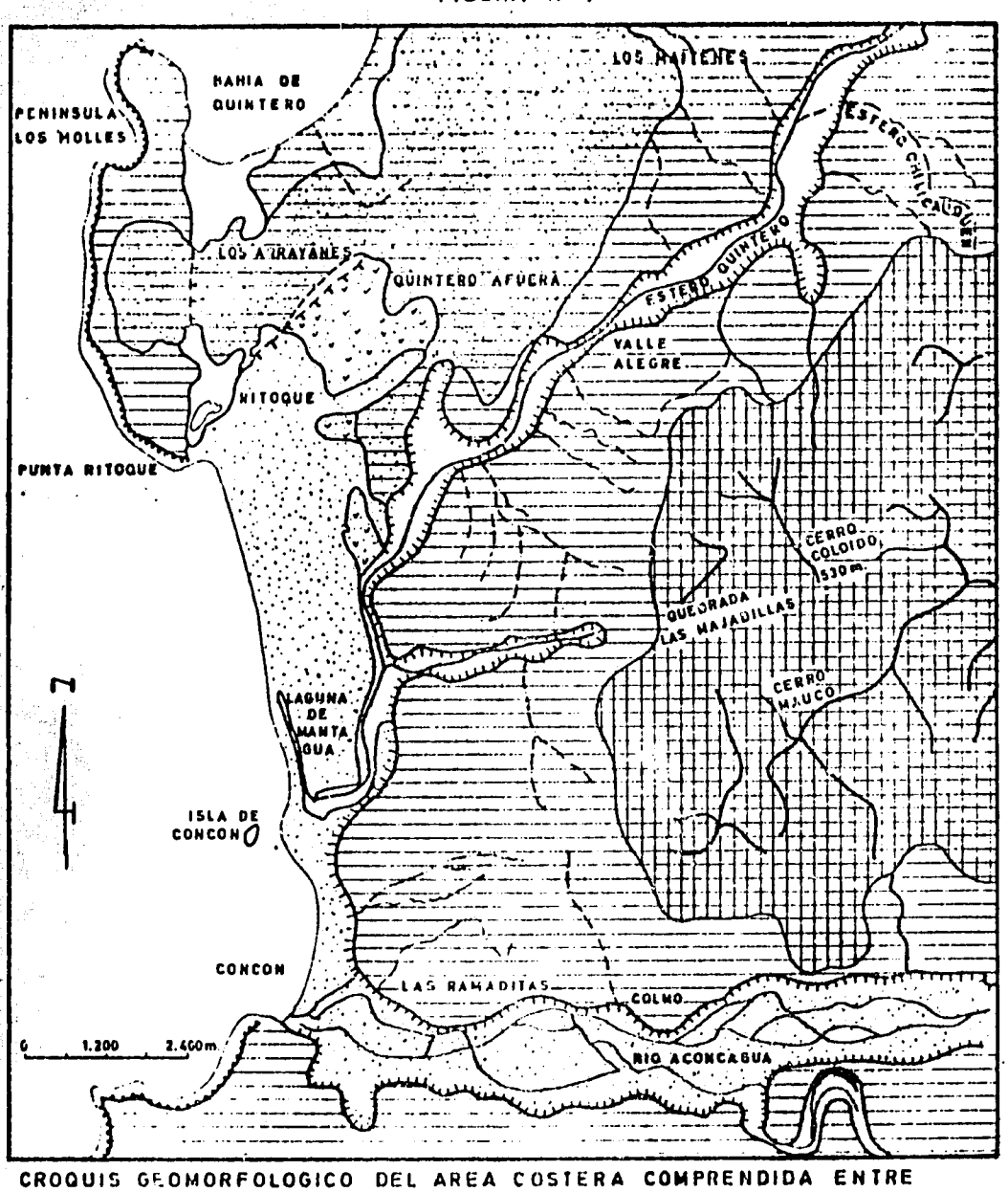
vas en períodos fluctuantes dentro de los dos últimos siglos y que son en su mayoría dunas dinámicamente activas.

Es diferente la génesis de las dunas viejas y de las dunas nuevas, así como también son distintos los procesos que lo originaron. Las dunas viejas han tenido su origen en procesos climáticos que al parecer corresponden al transporte de sedimentos arrastrados por los ríos al inicio del último período post-glacial. La aridez relativa de este período facilitó un proceso natural de sedimentación de arenas en el litoral. Las dunas nuevas, no obedecen sólo a un proceso climático sino que corresponden a la interacción de condiciones ambientales propicias a la sedimentación (geomorfología, régimen de vientos y clima de la región litoral) y a la acción antropógena de ruptura del equilibrio geomorfodinámico superficial por su uso inadecuado.

La acción del hombre no sólo ha acelerado el proceso erosivo del suelo, sino que ha modificado la velocidad y capacidad de transporte de los flujos de agua tanto de los ríos como de las corrientes litorales. Al utilizar agua para el regadío o construír obras de ingeniería en los ríos y en litoral, se ha modificado la ubicación de las zonas de transporte y sedimentación, creándose condiciones que antes no existían y aportando con ello mayor cantidad de sedimentos, para la dinámica de los campos de dunas y aumentando en general su grado de actividad en el litoral.

En el presente trabajo se estudió el campo de dunas de Ritoque ubicado en la provincia de Valparaíso (32°50' Lat. Sur y 71°30' Long. Oeste). Se caracterizó la dinámica superficial en aquellos parámetros que tienen relación con las arenas existentes, evaluando los procesos dinámicos superficiales para preveer la interferencia que ello significa en la implantación de la vegetación. Como consecuencia de lo anterior se aportan antecedentes básicos para zonificar la región en estudio, conforme a su uso actual y potencial, lo cual permitirá planificar en forma adecuada ensayos silvícolas, con el propósito de obtener una contención rápida de los procesos de avance de la arena y una mayor productividad de un área actualmente estéril.

FIGURA Nº 1




CROQUIS GEOMORFOLOGICO DEL AREA COSTERA COMPRENDIDA ENTRE LA BAHIA QUINTERO Y EL RIO ACONCAGUA

- MONTAÑA C COSTA
- PLANICIES LITORALES
- COLINAS FORMADAS POR DUNAS ANTIGUAS
- DUNAS ESTABILIZADAS
- DUNAS ACTIVAS
- LECHO RIO ACONCAGUA
- LINEAS DE CUMBRES
- ACANTILADO COSTERO
- ABRUPTOS
- MEANDROS
- CURSOS DE $H_2O$.
- $H_2O$ ESTANCADA
- FALLAS
- FONDOS PLANOS

FUENTE: FIGUEROA 1966

# I.- TIPIFICACION DE LAS ARENAS.

## 1.1.- Granulometría:

Para el análisis granulométrico, se utilizó la serie de tamices correspondiente a las normas A.S.T.M. (United States Sieves Series), con el propósito de medir el tamaño de los granos de arena.

En veintidos muestras se obtuvieron los siguientes resultados:

El 72.33% de las muestras obtenidas corresponden a la denominación de arena fina que queda representada por un diámetro de 0,125-0,210 mm.

El 27,33% corresponde a la denominación de arena media presentando un diámetro de 0,297 a 0,420 mm.

# GRANULOMETRIA DE LAS ARENAS.

CUADRO Nº 1.-

PORCENTAJE ACUMULATIVO

| TAMIZ NºASTM | NUMERO DE LA MUESTRA 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 30 | 0,1917 | 0,0361 | 4,5367 | 3,2263 | 0,0169 |
| 40 | 5,2906 | 2,3098 | 20,5237 | 23,0536 | 0,7786 |
| 50 | 19,9913 | 28,5281 | 40,8080 | 52,9219 | 21,1460 |
| 70 | 57,0887 | 73,5218 | 73,0950 | 78,1443 | 65,5841 |
| 120 | 98,4922 | 99,0175 | 98,2323 | 97,8215 | 98,5134 |
| 230 | 99,8961 | 100,0000 | 99,7562 | 99,3587 | 99,8583 |
| 230 | 100,0000 | ------- | 100,0000 | 100,0000 | 100,0000 |

PORCENTAJE ACUMULATIVO

| TAMIZ NºASTM | NUMERO DE LA MUESTRA 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|
| 30 | 0,0156 | 0,1285 | 1,7723 | 0,2689 | 0,0347 |
| 40 | 0,6342 | 2,5656 | 14,9580 | 12,5011 | 0,2374 |
| 50 | 12,4075 | 20,8477 | 41,9253 | 50,6457 | 16,3786 |
| 70 | 55,2031 | 71,3846 | 75,7710 | 85,4614 | 57,1766 |
| 120 | 99,3670 | 98,3535 | 97,2599 | 99,5176 | 97,1534 |
| 230 | 99,9557 | 99,6896 | 99,4894 | 99,8236 | 99,6329 |
| 230 | 100,0000 | 100,0000 | 100,0000 | 100,0000 | 100,0000 |

## PORCENTAJE ACUMULATIVO

| TAMIZ | NUMERO DE LA MUESTRA | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Nº ASTM | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 30 | 0,1359 | 0,0498 | 4,5367 | 0,0072 | 0,0083 |
| 40 | 3,2498 | 2,1374 | 20,5237 | 0,0414 | 0,0425 |
| 50 | 30,5128 | 16,9017 | 40,8080 | 8,3041 | 3,3257 |
| 70 | 66,0256 | 62,9385 | 73,0950 | 51,6190 | 75,0986 |
| 120 | 96,3965 | 98,8332 | 98,2320 | 96,4750 | 99,8065 |
| 230 | 99,5947 | 100,0000 | 99,7559 | 99,3453 | 99,9560 |
| 230 | 100,0000 | ------- | 100,0000 | 100,0000 | 100,0000 |

## PORCENTAJE ACUMULATIVO

| TAMIZ | NUMERO DE LA MUESTRA | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Nº ASTM | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 30 | 0,0627 | 0,1376 | 0,0083 | 2,9870 | 0,0403 |
| 40 | 1,8370 | 0,4308 | 0,3278 | 22,7086 | 1,6985 |
| 50 | 15,4950 | 58,4400 | 7,9281 | 52,4652 | 16,4544 |
| 70 | 56,0297 | 45,6574 | 51,8807 | 76,2759 | 57,5913 |
| 120 | 99,5448 | 91,1436 | 98,2996 | 93,0581 | 94,9932 |
| 230 | 99,8140 | 99,5815 | 99,2996 | 94,3280 | 98,0525* |
| 230 | 100,0000 | 100,0000 | 100,0000 | 95,0723* | |

(*) Muestra Nº 19 contiene 4,9277% de Cal
Muestra Nº 20 contiene 1,9475% de Cal

PORCENTAJE ACUMULATIVO

| TAMIZ | NUMERO DE LA MUESTRA | |
|---|---|---|
| Nº ASTM | 21 | 22 |
| 30 | 0,0363 | 3,9105 |
| 40 | 1,5402 | 55,5985 |
| 50 | 13,8729 | 93,7902 |
| 70 | 55,6706 | 97,1833 |
| 120 | 94,3128 | 99,7824 |
| 230 | 98,3972* | 100,0000 |
| 230 | | |

(*) Muestra Nº 21 contiene 1,6028% de Cal.

## 1.2.- Diámetro mediano de las arenas y su coeficiente de clasificación.

Dos muestras de arena pueden tener el mismo diámetro mediano, aunque una tenga un intervalo de tamaño mucho más amplio que la otra. El coeficiente de clasificación se define estadísticamente como el grado en el cual se apartan los granos de arena en ambos lados del promedio. Así definido, a mayor desviación con respecto a la media, menor es la clasificación de la muestra de arena.

El cuociente de clasificación (So) usado es el desarrollado por TRASK (1932).

Tomando en consideración el tamaño medio de la arena y su correspondiente coeficiente de clasificación, podemos decir, que la totalidad de las muestras presentan buena clasificación. TRASK (1932) establece que los sedimentos bien clasificados tienen valores de So menores a 2,5 (Cuadro N° 2).

## 1.3.- Esfericidad y redondeamiento medio de los minerales contenidos en las muestras.

Tanto la redondez como la esfericidad están relacionadas. Ello ha permitido la confección de una tabla para su estimación visual. El método seguido fue el recomendado por KRUMBEIN y

SLOSS, (1956), obteniendo los siguientes resultados.

La esfericidad y el redondeamiento medio, muestran uniformidad en sus minerales, exceptuando las muestras del sector de La Laguna Mantagua. En esta área se presenta en forma imperfecta dos poblaciones de granos de arena que estarían evidenciando un circuíto de arenas. (Cuadro Nº 3).

CUADRO N° 2.

MEDIANA Y COEFICIENTE DE CLASIFICACION DE LAS ARENAS.

| MUESTRA N° | MEDIANA ($Q_2$) | COEFICIENTE DE CLASIFICACION (So) |
|---|---|---|
| 1 | 0,227 | 1,25 |
| 2 | 0,240 | 1,21 |
| 3 | 0,275 | 1,41 |
| 4 | 0,305 | 1,26 |
| 5 | 0,225 | 1,20 |
| 6 | 0,211 | 1,22 |
| 7 | 0,229 | 1,20 |
| 8 | 0,285 | 1,32 |
| 9 | 0,297 | 1,15 |
| 10 | 0,210 | 1,22 |
| 11 | 0,231 | 1,30 |
| 12 | 0,220 | 1,20 |
| 13 | 0,265 | 1,41 |
| 14 | 0,208 | 1,11 |
| 15 | 0,212 | 1,09 |
| 16 | 0,209 | 1,19 |
| 17 | 0,295 | 1,10 |
| 18 | 0,208 | 1,06 |
| 19 | 0,310 | 1,79 |
| 20 | 0,220 | 1,18 |
| 21 | 0,209 | 1,20 |
| 22 | 0,400 | 1,09 |

Cuadro N° 3.- Esfericidad y Redondeamiento medio de los Minerales obtenidos en las muestras*.

| MINERALES | MUESTRA N° 7 ESFERIC. | MUESTRA N° 7 REDOND. | MUESTRA N° 8 ESFERIC. | MUESTRA N° 8 REDOND. | MUESTRA N° 9 ESFERIC. | MUESTRA N° 9 REDOND. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Albita | 0,620 | 0,644 | 0,578 | 0,733 | 0,578 | 0,733 |
| Cuarzo | 0,602 | 0,658 | 0,571 | 0,700 | 0,571 | 0,700 |
| Frag.líticos | 0,700 | 0,700 | 0,566 | 0,600 | 0,566 | 0,600 |
| Anfíboles | 0,543 | 0,695 | 0,630 | 0,673 | 0,602 | 0,559 |
| Apatita | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Biotita | 0,785 | 0,842 | 0,850 | 0,625 | 0,700 | 0,850 |
| Epidota | 0,760 | 0,700 | 0,600 | 0,750 | 0,663 | 0,663 |
| Feldespatos | 0,785 | 0,785 | 0,600 | 0,750 | 0,683 | 0,666 |
| Min.opacos | 0,686 | 0,686 | 0,650 | 0,725 | 0,752 | 0,708 |

| MINERALES | MUESTRA N° 10 ESFERIC. | MUESTRA N° 10 REDOND. | MUESTRA N° 11 ESFERIC. | MUESTRA N° 11 REDOND. | MUESTRA N° 12 ESFERIC. | MUESTRA N° 12 REDOND. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Albita | 0,589 | 0,714 | 0,621 | 0,671 | 0,637 | 0,742 |
| Cuarzo | 0,540 | 0,688 | 0,676 | 0,732 | 0,640 | 0,677 |
| Frag.líticos | 0,750 | 0,650 | 0,766 | 0,700 | 0,516 | 0,666 |
| Anfíboles | 0,668 | 0,708 | 0,601 | 0,684 | 0,544 | 0,651 |
| Apatita | -- | -- | -- | -- | 0,766 | 0,766 |
| Biotita | 0,700 | 0,825 | 0,500 | 0,820 | 0,600 | 0,750 |
| Epidota | 0,785 | 0,785 | 0,800 | 0,700 | 0,700 | 0,633 |
| Feldespatos | 0,640 | 0,680 | 0,700 | 0,614 | 0,700 | 0,716 |
| Min.opacos | 0,653 | 0,700 | 0,748 | 0,748 | 0,700 | 0,730 |

(*) Las muestras N° 1 a la N° 6 y N° 19 a la N° 22 se ocuparon en el análisis de rayos X.-

| MINERALES | MUESTRA N° 13 ESFERIC. | MUESTRA N° 13 REDOND. | MUESTRA N° 14 ESFERIC. | MUESTRA N° 14 REDOND. | MUESTRA N° 15 ESFERIC. | MUESTRA N° 15 REDOND. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Albita | 0,722 | 0,711 | 0,616 | 0,655 | 0,606 | 0,727 |
| Cuarzo | 0,602 | 0,694 | 0,597 | 0,640 | 0,609 | 0,719 |
| Frag.líticos | 0,700 | 0,800 | 0,650 | 0,850 | 0,766 | 0,800 |
| Anfíboles | 0,533 | 0,667 | 0,680 | 0,704 | 0,665 | 0,710 |
| Apatita | 0,500 | 0,700 | 0,700 | 0,700 | 0,500 | 0,600 |
| Biotita | 0,414 | 0,842 | 0,780 | 0,780 | 0,733 | 0,733 |
| Epidota | 0,760 | 0,700 | 0,614 | 0,814 | 0,629 | 0,652 |
| Feldespatos | 0,780 | 0,860 | 0,633 | 0,740 | 0,666 | 0,753 |
| Min.opacos | 0,657 | 0,657 | 0,716 | 0,073 | 0,734 | 0,760 |

| MINERALES | MUESTRA N°16 ESFERIC. | MUESTRA N°16 REDOND. | MUESTRA N° 17 ESFERIC. | MUESTRA N° 17 REDOND. | MUESTRA N°18 ESFERIC. | MUESTRA N°18 REDOND. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Albita | 0,666 | 0,747 | 0,666 | 0,747 | 0,631 | 0,800 |
| Cuarzo | 0,780 | 0,817 | 0,720 | 0,817 | 0,590 | 0,706 |
| Frag.líticos | 0,733 | 0,766 | 0,733 | 0,766 | 0,620 | 0,900 |
| Anfíboles | 0,664 | 0,753 | 0,665 | 0,780 | 0,656 | 0,734 |
| Apatita | --- | --- | 0,600 | 0,600 | --- | --- |
| Biotita | 0,315 | 0,825 | 0,700 | 0,675 | 0,375 | 0,825 |
| Epidota | 0,625 | 0,650 | 0,817 | 0,700 | 0,811 | 0,700 |
| Feldespatos | 0,633 | 0,655 | 0,640 | 0,820 | 0,700 | 0,640 |
| Min.opacos | 0,653 | 0,760 | 0,757 | 0,728 | 0,764 | 0,771 |

## 1.4.- Color de las Arenas.

El color de las arenas se determinó en húmedo y en seco, mediante la comparación visual con las Tablas Colorimétricas de Munsell (1954). La totalidad de las muestras presentan un color variegado, por lo cual se procedió a separar las muestras en dos fracciones o matrices: la matriz obscura y la matriz blanca.

El color en seco varía desde gris muy obscuro al pardo grisáceo la matriz obscura y desde el amarillo pálido al blanco la matriz clara. En cuanto al color en húmedo, las muestras varían desde el gris oliva-obscuro al gris oliva, la matriz obscura y desde el amarillo pálido al oliva la matriz clara. Siendo el color de la muestra compuesta amarillo pálido.

## 1.5.- Petrografía de las muestras de arena.

Mediante el análisis de Rayos X y por medio del microscopio petrográfico se determinó la composición mineralógica cualitativa y el porcentaje de mineral en cada muestra.

El resultado de los análisis de Rayos X muestra, que tanto la "fracción liviana" como la "fracción pesada" tienen una extraordinaria homogeneidad. Esta varía sólo cuantitativamente y no cualitativamente. Pero el análisis reali-

zado con Bromoformo y otros métodos, demuestran que no sólo son homogéneas cualitativamente como se establece en el análisis de Rayos X, sino que también son homgéneas cuantitativemente.

Si tomamos una muestra promedio, el 84% lo constituye la "Fracción liviana" y el 8,6% lo constituye la "fracción pesada". El resto está compuesto por Magnetita, Carbonato e Hidróxido de Fierro, Materia orgánica y sulfuros.

La "fracción liviana" es rica en Albita y Cuarzo, en un valor cercano al 92% de la fracción, el resto está constituído por fragmentos líticos.

La "fracción pesada" es rica en Anfíboles y Minerales opacos con un valor del 80%. El resto lo constituye Apatita, Epidota y el Grupo de los Feldespatos en porcentajes variables.

Tanto la "fracción liviana" como la "fracción pesada" presentan una composición muy irregular con un contenido variable y elevado en Magnetita; presentándose algunas muestras sin Apatita.

CUADRO Nº 4.- PETROGRAFIA DE LAS ARENAS. Minerales expresados en porcentaje.

| | NUMERO DE LA MUESTRA | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| Carbonatos e Hidróxidos de Fierro | 0.50 | 0,26 | 0,09 | 0,86 | 0,27 | 0,56 | 0,64 | 0,47 | 0,74 | 0,65 | 0,09 | 0,10 |
| Fracción liviana | 90.08 | 83.49 | 70.61 | 84.71 | 89.45 | 86.12 | 81.11 | 84.67 | 81.40 | 91.02 | 80.94 | 91.78 |
| Fracción Pesada | 2.95 | 5.47 | 24.70 | 11.70 | 2.52 | 8.20 | 11.20 | 9.92 | 12.13 | 1.99 | 9.29 | 3.20 |
| Magnetita | 4.80 | 0.78 | 4.19 | 2.50 | 7.35 | 4.50 | 6.09 | 4.35 | 5.23 | 5.76 | 9.20 | 4.92 |
| Materia orgánica y Sulfuros | 1.67 | 0.20 | 0.41 | 0.23 | 0.41 | 0.62 | 0.96 | 0.59 | 1.50 | 0.58 | 0.48 | — |
| TOTAL | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| FRACCION LIVIANA TOTAL | 90.08 | 83.49 | 70.61 | 84.71 | 89.45 | 86.12 | 81.11 | 84.64 | 81.40 | 91.02 | 80.94 | 91.78 |
| Albita | 55.00 | 66.00 | 58.00 | 56.00 | 69.00 | 61.00 | 53.00 | 59.00 | 43.00 | 58.00 | 59.00 | 64.00 |
| Cuarzo | 39.00 | 28.00 | 34.00 | 36.00 | 25.00 | 27.00 | 37.00 | 37.00 | 51.00 | 36.00 | 29.00 | 31.00 |
| Fragmentos líticos | 6.00 | 6.00 | 8.00 | 8.00 | 6.00 | 12.00 | 10.00 | 4.00 | 6.00 | 6.00 | 12.00 | 5.00 |
| TOTAL | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| FRACCION PESADA TOTAL | 2.95 | 5.47 | 24.70 | 11.70 | 2.52 | 8.20 | 11.20 | 9.92 | 12.13 | 1.99 | 9.29 | 3.20 |
| Anfíboles | 46.00 | 40.00 | 49.00 | 45.00 | 51.00 | 49.00 | 49.00 | 47.00 | 40.00 | 45.00 | 35.00 | 46.00 |
| Apatito | — | — | — | — | — | 3.00 | 1.00 | 2.00 | 2.00 | — | 2.00 | — |
| Biotita | 7.00 | 4.00 | 4.00 | 8.00 | 5.00 | 4.00 | 7.00 | 7.00 | 12.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 |
| Epidota | 10.00 | 8.00 | 11.00 | 7.00 | 12.00 | 9.00 | 10.000 | 7.00 | 17.00 | 8.00 | 17.00 | 9.00 |
| Feldespatos | 7.00 | 24.00 | 12.00 | 10.00 | 7.00 | 12.00 | 5.00 | 15.00 | 6.00 | 9.00 | 10.00 | 10.00 |
| Minerales opacos | 30.00 | 24.00 | 33.00 | 30.00 | 25.00 | 26.00 | 28.00 | 24.00 | 23.00 | 30.00 | 28.00 | 28.00 |
| TOTAL | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

## 1.6.- Tensión Matrica.

La tensión matrica fué determinada para 16 muestras del Sector Area Norte del Campo de Dunas, las cuales por medio de un plato de presión fueron sometidas a 0,1 y 15 atmósferas, es decir, cifra de Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente respectivamente.

Los resultados obtenidos muestran que el contenido de humedad, tanto en Capacidad de Campo, como en Porcentaje de Marchitez permanente, no presenta grandes variaciones. La diferencia entre estas dos medidas fluctúa aproximadamente en el 1%. Los valores de Capacidad de Campo están próximos al 2,25% y el Porcentaje de Marchitez Permanente al 1,21%.

Tomando en consideración los meses críticos para la vegetación, podemos establecer lo siguiente:

Porcentaje de humedad a 0,50 m. de profundidad.

| Mes | % de Humedad |
|---|---|
| Noviembre | Sobre el % de Marchitez Permanente. |
| Enero | Bajo el % de Marchitez Permanente. |
| Marzo | Sobre, pero cercano al % de Marchitez Permanente. |
| Abril-Octubre | Sobre el % de Marchitez Permanente. |

## 1.7.- Electroconductividad y pH de la arena.

En 16 muestras del sector Norte se preparó una suspensión de arena en agua en las relaciones 1:2,5 y 1:10, procediendo a medir el pH de cada una de ellas.

De los resultados obtenidos, establecemos que la mayoría de las muestras de la relación 1:2,5 presentan valores de pH cercanos a 8,5, siendo sus límites extremos 7.4 y 8.80.

En la suspensión de arena en agua, cuya relación es 1:10, observamos que la mayoría de las muestras presentan valores de pH cercanos a 7,5, siendo sus límites extremos 6.3 y 3.4.

En relación a la electroconductividad, el 87.5% de las muestras no presentan problemas de salinidad, ya que se encuentran con valores inferiores a 2.0 milimhos/cm. Sin embargo, el 12,5% de las muestras presentan algunos problemas, entre ellos tenemos las muestras del Estran a nivel de la superficie que restringe el crecimiento de muchas especies, (9,8 milimhos/cm.), permitiendo sólo el crecimiento de las más tolerantes.

## 1.8.- Infiltración de las arenas.

Debido a la configuración física de la arena es lógico suponer un alto nivel de infiltración y drenaje excesivo. De hecho, en los tres sectores muestreados se obtuvieron velocidades de infiltración bastante elevadas, es así, como en la Depresión se obtuvo una ecuación:

$$VI = \frac{249.75}{T\ 0,075} \quad (cm/hr)$$

le sigue en rapidez el Cordón Litoral con una ecuación:

$$VI = \frac{249.30}{T\ 0,0107} \quad (cm/hr)$$

y en las Dunas propiamente tales se obtuvo una ecuación:

$$VI = \frac{249.75}{T\ 0,075} \quad (cm/hr)$$

## 1.9.- Fertilidad del Campo de Dunas.

Con el propósito de obtener valores de fertilidad se realizó un análisis estimativo obteniéndose los siguientes resultados.

En general, las muestras presentan un contenido muy bajo en materia orgánica, que no sobrepasa el 0,4%. Todas las muestras presentan un contenido bajo en Nitrógeno, encontrándose valores entre las 6 ppm y 18 ppm, siendo considerados bajos los valores menores a 20 ppm.

En cuanto al contenido de Fósforo, éste es muy bajo,presentándose valores entre 1 ppm y 2 ppm, siendo considerados bajos los valores menores a 5.0 ppm.

Todas las muestran poseen valores de Potasio adecuados, encontrándose valores mayores a 80 ppm. Las cifras obtenidas fluctúan entre los 76 ppm y 165 ppm.

## II.- PROCESOS DINAMICOS SUPERFICIALES.

Con el fin de evaluar los procesos dinámicos superficiales se consideraron 5 aspectos en función de: a) El abastecimiento de arena. b) El viento. c) Las precipitaciones. d) La Geomorfología. e) La vegetación.

### Abastecimiento de arena.

Para este campo de dunas existen tres fuentes de abastecimiento de arena. La primera y más importante es el río Aconcagua, que arrastra como promedio 24.58 Kg/seg. de sedimento, estimándose el transporte en 9 meses de 453.600 toneladas. La segunda la constituyen los procesos de meteorización de la costa rocosa que limita el campo de dunas (Punta Ritoque y Con Con). La tercera fuente probable de abastecimiento son los sedimentos provenientes desde el lado Sur del Río Aconcagua, originados en procesos de meteorización de los sectores y playas contiguas (Playa Amarilla, Negra, Los Lilenes y sectores vecinos al balneario de Con Con).

Los sedimentos entregados por el río Aconcagua son transportados por las corrientes litorales de Sur a Norte, las que son interferidas por las islas de Con Con, desviándose hacia el Oeste, lo que en gran parte impide la depositación de estos sedimentos en el sector comprendido entre la Laguna Mantagua y el área central de las dunas. Sin embargo, teóricamente, la corriente litoral encuentra obstruído el paso hacia el norte por la prominencia de Punta de Ritoque, obligando a la corriente litoral a circular en el área Norte del Campo de Dunas, creando así una fuerza centrífuga que obliga a los granos de arena a depositarse con mayor frecuencia en esa zona. El hecho de que se deposite más sedimento en la Zona Norte queda comprobado en la morfología del campo de dunas y en los levantamientos topográficos efectuados.

Los parámetros estadísticos de la esfericidad y redondeamiento, estarían evidenciando en el sector de la Laguna Mantagua un efecto de mesa, ya que se observan dos poblaciones de granos de arena. Este efecto de mesa estaría comprendido por dos circuitos: 1) Circuíto Menor, comprende el Estran arenoso, el Cordón Litoral, la Laguna Mantagua, devolviéndose los granos de arena al mar. 2) Circuíto Mayor, comprende el Estran arenoso, el Cordón Litoral, saltándose los granos la Laguna Mantagua o siendo transportados por ella hacia la ribera de la depresión, al campo de dunas propiamente tal y al Estero Quintero, quien los devuelve al mar.

## Viento y Precipitaciones.

La dirección predominante del viento Sur queda reflejada en la morfología del campo de dunas. Tenemos así, por ejemplo, la dirección de las dunas longitudinales, el paralelismo de los ejes principales de las dunas transversales, los árboles que crecen achaparrados e inclinados, etc. son con respecto a la dirección del viento. La frecuencia media del viento Sur es de 369.5 con una velocidad media de 26 Km/hr, presentando los meses de Septiembre a Marzo una mayor frecuencia y velocidad media. La mayor intensidad de procesos dinámicos ocurre entre los meses de Diciembre y fines de Febrero.

Siendo el viento predominante Sur, le sigue el viento N, con una frecuencia media de 143.8 y una velocidad media de 20.5 Km/hr. Sin embargo, el viento Norte influye muy poco en la morfología.

Para que exista ingreso de arena al campo de dunas deben concurrir numerosos factores, entre los cuales tenemos:

a.- La arena debe encontrarse seca.
b.- El mar debe estar en baja mar.
c.- Una velocidad mínima de viento en el momento de la baja marea.
d.- Escasez de precipitaciones.
e.- Inclinación del estran arenoso.

La arena se seca principalmente por efecto de asoleamiento, el que provoca una gran evaporación. Al disminuír la cantidad de agua los granos de arena son individualizados y quedan libres al arrastre o movimiento de saltación por efecto del viento. Generalmente, coincide la baja mar con la presencia de viento Sur, quedando una mayor extensión del estran arenoso sometido a la acción secante de los vientos.

Debe existir una velocidad mínima del viento, para que ocurra transporte de arena; los vientos suaves y constantes no tienen gran influencia, son los "acharrados" los que inciden en forma importante.

La velocidad mínima media capaz de movilizar los granos de arena a nivel del suelo fue de 16,58 Km/hr. A esa velocidad la cantidad de arena interceptada en un tubo de sección de 1 cm. fue de 0,6 gr/hr.

Existe otro factor que influye en soltar los granos de arena y es la acción que tienen las aves en el estran arenoso, además de la fauna menor que vive en la arena, como es el caso de la "pulga de mar" (Emerita analoga) que horadan y ayudan a una mayor evaporación.

## Geomorfología

En general, los procesos que caracterizan las distintas morfologías se pueden enumerar de la siguiente forma: a) Procesos de alimentación, ocurren en el estran arenoso, b) Procesos de transporte, tienen lugar a nivel del Cordón litoral, c) Procesos de deflación o sustracción, ocurren en la depresión y d) Procesos de depositación, que culminan en las dunas propiamente tales.

El cordón litoral, como zona de transporte, tiene una gran dinámica interna, ya que en él los vientos se canalizan por entre las dunas longitudinales, provocando deflación en las paredes de estos corredores. El cordón litoral, como todo el campo de dunas, presenta mayor actividad y altitud en la zona Norte, disminuyendo gradualmente hacia el Sur.

En la zona central de la depresión, el proceso dinámico interno es pobre, ya que el área se encuentra cubierta con especies herbáceas lo que impide en gran parte una actividad de substracción fuerte.

Las dunas propiamente tales, están constituídas por barjanes de gran tamaño que disminuyen su altura de Norte a Sur, presentando faldas de barlovento con pendientes de 15° a 35°, faldas de sotavento con pendientes de 26° a 35° y la dirección de su eje principal es de 17° a 41° N.E. Estos barjanes presentan una dinámica interna propia y además actualmente reciben aporte de arena por lo menos en la zona norte de campo.

En el campo de dunas se pueden diferenciar tres zonas dinámicamente diferentes que serían: zona norte, zona central y zona sur. La diferencia entre estas zonas se debe principalmente a la acción del viento, la influencia de las islas Con Con, Laguna Mantagua y a la corriente litoral.

La zona norte es la que tiene mayor ingreso de sedimentos y mayor actividad dinámica. Este ingreso y dinámica del campo de dunas es inferior a medida que se avanza hacia el sur, llegando a ser muy escaso en

las cercanías del río Aconcagua.

## Vegetación

La vegetación natural existente (Ambrosia chamissonis (Less.) Greene "Ambrosia", Carpobrotus chilensis (Mol.) NE. Brown "Doca", Margyricarpus pinnatus (Lam.) OK. "Perlilla", Baccharis concava Pers. "Vautro"), preferentemente se encuentra coronando las crestas de las dunas longitudinales. La vegetación en este caso se presenta con mayor cobertura en la zona sur, disminuyendo gradualmente hacia el norte.

En la depresión, además de las especies mencionadas, existe otro tipo de especies, como Distichlis spicata (Less.) Greene "Pasto salado", Scirpus nodosus L. "Estoquillo", disminuyendo también su cobertura gradualmente hacia el Norte del Campo de Dunas.

En las dunas transversales, la vegetación que se encuentra es escasa. En la zona sur, como especie introducida, tenemos a Pinus radiata D. Don "Pino insigne".

La Gramineae Ammophila arenaria L. "Barron" ha sido plantada en varios sectores, entre los cuales tenemos el Cordón Litoral, Depresión y Frentes de avances, mostrando un buen trabajo de retención y desarrollo.

CONCLUSIONES.-

El Río Aconcagua puede considerarse como la fuente principal de abastecimiento, sobre la base de que las arenas del campo de dunas tienen su origen en rocas madres muy semejantes por su composición y características físicas, (tamaño medio, coeficiente clasificación, mineralogía), además de tener en cuenta el movimiento y dirección de las corrientes marinas existentes en el área.

Las características físicas y composición de las arenas indican que el campo de dunas debe ser tratado como una sola unidad regosólica, en la cual no es posible distinguir tipos. Pero, desde el punto de vista dinámico, existen tres unidades diferentes: zona norte, zona central y zona sur. La diferencia entre estas tres unidades es determinada por la acción del viento, la presencia de las islas Con Con y la Laguna Mantagua, además del efecto provocado por las prominencias del litoral.

En el sector de la Laguna Mantagua existe un efecto de "Mesa", provocado por la presencia de dos circuítos de circulación de arena. Hay un circuíto menor, que comprende el estrán arenoso o playa,el cordón litoral, la Laguna Mantagua, devolviéndose los granos de arena al mar y un circuíto mayor que comprende lo anterior más el campo de dunas propiamente tal y el Estero Quintero, quién devuelve los granos de arena al mar.

Debido a la configuración del estrán arenoso de Ritoque, las arenas quedan detenidas e incorporadas a él, no trasladándose a la Bahía de Quintero afectando de esta manera al Puerto y a la Base Aérea.

Es un posible plan de control del campo de dunas es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos. En primer lugar, la presencia de fuertes vientos del Sur-Oeste y la dinámica interna del campo de dunas hacen necesario formar una ante-duna lo más estable posible previo a la implantación de vegetación. En segundo lugar, sería preciso construír un cordón litoral estable, igualando las alturas de los corredores de las dunas longitudinales.

Habiéndose establecido la vegetación, es dable esperar un desarrollo relativamente rápido del suelo, ya que en promedio existe un 50% de Albita fácilmente intemperizable y los granos en su mayoría son de tamaño fino. No sería conveniente fertilizar el campo de dunas, ya que el nitrógeno y el fósforo serían fácilmente lavados. Por este motivo y debido a la poca fertilidad existente, sería recomendable ensayar la plantación de Leguminosa previamente inoculadas para la fijación del nitrógeno.

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

1.- ALBERT, F. Las Dunas. Santiago, Cervantes. 1900. 228 pp.

2.- ARAYA, I. Morfometría de la curvatura de las playas entre punta Talca y Punta Toro. (Chile Central). Informaciones geográficas. 1(2) : 5-30. 1967.

3.- BAGNOLD, R. The physics of blown and desert dunes. 2ed. London Methven. 1954. 265 pp.

4.- BESOAIN, E. Mineralogía de Suelos; (Curso). Turrialba, Costa Rica. IICA. 1970. 348 pp.

5.- BROWN, G. The X-Ray identification and cristal structure of clay minerals. London. Brown. 1961. 544 pp.

6.- CORDERO, M.C. Los grandes Campos de Dunas del Norte Chico, ensayo de estudio geomorfológico. Tesis. Geógrafo. Santiago. Univ. de Chile. Fac. de Filosofía y Educación. 1967. 100 pp.

7.- CHILE. Instituto de Recursos Naturales. Inventario de Dunas (29°40' y 41°50'). Latitud Sur. Santiago. Imprenta San Jorge. 1966. 25 pp. Publ. N° 4.

8.- FIGUEROA, H. Geomorfología del área costera de Valparaíso entre la Bahía Quintero y el Río Aconcagua. Revista geográfica, Valparaíso. 1(2) : 5-15. 1968.

9.- KRUMBEIN, C. Y SLOSS, L. Stratigraphy and Sedimentation. San Francisco, California. W. Freeman. 1956. 497 pp.

10.- PEREZ, J. Análisis mineralógico de arenas, métodos de estudio. Madrid, Alonso Herrera. 1965. 250 pp.

11.- WILSON, A. Mathematical theory of X-Ray prowder Diffractrometry, Phylips Technical, 1963. 128 pp.

# ESTUDIO DEL CONTROL DE LAS DUNAS DE RITOQUE

ANTONIO VITA ALONSO
INGENIERO FORESTAL

GABRIEL COGOLLOR HERREROS
INGENIERO FORESTAL

# RESUMEN

Mediante un convenio entre la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile y la Corporación Nacional Forestal se realizó un estudio en las dunas de Ritoque cuyos objetivos fueron encontrar la mejor alternativa para la formación de la anteduna artificial y determinar especies capaces de estabilizar y utilizar dichas dunas.

Para ello se estableció un ensayo de formación de la anteduna el cual consideró las siguientes variables: 1) Cordón trenzado. 2) Ramillas enterradas. 3) *Ammophila arenaria* en hileras. 4) *Ammophila arenaria* en pleno. 5) Empalizada y 6) Vegetación natural.

Además, se instalaron dos parcelas de introducción de especies, en un sector fuertemente afectado por el viento y en un sector más protegido respectivamente, en los cuales se estudió el comportamiento de 24 especies.

De los resultados obtenidos después de dos años de observaciones se pudo concluir lo siguiente:

Aunque los costos de las estructuras son superiores con respecto a la utilización de vegetales vivos, desde el punto de vista técnico aquellos son insustituíbles bajo ciertas circunstancias.

El cordón trenzado es la estructura que más rápidamente acumula arena, siendo la más eficiente para llenar vacíos entre montículos de hasta 60 cm. de altura. En zonas donde la actividad del viento no es demasiado fuerte, la estructura más útil y económica para proteger zonas plantadas con amófila es la ramilla enterrada, pero por otra parte dicha estructura es la menos eficiente en la formación de la anteduna por su lenta acumulación de arena y fácil destrucción.

La empalizada es la mejor estructura para llenar vacíos entre montículos de alturas mayores de 60 cm. y como formadora de la anteduna litoral de perfil ideal.

La plantación de Ammophila arenaria en hileras constituye el sistema artificial de menor costo para la creación de la anteduna, siendo superado solamente por el uso de vegetación natural. Es el sistema más eficiente en la creación de la anteduna cuando se trata de acumular arena entre montículos donde la sustracción por el viento no sea fuerte.

La Ammophila arenaria en pleno es el mejor sistema de plantación para cumplir con la fijación de la anteduna y para ser usada permanentemente en su mantención. Es el sistema de más bajo costo para la formación de la anteduna después de la vegetación natural y la plantación de amófila en hileras.

El uso de la vegetación natural, cuando

en ésta se halla presente mayoritariamente la Ambrosia chamissonis, constituye el sistema de menor costo para la formación de la anteduna. Sin embargo, por tender a formar grandes montículos debe ser utilizada en forma complementaria con otros sistemas. Es una excelente especie para la estabilización primaria de una duna tanto si se usa sola como mezclada con amófila.

En los ensayos de introducción de especies la única que dió resultados positivos de supervivencia y desarrollo fue el Tamarix gallica debido a que los ejemplares se plantaron bajo la forma de estacas a 45 cm. de profundidad y a su gran desarrollo radicular superficial.

# I) INTRODUCCION

La metodología para efectuar el control de dunas litorales contempla tres etapas bien características. Como primera medida es fundamental impedir el ingreso de nuevas cantidades de arena hacia el campo de dunas, lo cual se logra mediante la formación de una anteduna artificial. A continuación se puede pensar en estabilizar las dunas para evitar su desplazamiento hacia el interior. Finalmente se efectúan trabajos de control definitivo, etapa en la cual puede simultáneamente iniciarse la utilización del campo con fines productivos.

Dicha metodología ha sido utilizada desde comienzos del siglo pasado en Francia (Vita, 1975) y en otros países. En Chile se han efectuado importantes trabajos en las dunas de Chanco y más recientemente en las dunas de Arauco (Gormaz, 1974) con resultados bastante promisorios. También se han realizado trabajos de menor envergadura en diversos puntos de la zona costera de la IV Región.

Sin embargo, no existen estudios que hayan analizado cuantitativamente la eficiencia de los sistemas más comunmente utilizados para la formación de la anteduna artificial, etapa fundamental para el control de dunas. Por otra parte, las dunas de Ritoque están ubicadas en una zona de clima semiárido, razón por la cual los métodos de control vegetal que han tenido éxito en Chanco y en Arauco pueden resultar ineficientes en este caso.

Los objetivos de este estudio son:

1) Encontrar la mejor alternativa para la formación de la anteduna artificial en Ritoque.

2) Determinar especies capaces de estabilizar y utilizar las dunas de dicha localidad.

## II) MATERIAL Y METODO

Este estudio se realizó mediante un convenio entre la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile y la Corporación Nacional Forestal, (CONAF). A la primera institución le correspondió la responsabilidad de diseñar y programar los ensayos, iniciar su instalación, efectuar los controles, evaluar y publicar los resultados. A la segunda, proporcionar el terreno, mano de obra, transporte y materiales.

### ENSAYOS EFECTUADOS

1) Ensayo de formación de la anteduna litoral artificial.

Este ensayo se ubicó en el elemento geomorfológico denominado cordón litoral (Ver Foto N° 1 y Figura 1) realizándose en base a las siguientes variables: a) Cordón trenzado. b) Ramillas enterradas. c) *Ammophila arenaria* en hileras. d) *Ammophila arenaria* en pleno. e) Empalizada. f) Vegetación natural. (Ver Figura 2).

Foto Nº 1.- Vista general del ensayo de formación de la anteduna artificial (G. Cogollor, 1975).

a) Cordón trenzado.- Consistió en una estructura de 50 cm. de alto y se construyó enterrándose estacas a 30cm distanciadas entre sí a 50 cm. entre las cuales se entrelazaron ramas de eucalipto con follaje. (Fotos Nº 2 y 3).

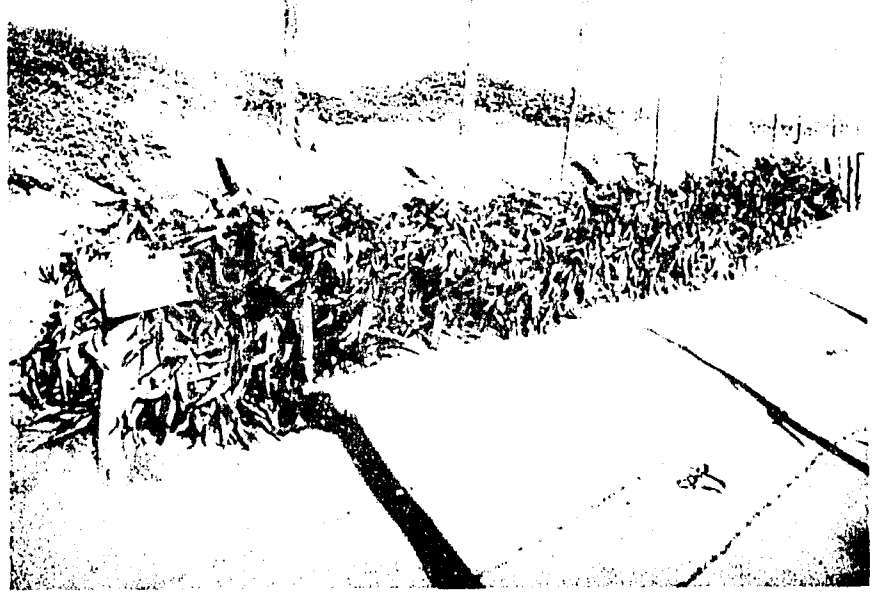


Foto Nº 2.- Cordón trenzado mostrado de frente (G. Cogollor, VII - 73).

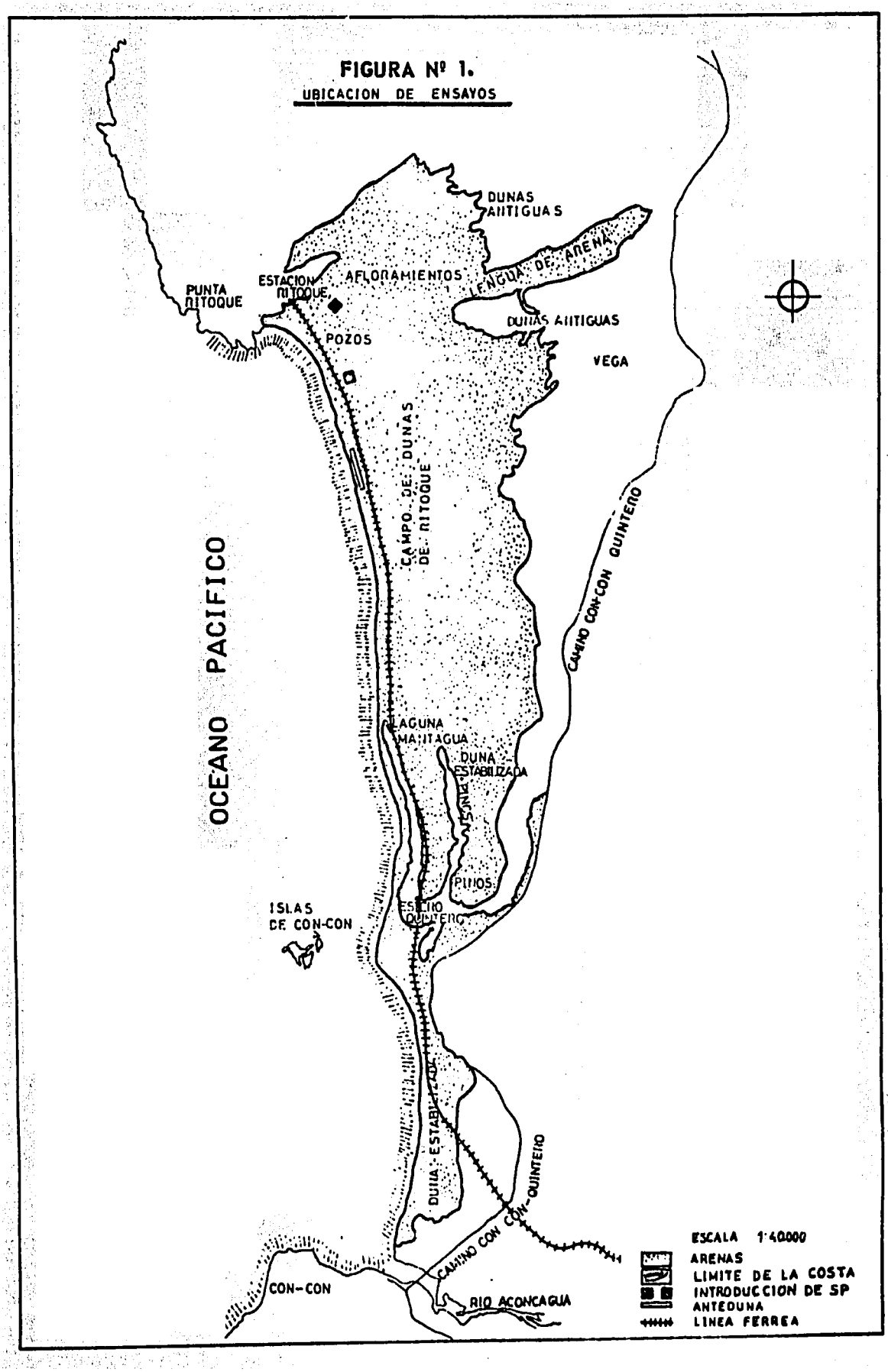



FIGURA Nº 1.
UBICACION DE ENSAYOS

FIGURA Nº 2.

# VARIABLES ENSAYO DUNA LITORAL

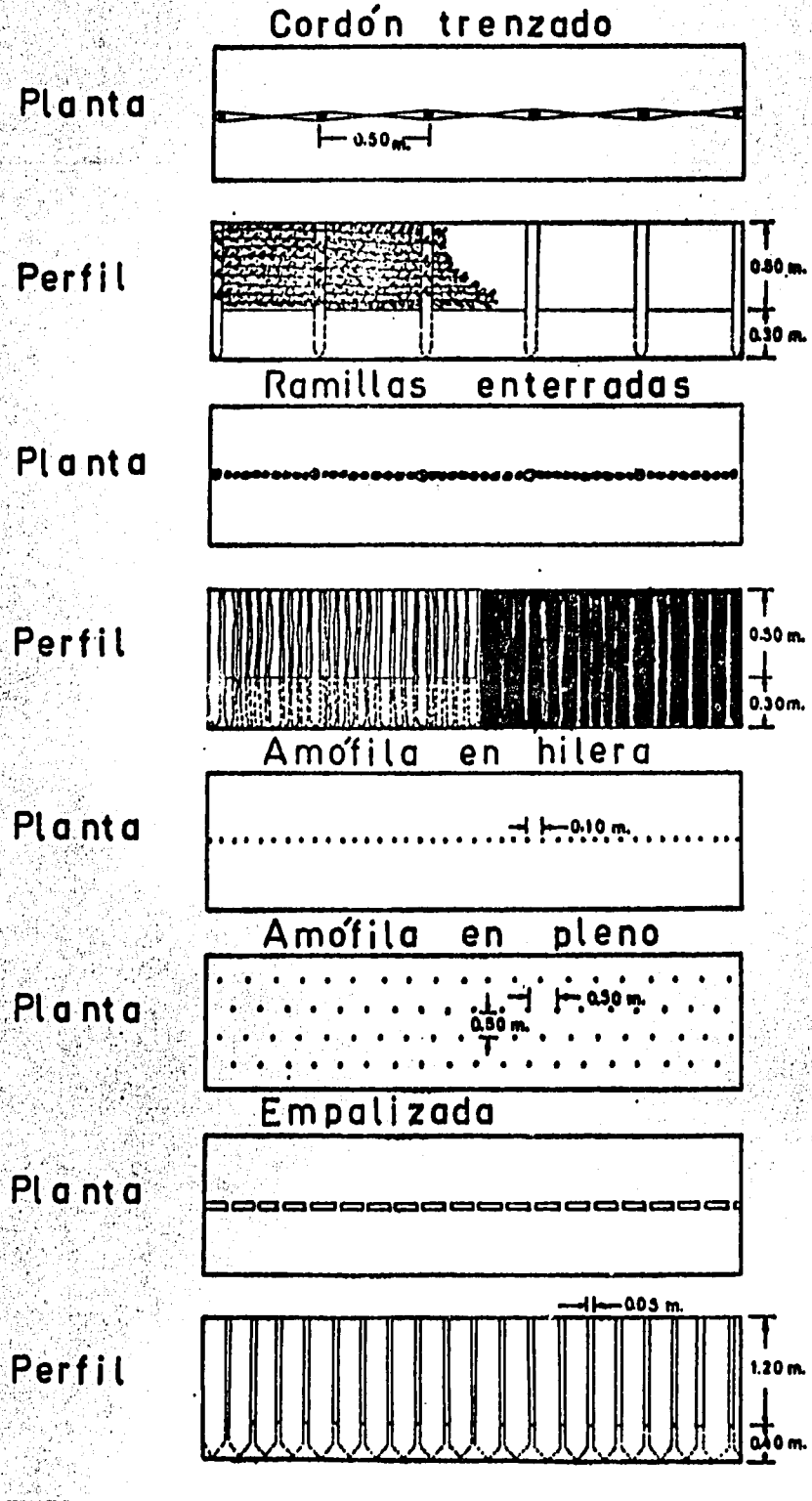


Foto N° 3.- Cordón trenzado mostrado de perfil (G. Cogollor, VII-73).

b) Ramillas enterradas.- Se construyó esta estructura enterrándose en forma continua, ramillas de eucalipto a 30 cm. de profundidad y sobresaliendo 50 cm.

c) Ammophila arenaria en hileras.- Se plantaron ejemplares de esta especie en hilera con un distanciamiento de 10 cm sobre la línea (Foto N° 4).

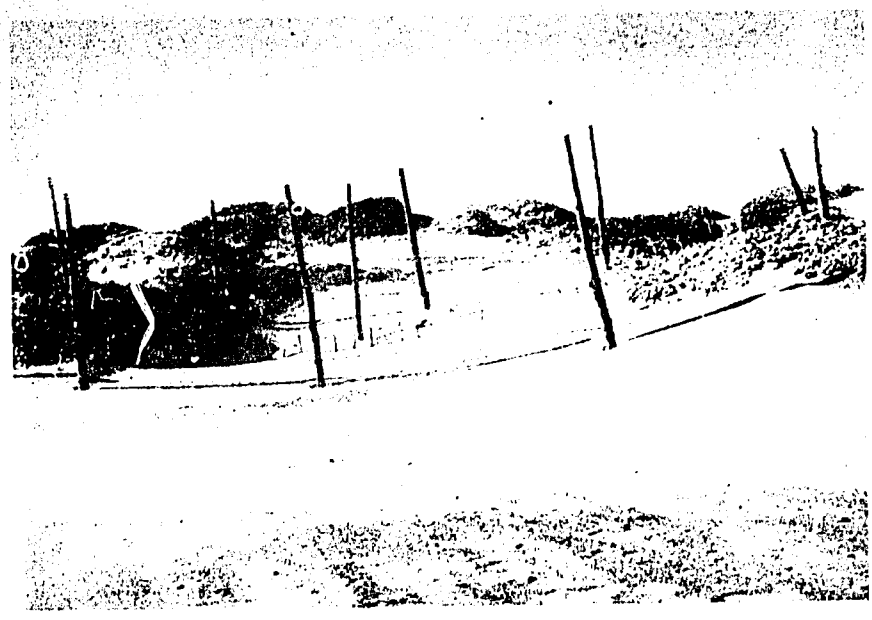


Foto Nº 4.- Ammophila arenaria en hileras (G. Cogollor).

d) Ammophila arenaria en pleno.- En este caso la amófila se plantó mediante el sistema de tresbolillo con un distanciamiento entre ejemplares de 50 cm. (Foto Nº 5).

Foto Nº 5.- Ammophila arenaria en pleno (G. Cogollor).

e) Empalizada.- Esta estructura consistió en una barrera de tapas de Pino insigne colocadas en forma casi contigua, quedando un vacío entre ellas de 5 cm. La empalizada se enterró a 40 cm. de profundidad con una altura libre de 1,20 m. (Foto N° 6).

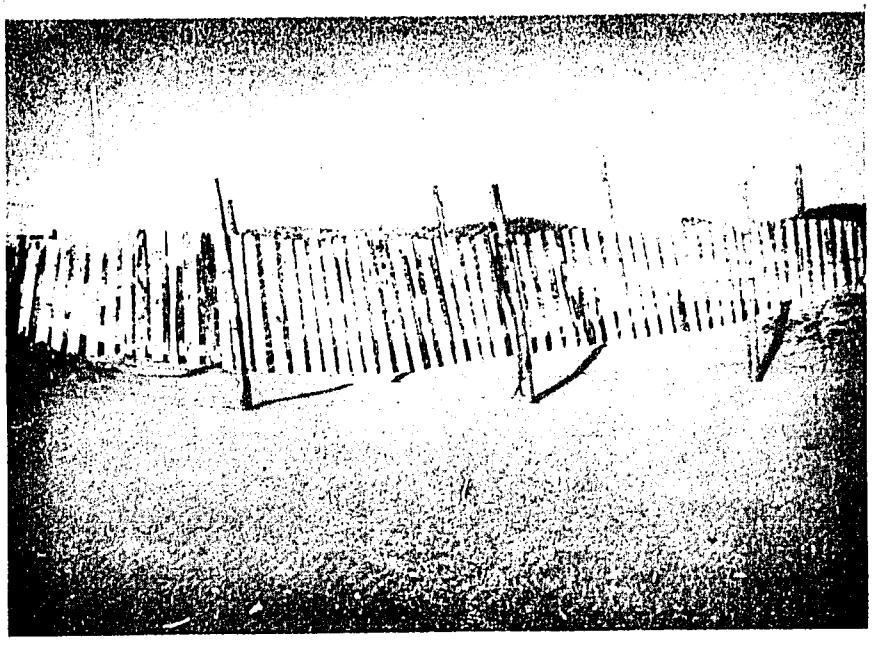


Foto N° 6.- Empalizada mostrada de frente (G. Cogollor).

f) Vegetación natural.- Se efectuó una exclusión de la vegetación del cordón litoral, constituído principalmente por *Ambrosia chamissonis* (Lees) Greene "Ambrosia". El objeto de este tratamiento fue medir el efecto de protección sobre el desarrollo de la vegetación natural.

Este ensayo se instaló de acuerdo al diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Cada tratamiento constó de una hilera, a excepción del caso de la amófila en pleno y su longitud fue de 10 m. De acuerdo con ello la longitud de cada bloque o serie de tratamiento fue de 60 m., teniendo todo el ensayo una longitud de 240 m. y un ancho de 5 m.

Este ensayo se instaló en junio de 1973, excepto en el caso de la plantación de amófila tanto en hilera como en pleno, la que se efectuó en junio de 1974. En 1974 se obtuvieron esquejes de ejemplares que se encuentran en la misma duna y que habían sido plantados en 1969 por el Servicio Agrícola Ganadero.

Toda la superficie fue excluída mediante cerco de alambre de púas.

2) Ensayo de introducción de especies.

Se estudió el comportamiento de 24 espe

cies, provenientes de los viveros de Rinconada de Maipú (Area Metropolitana), perteneciente a la Universidad de Chile y de Peñuelas (Valparaíso, V Región), perteneciente a la CONAF.

Las especies ensayadas fueron: Acacia caven, A. cyclops, A. cyanophylla, A. dealbata, A. decurrens, A. distachya, A. dietrichiana, A. melanoxylon, A. saligna, Casuarina cunninghamiana, Cryptocarya alba, Cupressus macrocarpa, Eucalyptus camaldulensis, E. globulus, Gleditsia triacanthos, Maytenus boaria, Pinus halepensis, P. radiata, Prosopis chilensis, Ricinus comunis, Robinia pseudoacacia, Schinus molle, Tamarix gallica y Quillaja saponaria.

A excepción de Pinus radiata, Robinia pseudoacacia y Tamarix gallica, los ejemplares provinieron de los viveros en maceta.

Se establecieron dos ensayos (Ver figura Nº 1). El primero se ubicó en el elemento geomorfológico denominado campo de dunas propiamente tal y que se caracteriza por presentar dunas transversales muy activas originadas por una dinámica que produce un rápido y continuo aporte de arena desde el mar. El ensayo se instaló en un barján, en la zona de extracción por arrastre, con una pendiente de 40 % a barlovento y 66 % a sotavento, orientado en dirección NE y caracterizado por la ausencia total de vegetación (Foto Nº 7). A este ensayo se le denominó "ensayo norte".

Foto N° 7.- Ensayo de introducción de especies. Ensayo norte (G. Cogollor).

El segundo se ubicó en el elemento geomorfológico denominado depresión y que corresponde a una zona de transición entre el cordón litoral y el campo de dunas propiamente tal, estando parcialmente protegido por aquel. Este sector se caracteriza por la presencia de conchales y vegetación herbácea, predominando la ambrosia, la doca (Carpobrotus chilensis) y en menor grado por el estoquillo (Scirpus nodosus). Su topografía es plana y con una dinámica superficial muy reducida, lo que se traduce en un estado de semiestabilización (Figura N° 1 y Foto N° 8). A este ensayo se le denominó "ensayo sur".

Foto N° 8.- Ensayo de introducción de especies. Ensayo sur. (G. Cogollor).

Estos ensayos se instalaron de acuerdo con el diseño de bloques al azar con 4 repeticiones. El número total de ejemplares plantados varió entre 8 y 520 ejemplares por especie, siendo el total de 3.840 ejemplares para los dos ensayos.

Los ejemplares se plantaron con un distanciamiento de 2 m. en los dos sentidos. La dimensión de cada ensayo fue de 90 x 90 m. La plantación se realizó en el mes de junio de 1973.

3) Control de los ensayos

El ensayo de formación de la anteduna ar

tificial se evaluó en base a la velocidad de acumulación de arena según cada tratamiento. Para ello, en cada tratamiento se colocaron tres estacas,una al centro y las otras en los extremos, las que estando graduadas cada 10 cm. permitieron determinar la acumulación de arena, expresada en altura alcanzada. Las mediciones de las tres estacas se promediaron determinando el resultado obtenido para cada tratamiento. En las estructuras, además se determinó la longitud de acumulación de arena detrás de las estructuras.

El ensayo de introducción de especies se controló en base a la supervivencia y desarrollo de las especies estudiadas.

## III) RESULTADOS.

### 1.- Ensayo de formación de anteduna litoral artificial.

En los cuadros que se indican a continuación se muestran los resultados de los distintos tratamientos.

**Cuadro Nº 1.-** Cordón trenzado. Acumulación de arena.

| | Control VII-73 alt. (cm) | long. | Control VIII-73 alt. (cm) | long. | Control IX-73 alt. (cm) | long. | Control X-73 alt. (cm) | long. | Control XII-73 alt. (cm) | long. | Control II-74 alt. (cm) | long. | Control III-75 alt. (cm) | long. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Repet. I | 12 | 10 | 35 | 120 | 38 | 140 | 41 | 300 | 46 | 500 | 48 | 520 | 48 | 620 |
| Repet. II | 8 | 20 | 38 | 150 | 39 | 200 | 45 | 300 | 47 | 600 | 47 | 650 | 48 | 720 |
| Repet. III | 13 | 90 | 30 | 120 | 34 | 160 | Destrufdo (agentes hombre) | | | | | | | |
| Repet. IV | 16 | 90 | 41 | 180 | 42 | 190 | 43 | 240 | Destrufdo (agentes hombre) | | | | | |
| Promedios | 12,3 | 19,5 | 36 | 143 | 38,2 | 172 | 43 | 280 | 46,5 | 550 | 47,5 | 585 | 48 | 670 |

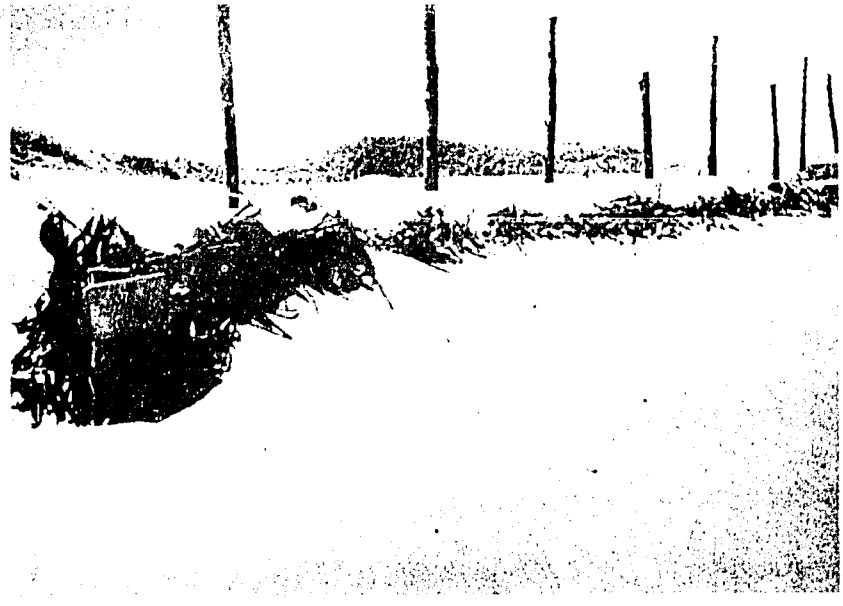


Foto Nº 9.- Cordón trenzado visto de frente, ya cumplido su objetivo.

Cuadro Nº 2.- Ramillas enterradas. Acumulación de arena.

| | Control VII -79 alt. (cm) | long. | Control VIII-79 alt. (cm) | long. | Control IX - 79 alt. (cm) | long. | Control X - 79 alt. (cm) | long. | Control XI - 79 alt. (cm) | long. | Control II - 74 alt. (cm) | long. | Control III -75 alt. (cm) | long. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Repet. I | 5 | 15 | 12 | 25 | 18 | 46 | 26 | 64 | 31 | 70 | 95 | 186 | 41 | 292 |
| Repet. II | 8 | 16 | 14 | 36 | 21 | 68 | 28 | 60 | 32 | 71 | Destruído | | | |
| Repet. III | 10 | 20 | 8 | 40 | 19 | 55 | 23 | 55 | Destruído | | | | | |
| Repet. IV | 6 | 15 | 13 | 25 | Destruído | | | | | | | | | |
| Promedios | 7,3 | 16,5 | 11,8 | 31,5 | 19,3 | 55,3 | 25,6 | 62,3 | 31,5 | 70,5 | 95 | 186 | 41 | 292 |

Cuadro Nº 3.- *Ammophila arenaria* en hileras. Acumulación de arena.

| | | Control X - 74 altura (cm) | Control III -75 altura (cm) |
|---|---|---|---|
| Repetición | I | 5 | 8 |
| Repetición | II | 6 | 7 |
| Repetición | III | 7 | 7 |
| Repetición | IV | 4 | 5 |
| Promedios | | 5,5 | 6,8 |

Cuadro Nº 4.- *Ammophila arenaria* en pleno. Acumulación de arena.

| | | Control X - 74 altura (cm.) | Control III - 75 altura (cm.) |
|---|---|---|---|
| Repetición | I | 3 | 6 |
| Repetición | II | 5 | 8 |
| Repetición | III | 4 | 9 |
| Repetición | IV | 6 | 10 |
| Promedios | | 4,5 | 8,3 |

Cuadro Nº 5.- Empalizada. Acumulación de arena.

| | Control VII - 73 alt. (cm) | long. | Control VIII-73 alt. (cm) | long. | Control IX - 73 alt. (cm) | long. | Control X - 73 alt. ( cm) | long. | Control XII - 73 alt. (cm) | long. | Control II - 74 alt. (cm) | long. | Control III - 75 alt. (cm) | long. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Repet. I | 10 | 15 | 40 | 20 | 50 | 70 | 60 | 150 | 70 | 400 | 98 | 600 | 160 | 800 |
| Repet. II | 8 | 20 | 35 | 30 | 46 | 65 | 50 | 120 | 80 | 560 | 91 | 620 | 120 | 760 |
| Repet. III | 16 | 18 | 28 | 32 | 39 | 72 | 39 | 100 | Hurtada | | | | | |
| Repet. IV | 11 | 16 | 36 | 40 | 52 | 90 | Destrucción (agentes viento) | | | | | | | |
| Promedios | 11,2 | 17,3 | 34,8 | 30,5 | 46,8 | 74,2 | 49,6 | 123 | 75 | 480 | 94,5 | 610 | 140 | 780 |

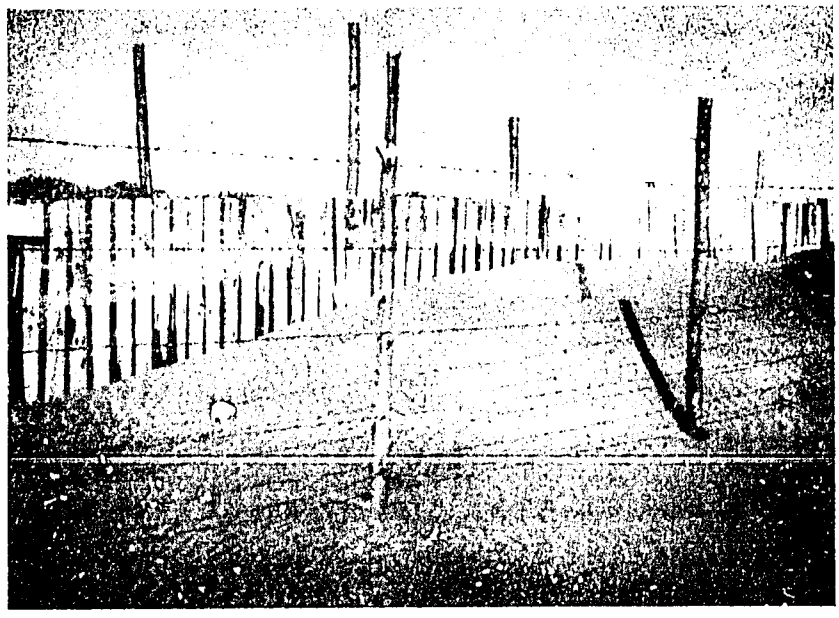


Foto N° 10.- Empalizada en proceso de acumulación de arena.

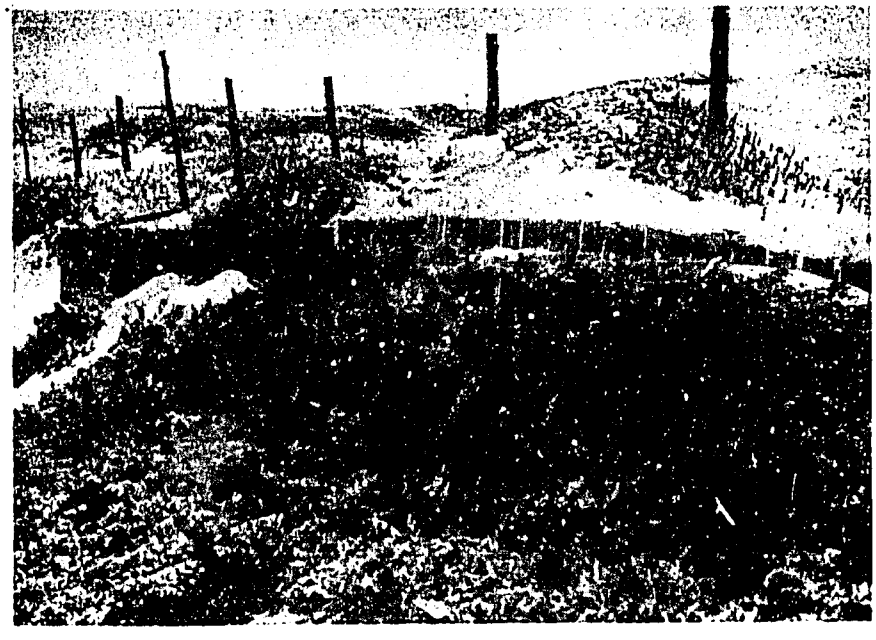


Foto N° 11.- Una vez cumplido su objetivo la empalizada se introducen naturalmente ejemplares de ambrosia.

Cuadro Nº 6.- Vegetación natural. Desarrollo acumulado en cobertura superficial de *Ambrosia chamissonis* (cm.) expresada en aumento radial.

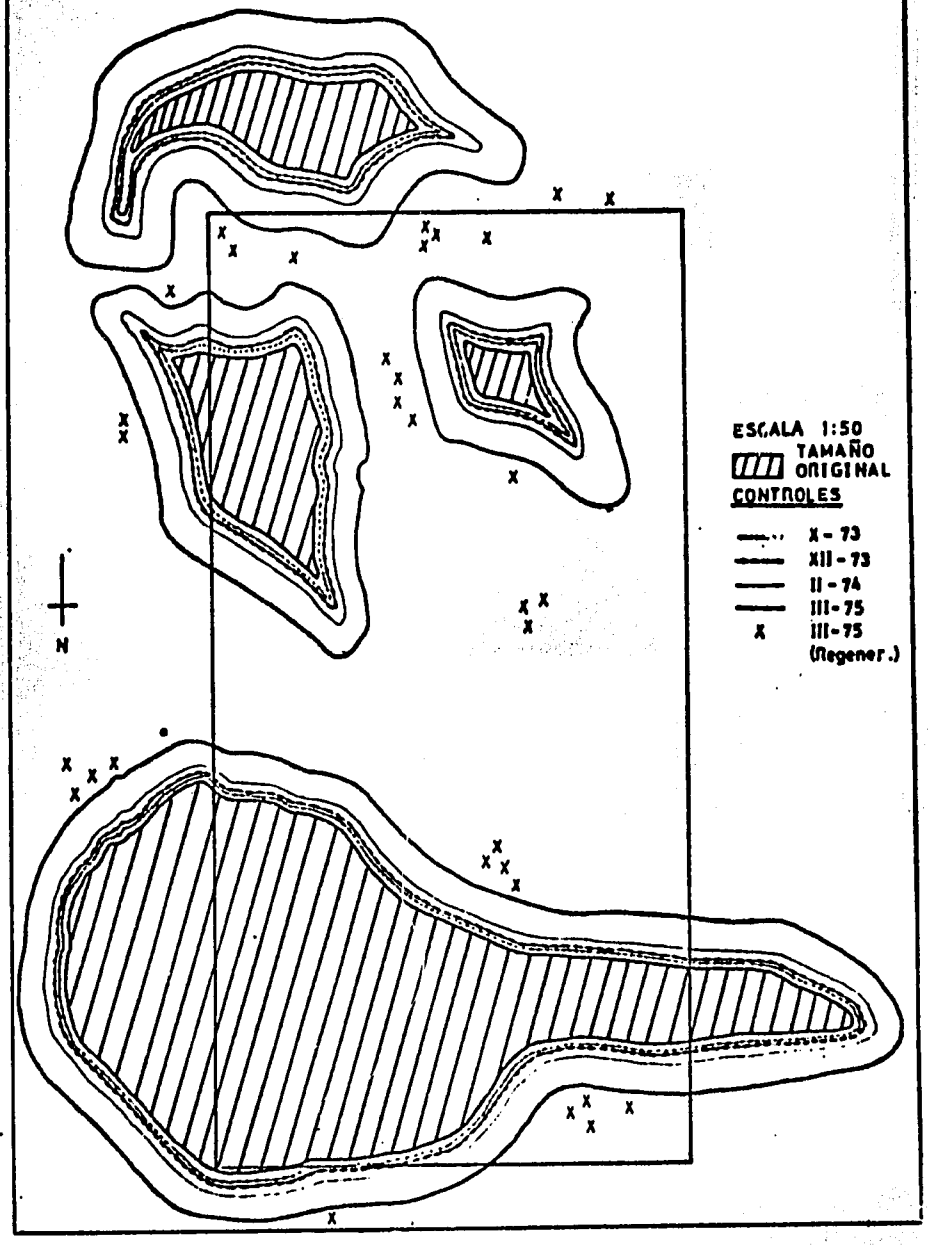
| | | Control X - 73 | Control XII -73 | Control II - 74 | Control III -75 |
|---|---|---|---|---|---|
| Repetición | I | 5 | 8 | 12 | 45 |
| Repetición | II | 7 | 10 | 19 | 36 |
| Repetición | III | 12 | 15 | 19 | 52 |
| Repetición | IV | 8 | 12 | 21 | 58 |
| Promedios | | 8 | 11,9 | 16,2 | 47,7 |

En la figura Nº 3 se indica el cambio de cobertura de la vegetación en el período correspondiente a 2 años.

FIGURA Nº 3.

AUMENTO EN COBERTURA DE LA VEGETACION NATURAL (Ambrosia chamissonis)

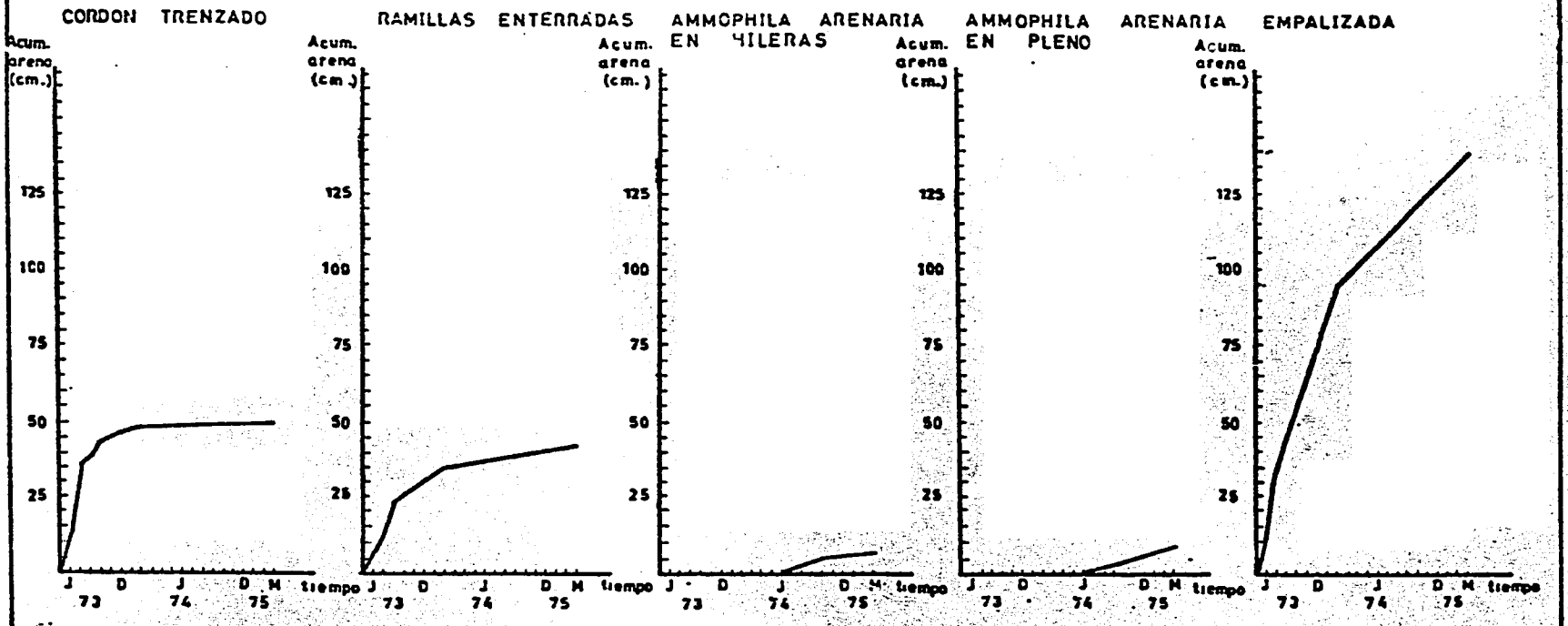
(REPETICION Nº 1).



El gráfico Nº 1 que se indica a continuación permite visualizar en forma global los resultados de formación de la anteduna litoral artificial.

GRAFICO Nº 1.

# RESULTADOS ENSAYO FORMACION DUNA LITORAL ARTIFICIAL.



## 2.- Ensayo de introducción de especies.

En el cuadro Nº 7 se indican los resultados del ensayo norte.

Cuadro Nº 7.- Supervivencia y desarrollo de las especies incluídas en el ensayo norte.

| ESPECIES | MEDICION DE SOBREVIVENCIA Y DESARROLLO | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nº ej. | Controles VII-73 | h | X-73 | h | II-74 | h | III-75 | h | % sobr. | h | Crec. en 2 años (cm) |
| Acacia cayen | 40 | 40 | 12 | 26 | 12 | 0 | | | | | | |
| Acacia cyclops | 4 | 4 | 20 | 3 | 3 | 0 | | | | | | |
| Acacia cyanophylla | 16 | 16 | 50 | 9 | 50 | 0 | | | | | | |
| Acacia dealbata | 260 | 260 | 38 | 140 | 4 | 0 | | | | | | |
| Acacia decurrens | 260 | 260 | 25 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Acacia dietrichiana | 16 | 16 | 20 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Acacia distachya | 8 | 0 | 46 | 4 | 38 | 0 | | | | | | |
| Acacia melanoxylon | 260 | 260 | 32 | 35 | 3 | 0 | | | | | | |
| Acacia saligna | 4 | 4 | 60 | 2 | 48 | 0 | | | | | | |
| Casuarina cunninghamiana | 20 | 20 | 52 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Cryptocarya alba | 20 | 20 | 25 | 6 | 25 | 0 | | | | | | |
| Cupressus macrocarpa | 8 | 8 | 18 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Eucalyptus camaldulensis | 20 | 20 | 38 | 9 | 4 | 0 | | | | | | |
| Eucalyptus globulus | 260 | 260 | 35 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Gleditsia triacanthos | 260 | 260 | 30 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Maytenus boaria | 20 | 20 | 26 | 11 | 0 | 0 | | | | | | |
| Pinus halepensis | 4 | 4 | 18 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Pinus radiata | 260 | 260 | 32 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Prosopis chilensis | 40 | 40 | 23 | 6 | 5 | 0 | | | | | | |
| Ricinus comunis | 40 | 40 | 70 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Robinia pseudoacacia | 20 | 20 | 45 | 12 | 4 | 0 | | | | | | |
| Schinus molle | 20 | 20 | 40 | 8 | 3 | 0 | | | | | | |
| Tamarix gallica | 40 | 40 | 70 | 40 | 70 | 30 | 64 | 28 | 130 | 70% | | 50 |
| Quillaja saponaria | 20 | 20 | 25 | 3 | 20 | 0 | | | | | | |

En el cuadro Nº 8 se indican los resultados del ensayo sur.

Cuadro Nº 8.- Supervivencia y desarrollo de las especies incluídas en el ensayo sur.

| ESPECIES | MEDICION DE SOBREVIVENCIA Y DESARROLLO | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nº ej. | Controles VII-73 | h | X-73 | h | II-74 | h | III-75 | h | % sobr. | h | Crec. en 2 años (cm) |
| Acacia caven | 40 | 40 | 15 | 20 | 15 | 0 | | | | | | |
| Acacia cyclops | 4 | 4 | 25 | 4 | 25 | 0 | | | | | | |
| Acacia cyanophylla | 16 | 16 | 30 | 11 | 45 | 0 | | | | | | |
| Acacia dealbata | 260 | 260 | 30 | 180 | 42 | 0 | | | | | | |
| Acacia decurrens | 260 | 260 | 25 | 40 | 30 | 0 | | | | | | |
| Acacia dietrichiana | 16 | 16 | 15 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Acacia distachya | 8 | 8 | 40 | 5 | 42 | 0 | | | | | | |
| Acacia melanoxylon | 260 | 260 | 30 | 52 | 5 | 0 | | | | | | |
| Acacia saligna | 4 | 4 | 50 | 1 | 30 | 0 | | | | | | |
| Casuarina cunninghamiana | 20 | 20 | 45 | 5 | 30 | 0 | | | | | | |
| Cryptocarya alba | 20 | 20 | 20 | 8 | 16 | 0 | | | | | | |
| Cupressus macrocarpa | 8 | 8 | 15 | 2 | 20 | 0 | | | | | | |
| Eucalyptus camaldulensis | 20 | 20 | 42 | 11 | 6 | 0 | | | | | | |
| Eucalyptus globulus | 260 | 260 | 40 | 46 | 33 | 0 | | | | | | |
| Gleditsia triacanthos | 260 | 260 | 35 | 15 | 20 | 0 | | | | | | |
| Maytenus boaria | 20 | 20 | 30 | 8 | 8 | 0 | | | | | | |
| Pinus halepensis | 4 | 4 | 20 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Pinus radiata | 260 | 260 | 40 | 60 | 28 | 0 | | | | | | |
| Prosopis chilensis | 40 | 40 | 25 | 15 | 8 | 5 | 8 | 1 | 5 | 2,5% | | |
| Ricinus comunis | 40 | 40 | 55 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Robinia pseudoacacia | 20 | 20 | 40 | 6 | 8 | 3 | 90 | 1 | 10 | 5,0% | | |
| Schinus molle | 20 | 20 | 30 | 12 | 5 | 0 | | | | | | |
| Tamarix gallica | 40 | 40 | 55 | 40 | 55 | 34 | 50 | 32 | 120 | 80 % | | 65 |
| Quillaia saponaria | 20 | 20 | 20 | 4 | 15 | 0 | | | | | | |
| | 1.920 | 1.920 | | | | | | | | | | |

# IV) DISCUSION.

## 1) Formación de anteduna artificial.

a) Cordón trenzado.- Esta estructura provocó una acumulación mensual promedio de arena de 7,63 cm., siendo totalmente cubierta en el período de 8 meses. Un valor mucho mayor se presentó en las dos primeras mediciones en que se observó una acumulación media mensual de 12,25 cm. y 23,85 cm. respectivamente. Lo anterior se puede explicar por existir un frente de mayor altura al viento que en los meses posteriores lo que originó una mayor velocidad de acumulación de arena.

La formación del perfil de acumulación presentó una pendiente suave a barlovento llegando a una altura media de 48 cm. Por otra parte la acumulación longitudinal de arena a sotavento de la estructura se extendió hasta una distancia de 6,70 m.

En cuanto al costo de la estructura, se empleó un total de 16 jornadas de trabajo para construirla.

b) Ramillas enterradas.- Esta estructura produjo una acumulación mensual promedio de arena de 5,12 cm., en un período de 8 meses.

La formación en el perfil de acumulación de arena se presentó con una pendiente suave a barlovento

llegando a una altura de 41 cm. entre repeticiones. Hacia sotavento la acumulación longitudinal alcanzó a 292 cm.

Es necesario destacar que la velocidad de acumulación de este tratamiento fue la más baja de todos, pero por otra parte constituye el tipo de estructura más económica debido a que en su construcción se pueden emplear ramillas de arbustos de la zona y a la baja cantidad de mano de obra, siendo ésta de 8 jornadas.

c) Empalizada.- Esta estructura presentó una acumulación mensual promedio de arena de 6,66 cm. en un período de 21 meses.

La formación en el perfil de acumulación de arena a barlovento alcanzó una altura media de 140 cm., presentando hacia sotavento una acumulación que se extendió hasta 7,80 m. de longitud.

El costo de mano de obra empleada en la construcción de la estructura fue de 16 jornadas.

De los resultados obtenidos se deduce que, si bien esta estructura acumula arena rápidamente, lo hace en menor medida que el cordón trenzado, pero tiene la ventaja que una vez cubierta se pueden elevar las tablas y seguir utilizando la estructura hasta alcanzar la altura total de acumulación deseada.

d) Ammophila arenaria en hileras.- La

acumulación promedio mensual con este sistema fue de 0,25 cm. durante el período de 5 meses que duraron las observaciones.

El prendimiento de los esquejes alcanzó a un 80 % produciéndose posteriormente una pérdida de un 20 %. Esta situación se manifestó en dos de las repeticiones en que por estar los ejemplares ubicados entre montículos, los estolones fueron descalzados por la acción del viento al producirse la aceleración de éste.

e) Ammophila arenaria en pleno.- Con este sistema de plantación se obtuvo una acumulación de arena promedio mensual de 0,75 cm. durante los 5 meses de observaciones.

El prendimiento de los esquejes fue de un 85 %, originándose posteriormente un descalce en una repetición que alcanzó a un 10 %.

Por los resultados se deduce que este sistema constituye la mejor forma de plantación de estos pastos para cumplir con la fijación y estabilización en zonas donde la sustracción de arena no alcance altos valores.

f) Vegetación natural.- Con la especie presente en el sector, la Ambrosia chamissonis, se obtuvo una expansión radial de 47,70 cm. en los 17 meses de control. Aparte de esta velocidad de colonización se presentó una regeneración natural que prosperó en los desniveles

topográficos protegidos del viento. Actualmente esta especie forma parte de un 80 % de la vegetación presente en el cordón litoral de Ritoque manifestando un gran poder colonizador en este árido ambiente. Por observaciones realizadas en otros lugares de la anteduna se determinó que los notables valores obtenidos en expansión por esta especie no se debieron a la exclusión. Ella se debe posiblemente al escaso movimiento de personas y animales por el sector en general, por cuanto observaciones realizadas en otros campos de dunas han permitido deducir que en lugares con abundante tránsito la exclusión es fundamental para el desarrollo y colonización de la vegetación natural.(Vita,1975)

2) Introducción de especies.

a) Ensayo norte.- En este ensayo sólo sobrevivió la especie *Tamarix gallica*, la cual alcanzó un valor de 70 % con un crecimiento en altura de 50 cm. durante los dos años que duraron las observaciones. La mayoría de los 28 ejemplares presentó un follaje ralo, teniendo las hojas un color verde grisáceo debido a la adherencia de partículas de arena. En general, el estado de desarrollo de los ejemplares no es lo deseable, salvo cuatro de ellos que se presentan frondosos, con follaje denso motivado por la protección de un barján que penetró en el ensayo.

Dadas las condiciones erosivas de este sector,reflejadas en una sustracción de material de 25 cm. anuales controlados en las estacas del cerco, además de la movilidad del barján antes mencionado en 8 m. anuales,se

infiere que existe una fuerte acción sustractiva y de transporte lo cual explica la gran mortalidad de especies.

Las especies en maceta tanto de plástico como de lata fueron descubiertas por sustracción de arena motivada por el viento, al igual que las plantas a raíz desnuda, que fueron descalzadas, a excepción de los Tamarix. Esto facilitó la deshidratación rápida y por consiguiente la muerte.

b) Ensayo sur.- En este ensayo sobrevivieron tres especies: Tamarix gallica con un 85 % de supervivencia y 65 cm. de crecimiento en altura, Robinia pseudoacacia con un 5 % de supervivencia originado por rebrote de tocón con una altura de 5 cm. y Prosopis chilensis con un 2,5 % de supervivencia originado por rebrote de tocón con una altura de 2 cm.

En comparación con el ensayo norte los valores obtenidos en este caso muestran condiciones más favorables para la implantación de especies. Lo anterior se debe a que la sustracción anual de arena fue de 5 cm., valor que muestra una dinámica leve comparada con otros sectores de la duna. Esto se explica por la ubicación del ensayo en la zona de depresión, quedando así protegido de la acción del viento por el cordón litoral.

Los ejemplares de Tamarix presentaron excelente desarrollo, con un crecimiento en ramas de 30 cm. anuales y una altura alcanzada en dos años de 65 cm. en promedio.

Para describir los resultados de sobrevivencia de estos ejemplares en la duna es necesario realizar un análisis de alguno de los parámetros que caracterizaron la relación entre suelo, agua y planta. Las arenas del campo de dunas de Ritoque poseen un bajo contenido de humedad, siendo la relación entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente de 2,25 % y 1,21 % respectivamente, representando un 1,04 % de agua aprovechable por las plantas en los diferentes sectores y profundidades del campo de dunas. En la superficie los valores promedios de humedad se presentan bajo el porcentaje de marchitez permanente, debido a lo cual se concluye que la vegetación existente puede vivir gracias al agua aportada por la condensación. En cambio, a 0,50 m. de profundidad la humedad promedio anual está sobre dicho porcentaje (Salas y Toral, 1974), posibilitando que especies con gran desarrollo radical en profundidad aprovechen esta humedad adaptándose con ello a esa limitante.

El tamarix se plantó en forma de estacas las que fueron enterradas, comparativamente con las otras especies, a mayor profundidad, con lo cual quedó en mayor contacto con la escasa humedad disponible. Por otra parte, esta especie presenta un gran desarrollo radical en extensión horizontal. En efecto, en ejemplares de 0,70 m. de altura se midieron raíces de 7 m. de longitud. Esto permitió el aprovechamiento de una mayor cantidad de humedad aportada por condensación de las brisas marinas durante la temporada estival cuando la napa freática baja.

Lo anterior unido a la capacidad de adap

tación de esta especie a la salinidad existente en estas dunas explica su adaptación a dichas condiciones.

## V) CONCLUSIONES.

### 1) Formación de la anteduna artificial.

Aunque los costos de las estructuras son superiores con respecto a la utilización de vegetales vivos, desde el punto de vista técnico aquellos son insustituibles bajo ciertas circunstancias.

El cordón trenzado es la estructura que más rápidamente acumula arena, siendo la más eficiente para llenar vacíos entre montículos de hasta 60 cm. de altura. Además, en las zonas de alta sustracción es insustituible como protector de plantaciones de amófila. En zonas donde la actividad del viento no es demasiado fuerte, la estructura más útil y económica para proteger zonas plantadas con amófila es la de ramillas enterradas, pero por otra parte dicha estructura es la menos eficiente en la formación de la anteduna por su lenta acumulación de arena y fácil destrucción.

La empalizada es la mejor estructura para llenar vacíos entre montículos de alturas mayores de 60 cm. y para la formación de la duna litoral de perfil ideal. La posibilidad de ascender esta estructura a medida que se acumula arena permite una continuidad y un menor costo en la construcción de la anteduna.

La plantación de Ammophila arenaria en hileras constituye el sistema artificial de menor costo para la creación de la anteduna, siendo superado en este sentido solamente por el uso de vegetación natural (Ambrosia chamissonis). Es el sistema más eficiente en la creación de la anteduna, cuando se trata de acumular arena entre montículos donde la sustracción por el viento no sea fuerte. Al mismo tiempo constituye una excelente protección contra el viento en plantaciones y siembras recientes. Sin embargo, no es un método útil para mantener una anteduna ya formada por cuanto si se planta en hileras compactas tiende a formar irregularidades en su superficie.

La Ammophila arenaria en pleno mediante el sistema de triángulos equiláteros (tresbolillo) es el mejor sistema de plantación para cumplir con la fijación de la anteduna, debido a que por su característica de obstáculo semipermeable al viento produce una progresiva disminución de su velocidad y por consiguiente una suave depositación de sedimentos. Como consecuencia de ello, además es muy útil este sistema para ser usado permanentemente en la mantención de la anteduna, ya sea sola o en combinación con vegetación natural. Por otra parte, constituye una excelente protección contra el viento para plantaciones y siembras recientes. Es el sistema de más bajo costo para la formación de la anteduna después de la Ambrosia chamissonis usada en forma natural y la plantación de Ammophila arenaria en hileras.

El uso de vegetación natural, cuando en

ésta se halla presente mayoritariamente la Ambrosia chamissonis, constituye el sistema de menor costo para la formación de la anteduna. Sin embargo, por el hecho de formar grandes montículos debe ser utilizado en forma complementaria con otro sistema. Es una excelente especie para la estabilización primaria de una duna tanto si se usa sola como mezclada con amófila.

2) Introducción de especies.

La única especie que dió resultados positivos de supervivencia y desarrollo fue el Tamarix gallica. La alta sobrevivencia obtenida con esta especie se debió a la profundidad de plantación a 45 cm. lo que posibilita el aprovechamiento del agua subterránea durante todo el año. Por otra parte, el gran desarrollo radicular en extensión horizontal y a pocos centímetros de la superficie le permite absorver el agua aportada por las brisas marinas, siendo esto de vital importancia durante la temporada estival en que la napa freática desciende notablemente reduciéndose el agua disponible para la planta. Además, factores morfológicos y fisiológicos inherentes a la especie como la existencia de un sistema aéreo reducido, compuesto por hojas pequeñas, disminuye la evapotranspiración. Por otra parte, el Tamarix por su característica de aceptabilidad a la salinidad, la hacen una especie adecuada para repoblar las dunas de Ritoque.

En este ensayo quedó demostrado que para favorecer la supervivencia y desarrollo de las especies implantadas en la duna es fundamental protegerlas contra la acción del viento.

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


Goor, A. Y. — Métodos de Plantación Forestal en Zonas Aridas. Roma. FAO. 1964. 265 p. (Cuadernos de Fomento Forestal N° 16).

Kohler, A. y Weisser, P. — Contribución al problema de los Neófitos Ambrosia chamissonis "Lees" Greene en Chile. Boletín de la Universidad de Chile N° 69-70. p. 62-68, 1966.

Mayerson, S. — Fixation and afforestation of control dunes sands. La-Yaaran 11 (1) 4). Mayo. 1961

Salas, J. y Toral, M. — Estudio del ambiente físico de las dunas de Ritoque. Tesis Facultad de Ciencias Forestales, U. de Chile. Santiago. 1974. 128 p.

Shaltiel, M. — Sand dune stabilization for the Protection of Engenering Structures. La Yaaran 13 (2) : 5 - 64 pp. 1963.

Vita, A. Metodología para el control y aprovechamiento de dunas litorales.
Manual Nº 3. Facultad de Ciencias Forestales, U. de Chile. 1975. 37 p.

Cogollor, G. "Estudio del Control de las Dunas de Ritoque y proposiciones para su manejo". Tesis Facultad de Ciencias Forestales. U. de Chile, Santiago 1975. 77 p.

# PROPOSICIONES PARA EL MANEJO DE LAS DUNAS DE RITOQUE

GABRIEL COGOLLOR HERREROS
INGENIERO FORESTAL

ANTONIO VITA ALONSO
INGENIERO FORESTAL

# R E S U M E N

Se efectúa una zonificación del campo de dunas de Ritoque para determinar las posibles zonas problema susceptibles de ser propuestas para un manejo silvícola. De este modo se establecen tres zonas, las que a su vez se dividen en nueve subzonas en base a las características de morfología, dinámica y vegetación.

Se describen estas nueve subzonas y en base a ello se establecen prioridades de acuerdo a la condición de peligrosidad que presenta cada una. Finalmente se plantea un programa de control según la zonificación.

## I) Introducción.-

Habiéndose efectuado estudios sobre el ambiente físico de las dunas de Ritoque y técnicas de control, se pueden elaborar proposiciones para el tratamiento integral de las dunas desde el punto de vista silvicultural.

Partiendo sobre la base de la escasez de recursos factibles de asignar para este trabajo aparece como necesario el establecimiento de prioridades que consideren dicha situación. Por otra parte el campo de dunas de Ritoque, como cualquier otro, presenta diversas situaciones en cuanto a la dinámica de las arenas y al daño producido sobre instalaciones construidas por el hombre y culti

vos agrícolas o de otra índole. Lo anterior, unido a la necesidad de seguir una metodología preestablecida en el control de dunas configuran la necesidad de establecer un plan de actividades de acuerdo a etapas bien definidas a cumplir.

El objetivo de este estudio es proponer un manejo silvícola a varios años plazo, pretendiendo dar las soluciones silvícolas a esta zona problema posibilitando la posterior contención, estabilización, repoblación y utilización del campo de dunas de Ritoque.

## II) Material y Método.-

### 1) Metodología.

Se efectuó una zonificación del campo de dunas de Ritoque mediante la fotointerpretación del conjunto de fotos aéreas de la zona en estudio, acompañado de planos y levantamientos de perfiles transversales, tomándose como antecedente bibliográfico el trabajo de los señores Salas y Toral (1974). Además, se recorrió integramente el campo de dunas con el fin de apoyar el trabajo de fotointerpretación, comprobar lo citado por dichos autores en las diferentes áreas y efectuar mediciones de interés determinando las posibles zonas problema susceptibles de ser propuestas para un manejo silvícola.

Con esta zonificación se permitió caracterizar la morfología, dinámica y vegetación de los diversos sectores del campo de dunas determinándose tres zonas

en corte transversal: Zona A, correspondiente al cordón litoral; Zona B, correspondiente a la depresión y Zona C, correspondiente al campo de dunas propiamente tal.

Dentro de cada una de estas zonas se determinaron subzonas en base a características que las hacen diferir entre si. De este modo, se determinaron las subzonas AI, AII, AIII, BI, BII, CI, CII, CIII y CIV, las cuales se indican en la Figura N° 1.

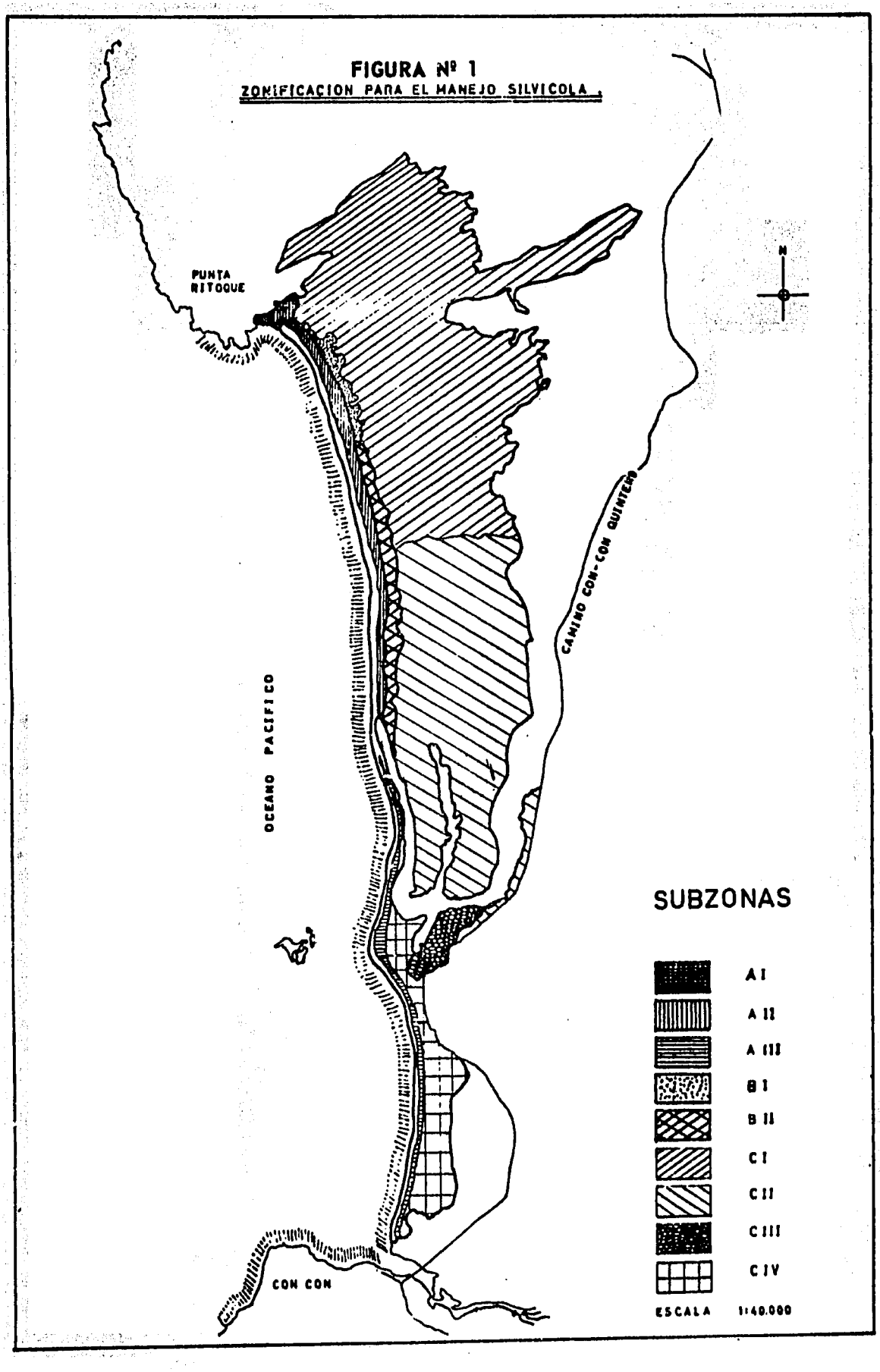


FIGURA Nº 1
ZONIFICACION PARA EL MANEJO SILVICOLA
PUNTA RITOQUE
OCEANO PACIFICO
CAMINO CON-CON QUINTERO
CON CON
N
SUBZONAS
A I
A II
A III
B I
B II
C I
C II
C III
C IV
ESCALA 1:40.000

2) Descripción de las subzonas

Subzona AI.- Constituye la primera subzona del cordón litoral en dirección norte-sur. En su límite norte se encuentra la prominencia litoral denominada Punta de Ritoque la cual obstruye el paso de la corriente litoral hacia el norte creándose una fuerza centrífuga que obliga a la depositación de granos de arena con mayor intensidad en esta subzona. Dicha prominencia además produce remolinos en los vientos los que facilitan el transporte de grandes cantidades de arena hacia el interior, produciendo acumulaciones de sedimentos en torno a casas y sobre la línea férrea que se encuentra en dicho lugar.

Subzona AII.- Se encuentra limitada por las subzonas AI y la laguna de Mantagua de norte a sur respectivamente y se caracteriza por la conformación de montículos de 1,60 m. de altura promedio producidos a barlovento por las especies Ambrosia chamissonis (Less) Greene "Ambrosia", Carpobrotus chilensis (Mol.) N.E. Brown "doca" y Margiricarpus pinnatus (Lam.) OK "perlilla". Este sector tiene una longitud de 4.200 m. con un ancho promedió de 70 m.

Detrás de los montículos, a sotavento, se presentan formaciones de Baccharis concava Pers. "Vautro" con alturas de 1 m. y excelente desarrollo. Entre estos montículos circulan los vientos secos del S.W. lesionando sus flancos y transportando gran cantidad de sedimentos hacia el interior.

Previous Page Blank

En la cima del cordón litoral, especialmente en esta subzona, está construída la línea del tren, que es objeto de continuos trabajos de mantención para retirar los sedimentos que la cubren dificultando el tránsito de trenes.

Subzona AIII.- Está limitada por la laguna de Mantagua al norte y el río Aconcagua al sur. En esta área se forman montículos que van disminuyendo notoriamente en su altura de norte a sur, entre 0,80 m. y su completa desaparición. La vegetación presente es la misma que la de la subzona anterior, pero menos abundante. Existe una dinámica de sedimentación y transporte reducida, debido a la protección de las islas de Con - Cón, las cuales disminuyen la fuerza de los vientos S.W. y desvían la corriente litoral que transporta los sedimentos traídos por el río Aconcagua. Por dicha razón, esta área es más concurrida por el público.

Subzona BI.- Esta área se encuentra en la zona norte de la depresión limitada por el cordón litoral y el campo de dunas propiamente tal. En ella se encuentran ubicadas las punteras de la planta de agua potable que abastece la localidad de Quintero. Esta área se caracteriza por la ausencia de rasgos morfológicos notorios. Tiene una longitud de 1.400 m con un ancho promedio de 200 m.

Subzona BII.- Corresponde a un área estabilizada y que limita con la subzona BI al norte y la

laguna de Mantagua al sur. Comprende 3.000 m de largo por 200 m. de ancho promedio. La especie fijadora es el esto quillo, Scirpus nodosus, la cual se extiende en grandes ma sas en esta depresión presentando buen desarrollo. Además, en esta zona se encuentran conchales en mezcla con la vege tación herbácea.

Subzona CI.- Esta área corresponde a la primera subzona en dirección norte a sur del campo de dunas propiamente tal. Limita al oeste con la depresión y al este con dunas viejas estabilizadas y con el sector nor te de la vega. Tiene 4.000 m de longitud por un ancho pro medio de 2.000 m.

Presenta cadenas de barjanes desprovis tos de vegetación y muy activos, con su eje en dirección N.E. constituyendo dunas transversales que se deslizan rá pidamente alcanzando alturas de 40 m. y pendientes a sota vento de 30 %.

En esta subzona se presenta una prominen te "lengua de arena" que penetra hacia el continente. Fue medida por F. Albert en 1923, alcanzando 3.375 m de longi tud. Actualmente tiene 4.600 m. lo que representa una di ferencia de 1.225 m. en 43 años. Este valor significa un avance de 28,4 m anuales, que considerando el ancho prome dio de 500 m de la lengua se traduce en una pérdida anual de suelo de 1,42 há.

Subzona CII.- Corresponde a la segunda área en el campo de dunas de norte a sur, limitando al oes

te con la depresión y al este con la vega y el Estero Quintero. Tiene un largo promedio de 3.800 m por 1.200 m de ancho.

Presenta cadenas de barjanes desprovistos de vegetación y activos, pero en menor medida que en la subzona anterior y con su eje en dirección N.E. tendiendo más hacia el E. Este campo de dunas alcanza, en el límite con la vega, alturas de 45 m. con una pendiente a sotavento de 56%. En algunos sectores estas pendientes han sido sometidas a ensayos por los propietarios de estos predios, plantando barrón (Ammophila arenaria). El resultado después de 3 años ha sido una supervivencia de 20 %; motivado por fallas técnicas en la plantación, además de una errónea planificación del sector elegido.

Hacia el sur las cadenas de barjanes disminuyen su altura, encontrándose dunas de matorrales y barjanes que se movilizan individualmente. Entre estas formaciones se encuentra un pequeño bosque de pino insigne (Pinus radiata) de 14 años de edad con una altura promedio de 14,03 m., presentando un buen estado sanitario, siendo notorio el efecto del viento sobre las primeras filas, las cuales se encuentran torcidas, con puntas quebradas y follaje ralo. En el suelo se observa una acumulación de 10 cm. de acículas en proceso de incorporación al suelo.

Subzona CIII.- Esta área limita al norte y oeste con el Estero Quintero, al sur con la subzona CIV y al este con el camino que une Con-Cón y Quintero. Se caracteriza por constituir un sector de continuo aporte

de sedimentos sobre el camino, siendo causa de un elevado costo por limpieza del mismo para facilitar el tránsito. Tiene una superficie de 32 há.

El sector está formado por dos prominentes barjanes que se deslizan en dirección NE, los cuales fueron fijados parcialmente con barrón obteniéndose buenos resultados en la supervivencia de los ejemplares. Posteriormente el continuo tránsito de personas y animales deterioró la cobertura de protección existente, llegando al estado actual en que estos barjanes activos amenazan con invadir totalmente la carretera.

Subzona CIV.- Esta área limita al norte con el Estero Quintero, al sur con el río Aconcagua, al este con el camino que une Con-Cón y Quintero y dunas antiguas estabilizadas y al oeste con la subzona AIII. Tiene 3.400 m de largo por 350 m de ancho promedio.

Se caracteriza por su estabilidad prácticamente general, con escasas formaciones de montículos, aunque en ciertos sectores se evidencia actividad eólica con transporte de sedimentos en el norte.

Esta área está siendo utilizada en diversas formas, tales como estacionamiento de vehículos, extracción de arena para la construcción y algunas construcciones.

3) Determinación de prioridades.

Se estableció una ordenación de prioridades en base a la condición de peligrosidad que presenta cada subzona, de acuerdo a las siguientes características:

a) Contribución al aporte de nuevos sedimentos a la duna, incrementando el potencial invasor de ésta; b) manifestación del daño sobre obras públicas, con la invasión de sedimentos y c) eliminación de terrenos de cultivo.

## III) Resultados.

1) Prioridades para el control de las dunas.

En el Cuadro N° 1 se presentan los resultados de la determinación de prioridades.

Cuadro N° 1.- Prioridades para el control de las dunas de Ritoque.

| | A | B | C |
|---|---|---|---|
| I | 1 | 2 | 2 |
| II | 2 | 2 | 2 |
| III | 3 | - | 1 |
| IV | - | - | 4 |

A = Zona cordón litoral
B = Zona depresión
C = Zona campo de dunas

2) Programa de control según zonificación.

Subzona A I (Prioridad 1).- Dada la complejidad de esta área debido a la dinámica de vientos y a

su geomorfología manifestada por la formación de continuos pedestales de erosión por plantas, esta subzona debe ser tratada según la siguiente metodología :

1°) Cordón trenzado.- Esta estructura debe constituir una hilera de protección a las plantaciones que actuarán en la formación de la anteduna artificial. Es necesario ubicarla a 30 m de la línea de las más altas mareas y a 10 m del inicio de la formación de montículos.

El cordón trenzado debe seguir la orientación de los montículos los cuales son el resultado de la forma como actúa el viento en el sector. Su longitud será de 400 m.

2°) Ammophila arenaria en hileras.- Esta plantación debe formar una hilera compacta ubicada a 1 m detrás del cordón trenzado.

3°) Ammophila arenaria en pleno.- Esta plantación corresponde a una forma de faja de 8 m de ancho en que los ejemplares de barrón son plantados en tresbolillo con un distanciamiento entre si de 0,50 m. y debe ser instalada a 1 m. detrás de la hilera anterior, con una longitud similar a la del cordón trenzado.

4°) Empalizada.- Su ubicación corresponde a los vacíos entre los montículos, con el objeto de nivelar el perfil.

5°) Ammophila arenaria en pleno.- Considerando que el ancho del cordón litoral es de 60 m. en este sector, deben plantarse a sotavento de la empalizada 5 fajas de barrón de 5 hileras cada una con un distanciamiento entre fajas de 10 m.

Subzona A II (Prioridad 2).- La dinámica presente ya descrita hace necesario cumplir la siguiente metodología :

1) Ammophila arenaria en hilera.- Se recomienda ubicar una hilera compacta 5 m. antes del inicio de la formación de montículos del cordón litoral y siguiendo la orientación de éstos.

2) Ammophila arenaria en pleno.- A una distancia de 1 m. de la hilera anterior, se debe plantar una faja de 7 m. de ancho de barrón dispuesto en tresbolillo y que cubra los 4 m. del estrán arenoso y el inicio de la formación de montículos.

3) Empalizada.- Se debe ubicar a continuación de la faja de barrón para igualar el perfil rellenando los espacios entre los montículos.

4) Ammophila arenaria en pleno.- Detrás del inicio de los montículos se deben plantar 5 fajas de 5 hileras distanciadas entre si cada 10 m.

Subzona A III (Prioridad 3).- La metodo

logía propuesta es la siguiente.

1) Ammophila arenaria en hilera.- Se debe ubicar a 6 m. antes del inicio de la formación de montículos del cordón litoral y siguiendo su orientación a barlovento.

2) Ammophila arenaria en pleno.- Plantada a 1 m. de la plantación anterior y cubriendo toda el área restante hasta el inicio de la formación de montículos a barlovento y que corresponde a una superficie de 5 m. de ancho.

A sotavento los montículos se extienden en una formación de 60 m. de ancho. Para su fijación es necesario plantar 5 fajas de 5 hileras distanciadas cada 10 m.

Subzona B I (Prioridad 2).- En esta área de depresión se debe efectuar una repoblación basada en especies herbáceas y arbustivas resistentes al viento, salinidad y acción de la arena. Se debe considerar que la detención de los fenómenos de movimiento de arena no puede ser realizada totalmente por la anteduna artificial proyectada, motivado ésto por la presencia de la línea férrea en la cima del cordón litoral, la que produce una imposibilidad de formar una anteduna de base ancha, negando con ello un aumento en altura que permita una detención total de vientos y sedimentos, Por lo tanto, parte de dichos objetivos los debe cumplir la zona de depresión. La metodolo

gía a seguir debe ser la siguiente :

1) Ammophila arenaria en pleno cruzadas con hileras de la misma especie.- Comprende la ubicación perpendicularmente al viento S.W. de 16 fajas de 5 hileras cada una (5 m. de ancho) y distanciadas entre si cada 10 m. En forma perpendicular a las fajas se deben instalar filas compactas de barrón cada 5 m. de modo que se forme un sistema de cuadrados en los cuales se debe plantar la especie arbustiva.

2) Tamarix gallica.- Se plantará esta especie en los cuadrados formados por las plantaciones anteriores. Como dichos cuadrados tienen una superficie de 50 $m^2$. se deben ubicar en cada uno de ellos 15 ejemplares de tamarix distanciados a 0,50 m. de las hileras compactas y a 1 m. de la primera hilera de la plantación de barrón en pleno. Entre los ejemplares de tamarix debe haber un distanciamiento de 2 m.

Subzona B II (Prioridad 2).- En esta subzona se recomienda plantar tamarix de manera que se tenga una masa vegetal de mayor altura de la que actualmente existe, representada por el estoquillo. Esta especie, de 0,50 m. de altura, permite proteger los ejemplares de tamarix tal como lo hace el barrón en el tratamiento anterior, motivo por el cual la plantación debe efectuarse entre el estoquillo cuidando de no dañar a esta especie durante las faenas de plantación.

Subzona C I (Prioridad 2).- Para esta subzona se propone el siguiente tratamiento :

1) Ammophila arenaria en hileras formando cuadrados.- Se recomienda plantar hileras compactas paralelas y perpendiculares a los vientos del S.W. con un distanciamiento de 2 m. y obtener cuadrados de 4 $m^2$.

2) Tamarix gallica.- Posteriormente a la fijación de los barjanes por el barrón se plantará dentro de cada cuadrado un ejemplar de tamarix.

Subzona C II (Prioridad 2).- La metodología de control es la misma que para la subzona anterior, pero además, se recomienda efectuar plantaciones de sauce mimbre (Salix viminalis) en la caja del Estero Quintero. Ello permitiría incrementar los ingresos de los lugareños cosechando varetas para la cestería, además de ser una excelente especie de protección.

Subzona C III (Prioridad 1).- Como medida previa para efectuar trabajos de control de dunas y que en este caso adquiere especial importancia el sector debe quedar estrictamente excluido del tránsito de personas y animales.

La metodología de control propuesta es la siguiente :

1) Ramillas enterradas.- Se recomienda una formación de 4 hileras distanciadas a 1 m. entre si, de modo que se

forme una faja de 3 m. de ancho, la cual cumplirá con la función de proteger las plantaciones que se efectúen a sotavento.

2) Ammophila arenaria en hileras formando cuadrados.- Esta formación se debe instalar detrás de la faja de ramillas enterradas.

3) Tamarix gallica.- Dentro de cada cuadrado de la formación anterior se plantará un ejemplar de tamarix.

4) Salix viminalis.- Con esta especie se recomienda repoblar el borde sur del Estero Quintero.

Subzona C IV (Prioridad 4).- Dada la estabilización prácticamente total de este sector se recomienda la siguiente metodología :

1) Tamarix gallica en hileras compactas.- Se trata de formar una faja de 5 hileras distanciadas cada 1 m., manteniendo el mismo distanciamiento entre ejemplares sobre la línea, de modo que se formen triángulos equiláteros entre los ejemplares.

2) Especie definitiva.- Detrás de la faja anterior y con un distanciamiento de 2 x 2 m. se cubrirá toda el área restante con la especie definitiva. Para ello se recomiendan las siguientes especies en orden de prioridades :

a) Pinus radiata (Pino insigne)

b) Eucalyptus globulus (Eucalipto común)
c) Cupressus macrocarpa (Ciprés de Monterrey, macrocarpa).

Las 3 especies pueden cumplir con fines de protección y de producción maderera.

3) Programa general

El control integral del campo de dunas de Ritoque se estima que requiere del siguiente período de tiempo :

a) Formación de la anteduna en el cordón litoral: 3 años.
b) Estabilización herbácea y arbustiva en la zona de depresión: 2 años.
c) Repoblación con especie pionera y definitiva en el campo de dunas propiamente tal : 3 años.

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


Albert, F. Informe sobre las dunas de Quintero a Colmo. Informe inédito. 17 de Mayo de 1923. 66 p.

Gormaz, G. M. "Las Dunas". Ed. Corporación Nacional Forestal. Santiago 1974. 138 p.

López, J. Dunas. Origen y Fijación. Bol. Plan Chillán. 1(3). Mayo-Junio 1955.

Lug, J.W. and St John, L. Sylviculture on dune sands. The New Zealand Journal of Forestry 9(2) : 162-170. 1964.

Mayerson, S. Fixation and afforestation of control sand dunes. La-Yaaran 11(1) : 41. Mayo 1961.

Merrines, J. Fijación y Repoblación de Dunas de Tripolitania. Unasylva 6(1): 53-60. 1952.

Salas, J. y Toral, M. Estudio del ambiente físico de las dunas de Ritoque. Tesis

Fac. de Ciencias Forestales, U. de Chile.Santiago. 1974. 128 p.

Shaltiel, M. Sand Dune Stabilization for the Protection of Enginering Structures La-Yaaran 13(2) : 5-6. 1963.

Vita, A. Metodología para el control y aprovechamiento de dunas litorales. Manual N° 3 Facultad de Ciencias Forestales, U. de Chile. 1975. 37 p.

Zohar, Y. Forest and sand dunes in Denmark. La-Yaaran 19(1) : 30-31. 1969.