



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

Trabajos de estabilización de dunas en el sector Laguna de los Cisnes, Tierra del Fuego

Patrocinante: Sr. Juan Schalatter V.

Trabajo de Titulación presentado
como parte de los requisitos para optar
al Título de **Ingeniero Forestal**.

VICTOR MANUEL VARGAS VIDAL

VALDIVIA
2004

CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		Nota
Patrocinante:	Sr. Juan Schlatter Vollmann	5,3
Informante:	Sr. Víctor Gerding Salas	5,7
Informante:	Sr. Rubén Peñalosa Wagenknecht	6,3

El Patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

Sr. Juan Schlatter V.

ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEORICO CONCEPTUAL	3
2.1 Consideraciones generales	3
2.2 Antecedentes de control de dunas en Magallanes	5
3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	8
3.1 Area a intervenir	8
3.2 Metodología	9
3.2.1 Confección de estudios técnicos previos	9
3.2.2 Etapa de recolección de semillas	10
3.2.3 Etapa de siembra	12
3.2.4 Etapa de certificación de la siembra	14
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
4.1 De la confección de estudios técnicos previos	18
4.2 Fase de recolección de semillas	19
4.3 Fase de siembra	20
4.4 Evaluación de la siembra	21
4.4.1 Aspectos generales	21
4.4.2 Proceso de evaluación según exigencias de CONAF	23
4.4.3 Referencia de costos	24
4.4.4 Sobre incorporación del área para uso ganadero	25
5. CONCLUSIONES	28
6. BIBLIOGRAFÍA	29

ANEXOS

1	<i>Abstract</i>
2	Sectores afectados por dunas en la XII Región
3	Estudios y documentos relativos al D.L. 701
4	Documentos relativos a la certificación de la bonificación
5	Datos obtenidos de parcelas de muestreo
6	Fotografías de la especie <i>Elymus arenaria</i>
7	Autorizaciones para publicación del documento

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento expone sobre los trabajos de estabilización de dunas realizados en la Parcela N° 25 del sector Laguna de los Cisnes, ubicada a 12 kilómetros al norte de la ciudad de Porvenir, capital de la provincia de Tierra del Fuego, Región de Magallanes y Antártica Chilena.

Se trata de un campo de uso ganadero, que se vió afectado por una duna de reciente formación en una planicie de 73 hectáreas. Las características principales del lugar consisten en descensos importantes del nivel de la laguna colindante del predio y fuertes vientos dominantes, que en época de primavera mantiene rachas que superan los 100 km/h. Tales condiciones son importantes, por causar el alto grado de avance de los procesos erosivos y de sedimentación, que invaden el predio.

Un factor importante que incide en la realización de este trabajo es el incentivo que otorga el Estado para trabajos de esta naturaleza, que en definitiva tienden a revertir procesos de degradación de los suelos. Por otra parte, en la misma Región han habido esfuerzos en esta materia con resultados positivos, que en términos técnicos son de excelente ayuda. Todo lo anterior mirado desde el punto de vista del pequeño productor propietario del predio, quien con esta iniciativa es el primero en asumir un riesgo de esta índole en la Región.

El trabajo se realiza bajo los procedimientos establecidos por la legislación en la respectiva materia, más precisamente el Decreto Ley 701 de 1974, el cual es supervisado y llevado adelante por la Corporación Nacional Forestal.

El estudio realizado previamente, en lo que se refiere a la investigación bibliográfica y las visitas y análisis efectuado por el autor en diferentes sectores de la Región, donde se ha realizado este tipo de prácticas con excelentes resultados, llevaron a desarrollar un trabajo consistente en implantar barreras vegetales en la duna, en base a siembra de semillas de la gramínea *Elymus arenarius*.

Los objetivos planteados en este proyecto consisten, en primer término, detener el avance de la duna, que se encuentra afectando campos de pastoreo; establecer una cubierta vegetal protectora en toda la superficie de la duna. Luego, demostrar en forma práctica, bajo técnicas adecuadas, la aplicabilidad del incentivo del Estado y finalmente restablecer la cubierta vegetal primitiva para el uso ganadero.

El método consiste en la implantación de cordones vegetales perpendiculares al eje de avance de la duna. Ello se realiza mediante siembra en fajas de tres hileras separadas un metro entre sí, con una separación entre fajas de ocho metros. Además se agregan fajas en los contornos de la duna y también en forma secundaria en la dirección de la duna, con separación entre ellas de ciento quince metros.

La siembra se realiza con un tractor agrícola, que lleva como implemento un arado aporcador de tres puntas, que tiene la función de abrir el terreno a modo de cunetas para depositar la semilla. Así cada paso del tractor va dando origen a la faja descrita anteriormente.

Para efectuar la siembra se requirió de 800 kg de semillas, que fueron cosechadas en la Región, como parte del proyecto.

Con respecto a los resultados, se logró en definitiva implantar los cordones vegetales, con un promedio de emergencia de alrededor de 120.000 plantas por hectárea, con

plantas de excelente calidad en cuanto a vigor y altura. Los análisis realizados en el terreno demostraron en definitiva que la duna detuvo su avance y que no existían movimientos internos de arenas

En cuanto a los incentivos del Estado, estos retribuyeron los costos netos en un 91,7%, con lo cual es lógico deducir que el programa efectuado cumplió con lo establecido y exigido en la legislación.

Respecto a la disponibilidad de forraje para pastoreo, debe indicarse que al quinto año de realizada la siembra, el área intervenida estaba cubierta mayoritariamente por la vegetación herbácea nativa, con pastoreo permanente y sin restricciones.

En definitiva se puede concluir que el método empleado, el diseño de la siembra y la especie utilizada fueron excelente herramienta para atacar el problema. Las bondades de la especie guardan relación con su abundante semillación, su gran poder germinativo, su vigorosidad, su condición de palatable, entre otros, que la llevan a constituir una verdadera barrera contra el avance de la duna.

Palabras Claves: Duna, arenales, *Elymus arenarius*, desertificación.

1. INTRODUCCION

La erosión de los suelos constituye hoy un problema de relevancia, tratado en toda convención sobre el ambiente. Es en el suelo donde repercute en definitiva toda mala práctica de procesos, de diversa índole, que afectan negativamente el entorno, donde por lo general participa o ha participado el hombre.

La desertificación es el resultado de tales acciones nefastas, muchas no ligadas a actividades silvoagropecuarias. Lo que se conoce como dunas, es una avanzada etapa del proceso, donde desaparece el suelo, convirtiendo territorios en campos de arenas. Dentro de las prácticas para impedir el avance de la desertificación, figuran entonces los programas de control o estabilización de dunas, que bajo diferentes métodos y sistemas buscan, en definitiva, devolver la vegetación al suelo o al menos detener su avance, que normalmente afecta o invade otros sectores de la sociedad o de la economía.

En Chile el tema de control de dunas es abordado profundamente, de forma tal que se incorporó en la legislación forestal, específicamente en el Decreto Ley 701 de 1974, sus modificaciones y respectivos reglamentos, bajo la forma de "Programa de Estabilización y Forestación de Dunas", donde el Estado bonifica en un 75% los costos que dichos trabajos originan, según tablas de costos que operan para estos efectos. La Región de Magallanes y Antártica Chilena, se beneficia luego en forma particular dado a que se establece como no exigible la fase de forestación que la normativa indica, factor que impedía el acceso a la bonificación al no existir una especie arbórea que cumpla con dichos fines.

En este marco se desarrolló el presente proyecto, donde los propietarios del predio decidieron intervenir para enfrentar el problema de la duna, que se internaba en su campo de uso ganadero. La entidad del Estado competente en materia de la operación técnica, administrativa y legal del programa es la Corporación Nacional Forestal (CONAF), por lo tanto todo el proceso pasa por la aprobación de este organismo. El presente proyecto se enmarcó, consecuentemente, dentro de lo que se establece como programas previos de estabilización de dunas y basado en la posibilidad de absorber gran parte de los costos vía bonificación del Estado.

Para el consiguiente trabajo, se plantean los siguientes objetivos:

- 1.- Detener el avance de la duna, que se encuentra afectando campos de pastoreo.
- 2.- Establecer una cubierta vegetal protectora en toda la superficie de la duna.
- 3.- Demostrar en forma práctica, bajo técnicas adecuadas, la aplicabilidad del incentivo del Estado.
- 4.- Restablecer la cubierta vegetal primitiva para el uso ganadero.

El desarrollo del mismo, se inicia con la búsqueda de la especie más adecuada para el cumplimiento de los objetivos, dentro de alternativas probadas en la Región. Factor importante es el hecho de considerar prioritario el interés de recuperar para pastoreo el sector afectado por la duna, dada la calidad de pequeños productores de los

propietarios, cuyo territorio productivo estaba afectado cerca de un 20%. Consecuente con lo último, igualmente se consideró importante el marco presupuestario que indica la tabla de costos elaborada por la CONAF, evitando aumentar el aporte propio de los productores, sino que, por el contrario, disminuirlos.

Dada la clara orientación indicada precedentemente, se desarrolla cada una de las fases que se detallan en el texto, donde se aportan interesantes antecedentes, explicado de manera clara y sencilla.

El trabajo pretende ilustrar el grado de factibilidad para abordar el tema, la posibilidad de acceder a beneficios que otorga el Estado y la experiencia existente en la Región de Magallanes y Antártica Chilena; siendo el primer trabajo que se realiza en la Región optando a los beneficios que otorga el Estado a través del Decreto Ley 701. Se trata del control de un área afectada por dunas en un predio del sector Laguna de los Cisnes, en la Provincia de Tierra del Fuego.

Este proyecto lo realiza el autor en el año 1986, dentro de su actividad como consultor y contratista, donde aplicó con rigor técnicas profesionales, que en definitiva sirvieron para culminar con éxito la misión emprendida y que hoy, en el marco de la normativa, es presentado como Trabajo de Titulación, cumpliendo con otros de los requisitos para obtener el título de Ingeniero Forestal, en la Universidad Austral de Chile.

2. MARCO TEORICO / CONCEPTUAL

2.1 Consideraciones generales

Desde principio del Siglo XX, en Chile, el deterioro de los suelos ha sido considerado como tema preocupante. La llegada a nuestro país, en ese entonces, del doctor Federico Albert (alemán, 1867 – 1928), significó la primera voz de alerta y un gran avance en el tema, haciéndose la primera estimación de la gravedad del problema (Gormaz,1974).

Por su parte, Arentsen (1965) identifica este flagelo señalando que “uno de los problemas ambientales grandes, que afectan al planeta, es la erosión de los suelos, cuyo origen se debe, por lo general, a la falta de previsión del hombre para evitarlas, ya sea protegiendo las hoyas hidrográficas de los ríos y chorrillos, como haciendo buen uso de la tierra, mejorando los sistemas de labranza y evitando el sobrepastoreo de las praderas”.

La preocupación del Estado se refleja en un documento elaborado por CONAF (1978), que refiriéndose al tema del deterioro y destrucción de los recursos naturales renovables de nuestro país, advierte que en lo relativo al recurso suelo, el problema adquiere características de gravedad, argumentando que “el litoral chileno presenta en numerosos puntos de su extensa costa, acumulaciones de arena, que llamamos dunas, que perjudican no sólo el sitio que recubre, sino que ellas son el reflejo de problemas aún más graves, pues estos materiales provienen en su mayoría de suelos que sufren erosión en las partes interiores del continente, y que son arrastradas por las aguas de ríos y esteros hacia el mar”.

Según Gormaz (1974), ya en el año 1974 existían en Chile 131.006 ha de dunas, de las cuales 74.428 ha correspondían a dunas litorales y 56.578 ha a dunas continentales.

La mayor gravedad de este problema ambiental radica en su continuo avance hacia el interior, que cada año cubre enormes superficies de suelos fértiles, ocasionando también problemas a innumerables obras de utilidad pública, como caminos, puentes y poblados (CONAF, 1978).

El problema de dunas en el ámbito nacional, por largos años, se ha constituido en un tema de gran preocupación. Ellas han sido atacadas con gran profesionalismo, principalmente por agentes públicos, llegando a establecerse como tema de gestión del sector forestal, al incluirse dentro de los incentivos de la ley forestal. En efecto, el Decreto Ley 701 de 1974 (D. L. 701), su reglamento y modificaciones posteriores, establece que en aquellos suelos declarados de Aptitud Preferentemente Forestal, se bonificará, para el caso de suelos afectados por dunas, los trabajos previos de estabilización, además de los trabajos siguientes de forestación, alcance principal del incentivo del Estado.

En lo que respecta a la Región de Magallanes y Antártica Chilena (XII Región) este flagelo no está ausente. Según antecedentes recopilados por Zambrano (1989), en la

Región existen 22.625 ha afectadas (Anexo 2), las que en su mayor parte corresponden a dunas litorales, principalmente en las costas del Estrecho de Magallanes, tanto en la Provincia de Magallanes, como en la Provincia de Tierra del Fuego, señalando además que la incidencia del daño en su mayoría se concentra en suelos de aptitud ganadera.

Estudios realizados por Cruz y Lara (1987) confirman que el sector con mayores problemas de erosión es el ganadero, señalándose en términos de cifras, que existe un universo de al menos 200 explotaciones ganaderas que presentan problemas, con una superficie afecta de 708.000 ha (sumando los campos con dunas y aquellos que presentan erosión severa). Del mismo modo, un informe preparado por profesionales de diversas disciplinas, para la Comisión Nacional del Medio Ambiente, señala como principal problema de contaminación en la XII Región el deterioro de las praderas, consecuente de un uso irracional (Vargas y Baeriswyl, 1991).

Según Bitterlic (1976), la detección del problema en esta Región y la preocupación por revertirlo data de fines de la década de 1940, donde los primeros intentos corresponden a la ex Sociedad Explotadora Tierra del Fuego, empresa ganadera latifundista de capitales ingleses, quienes desarrollaron programas de control con buen éxito, introduciendo las especies que hoy son las más adecuadas para estos tratamientos, como las gramíneas *Elymus arenarius* y *Ammophila arenaria*. El mismo autor menciona que posteriormente el Estado, a través del Ministerio de Agricultura, enfrentó el problema, aunque en forma discontinuada, pero con gran eficiencia, logrando mejorar los métodos de siembra, principalmente; y que luego la responsabilidad le asistió a CONAF, actuando desde principios de la década del 70 con extensos trabajos de estabilización de dunas, radicados principalmente en la provincia de Tierra del Fuego.

En el marco de su gestión, en la década del 80, CONAF realiza una labor directa para atacar el problema y una acción de difusión orientada al empresario privado, señalando los beneficios que otorga el Estado a quienes obtienen resultados exitosos en trabajos previos de estabilización de dunas. Según expresa Zambrano (1986), la misma institución, demostrando mayor preocupación e interés por beneficiar a propietarios con estos problemas, exceptúa a la Duodécima Región de la obligación de efectuar seguidamente los trabajos de forestación, hasta que se determine en términos científicos y prácticos las especies forestales apropiadas para conseguir éxito en esta materia, dando paso así al derecho de bonificación para trabajos de control de dunas.

2.2 Antecedentes de control de dunas en Magallanes

Resulta de mucha utilidad la revisión de antecedentes que posee la oficina de CONAF XII Región, sobre trabajos similares de contención de dunas efectuados en el pasado, para fines de recoger las mejores experiencias. Igualmente el autor debió ver y analizar en terreno el resultado de algunos trabajos, pretendiendo que de ellos derive la mejor manera de abordar el problema y lograr principalmente mayor eficiencia en el uso de los recursos técnicos y económicos.

Una primera aproximación a la mejor técnica se obtiene de la literatura consultada, que revela la inoperancia de métodos mecánicos en los trabajos de estabilización, recomendándose decididamente las barreras de tipo vegetal. El método mecánico normalmente se descarta, según Gormaz (1974), por ser generalmente de costo elevado y poco efectivo, como las construcciones de muros de concreto, troncos u otros, que se usaron en el pasado seguramente por no haberse probado con implante vegetal, que al conocerse superaron largamente la efectividad del control.

En nuestro país existe una variedad de especies que resultan efectivas para el control de dunas, como ser: las gramíneas *Elymus arenarius*, *Ammophila arenaria* y *Ammophila breviligulata*, las que se refuerzan con algunas leguminosas, como *Lupinus arboreus* (chocho), *Genista hispanica* (retamo amarillo), Mioporo, Aliaga marina y Doca (Gormaz, 1974).

Según Zambrano (1986), la mayor parte de las especies mencionadas han sido usadas en la Región, obteniéndose buenos resultados con *Elymus arenarius* y *Ammophila arenaria*, en cuanto a las leguminosas se advierte que no prosperan en el tiempo, siendo inútil su empleo, por lo menos en forma temprana.

Algunas características, ventajas y desventajas que ofrecen las dos especies enunciadas anteriormente, según Ivanovich (1985), son:

“*Ammophila arenaria*: Planta perenne que alcanza alturas de 50 a 120 cm y se extiende por rizomas. Entre sus características principales se destaca el hecho que al ser cubierta por arena emerge a la superficie con mayor cantidad de estolones y en forma más enérgica. Es una especie poco palatable y muy dominante según se ha comprobado en la región (en latitudes más cálidas al parecer no se mantiene esta condición). Entre sus desventajas figuran: Por ser poco palatable es una especie que perdura, impidiendo la prosperidad de otras especies nativas que interesa recuperar. Sus hojas presentan condiciones de lenta degradación. Lo peor de esta especie es el escaso poder germinativo de sus semillas, que no supera el 10%, obligando su empleo vía plantación de esquejes (clones), lo cual resulta de alto costo”.

“*Elymus arenarius*: Planta perenne, robusta, de hojas relativamente anchas y tiernas, alcanza alturas de 60 a 130 cm pudiendo llegar hasta 200 cm, se reproduce por clones y semillas, es palatable. Las hojas anchas permiten ya a partir del segundo año retener grandes cantidades de arena por mata, formando sólidas barreras. Sus hojas caducas y su fácil descomposición permite incorporación de materia orgánica al suelo. La semillación es abundante y de gran poder germinativo. En cuanto a desventajas su condición de palatable obliga a aislar el área tratada, por la amenaza que constituye el ganado u otros animales, aumentando los costos dada la necesaria construcción de cercos por un tiempo de al menos tres años”.

Si bien ambas especies arrojan buenos resultados en la Región, cuando se busca mayor eficiencia, la experiencia que se recoge de los trabajos efectuados por más de 30 años en la zona y las sugerencias de especialistas (Ivanovich, 1985 y Zambrano, 1986), permiten concluir que la especie *Elymus arenarius* (fotos en Anexo 6), ofrece

mayores ventajas en su utilización, las que pueden resumirse como sigue: semillación abundante, germinación alta (mínimo 85%), adaptación y crecimiento extraordinario, fácil recolección de semillas por su manejo poco especializado y amplia distribución en la zona. Además permite siembra mecanizada, ágil y efectiva, por consiguiente reduce costos.

Según Ivanovich (1985), la recomendación de la especie se basa además en el hecho de que produciendo barreras de protección, en forma eficiente y rápida, aporta al terreno praderas artificiales (especie palatable), cuya incorporación a la actividad económica compensa plenamente los costos que origina su implantación. Por otro lado, señala que el uso de esta especie mediante siembra ha permitido completa recuperación y restablecimiento de praderas nativas, justamente por su condición de palatable, que posibilita un talaje dirigido, en forma y época adecuada, disminuyendo su grado de competencia con otras especies. Se menciona como ejemplo la recuperación total de campos en Puerto Percy, Punta Espora y Punta Catalina en Tierra del Fuego.

Existen dos formas de emplear *Elymus arenarius* en el tratamiento de estabilización de dunas (Gormaz, 1974), mediante el uso de esquejes (clones) y mediante semillas, siendo la primera forma usada preferentemente en sectores de cárcavas y sitios de pendientes y laderas expuestas a vientos dominantes y también donde se asocia con la confección previa de barreras artificiales de ramas u otras que protegen la plantación; por su parte la semilla brinda mayor eficiencia en planicies y ausencia de situaciones como las descritas para la forma anterior. Por otro lado, según Ivanovic (1985), el uso de esquejes tiene un costo 10 veces más alto que la siembra, lo que hace poco atractivo aquel método vegetativo.

La forma más eficiente de efectuar un control mediante siembra es la implantación de los llamados cordones vegetales o fajas, que son un conjunto de hileras (generalmente 3, separadas 1 m entre sí) ubicadas perpendicularmente a la dirección de avance de la duna y ciertamente de los vientos dominantes, con separación entre fajas de 6 a 15 m dependiendo de la agresividad de la duna y de su avance en particular (Arentsen, 1965; Zambrano, 1986). En cuanto a la cantidad de semilla, Zambrano (1986) sugiere para la Región el empleo de 6 a 12 kg de semilla seca por hectárea, dependiendo de la característica de la duna, aplicándose la cifra menor cuando se trata de planicies, poca agresividad y sin formación de cárcavas. El mismo autor advierte que para efecto de las faenas de recolección, debe agregarse alrededor de un 30% para compensar la pérdida de peso por concepto de secado. Complementando lo anterior, Bitterlic (1976) sugiere rodear el contorno de la duna y agregar fajas de siembra transversales, separadas entre 100 y 130 metros, cuando se trata de grandes extensiones. Además agrega como dato útil, que en la práctica la semilla rinde 400 metros lineales por kilogramo.

Referente al método de siembra, cuando las condiciones del terreno lo permiten, el uso de un tractor agrícola, utilizando como implemento arado aporcador o de "punta" (1 a 3), es lo más eficiente (Arentsen, 1965) y, de hecho, según Zambrano (1986) lo más usado en la región.

La figura 1 muestra el implemento usado para trabajos de siembra, en terrenos afectados por dunas. Consiste en un aparato que lleva tres arados, que accionados por un tractor agrícola, van dejando tres surcos en forma simultánea, donde se riega la semilla.



Figura 1. Arado aporcador de tres puntas

3. DISEÑO DE INVESTIGACION

En términos generales, el diseño de la investigación se deriva de los requisitos y modalidades establecidos en el marco de la legislación vigente y la operatoria de CONAF para la bonificación de trabajos de estabilización de dunas.

3.1 Area a intervenir

El trabajo se realizó en la Parcela 25 de la Colonia Gente Grande, ubicada en el sector denominado Laguna de los Cisnes, 12 km al norte de la ciudad de Porvenir, capital de la Provincia de Tierra del Fuego, distante 2 km al norte del aeródromo Capitán Fuentes Martínez.

El predio, cuya superficie total es de 390 ha, se caracteriza por ser una planicie de alta influencia marítima por su proximidad al mar del Estrecho de Magallanes. En su lado oeste limita con la Laguna de los Cisnes, justamente desde donde provienen los vientos dominantes y donde se origina el proceso de sedimentación que va formando la duna, cuya tendencia es internarse en la propiedad. La referida laguna es de aguas saladas.

En cuanto a características climáticas, la consultora Ingeniería y Gestión (1986), describe para el sector un régimen de precipitaciones de agua y nieve que promedian los 350 mm anuales. Las temperaturas promedios son de 14° C máximas de verano y de -7° C, promedio mínimas de invierno, aunque las condiciones más adversas las constituyen los vientos permanentes, que hacen crisis en período de primavera con rachas que superan los 100 km/h (Oyarzo, 1986). Esta última condición (viento) tiene un doble efecto sobre el suelo, sequedad y arrastre de material. Explica Arentsen (1965), al referirse al tema, que “en especial en la Isla Grande de Tierra del Fuego, la acción del viento viene a ser el factor más serio en los procesos erosivos de los suelos”.

Según descripciones de Cruz y Lara (1987), para el área, la vegetación primitiva se inserta en la categoría de Praderas Higrófitas, que corresponde a una vega en cuya composición florística destacan: *Carex sp.*, *Juncus scheuchzerioides*, *Hordeum pubiflorum*, *Festuca gracillima* y en menor grado *Chilotrachium diffusum* y *Berberis buxifolia*. La clasificación geológica (Ingeniería y Gestión 1986) la ubica dentro del grupo de los sedimentos cuaternarios.

El estudio efectuado en el predio, con apoyo de mediciones topográficas, reveló la existencia de 73 ha dañadas por dunas, en el extremo oeste del predio, en su mayoría cubierta con arena fina y suelta, excepto alrededor de 20 ha en sectores próximos a la laguna, que presentaban costras salinas (cubierta compacta y homogénea de 4 a 8 centímetros de espesor, de aspecto similar a una capa asfáltica).

El origen de la formación de esta duna radica principalmente en la alteración repentina del equilibrio ecológico del área, lo cual permitió que agentes geológicos, como el viento, ejerzan rápidamente una acción erosiva del suelo afectando al recurso vegetal

protector. En efecto, el problema se originó entre los años 1981 y 1982, al descender el nivel del agua de la laguna, provocada, según indagaciones efectuadas por el autor, por el desvío de un río alimentador que pasó a incrementar el abastecimiento de agua de la ciudad de Porvenir y secundariamente, por períodos de sequía que habrían afectado al sector. Producto de esta condición inesperada de descenso de niveles, quedó expuesto material limo-arenoso, que accionado por el viento, casi permanente en el sector, produjo la acción mecánica típica de suspender, arrastrar y depositar dicho material en sectores contiguos, que anteriormente lo constituía una planicie cubierta de vegetación herbácea, que prontamente fue sucumbiendo.

3.2 Metodología

Mediante un análisis descriptivo previo del terreno donde se realizó el trabajo, fue posible observar ciertas ventajas que facilitaron las decisiones sobre el modo de abordar el problema y las técnicas a emplear, a saber: se trataba de una duna que no difería de otras tratadas con excelentes resultados en Tierra del Fuego e incluso muy próximas al área; caracterizándose por su extensión plana, donde estaban ausentes formaciones de cárcavas y montículos de arena (origen reciente), lo cual permitía el fácil tránsito y siembra mediante la utilización de un tractor agrícola. No se detectó fauna dañina que hiciera peligrar el éxito de especies palatables y en cuanto a los animales domésticos, como los ovinos, son fácilmente aislados mediante la construcción de cercos.

Conforme a la investigación realizada previamente y considerando lo expresado en el párrafo precedente, el problema de formación de dunas en el predio fue abordado a través de la implantación de barreras vegetales, optándose por la siembra de *Elymus arenarius*, para lo cual se desarrolló un programa de trabajo en cuatro etapas: La primera etapa dedicada a la confección de los “estudios técnicos previos”, tanto de calificación de terrenos de aptitud preferentemente forestal, como de plan de manejo para programas de estabilización de dunas; la segunda, la etapa de recolección de semillas; la tercera, la de siembra; y la cuarta, la de estudio técnico de certificación de estabilización de dunas.

3.2.1 Confección de estudios técnicos previos

Para la confección de los estudios técnicos previos, se dispuso de formularios aportados por CONAF (Anexo 3), consistentes en:

- Solicitud Relativa al D. L. 701 de 1974 para Calificación de Terrenos de Aptitud Preferentemente Forestal.
- Formulario para el estudio técnico de Calificación de Terrenos de Aptitud Preferentemente Forestal.
- Solicitud Relativa al D. L. 701 de 1974 para Plan de Manejo, Programa de Estabilización y Forestación de dunas.

- Formulario para el estudio técnico del Plan de Manejo Programa de Estabilización y Forestación de Dunas.

- Formulario para el correspondiente Programa de Protección.

En cada uno de los formularios aparecen los requisitos administrativos y técnicos para su presentación a CONAF, los cuales fueron excelente facilitador para el ordenamiento de las actividades.

Las materias y actividades que en dichos documentos se identifican, se abordaron de la siguiente manera:

- Aspectos administrativos: Identificación, ubicación, deslindes y propietario del predio, que se obtuvieron de la correspondiente Escritura de Compraventa, del Conservador de Bienes Raíces de Tierra del Fuego; número de Rol de Avalúo, documento del Servicio de Impuestos Internos; representante legal, que se obtuvo mediante mandato ante Notario.

- Superficie total y superficie afecta a la solicitud: Estos datos se midieron en terreno, con el concurso técnico de un profesional geomensor.

- Clase de suelo, clasificación y reclasificación: Según instructivo de CONAF, la información debió obtenerse de la clasificación realizada por el Instituto Nacional de Recursos Naturales, IREN, publicación N° 1 "Materiales y Símbolos IREN", de 1965. La reclasificación correspondiente la propuso el autor, luego del análisis de terreno y fue descrita según la misma publicación del IREN.

- Confección de planos: Para estos efectos, se utilizó como base el plano del predio, los planos prediales del Programa de Trabajo del Equipo Sísmico N° 5 de ENAP (1985), más la interpretación de fotos aéreas del sector (SAF 1979), escala aproximada 1: 30.000 y estudios de terreno.

3.2.2 Etapa de recolección de semillas

Para el desarrollo de esta etapa fue preciso establecer previamente la cantidad de semilla de *Elymus arenarius* necesaria para cubrir las 73 ha afectadas por dunas.

Consecuente con los datos extraídos de la revisión bibliográfica, los cálculos dieron como resultado, con buen margen de seguridad, la necesidad de obtener la cantidad de 800 kg de semilla. Luego se estableció que para cumplir dicha meta se requerían 180 jornadas, considerando el rendimiento que señala la literatura.

Para conocer la disponibilidad de semilla, se indagó sobre los sectores cubiertos por la especie *Elymus arenarius*, que permitan la cosecha de semillas con cierta abundancia, determinándose la factibilidad de recolección en tres áreas importantes, a saber: Sector Agua Fresca, a 27 km al sur de Punta Arenas; y sectores Springhill y Catalina en

Tierra del Fuego. Posteriormente, considerando motivos de accesibilidad y distancias se priorizaron los sectores de Agua Fresca y Springhill.

En consecuencia, en cada uno de los dos frentes de cosecha mencionados, se determinó trabajar con una cuadrilla compuesta por 9 obreros y un capataz. Así, existieron 18 personas en faena directa, estimándose un tiempo de 10 días de trabajo para cada cuadrilla, completando entonces las 180 jornadas que se estimaron para la cosecha (derivado del rendimiento indicado en la bibliografía).

En general, para este trabajo se recomienda celeridad puesto que el fruto alcanza su maduración en forma rápida, corriéndose el riesgo que las semillas caigan al suelo de igual forma, perdiéndose efectividad en la cosecha. En todo caso existían sectores alternativos de recolección, ya que afortunadamente la maduración del fruto no tiene la misma fecha en los distintos sectores donde se distribuye la especie (Ivanovich, 1985). La recolección de semillas se realizó en febrero de 1986.

El modo de trabajo para un obrero fue recolectar las espigas mediante el empleo de una hechona (hoz), cortando el tallo 2 pulgadas más abajo del inicio de la espiga, pudiendo efectuar el corte por grupo de tallos, aumentando de esta forma su eficiencia. El material cortado no debía ser azotado para evitar el desprendimiento de granos e introducido en una bolsa apropiada que portaba el mismo obrero. Posteriormente el producto se dejó en bodega o galpón adecuado donde permanecieron unos días para facilitar su posterior desgrane.

En cuanto al desgrane o trilla, la especie no presenta dificultades. Este se realizó mediante golpes con una pieza de madera liviana, lográndose un rápido desprendimiento de la semilla contenida en las espigas.

El modo de operar de cada cuadrilla fue el siguiente: la cuadrilla que trabajó en el sector de Agua Fresca, se trasladó diariamente al lugar, realizando su faena en una jornada de 9 horas (incluida una hora de colación), las espigas cosechadas se almacenaron en bolsas (estilo bolsas de papa para 80 kg) y se trasladaron diariamente hacia la bodega de Punta Arenas, donde posteriormente se realizó la trilla. La otra cuadrilla, que trabajó en el sector de Springhill en la isla de Tierra del Fuego, se instaló en la "Estancia EMA", lugar donde debió realizar la faena de cosecha y trilla, almacenando las semillas en el galpón de la misma propiedad ganadera. El hecho de efectuar la trilla en dicho lugar facilitó el posterior transporte a Punta Arenas, el que se hizo en los típicos bolsones laneros, con capacidad aproximada de 250 kg. En este último aspecto se tuvo como regla almacenar las semillas el mismo día de su traslado a Punta Arenas y vaciarlos de inmediato en la bodega, evitando así el calentamiento de la semilla.

La fase de almacenamiento requirió de mucha atención, puesto que es normal que se produzca un calentamiento de la semilla que está en proceso de secado, siendo absolutamente necesario tomar medidas para evitar esta situación a objeto de que no se dañe el producto. Por lo tanto, el lugar que se eligió para el almacenamiento era

muy ventilado, seco y espaciado, de forma tal que permitió remover la semilla con facilidad, proceso que se realizó diariamente hasta lograr su secado.

3.2.3 Etapa de siembra

Para efecto de la planificación de esta etapa se estableció, de acuerdo con la literatura y experiencia del autor, que la duna presentaba una situación de leve a mediana agresividad, principalmente por no ser demasiado abundante los movimientos de arena, a la vez que era de reciente formación, muy plano y no presentaba cárcavas. En consecuencia, se estimó como suficiente utilizar alrededor de 8 kg/ha de semilla, que es un valor recomendado para el tipo de duna definida (para efecto de la cosecha se considera un valor de 10,4 kg/ha, por su contenido de humedad que al momento de la siembra se pierde por efecto del secado).

En cuanto al diseño de la siembra, se optó por realizar fajas paralelas, compuestas de tres hileras de un metro de separación, de dirección norte – sur (sur – norte), más las fajas del contorno de la duna y fajas perpendiculares.

El diseño de la siembra se confeccionó sobre la base de los siguientes antecedentes: a) utilización de alrededor de 8 kg de semilla por hectárea, b) rendimiento de 400 metros lineales por kilo de semilla, c) determinación de las dimensiones de la duna, cuyo ancho es de 1.140 m y largo de 640 m, d) distanciamiento óptimo entre fajas principales de 6 a 15 m, e) distanciamiento óptimo entre fajas complementarias (perpendiculares) entre 100 y 130 m.

En consecuencia, se elaboró el diseño de la siembra que se muestra en la figura 2, el cual correspondió a la siembra de 65 fajas principales de 1.140 m cada una, cuya dirección es perpendicular al eje de avance de la duna y 12 fajas complementarias de 640 m, perpendiculares a las anteriores.

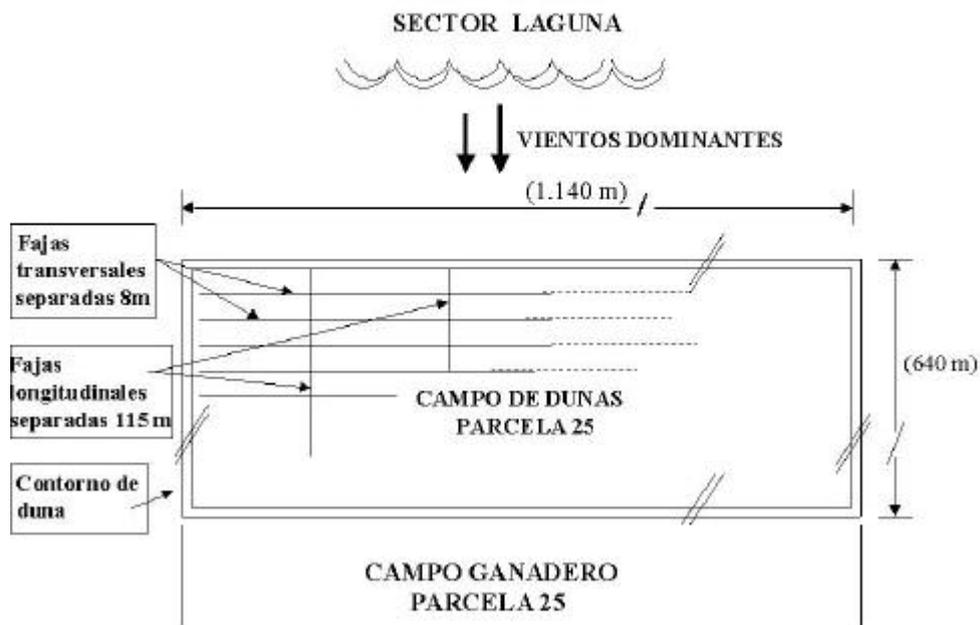


Figura 2. Esquema de trazado de siembra

Dada las características del terreno (planicie), para la siembra se usó un tractor agrícola (marca Victoria de 80 HP) implementado con un sistema conjunto de tres arados aporcadores o "arado de tres puntas". A este implemento se le adicionó un sistema de distribución de semillas, consistente en un tubo de plástico resistente de 4 pulgadas de diámetro adicionado a cada arado, los cuales nacen en la parte inferior del arado (a pocos centímetros del fondo del surco) y terminan en un embudo sobre el nivel del implemento, donde tres operarios allí instalados proveen lentamente la semilla, según rendimiento preestablecido. Con el sistema aplicado se evita que la semilla vuele por el viento y además se consigue gran eficiencia en la técnica de siembra y en los costos que involucra la actividad. Por último, el tractor arrastró un tablón que cumplió la finalidad de tapar los surcos. En algunos sectores la siembra se complementó en forma manual (8 ha), mediante dos cuadrillas de tres obreros cada una (un operario realizando los surcos con un azadón, otro regando semilla y el último tapándola).

A cargo de la faena estuvo un capataz y la supervisión técnica le correspondió al autor y ejecutor del proyecto. El personal tuvo su centro logístico en la ciudad de Porvenir, distante 12 km del predio.

Complementariamente, según se ha indicado, se construyó un cerco protector de tipo ganadero (alambrada de 6 hebras, con postes cada 10 m y piquetes de 1,5" x 1,5" x 1', separados un metro, unos de otros), sobre el cual no se hacen mayores alcances, porque fue gestión de los propietarios. La ubicación del cerco se indica en los Estudios Técnicos y el trazado en terreno lo realizó el asesor. Según indicaciones dadas a los propietarios, el cerco se instaló antes de la siembra.

La faena de siembra se realizó a partir del día 26 de septiembre de 1986. Para precisar su comienzo, se consideró las condiciones climáticas y del terreno, principalmente para hacer más efectivo el trabajo del tractor.

3.2.4 Etapa de certificación de la siembra

Dado que este trabajo se realizó en el marco de la legislación forestal, para optar a bonificación del Estado por trabajos de estabilización de dunas, su evaluación igualmente estuvo sujeta a las exigencias de CONAF, como ente fiscalizador, el cual establece las pautas que hacen posible la certificación de la labor efectuada.

En ese contexto, la exigencia principal fue la creación de cordones vegetales para la contención de la duna, estableciéndose que deben existir al menos 40.000 plantas por hectárea como promedio, para su aprobación.

Para efecto de informar sobre el resultado del trabajo, CONAF aportó el formulario de "Solicitud de Bonificación por Forestación", para ser completado con una serie de antecedentes, como la densidad de plantas que se obtienen como resultado, al igual que la superficie efectiva de siembra, entre otros.

Bajo las consideraciones descritas, se preparó, primero, un sistema de medición de la superficie efectivamente cubierta por la siembra y, segundo, un sistema de medición de la densidad de plantas, para establecer el resultado en términos de plantas por hectárea. Luego el sistema se acordó con CONAF, estableciéndose así claramente la forma como iba a medirse el resultado de la siembra.

En la figura 3, se muestra en forma esquematizada el sistema adoptado para calcular la superficie cubierta con vegetación de *Elymus arenarius*. El método consistió en la medición de la longitud de 23 transectas perpendiculares a las líneas de siembra, separadas 50 m una de otra (la primera y la última, ubicadas a 20 m del límite predial). El promedio de longitud con cubierta vegetal de las transectas, en metros, multiplicado por el ancho del predio (en línea perpendicular a las transectas), que es de 1.140 m, dio la superficie cubierta. Se aprobó este método por parte de CONAF, por ser de uso corriente en mediciones de planos y no requiere de otros instrumentos complejos de medición, bastando con una huincha y una brújula que guíe la orientación de la transecta. Además permite dibujar el área con gran aproximación, si es que es necesario, evitando el uso de instrumentos topográficos. Además, ellas sirvieron de base para el muestreo de densidad de las plantas, que se detalla más adelante.

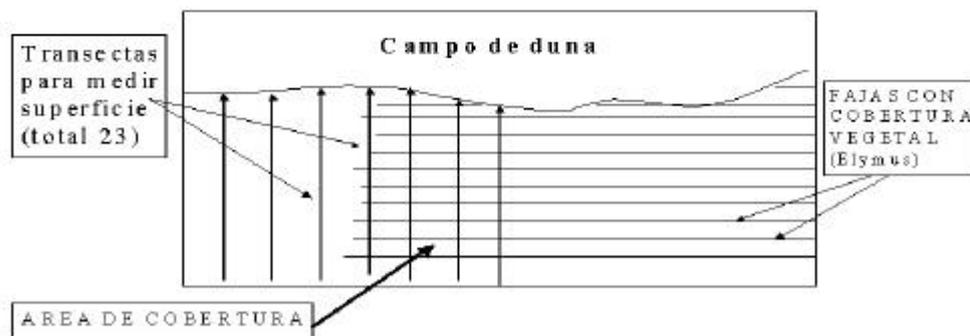


Figura 3. Esquema para medición de superficie cubierta con vegetación de *Elymus arenarius*

Por otro lado, para detectar la detención del avance de la duna, se usó como referencia el hecho que al otro lado del cerco construido, en el campo ganadero, la pradera se mantenía con vegetación nativa y en buen estado, por lo que fue fácil detectar si la duna avanzaba. Sin embargo, en los primeros 100 m al interior del campo ganadero previo a la siembra se observó presencia de arena entre la vegetación, con un manto de 1 a 3 cm, producto del arrastre provocado por el viento, lo que también se tuvo en cuenta para ser evaluado posterior a la siembra.

En cuanto a la medición de la densidad de las plantas, cuyo resultado debió indicarse en términos de plantas por hectáreas, se optó como método contar las plantas existentes en 20 parcelas de 20 m x 4 m, orientadas con su eje mayor perpendicular a las líneas de siembra.

Los 20 metros indicados anteriormente cruzan siempre dos fajas de siembra, de acuerdo a la planificación de la siembra, que consideró: a) La separación entre fajas de 8 m, b) ancho de la faja 2 m. En la figura 4 se esquematiza el sistema.

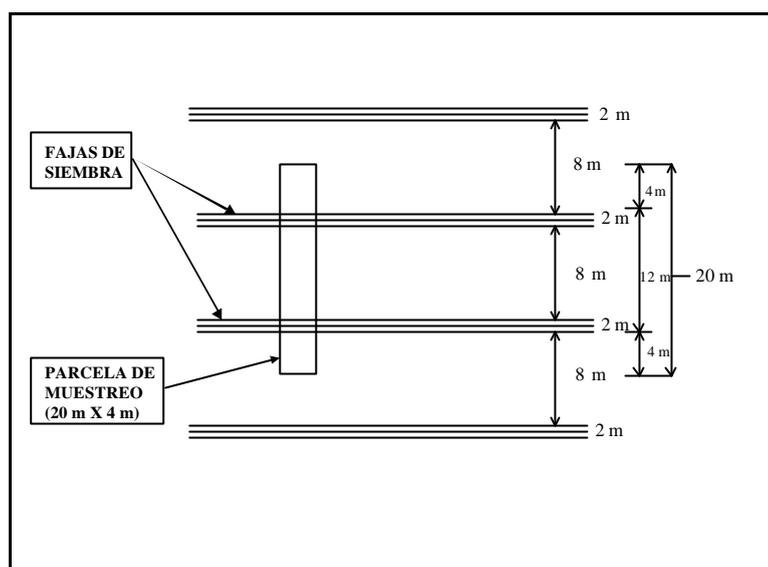


Figura 4. Esquema de una sección de la siembra, indicando posición de las parcelas de densidad de plantas.

Se estableció un muestreo de tipo sistemático, marcando 4 parcelas de medición en 5 de las 23 transectas (descritas anteriormente para estimar la superficie cubierta con vegetación), designándose las transectas N° 2, 7, 12, 17 y 22, enumeradas de sur a norte. Se estableció la ubicación de las parcelas de medición a los 10 m, 150 m, 290 m y 430 m, comenzando la medición desde el cerco protector.

En la figura 5 se representa el diseño. En ella aparecen dibujadas sólo las transectas que dieron origen a las parcelas de muestreo. En la práctica, las parcelas se separaron 140 m de este a oeste y 250 m en dirección de sur a norte.

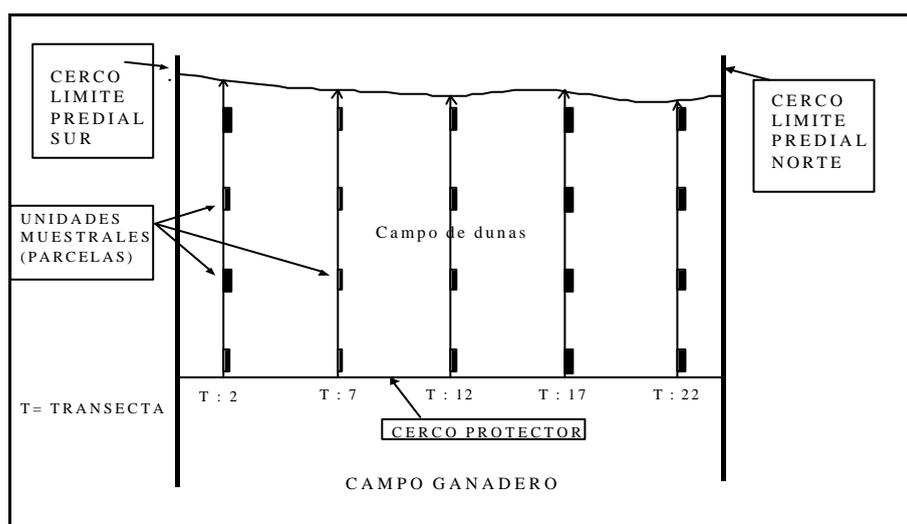


Figura 5. Distribución de parcelas de muestreo para medición de densidad.

De acuerdo a lo exigido por CONAF, el error de muestreo no debe superar el 15 %. Si ello ocurre, deberá aumentarse el número de parcelas.

La fórmula usada para el cálculo del error de muestreo, aceptada por CONAF, fue la siguiente:

$$E\% = t * \frac{S_{\bar{x}}}{\bar{x} \sqrt{n}} \quad [1]$$

Donde:

E: Error

t: Valor de t (2,09) al grado de 95% de confianza

$S_{\bar{x}}$: Desviación estándar

n: Número de parcelas

\bar{x} : Media

En cuanto a la fecha de evaluación, correspondió a marzo del año 1988, es decir, al término del segundo periodo vegetativo.

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 De la confección de estudios técnicos previos

Conforme a lo indicado en el capítulo correspondiente a la metodología, se efectuó la recopilación de antecedentes administrativos y los estudios de terreno contemplados en ella, para la preparación y presentación de los respectivos documentos exigidos por CONAF, que dan origen al proyecto en el marco de la legislación que la acoge.

Producto de ello, el Estudio de Calificación de Terrenos de Aptitud Preferentemente Forestal (APF) confeccionado, propone reclasificar el área afectada por la duna, en una superficie de 78 ha, como suelo de Capacidad de Uso VIII (1/2 DP b/a8) de APF. Originalmente el sector estaba clasificado, en una mayor extensión (108 ha), como suelo de Clase V (2 Db/a8).

La solicitud de calificación correspondiente presentada a CONAF es la N° 37.837, de fecha 15 de mayo de 1986, acompañada del Estudio Técnico de Calificación de Terrenos de Aptitud Preferentemente Forestal con su respectivo plano. En el Anexo 3, páginas 1 a 8, se presentan en forma íntegra las copias de estos documentos, en la que puede verse en detalle sus contenidos, tanto administrativos como técnicos.

En lo que compete a la resolución de CONAF, mediante Certificado N° 37.837, de fecha 16 de junio del año 1986, la Calificación de Terrenos de APF se aprueba sin observaciones (Anexo 3, página 9). Se acompaña al documento, el Informe Técnico N° 41, de fecha 26 de mayo del mismo año, que ratifica lo expresado en los documentos del solicitante, señalando en uno de sus puntos principales que “el sector a calificar presenta un avanzado proceso de formación de dunas, por lo tanto es necesario efectuar a la brevedad labores de estabilización de duna” (Anexo 3, páginas 10 a 13).

Luego de la presentación de los estudios para calificar de APF los terrenos comprometidos por la duna, se comienza la preparación del correspondiente Plan de Manejo Programa de Estabilización y Forestación de Dunas, que culmina con su presentación a CONAF el día 15 de mayo de 1986, mediante Solicitud N° 37.838.

El mencionado Plan de Manejo contiene igualmente aspectos administrativos y técnicos. Dentro de los aspectos técnicos, se especifica la siembra (en el año 1986) con la especie *Elymus arenarius*, en 73 ha, mediante sistema de fajas paralelas a la línea que forma el nivel de la laguna (textual), con una densidad de emergencia esperada de 40.000 plantas/ha. Se señala además, como medida de protección, la instalación de un cerco protector para evitar el acceso de ganado, el cual deberá permanecer por un tiempo de 4 años (Anexo 3, páginas 14 a 24).

El Plan de Manejo fue aprobado por CONAF, mediante Certificado N° 37.838, de fecha 16 de junio del año 1986, donde igualmente se adjunta un informe técnico, que corresponde al N° 41 – A, de fecha 27 de mayo del mismo año. En dicho informe se recomienda la aprobación del Plan de Manejo y se señala que es necesario recuperar

el avanzado proceso erosivo que se está desarrollando con el rápido avance de la duna y además acota como acertada la medida de exclusión de ganado por 4 años. En cuanto al ítem forestación, argumenta que “en lo que respecta a la región se considera sólo la etapa de estabilización de la duna, debido al desconocimiento de una especie forestal o forrajera capaz de adaptarse a las condiciones de la región”. Copia de ambos documentos, se presentan en el Anexo 3, de la página 25 a la 29.

Con la tramitación indicada se cumple con los requisitos exigidos por CONAF para optar a los beneficios que establece la ley, haciendo presente que aquellos beneficios proceden una vez cumplido el objetivo de detener el avance de la duna y el área afectada esté en proceso de recuperación.

4.2 Fase de recolección de semillas

De acuerdo a lo planificado, se trabajó en dos frentes, el primero, en sector de Agua Fresca, cercano a Punta Arenas, y el segundo, en sector Springhill, en la isla de Tierra del Fuego.

a) Recolección en sector Agua Fresca

En términos generales el trabajo no demandó ningún tipo de inconvenientes, cumpliéndose en forma óptima la planificación previa, que se detalla en el capítulo anterior.

El rendimiento en este sector fue muy bueno, por encima de lo esperado que era de 4,5 kg/jornada.

La trilla o desgrane se realizó diariamente en la bodega destinada para esos efectos, sin dificultades. Cada obrero desgranó su propia cosecha, pudiéndose medir el rendimiento de cada uno, registrándose datos de rendimiento mayor de un obrero, que alcanzó a 12 kg en una de las jornadas y el menor de 4 kg.

Durante los días de trabajo se registraron 7 ausencias.

b) Recolección en sector Springhill

Para realizar los trabajos en esta localidad, los trabajadores se instalaron en la estancia ganadera “Ema”, distante 300 a 500 metros del lugar de faena. El trabajo en este sector tuvo ciertas dificultades, como desorden en el campamento y en la faena, siendo problemático para el capataz dominar al grupo.

En este caso el rendimiento fue más bajo de lo esperado, dada las dificultades que se tuvo con los obreros, en cuanto a disciplina y solicitudes de otra índole. En términos de rendimiento individual, hubo casos en que apenas se llegó a la cosecha de 2 kg en una jornada, siendo el mayor rendimiento 10 kg.

Los resultados generales de ambos frentes se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Estadísticas generales para cada sector de recolección de semilla

	AGUA FRESCA	SPRINGHILL
Fecha de inicio	12.02.86	17.02.86
Fecha de término	23.02.86	26.02.86
Días efectivos de trabajo	12 días (continuados).	8 días
Días lluvia	0 días	0 días
Total jornadas efectivas	101 jornadas	67 jornadas
Total recolectado	590 kg	260 kg
Rendimiento	5,8 kg/jornada	3,9 kg/jornada

En términos generales, la etapa de recolección de semilla logró culminar en buena forma, cumpliéndose la meta prevista. En efecto, con el concurso de las dos cuadrillas se logró cosechar 850 kg de semilla de *Elymus arenarius*, suficiente para realizar la siembra programada.

La fase de desgrane se desarrolló bien, siendo fácil el desprendimiento de la semilla con golpes de un madero liviano.

En cuanto al almacenaje, efectivamente se produce un calentamiento de la semilla, por lo que se tuvo especial cuidado en removerla diariamente con una horquilla y ubicarla en espacios amplios de tal forma que no supere un alto de 20 a 25 cm. Cuando no se cumple con estas condiciones la semilla tiende a formar grumos y pudrición.

La herramienta utilizada, la hechona (hoz), resultó ideal para el corte de las espigas.

4.3 Fase de siembra

La faena de siembra que se realizó en primavera del año 1986 (comenzó el día 26 de septiembre), no encontró dificultades, pudiéndose aplicar con exactitud la metodología diseñada para esos efectos. Respecto al trazado, resultó muy fácil seguir el trazado de la siembra en fajas (cada una con tres hileras), mediante el tractor agrícola. Lo mismo que el apoyo de las dos cuadrillas de siembra, que siguiendo el mismo trazado, cubrieron sectores de difícil tránsito para el tractor. Al momento de iniciarse la siembra, según acuerdo con el consultor, los propietarios del predio tenían instalado el cerco protector, con lo cual se aseguró el impedimento de ingreso de ganado al área de siembra.

Adicionalmente, hubo que incorporar al tratamiento un terreno vecino, en el sector nor-oeste, dada la extensión de la duna hacia ese predio. La superficie incorporada fue de 8 ha, donde igualmente se tuvo que instalar un cerco protector. La faena realizada en el predio vecino no estuvo sujeta a bonificación por no estar programada, pero era necesaria para atacar en forma integral el problema.

El rendimiento de la faena fue muy bueno, se había estimado una duración de 15 días, pero se logró realizarla en sólo 6 días. Sin duda las condiciones del terreno, los equipos y el personal fueron óptimas.

4.4 Evaluación de la siembra

4.4.1 Aspectos generales

Para efecto de analizar los resultados obtenidos en el trabajo realizado, se hizo la evaluación durante la segunda quincena del año 1988, según lo programado en la metodología.

De manera general, en el terreno intervenido se observaron claramente las fajas, e hileras cubiertas de abundante vegetación, distinguiéndose claramente y según el diseño de la siembra, con plantas que alcanzaron alturas de hasta un metro. En las figuras 6 y 7 se pueden observar fotografías de algunos sectores de siembra.



Figura 6. Faja de siembra compuesta de tres hileras especie *Elymus arenarius*



Figura 7. Visión panorámica de fajas de siembra

Otro aspecto que se visualizó y que es importante en las etapas iniciales de estabilización de dunas es el hecho de que no se observaron montículos de arenas al lado de las fajas de vegetación (inmediatamente después de la barrera vegetal), lo que es un buen indicio de que no hubo movimiento interno de arena de la duna y además se advirtió la emergencia de vegetación nativa entre fajas.

En lo que respecta al campo ganadero al otro lado del cerco protector contra ganado, se observó la inexistencia de arena depositada sobre la vegetación nativa, situación que sí se observó antes de la siembra. Con ello se establece, con alto grado de certeza, que la duna detuvo su avance.

Producto de las mediciones efectuadas, se concluye que se estableció una cubierta de vegetación artificial, con la especie *Elymus arenarius*, sobre una superficie de 54,24 ha en fajas bien establecidas en conformidad al diseño de la siembra. Las plantas presentan un color verde intenso, muy robustas y con altura de 70 a 100 cm.

De la totalidad de la superficie sembrada, se estableció que en 18,75 ha la emergencia vegetal era insuficiente o nula, es decir, fuera de los rangos esperados. Estas se ubican en sector contiguo a la laguna. Alrededor del 50% de esa superficie presentaba plantas de bajo crecimiento, amarillas, raquílicas, sin posibilidades de crecimiento para fines de contención de arena al momento de la evaluación. Con respecto al otro 50%, no existía emergencia de la especie, ya que según se dedujo con funcionarios de CONAF existía demasiada salinidad producto de inundaciones por crecidas de la laguna (de agua salada) y/o arrastre de agua provocada por el viento; además que previamente este sector más inmediato a la laguna, se encontraba en gran proporción debajo de una capa (costra salina) endurecida y pareja. Esta última condición de todas formas presenta la ventaja de que evita que se genere sedimentación, ya que se presenta una superficie parecida a una capa asfáltica.

En cuanto a la densidad, las mediciones demostraron que se superó largamente las exigencias establecidas por CONAF, que fue de 40.000 plantas/ha. En efecto, las cifras indican que la densidad promedio alcanzada fue de 120.375 plantas/ha. Mientras que el error de muestreo alcanzó a 12,63%. Otros datos estadísticos se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Datos estadísticos medidos en las parcelas de muestreo

Promedio (plantas/ha)	120.375
Desviación estándar	32.490
Coefic. de variación (%)	0,27
Cantidad de parcelas	20
Error de muestreo (%)	12,63
Mínimo (plantas/ha)	65.750
Máximo (plantas/ha)	172.875

Los datos de valores medidos en las 20 parcelas de muestreo se presentan en el Anexo 5.

4.4.2 Proceso de evaluación según exigencias de CONAF

Atendiendo el procedimiento exigido por CONAF para optar a la bonificación del Estado, con fecha 2 de mayo de 1988 se ingresó a dicha institución la Solicitud de Bonificación por Forestación, la que se identifica como Informe Técnico N° 1 – 88, firmada por los propietarios del predio (Anexo 4, página 1), acompañada del Estudio Técnico de Certificación de Estabilización de Dunas (Anexo 4, páginas 2 a 6).

En términos generales, el estudio define la superficie a estabilizar, que fue de 73 ha; el año de la siembra (1986); el frente tratado, que correspondió a 1.140 m; las características del tratamiento, especificándose que correspondió a siembra en fajas paralelas con la especie *Elymus arenarius*, con densidad esperada de 40.000 plantas/ha y densidad actual, que alcanzó a 120.000 plantas/ha. Además se hace presente, dentro de las observaciones, que “el sector se inunda en época de deshielo e igualmente se cubre (de agua) por arrastre provocado por vientos. Posteriormente en el documento se señala que “sin embargo, el actual desarrollo de la vegetación protectora ha permitido la estabilización de la duna, ya que no existen movimientos de arena en el sector tratado”.

Como resultado de la evaluación, con fecha 19 de mayo de 1988, CONAF emitió el Informe Técnico Sobre Solicitud de Bonificación por Estabilización de Dunas (Anexo 4, páginas 7 y 8), mediante el cual aprobó una superficie afecta a bonificación de 54,24 ha, mencionando que se observó que “se ha constituido una cubierta vegetal que actuará como barrera ante el avance de la arena”.

Consecuente con el documento citado precedentemente, CONAF extendió el respectivo Informe de Bonificación Forestal, donde detalló el valor a bonificar. Por su parte el Servicio de Tesorerías, mediante documento de egreso de fecha 28 de julio del año 1988 (Anexo 4, páginas 9 y 10), canceló con cheque fiscal la suma de \$ 2.191.893.

Con este último trámite se termina el proceso y la atención del Estado para con el agricultor, lo que a la vez significa que se cumplió con el principal objetivo del proyecto.

4.4.3 Referencia de costos

Los costos totales involucrados en el proyecto se presentan en el cuadro 3, según moneda al 28 de julio de 1988, para efecto de realizar ciertos análisis a igual fecha de pago de la bonificación del Estado.

Del cuadro 3 se desprende que la mayor incidencia en los costos fue la siembra, con un 37,4% derivado, producto de los altos costos que involucró las horas máquina. Seguidamente la semilla representa un 19,1% de los costos, diferenciándose del ítem anterior dado a que prácticamente se basa en costos de personal.

Cuadro 3. Costos totales del programa (año 1988)

MATERIA GENERAL	\$	%
ESTUDIOS TECNICOS	460.013	17,3
SEMILLAS	508.435	19,1
CERCO	198.429	7,4
SIEMBRA	998.117	37,5
GASTOS GENERALES	35.979	1,4
CONTRATO DE EJECUCION	460.013	17,3
T O T A L	2.660.986	100

Realizando un análisis más específico de los costos, debe mencionarse que las facturas de gastos se emitieron a nombre de los propietarios, lo que les dio derecho a crédito fiscal. En consecuencia el costo para los propietarios se reduce a \$ 2.390.382 (moneda a 28 de julio de 1988), con cobertura definitiva de 54,24 ha bonificadas.

Según se ha mencionado anteriormente, la bonificación fue de \$ 2.191.893, es decir, el Estado financió el programa en un 91,7%.

De acuerdo con estos resultados, se logró una gran eficiencia en el gasto, factor importante en la elaboración de la propuesta, dada la condición de pequeños propietarios, sin recursos para absorber gastos extras a su labor específica.

4.4.4 Sobre incorporación del área para uso ganadero

Como se señalaba en capítulos anteriores, el uso de la especie *Elymus arenarius*, permite la incorporación de las áreas tratadas para fines ganaderos, principalmente por ser una especie palatable. Para observar esta condición, con posterioridad al trámite cumplido satisfactoriamente ante CONAF, se realizó un seguimiento del área tratada, pudiendo expresarse lo siguiente:

Los propietarios del predio retiraron el cerco protector cinco años después de efectuada la siembra (agosto de 1991), permitiendo el pastoreo del ganado ovino. A esa fecha el sector tratado mantenía una cubierta vegetal compuesta en su mayoría por especies comunes en el área y en menor proporción por *Elymus arenarius*.

Un año después se observa que continúa el talajeo, notándose que ya no era necesario implantar restricciones al área, ya que se mantiene una cubierta vegetal continua y permanente.

En consecuencia, se ratifica lo expresado en la literatura (Ivanovich, 1985), respecto a que una de las ventajas de utilizar esta especie es que se logra incorporar el suelo para uso ganadero, lo cual trae consigo un beneficio económico adicional. Por otro lado, la protección que realizan los cordones vegetales implantados, permite la emergencia de la vegetación originaria.

En la visita realizada en noviembre de 1992 se tomaron fotografías que grafican lo expresado, las que se exponen seguidamente.

La figura 8, muestra el sector próximo al cerco protector del campo de dunas, es decir, el lado oriente. En ella se observa la recuperación total del suelo, el que se encuentra cubierto en gran proporción por especies originarias del sector y escasamente se nota la especie *Elymus arenarius*. Este sector difiere muy poco de los campos situados más al interior.



Figura 8. Vista panorámica del sector oriente del campo de dunas

La figura 9, muestra un área donde la especie *Elymus arenarius* se encuentra en mayor proporción. Puede observarse que escasamente aparecen espigas. Ello acontece producto del talajeo, lo que resulta conveniente pues con los años va disminuyendo la competencia con la vegetación originaria del sector, lo que se deriva en la recuperación de la superficie vegetal que existía antes de la formación de la duna.



Figura 9. Vista del sector oriente, mostrando área de concentración de *Elymus arenarius*.

La figura 10, muestra el área próxima a la laguna (sector poniente), en ella se observa que el proceso de recuperación es más lento. Claramente se distingue todavía el cordón vegetal de *Elymus arenarius*, con gran cantidad de espigas y que igualmente el área comienza a invadirse de vegetación originaria del sector.



Figura 10. Vista panorámica del sector poniente del campo de dunas

5. CONCLUSIONES

Del trabajo expuesto se puede concluir que

1.- La política de Estado de incentivo a la recuperación de suelos afectados por dunas es positiva y de fácil gestión. Para ello, como se ha comprobado en este trabajo, en la Duodécima Región existen los mecanismos técnicos y la experiencia suficiente para conseguir buenos resultados.

2.- La especie gramínea *Elymus arenarius* posee buenas cualidades que favorecen su desarrollo en la zona. A saber: a) Abundante semillación, b) Buena germinación de su semilla, c) Responde eficientemente en siembra extensiva, d) Fácil recolectar su semilla, e) Crecimiento extraordinario de la planta, llegando a constituirse en verdadera barrera de contención de arenas al establecerse como cordones.

3.- El sistema de siembra empleando un tractor agrícola, utilizando como herramienta un sistema de arado con tres puntas y con implementos de fabricación artesanal como los descritos en este documento, permitió una extraordinaria eficiencia técnica y económica.

4.- El diseño usado en este trabajo de estabilización, como la implementación de fajas de contención, permite obtener buenos resultados en lo que se refiere a retención y detención de arenas y además permite la protección del área entre dichas fajas, la cual admite la germinación de las especies herbáceas preexistentes.

5.- Producto de la especie utilizada para el control de la duna y del trabajo efectuado, el campo se recuperó para el uso ganadero.

6.- Utilizando la especie *Elymus arenarius* en estos trabajos, más el pastoreo permitido después de tres a cinco años, se logra recuperar la vegetación primitiva en la pradera. En este trabajo se logró en forma efectiva al cabo de seis años.

6. BIBLIOGRAFIA

- Arentsen S., P. 1965. Erosión y retención de dunas. Santiago, 20 p.
- Bitterlic V., W. 1976. Antecedentes sobre control de dunas en Magallanes. Punta Arenas, CONAF XII Región. 14 p. (Informe Técnico 3).
- CONAF. 1978. Proyecto dunas litorales Provincia de San Antonio. Corporación Nacional Forestal. Santiago. 52p.
- Cruz M., G.; Lara A., A. 1987. Evaluación de la erosión del área de uso agropecuario de la XII Región. Santiago, INIA. 20 p. (Investigación Tecnológica Agropecuaria – 2ª. Etapa).
- Gormaz G., M. 1974. Las dunas. Santiago, CONAF. 135 p. (Informe Técnico 1).
- ENAP. 1982. Planos prediales área de Tierra del Fuego. Programa de trabajo Equipo Sísmico 5 de ENAP – Magallanes. (Serie de planos ENAP, XII Región).
- INYGE. 1986. Plano geológico y de isoyetas medias anuales para la XII Región. Punta Arenas,. Ingeniería y Gestión
- Instituto Nacional de Recursos Naturales. 1965. Materiales y símbolos IREN. Publicación 1. Santiago. 22 p.
- Ivanovich S., J. 1985. Aspectos relativos al control de dunas. Punta Arenas, CONAF XII Región. 12 p. (Informe Técnico 2).
- Oyarzo V., S. 1986. Registros meteorológicos años 1976 – 1985. Punta Arenas, Estación Meteorológica Salesiana. 18 p.
- Vargas V., V.; Baeriswyl R., F. 1991. Bases para un programa de acción ambiental en la XII Región. Punta Arenas, SEREMI de Agricultura. 32 p.
- Zambrano L., N. 1986. Control de dunas en la XII Región. Punta Arenas, CONAF XII Región. 19 p. (Informe Técnico 1).
- Zambrano L., N. 1989. Sectores afectados por dunas XII Región. Punta Arenas, CONAF. 6 p. (Informe Técnico, Dpto. Técnico XII Región).

ANEXOS

(En Documento impreso. Biblioteca Central, Universidad Austral de Chile.)