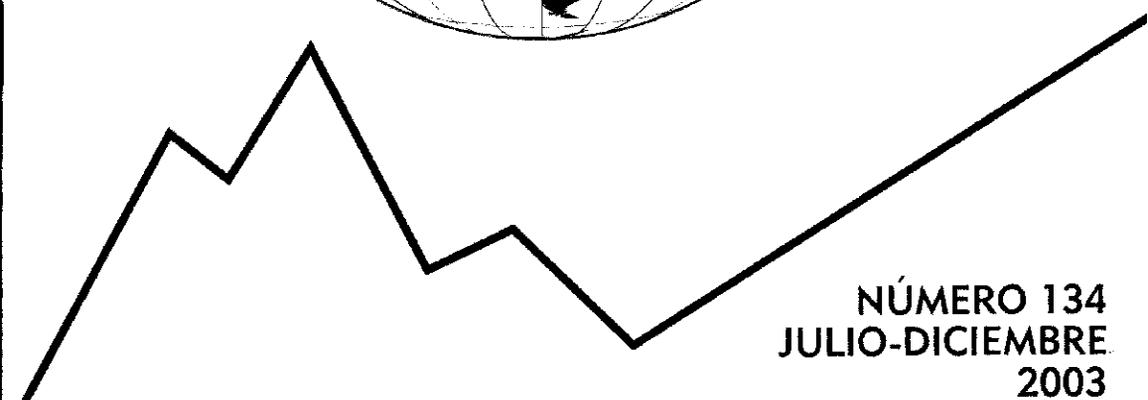
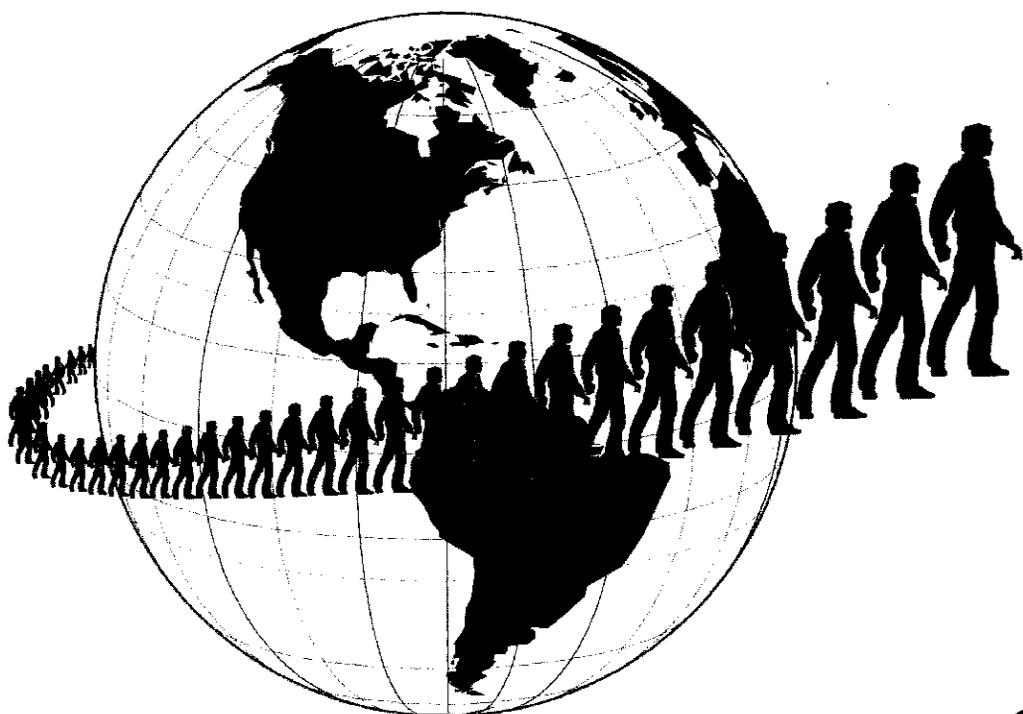


REVISTA

Geográfica



NÚMERO 134
JULIO-DICIEMBRE
2003

**AUTORIDADES DEL
INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFÍA E HISTORIA
2001-2005**

PRESIDENTE	Ing. Juan Francisco L. Sanmarco	Argentina
VICEPRESIDENTE 1º	Dr. Alberto Arturo McKay	Panamá
VICEPRESIDENTE 2º	Dr. David A. Novelo Casanova	México

SECRETARIO GENERAL
M. Sc. Santiago Borrero Mutis
Colombia

COMISIÓN DE CARTOGRAFÍA
Presidente: Tte. Cml. Ing. Geog. Rodrigo Barriga V.
Vicepresidente: Cart. Alejandra Coll Escanilla
(Chile)

COMISIÓN DE GEOGRAFÍA
Presidente: Dr. Carlos Peñaherrera del Águila
Vicepresidente: Dr. Hildegardo Córdova A.
(Perú)

COMISIÓN DE HISTORIA
Presidente: Dr. Chester J. Zelaya-Goodman
Vicepresidente: Dr. Raymundo Brenes Rosales
(Costa Rica)

COMISIÓN DE GEOFÍSICA
Presidente: Dr. Carlos Mendoza
Vicepresidente: M. Sc. Bruce W. Presgrave
(EUA)

MIEMBROS NACIONALES DE LA COMISIÓN DE GEOGRAFÍA

Argentina	Profa. Efi Ossoinak de Sarraih
Bélico	
Bolivia	
Brasil	Profa. Maria Luiza Gomes Castello Branco
Chile	Profa. Ana María Wegmann Saquel
Colombia	
Costa Rica	M. Sc. Mario Luis Chaverri Chacón
Ecuador	Tte. Cml. Ing. Rodolfo Salazar
El Salvador	Arq. Gisela Quan de Turcios
Estados Unidos	Dr. David J. Robinson
Guatemala	Ing. David Mauricio Tavico Leguarta
Haití	
Honduras	
México	
Nicaragua	Lic. Luis Zuñiga Mendieta
Panamá	Lic. Israel Sánchez
Paraguay	Dr. Gustavo Vera Morinigo
Perú	Dra. Berta Olga Balbín Ordaya
Rep. Dominicana	
Uruguay	Cnel. (R) Yvho R. Acuña
Venezuela	Geog. Elizabeth Zarzalejo de Ricci

Propuesta para el uso de dunas litorales en Chile Central*

Carlos Tavares Corrêa**

Abstract

The aim of this paper is to propose a land use model based on geomorphological and ecological approaches on coastal dunes, in order to promote their rational use and conservation. The study area is located at the provincia de Arauco, Central Chile (37°40'S to 38°20'S) where the dunefields correspond to 41.5% of the entire coastal dunes in Chile. By means of background field studies and photointerpretation analysis there were identified geomorphic and ecological characteristics whose transformations resulted from the present management in the coastal dunefield. Also, based on geomorphic and ecological criteria, it is proposed a division area in three sectors. According to potential rates of wind blown sediments, the three sectors are qualified as for Conservation (South Sector), Stabilization (North Sector) or a combination of both (Central Sector). At the same time, these sectors are divided in small units, which were assigned for activities like forestation, stabilization, conservation, agriculture and grazing.

Resumen

El objetivo general de este trabajo es proponer un modelo de uso del suelo basado en criterios geomorfológicos y ecológicos en dunas litorales, con el fin de favorecer el uso racional y conservar las características naturales de este ambiente. El área de

* Este estudio fue realizado gracias a la Dirección de Investigación de la Universidad de Concepción (Proyecto núm. 94.310.07-6) y Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES (Proceso 01542/94-6). Se agradece al Centro EULA-Chile, a César Sánchez por el inestimable apoyo durante los trabajos de campo y al Dr. Hildegardo Córdova por los comentarios y sugerencias.

** Pontificia Universidad Católica del Perú. Apartado 1761-Lima 100, Perú. Telefax: 51 1 261 8867. Correo electrónico: ctavare@pucp.edu.pe

estudio se localiza en la provincia de Arauco, VIII Región, Chile (37°40'S y 38°20'S), donde el campo de dunas corresponde al 41.5% del total de dunas en la costa chilena. Para alcanzar el objetivo propuesto se analiza las características geomorfológicas y ecológicas, y las transformaciones provocadas por el manejo actual en el campo de dunas, mediante levantamiento detallado en terreno y fotointerpretación. A partir de los resultados alcanzados, se propone una división del área en tres sectores con características geomorfológicas y ecológicas distintas, donde hay un progresivo aumento de los procesos eólicos de S a N. Según el potencial eólico, las dunas de los tres sectores son calificadas como de Conservación (sector Sur), Estabilización (Sector Norte) o una combinación de ambos (Sector Central). A la vez, estos sectores fueron divididos en unidades menores, a las que se les asignó actividades como forestal, estabilización, conservación, agricultura y ganadería extensiva.

Introducción

Las dunas litorales son acumulaciones de arena que se forman desde playa posterior como resultado del régimen de vientos, de la disponibilidad de sedimentos y de los factores que controlan la sedimentación tales como la topografía y la presencia de vegetación. Se caracterizan por un cordón dunario paralelo a la playa, parcialmente estabilizado. Estas dunas son muy importantes pues, constituyen pieza esencial del equilibrio dinámico y sedimentario de las playas (Psuty, 1988); actúan como una barrera natural de protección para lagunas, estuarios, marismas y tierras interiores contra marejadas y tsunamis (Walker, 1981; Castro, 1984-85); corta el viento y detiene el agua salada, lo que impide la contaminación de la napa freática y permite que el bosque se aproxime a la orilla del mar (Paskoff, 1992). Presenta flora y fauna específicas que la torna ecológicamente interesante (Carter, 1988; Nordstrom *et al.*, 1990) y, finalmente, son de gran valor paisajístico y recreacional.

En Chile, el ambiente de dunas litorales ocupa pequeñas extensiones debido a las características geológicas y estructurales de la costa (Araya-Vergara, 1976). Según inventario realizado por IREN (1966), cubren una superficie aproximada de 131,000 ha, siendo que el 80% de estos campos dunarios se localizan entre los paralelos 35° y 38° S.

La principal actividad destinada a los campos de dunas en Chile Central es la forestación. Según Castro (1984-85), las prácticas de estabilización de dunas comenzaron en forma sistemática en 1950, principalmente en los grandes campos dunarios del sur del país. Estos trabajos fueron realizados inicialmente por las Corporaciones de Reforma Agraria y de la Reforestación y, a partir de 1971, por la Corporación Nacional Forestal (CONAF). Estas Corporaciones tenían como objetivo la estabilización de las dunas para una futura función productiva. En este sentido, el gran incremento de la actividad forestal en las dunas, culminó con la promulgación del Decreto Ley No. 701/1974 de Fomento Forestal (CONAF, 1974). Según Borquez

(1986), desde la promulgación de estas medidas, 12,273 ha de terrenos de dunas han sido estabilizadas con *Ammophila arenaria* y *Lupinus arboreus* y ocupadas por plantaciones de *Pinus radiata*, lo que representa el 84% del total de dunas libres en los campos de dunas de la provincia de Arauco. Como consecuencia de este proceso, basado en la introducción de especies vegetales exóticas, se ha constatado notables cambios de orden geomorfológico y ecológico.

Considerando las experiencias del manejo de áreas dunarias en Europa, la tendencia actual se orienta hacia la diversificación de usos (van der Maarel, 1979; Westhoff, 1989; Wenders, 1989; van der Meulen y Jungerius, 1989; van der Meulen y van der Maarel, 1989). En este sentido, se pregunta si la política actual de estabilización y del monocultivo de pino en las dunas de Chile central es la más adecuada. Desde un punto de vista ambiental, los cambios en las características físicas y químicas del suelo, la reducción de la napa freática y la contaminación por agua salada, y la amenaza de extinción de especies vegetales endógenas, son algunas de las posibles consecuencias de la introducción de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas a esta zona. El objetivo del presente estudio es proponer un modelo de uso para las dunas litorales de Chile Central, tomando como ejemplo el campo de dunas de la provincia de Arauco. Los criterios adoptados se basan en conceptos geomorfológicos y ecológicos, con el fin de favorecer el uso racional de este ambiente en la perspectiva del desarrollo sostenible.

Características del área de estudio

Ubicado en la zona costera de la provincia de Arauco, VIII Región, entre los paralelos 37°43'S y 38°14'S, este campo de dunas es considerado el más extenso de la costa chilena (Figura 1). Ocupa una superficie de 30,709 ha (IREN, 1966), lo que representa el 41.5% del total de dunas litorales en Chile Central (Endlicher y Mackel, 1985). Se desarrolla a lo largo de una línea litoral de 60 km con orientación nortesur, constituida por una amplia llanura costera de 6 km de ancho en promedio, limitando al este sea con la plataforma sedimentaria Terciaria de Arauco, sea con la cordillera de Nahuelbuta. Según Araya-Vergara (1976), este es el sector costero más regular de Chile, caracterizado como una costa acumulativa regular y baja de cordones y lagunas litorales.

En esta zona el clima es de costa occidental con influencia mediterránea (Fuenzalida, 1971), donde el régimen pluviométrico es invernal con un promedio anual de 1202 ± 300 mm, según los datos de la estación meteorológica de Isla Mocha (1927-1970). Los vientos dominantes son de W a N entre mayo y agosto, y de S a SW en los meses restantes. Esta alternancia se debe a las influencias anticiclónicas durante el verano y ciclónicas, con perturbaciones atmosféricas introducidas por el avance del Frente Polar, durante el invierno (Devinck, 1970).

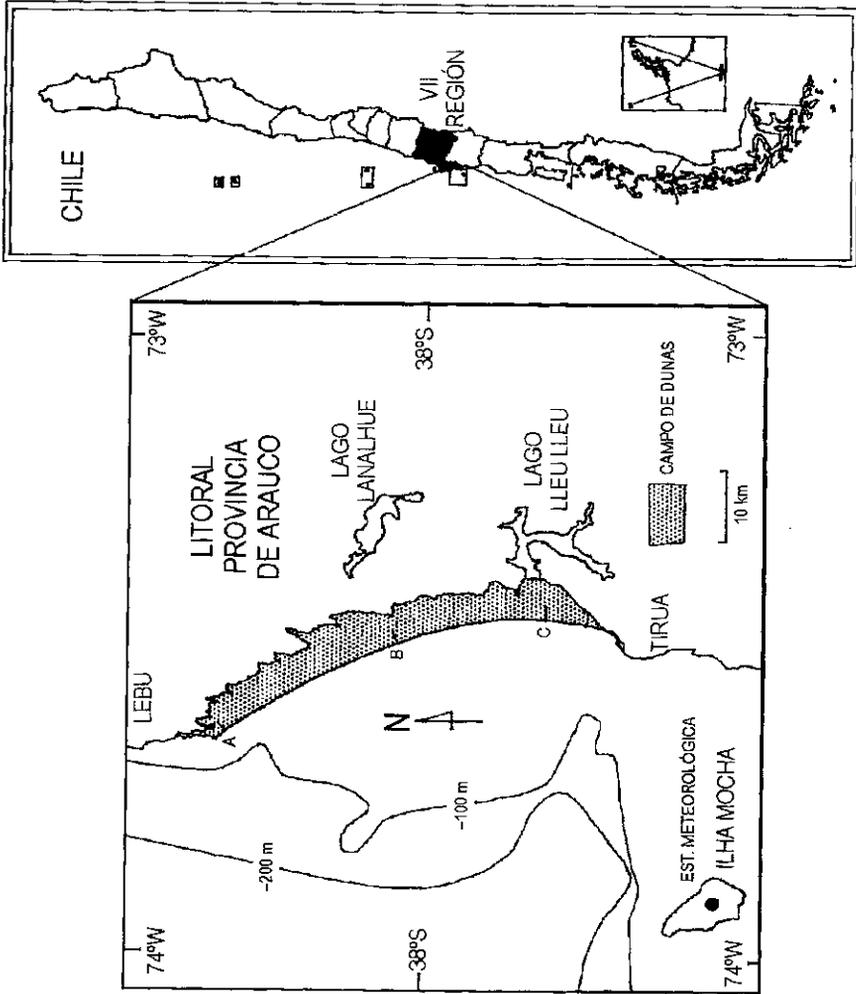


Figura 1. Localización del área de estudio.

La cordillera de Nahuelbuta está compuesta por rocas metamórficas y plutónicas con edades que varían desde el Paleozóico Inferior al Superior. En la porción centro-sur-oriental, predominan los macizos costeros del Basamento Cristalino divididos en las series Occidental y Oriental (Aguirre *et al.*, 1972; Hervé, 1977; Ferraris y Bonilla, 1981; Oyarzún, 1982). En la porción nor-oriental, se eleva una plataforma sedimentaria, de abrasión marina, esculpida en rocas del Terciario Superior, compuesta por sedimentos marinos, principalmente arenosos, profundamente meteorizados intercalados por capas de rodados y areniscas consolidadas (Endlicher y Mackel, 1985). Se separa de la llanura litoral, a través de un acantilado de hasta 100 m de altura, originado por la erosión marina debido a las fluctuaciones del nivel del mar durante el Cuaternario (Endlicher y Mackel, 1985). Allí, la plataforma se encuentra más surcada por los valles encajonados que al sur, debido a la mayor ascensión de la costa a la razón de eventos tectónicos. Hacia al SW y SE, la plataforma presenta una suave pendiente que tiende a nivelarla con la llanura litoral en la porción centro-oriental del área, próximo al lago Lanalhue.

Según Endlicher y Mackel (1985) la llanura litoral de la provincia de Arauco está caracterizada por una secuencia de cordones dunarios de diferentes edades y morfogénesis. Desde un punto de vista morfo-ecológico, Tavares Corrêa (1996), identificó tres grupos de formas dunarias en la llanura litoral: las estabilizadas naturalmente, las dunas libres y las artificiales o manejadas. Las dunas estabilizadas naturalmente representan las formas ya fijadas por la vegetación natural. Éstas comprenden las dunas más antiguas encontradas en el área de estudio, y abarcan las formas upsiloidales, longitudinales, parabólicas, *blowouts*, superficies onduladas y las depresiones interdunarias. Estas dunas representan el 42% de la superficie total del campo de dunas. Las dunas libres engloban las formas arenosas de origen eólico caracterizadas por la ausencia de cobertura vegetal. Éstas están comúnmente compuestas por dunas barjanes, barjanoidales, transversas, oblicuas, "trepadoras", mantos de arena y superficies de deflación, que ocupan el 23% del campo de dunas. Finalmente, las dunas artificiales o manejadas son aquellas formadas debido la intervención antrópica, resultando formas tales como: la duna litoral artificial y las superficies de dunas monticulares. Esta clase de dunas cubre hasta el 35% del área de estudio.

La vegetación típica de las dunas de Arauco es una variante del bosque esclerófilo de Boldo y Peumo, descrito por Oberdorfer (1960) en los valles costeros de Chile Central. Se trata de un bosque esclerófilo bajo, que crece en depresiones y quebradas protegidas, cerca del litoral, influenciado por las neblinas costeras. Las especies dominantes son *Peumus boldus* y *Cryptocarya alba*. El sustrato no presenta suelos bien desarrollados, sino solamente una litera bajo el estrato arbustivo y arbóreo. Debido a la introducción de la actividad forestal es común encontrar la asociación *Lupinetum arboreus* (Kholer, 1970) donde domina el arbusto *Lupinus arboreus* e

hierbas como *Ammophila arenaria*, y las especies forestales típicas, en especial, *Pinus radiata*.

La red hidrográfica está formada por una serie de pequeñas cuencas costeras originadas en la Cordillera de Nahuelbuta. Se destacan las cuencas de los lagos Lanalhue y Lleulleu, que drenan mayormente terrenos del basamento cristalino. En la plataforma Terciaria, dominan cuencas de menor dimensión. Ambos sistemas se dirigen a la llanura litoral, seccionándola transversalmente en doce partes o unidades (Figura 2).

En cuanto al uso del suelo, Endlicher y Mackel (1985) estimaron que en 1983 las dunas litorales se encontraban cubiertas por 11,424.5 ha con dunas activas no manejadas, 3,975 ha manejadas con *Ammophila arenaria*, 1,575 ha plantadas con *Pinus radiata* y 9,725 ha estabilizadas por vegetación nativa.

Basado en las distintas características identificadas a lo largo del área de estudio, tanto en el ambiente marino (fuente de sedimentos, procesos de erosión y acumulación), como en el ambiente eólico (procesos eólicos, cobertura vegetal, morfología, suelos, uso del suelo), Tavares Corrêa (1996) ha establecido una división del área de estudio en los sectores Norte, Central y Sur.

El sector Norte se caracteriza por un ambiente marino con mayor energía de oleaje y estado morfodinámico disipativo, granulometría más gruesa (arena fina a media), mayor pendiente y tendencia erosiva en la playa. Este es el sector de mayor dinámica eólica, con un ingreso anual de arena de $49.3 \text{ m}^3 \text{ m}^{-1} \text{ año}^{-1}$ desde la playa, debido a la orientación perpendicular de la costa a los vientos dominantes de S-SW. En el ambiente eólico predomina la duna litoral artificial conservada, la tendencia al aumento de las depresiones interdunarias inundadas, un manejo sobre dunas libres superior al 60%, las dunas estabilizadas naturalmente ocupan un área inferior a 30% y el límite oriental de las dunas es el acantilado de la plataforma de abrasión marina.

El sector Sur se caracteriza por un ambiente marino con menor energía del oleaje, un estado morfodinámico intermedio a disipativo, granulometría más fina (arena fina), menor pendiente y un equilibrio entre erosión y acreción en la playa. La dinámica eólica en este sector es la menor del área de estudio, con una tasa anual de $10.5 \text{ m}^3 \text{ m}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de arena, debido a la orientación paralela a oblicua de la costa con relación a los vientos dominantes. En el ambiente eólico, las dunas barjanes coalescentes ocupan mayor extensión de playa que la duna litoral artificial conservada, las depresiones inundadas tienden a disminuir, el manejo sobre dunas libres es inferior a 30%, las dunas estabilizadas naturalmente ocupan una superficie superior al 60% y el límite oriental del campo de dunas son cordones metamórficos.

El sector Central es una transición entre las características encontradas en los sectores descritos anteriormente, tanto en el ambiente marino como en el eólico. La playa está compuesta por arena con granulometría y pendientes intermedias a las anteriores y predomina la tendencia erosiva. En el ambiente eólico, la tasa anual de transporte eólico desde la playa es de $33.3 \text{ m}^3 \text{ m}^{-1} \text{ año}^{-1}$, existe un fuerte manejo

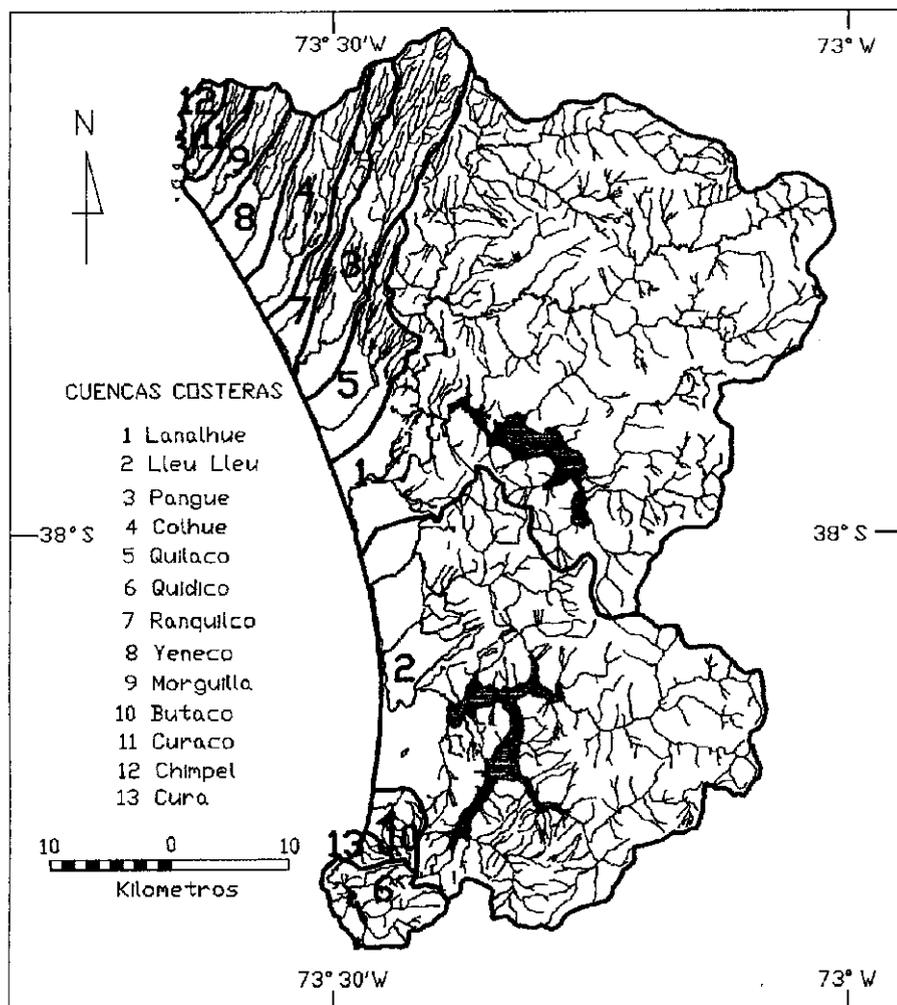


Figura 2. Cuencas hidrográficas costeras en la provincia de Arauco, Chile Central.

de dunas libres (>60%), un equilibrio entre duna litoral conservada y parcialmente deteriorada, disminución de depresiones inundadas, importante presencia de dunas estabilizadas naturalmente y hace límite al E con la plataforma de abrasión marina baja.

Propuesta de manejo de dunas litorales

La presente propuesta de manejo para las dunas litorales de la provincia de Arauco, se basa en las características naturales más relevantes del ambiente, y particularmente en la interacción entre el proceso eólico y la cobertura vegetal, con énfasis en la morfología resultante, y el uso actual.

Unidades de uso

Los sectores mencionados (norte, central y sur) están subdivididos por ríos con orientación transversal al campo de dunas. Desde un punto de vista de la dinámica eólica y de la geomorfología de dunas, estos ríos se han constituido como barreras naturales para el intercambio de materiales a través de ellos. Para la definición en términos prácticos de la unidad de uso se considera estos ríos con orientación transversal a oblicuo a la costa como los límites N y S de las unidades. Estas unidades, en número de doce, se extienden desde la playa hacia el límite interior del campo de dunas, abarcando toda la diversidad ambiental existente, teniendo en cuenta la evolución del ambiente desde el predominio de la dinámica eólica hacia la estabilidad morfológica (Figura 3).

Usos o actividades seleccionadas

Las actividades consideradas en esta propuesta, abarcan desde aquéllas existentes como: actividad forestal, agropecuaria extensiva, estabilización de dunas y la extracción de recursos naturales (moluscos, madera y arena), hasta la acción orientada a la conservación del ambiente natural de dunas.

Actividad forestal

Es la más importante y la que más ha modificado el campo de dunas de la provincia de Arauco en los últimos 30 años. Los grandes problemas que trae esta actividad es la estabilización completa de dunas móviles, la introducción de especies exóticas y el monocultivo, la degradación de dunas estabilizadas naturalmente debido la necesidad de acceso y las prácticas de explotación como la tala rasa. Dentro de la actividad forestal se está considerando los trabajos previos de estabilización de dunas realizada mediante la plantación de *Ammophila arenaria*. Se ha observado en la duna

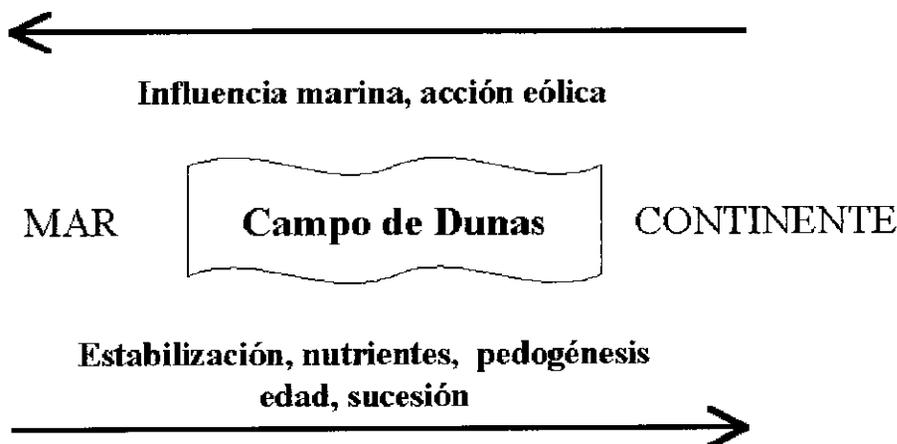


Figura 3. Perfil ecológico.

litoral artificial, que esta especie ha creado condiciones para el crecimiento de otras especies antes no expuestas a la playa en el área de estudio, como *Ambrosia chamissonis*, *Rumex maricola*, *Lupinus arboreus*, *Gnaphalium cf. cheirantipholium*, *Sonchus asper* y *Solanum sp.* Se debe aprovechar esta condición dada por la *Ammophila arenaria* e introducir nuevas especies de preferencia endémicas, con el propósito de promover la diversidad en sectores donde la estabilidad de la duna es deseada. Por otra parte, la erosión marina identificada en la duna litoral artificial tiende a intensificar el proceso de degradación de esta duna en conjunto con los procesos eólicos. En los sectores donde la existencia de esta duna es esencial, se debe estimular su formación más a retaguardia o si esto no es posible, se debe tratar de restaurarla y mantenerla permanentemente.

Lo mismo se debe considerar en cuanto a la diversidad de especies forestales. A partir del monocultivo intensivo de *Pinus radiata*, se ha modificado las características del suelo con respecto al inicio de la forestación y otras especies ensayadas que no se adaptaron al ambiente, pueden encontrar ahora mejores condiciones de crecimiento. Se debe centrar esfuerzos en experimentos para diversificar las especies forestales, inclusive como forma de controlar la tala rasa. Desde un punto de vista paisajístico la tala rasa es la peor medida de explotación forestal y la diversificación de especies, como asimismo de rodales entre las especies, puede ser una medida de prevención al descubrimiento total de grandes superficies de dunas. La adopción de medidas de control de corte o explotación semejantes al de los bosques nativos (Artículo 18°, D.L. 701/1974), evitaría la tala rasa indiscriminada. Finalmente, para acceder a las diversas plantaciones, los vehículos de empresas forestales necesitan cruzar sobre las dunas estabilizadas naturalmente, causando su deterioro por no adoptar una única vía. Para evitar este problema se debe establecer un camino de acceso único en las condiciones necesarias de tránsito y que no altere significativamente el paisaje.

Agricultura, ganadería extensiva y extracción

Las actividades agropecuarias realizadas en las dunas estabilizadas naturalmente, no han ejercido fuerte presión de uso a este ambiente. La ganadería realizada allí de forma extensiva (<10 animales/ha) favorece la diversidad de especies de plantas en las praderas y se debe evitar el pastoreo de animales en los cordones dunarios estabilizados naturalmente. A pesar de la ausencia de información sobre la extracción vegetal, se debe estimular la reforestación de los bosques esclerófitos en conjunto con su explotación extensiva, con el propósito de mantenerlos o de ampliar su superficie y restaurarla en sectores degradados. La recolección de moluscos interfiere en el ambiente de dunas exclusivamente debido al acceso de vehículos motorizados a la playa. La circulación de estos vehículos causa la degradación tanto de dunas estabilizadas naturalmente cuanto de dunas manejadas. La solución para esto, puede ser la utilización de las vías de acceso establecidas por las empresas forestales. En algunos sectores se ha extraído arena de dunas estabilizadas naturalmente para utilizarlas en la pavimentación de caminos. Actividades de esta índole no son deseadas en las dunas debido al evidente deterioro paisajístico. Por otra parte, en caso de no haber otra opción se debe restaurar las canteras antes de abandonarlas tratando de restituir parte de la forma original de la duna y de generar una cobertura vegetal con especies propias del lugar.

Estabilización de dunas

Se debe considerar la estabilización de dunas transgresivas cuando éstas constituyen un riesgo para las actividades o estructuras humanas existentes, como la agricultura de secano sobre la plataforma de abrasión marina, las vías públicas o viviendas. En casos extremos se debe promover la estabilización completa de la duna. Estos problemas son más serios en terrenos no pertenecientes a empresas forestales, donde los lugareños no disponen de recursos para llevar a cabo esta medida de estabilización. La pérdida tanto de suelos agrícolas como de bosques nativos ha sido más intensa en estos terrenos. Para solucionar este problema se debe generar recursos financieros para la adopción de medidas de estabilización ya que son ampliamente conocidas por las experiencias anteriores. En áreas donde el riesgo es potencialmente bajo o inexistente, se debe conservar el desarrollo controlado de las dunas transgresivas, pues las tasas de desplazamiento son relativamente bajas (<10 m año⁻¹) y, además, evitar la ocupación de terrenos con riesgos potenciales.

Conservación del ambiente natural de dunas

Se considera tanto la flora y la fauna como los procesos geomorfológicos actuantes. Las áreas establecidas para este uso deben permitir el desarrollo natural de las dunas

libres desde la playa hacia el interior y ninguna otra actividad debe estar habilitada, con la excepción de la estabilización de dunas en áreas de riesgo. En estos casos, la estabilización debe ser realizada con especies de plantas pioneras de la zona y, de no ser posible, se puede utilizar *Ammophila arenaria* como etapa inicial del proceso, siendo gradualmente reemplazada por otras especies nativas y se debe evitar la plantación de árboles con el fin de no modificar las características del paisaje de dunas. En las dunas estabilizadas naturalmente se debe dar especial atención a los cordones longitudinales y upsiloidales. Ellos poseen suelos poco desarrollados y una cobertura vegetal frágil, que es fácilmente degradada por el pisoteo del ganado o por el tránsito de vehículos, lo que lleva a la reactivación de la dinámica eólica. Por lo tanto, se debe evitar cualquier tipo de acceso sobre estas dunas mediante el uso de cercas. Además, en el lado occidental de estas dunas se desarrollan bosques esclerófilos de peumo y boldo que deben ser mantenidos y ampliados para que sean explotados por los lugareños. Es importante adoptar medidas de conservación en estas dunas con el propósito de resguardar sus características geomorfológicas, vegetacionales y edáficas, particularmente de la futura degradación consecuente del desarrollo del turismo en la región.

Usos propuestos

Las doce unidades de uso definidas (Figura 4), se disponen de norte a sur y se limitan por los ríos en el área de estudio. Para cada una de estas unidades se ha propuesto un grupo de actividades compatibles al estado actual del ambiente. Para cada uno de éstos grupos se considera las actividades como: principales y secundarias. Las actividades principales son: Forestación y Conservación; y las actividades secundarias: Estabilización, Agricultura, Ganadería y Extracción Vegetal. De la combinación entre las actividades principales y secundarias se ha determinado el uso potencial de cada unidad. Éstas son: Forestación/Estabilización y Conservación/Estabilización. Además, las actividades secundarias Agricultura, Ganadería y Extracción Vegetal pueden desarrollarse en las depresiones interdunarias y en las superficies antiguas de deflación a lo largo del área de estudio donde no haya conflictos con actividades de Estabilización o de Conservación (Figura 5).

Las unidades I, II, III, IV, VI y VIII fueron clasificadas con Forestación/ Estabilización, debido al fuerte manejo ahí ejercido por las empresas forestales (>30% del área total), donde los árboles alcanzan más de 4 m de altura. En la unidad I (Morquilla) se encuentra en la etapa inicial de la plantación de árboles y aún existen muchos sectores con dunas libres. Estas dunas han trepado sobre el acantilado a celeridades de hasta $5 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ pero, hay un frente transgresivo con celeridades de $24 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ medidos entre 1961 y 1990, que ha cubierto terrenos agrícolas, bosques y matorrales. Las unidades II y III también han tenido estos problemas sobre el acantilado. Otro sector en graves problemas con el avance de dunas es Lloncao (unidad VI). A pesar

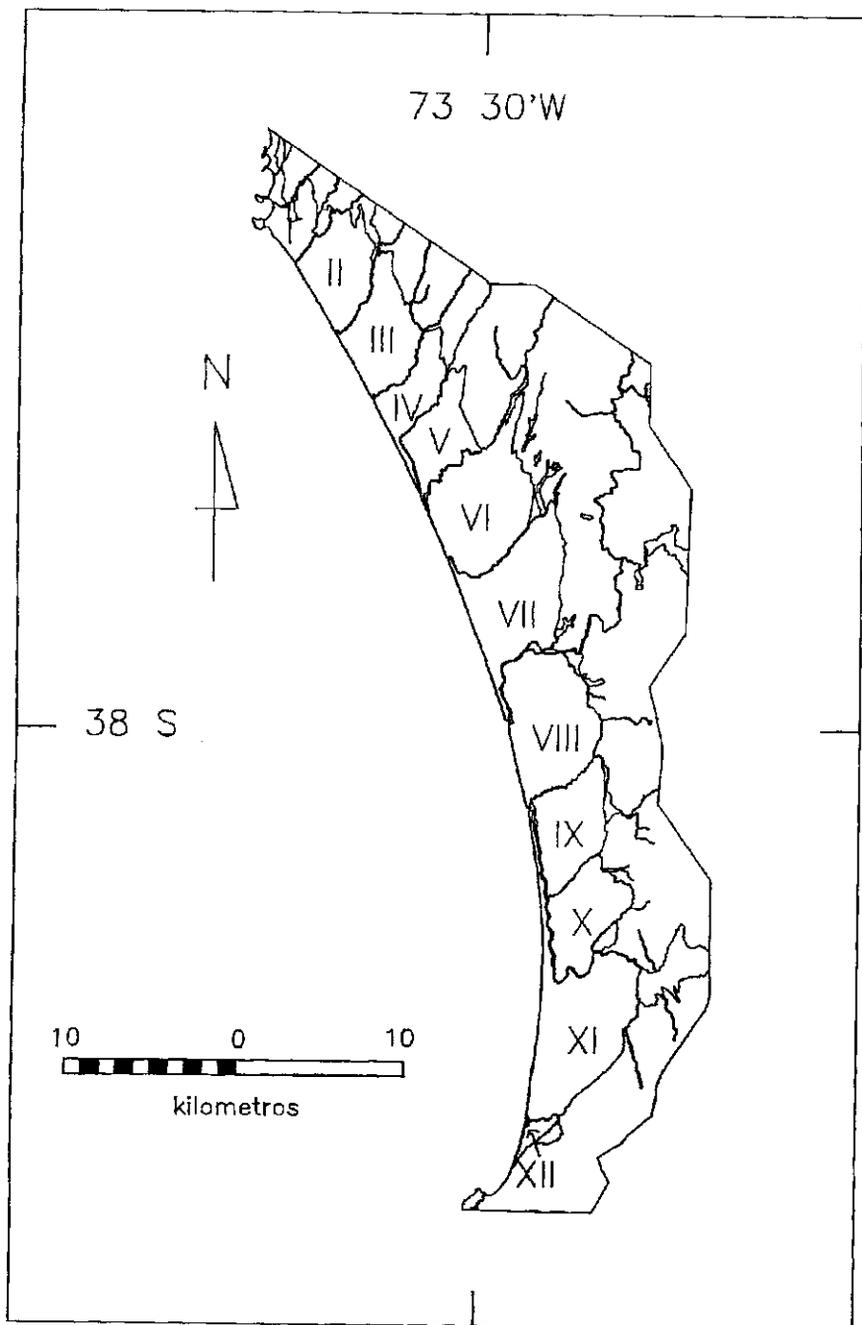


Figura 4. División del área en 12 unidades de manejo, definidos por la red hidrográfica, en las dunas litorales de la provincia de Arauco, Chile Central.

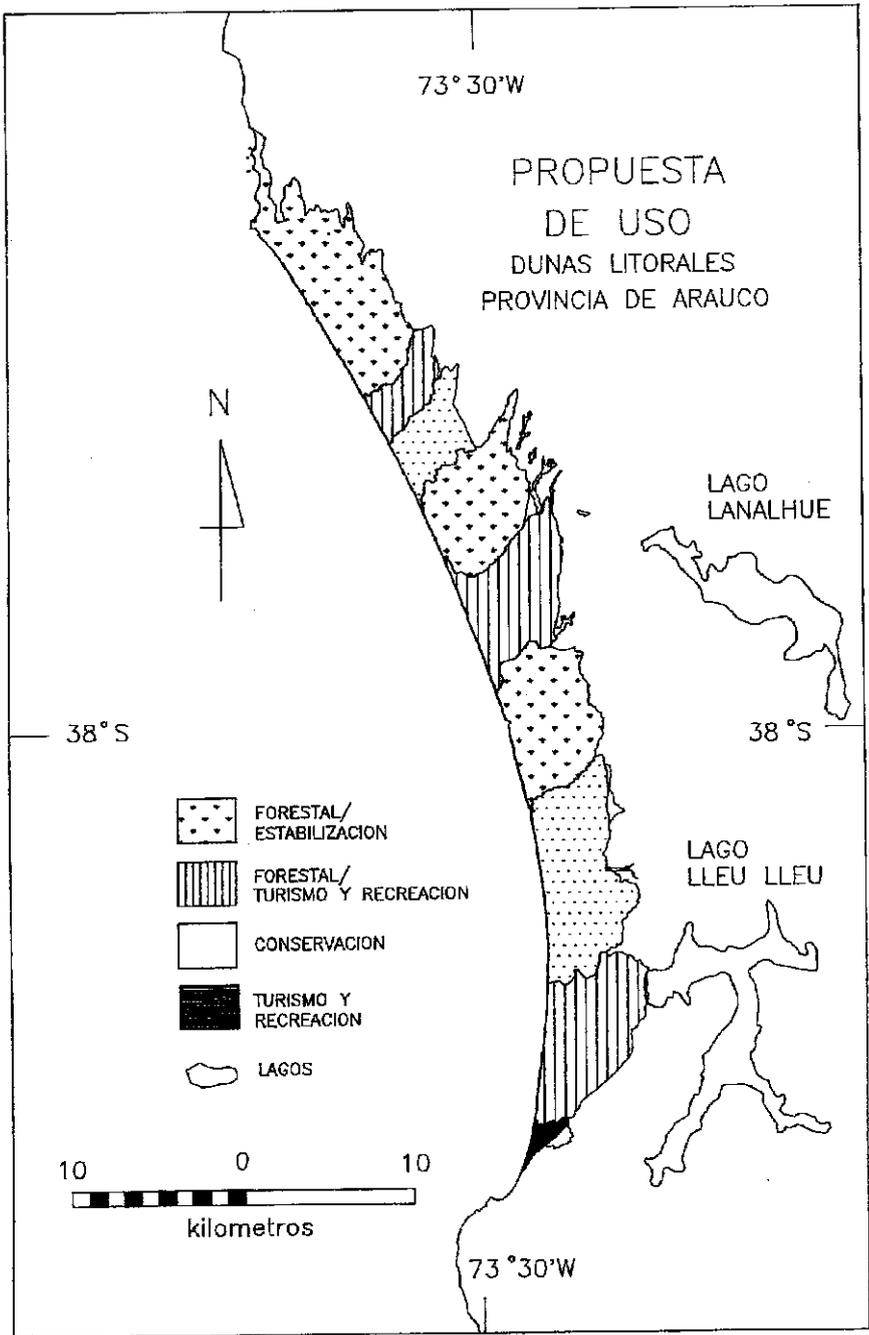


Figura 5. Propuesta de manejo de dunas litorales en la provincia de Arauco, Chile Central.

del intenso manejo forestal realizado en este sector, los terrenos de las comunidades indígenas siguen siendo invadidos por las dunas transgresivas ($10 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$) con pérdida de suelos agrícolas y la reducción del bosque esclerófilo, siendo el caso más serio en el valle del estero Pangue. En el sector Guape se ubica el más extenso campo de dunas libres interiores cuyo avance ($<5 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$) debe ser permanentemente controlado. Todos estos problemas deben ser solucionados, sin excepción, por la actividad de Estabilización. Por otra parte, el sector Ranquilco (unidad IV), se puede apreciar un ejemplo de las primeras experiencias exitosas de manejo forestal en las dunas trepadoras y transgresivas aplicadas en la zona.

Entre estas unidades, en los sectores Ranquilco (IV) y Guape (VIII) la duna litoral se encuentra parcialmente degradada. En el caso de la primera, se observó la retomada de trabajos de estabilización en dunas ubicadas más hacia el interior. En cuanto a la segunda, no se ha mantenido esta duna debido a que, entre la duna litoral artificial y el primer cordón de dunas con árboles, existe una depresión interdunaria permanentemente inundada que actúa como barrera natural al avance de dunas. En este caso, se puede permitir que esta franja litoral recupere parte de sus características naturales de manera controlada. En los demás sectores se debe mantener la duna litoral artificial, considerando la posibilidad de su reconstrucción más a la retaguardia y, de no ser posible, recuperar los sectores destruidos por la erosión marina y homogeneizar la cobertura vegetal, para evitar la deflación eólica.

Se propone la actividad de Conservación/Estabilización, para las unidades V, VII, IX, X, XI y XII porque éstas mantienen características del estado natural del ambiente de dunas. Pangue (V) es la única unidad del sector de mayor dinámica eólica (norte) donde aún se puede observar toda la secuencia de dunas libres, desde las barjanas coalescentes en la playa hasta las dunas trepadoras en el acantilado. Pangue es una reducción mapuche que ha sufrido con los problemas del avance de dunas sobre el acantilado. En este caso, la actividad de estabilización debe solucionar los problemas más crónicos de esta localidad y, a la vez, intentar mantener la dinámica natural de dunas libres la mayor superficie y la mayor diversidad posibles. Los sectores Paicaví (VII) y San Ramón (XI) tienen extensa plantación de pinos y actividad de estabilización de dunas en la franja litoral, donde se destaca la presencia de la duna litoral artificial conservada. Sin embargo, detrás de ellas se mantienen amplias superficies de dunas estabilizadas naturalmente con cordones longitudinales, que deben ser protegidos de la degradación y de la deflación eólica. La unidad XII presenta características similares a las anteriores, a pesar de ocupar un área muy inferior a aquéllas. Las unidades IX y X representan una franja continua (10.8 km) de barjanas coalescentes en la playa posterior, la duna litoral no existe y su avance hacia el interior está limitado por el estero Lleu Lleu que se orienta paralelamente a la costa en estas unidades. En el margen occidental del estero, la formación de dunas es más limitada y las dunas estabilizadas naturalmente aparecen muy cerca del litoral. Hacia el interior, se observa algunas acumulaciones de dunas libres, obstruidas en su

avance por cordones longitudinales. No se ha constatado problemas graves de avance de dunas y la actividad de estabilización posee un carácter preventivo.

Discusión

En Chile, las dunas litorales son consideradas como tierras improductivas y una amenaza, pues su gran movilidad, constituye un riesgo para las áreas productivas e infraestructuras humanas próximas. El problema del riesgo ocasionado por el avance de dunas y su manejo en Chile ha ganado importancia a principios del siglo con el éxito de Dr. Federico Albert en la estabilización de dunas en Chanco (Gormáz, 1974). Este problema es antiguo y se ha observado en Europa a lo largo de siglos anteriores, donde se consideraban las dunas como tierras inútiles y fuentes de peligro para las estructuras humanas (Westhoff, 1989). Ejemplos de esta problemática y las medidas de estabilización adoptadas han sido ampliamente discutidas (*e.g.*, Ranwell & Boar, 1986; Carter, 1988; van der Meulen *et al.*, 1989; Piotrowska, 1989; Skarregaard, 1989; Salman, 1989; Pye, 1990; Carter *et al.*, 1992; Sherman & Nordstrom, 1993). Cabe citar el caso de Holanda que, por razones de protección de la costa se estabilizaron rutinariamente las dunas con prácticas descritas por leyes en el siglo XIII (van der Meulen & van der Maarel, 1989). La intensificación de estas medidas y el avance tecnológico ha permitido una masiva estabilización de dunas en Holanda, tanto que en la actualidad se está discutiendo la reinscripción de la dinámica eólica (*e.g.*, van der Meulen y van der Maarel, 1989; Wanders, 1989; De Raeve, 1989; Jungerius, 1989). Esto significa un cambio de mentalidad hacia el reconocimiento del valor ecológico del ambiente de dunas libres. Aunque tímidamente, se nota una valoración por parte de la comunidad científica hacia la diversidad abiótica con el propósito de asegurar la riqueza y el valor ecológico en áreas de dunas.

En este sentido, la propuesta de uso aquí presentada busca la introducción de estos nuevos conceptos en el manejo de dunas en Chile, mediante la conciliación entre los usos tradicionales (forestal y agrícola-ganadera-extractiva) con la conservación del ambiente natural de dunas. La presión de uso ejercida por la actividad forestal, a través de la estabilización total de las dunas libres, no ha permitido el desarrollo del ambiente natural de dunas, ya que éste se caracteriza por un proceso de sucesión ecológica donde interviene tanto la dinámica eólica, cuanto la estabilidad morfogenética. La estabilización total del campo de dunas representa la interrupción de las fases sucesionales iniciales, lo que puede ocasionar una amenaza a especies de plantas típicas de este ambiente. Además, como se ha observado, el litoral de la provincia de Arauco posee un ambiente eólico muy dinámico que admite un número reducido de especies capaces de subsistir al rigor ambiental allí encontrado. La ausencia misma de especies endémicas capaces de establecer y fijar una duna litoral en condiciones naturales es una situación ecológicamente excepcional para la ma-

yoría de las dunas litorales en el mundo. La duna litoral es la forma más comúnmente encontrada y estudiada, debido a su estrecha relación con la playa y a su importancia para la protección a la costa frente a los procesos erosivos del mar. Ejemplos de campos de dunas litorales sin duna litoral, son comparativamente escasos y, por esta razón, se cree en la importancia del mantenimiento de áreas con dunas que conserven sus características naturales, con propósitos científicos, paisajísticos y como reserva de la diversidad ambiental en dunas litorales.

Para mantener sectores naturales, es esencial que el campo de dunas sea considerado integralmente en su diversidad ambiental (duna litoral, barjanes, superficies de deflación, depresión interdunaria, dunas libres interiores, dunas estabilizadas naturalmente y dunas manejadas), como parte de la zona costera. La planificación y el manejo deberían tener en cuenta un uso adecuado y sostenible de sus recursos, privilegiando tanto el ambiente natural como el humano. No se puede perder la noción del paisaje de dunas como un ambiente cambiante en el tiempo y el espacio, por lo cual un plan de manejo sostenible permitirá la existencia de todos los procesos naturales que suelen ocurrir en las dunas litorales. Esto implica la conservación de todas las etapas sucesionales, incluyendo la movilización de dunas. La estabilización completa del campo de dunas bloquea el rejuvenecimiento eólico, lo que trae como consecuencia la desaparición de etapas sucesionales tempranas. Sin estas etapas, el campo de dunas tiende a ser más estable, lo que significa una importante disminución en la diversidad natural de las dunas (van der Meulen & Jungerius, 1989; Martínez *et al.*, 1993), y por ende una degradación del recurso.

Conclusiones

Mediante el análisis de las características geomorfológicas y ecológicas y, de las transformaciones producidas por el manejo actual en el campo de dunas de la provincia de Arauco, Chile, se ha elaborado una propuesta de uso del suelo que busca favorecer las relaciones armoniosas entre los procesos morfogénicos y las condiciones ambientales. Esto es posible mediante la definición de áreas que conserven el ambiente natural de dunas para que ésta pueda desarrollarse plenamente en todas sus formas y etapas sucesionales, lo que garantiza la diversidad ambiental. Además, es importante delimitar la actividad forestal y establecer medidas para que ésta se realice en adecuación al ambiente natural. Se valora las actividades tradicionales en todo el campo de dunas, sobretudo en las dunas estabilizadas naturalmente, con excepción de los cordones dunarios longitudinales que deben ser protegidos y libres de cualquier tipo de degradación. Se da énfasis a la estabilización de dunas cuyo avance represente un riesgo a la comunidad.

Se ha definido doce unidades de uso según las características naturales del ambiente, tomando los cursos de agua como límites naturales a la dinámica eólica. Las clases de uso adoptadas son: Forestación/Estabilización y Conservación/Estabiliza-

ción. Finalmente, para lograr el éxito de esta propuesta se debe considerar acciones, tales como: delimitación de las plantaciones forestales a las unidades establecidas y solamente sobre dunas estabilizadas artificialmente; el control la tala rasa; la diversificación de especies arbóreas y plantas fijadoras de dunas; mantenimiento de la duna litoral artificial sólo donde sea necesario; en áreas de Conservación se debe excluir todas las actividades conflictivas y controlar las actividades tradicionales; se debe aplicar medidas de estabilización contra el avance de dunas; proteger los cordones de dunas estabilizadas naturalmente con la construcción de cercas y habilitación de caminos de tierra o ripio para acceder a la playa; restringir las actividades agrícola y ganadera a las depresiones interdunarias y superficies de deflación antiguas en los niveles tradicionales; permitir la extracción vegetal y manutención de los bosques esclerófilos.

Bibliografía

- Aguirre, L.; Hervé, E. & Godoy, E., "Distribution of metamorphic facies in Chile: an outline", *Krystalinikum*, 9:7-19, 1972.
- Andrade, B. y Castro, C., "La carta fisiográfica aplicada al manejo de la zona costera", *Rev. Geogr. Chile Terra Australis*, 33:87-96, 1989.
- , "Antecedentes sobre la valorización y manejo de costas arenosas en Chile", *Rev. Geogr. Chile Terra Australis*, 30:151-157, 1987.
- Araya-Vergara, J.F., "Reconocimiento de tipos e individuos geomorfológicos regionales en la costa de Chile", *Inform. Geogr. Chile*, 23:9-30, 1976.
- Borquez, A., "Algunos antecedentes sobre experiencias en el control de dunas en la provincia de Arauco", *Chile Forestal*, 6:8 pp., 1986 (documento técnico).
- Carter, R.W.G., *Coastal environments: an introduction to the physical, ecological, and cultural systems of coastlines*, Academic press inc., London, 617 pages, 1988.
- Carter, D.W.G.; Curtis, T.G.F. & Sheehy-Skeffington, M.J. (eds.), *Coastal Dunes: geomorphology, ecology and management for conservation*, Rotterdam, Balkema, 1992.
- Castro, C., "Reseña del estado actual de conocimiento de las dunas litorales de Chile", *Rev. Geogr. Chile Terra Australis*, 28:13-32, 1984-85.
- , "Transformaciones geomorfológicas recientes y degradación de las dunas en Ritoque", *Rev. Geogr. Norte Grande*, 14:13-32, 1987.
- , "Alteración antrópica sobre las dunas chilenas y su estado de conservación", *Bosque*, 13(1):53-58, 1992.
- Castro, C. y Vicuña, P., "Man's impact on coastal dunes in central Chile (32° - 34° S)", *Rev. Cien. Mar Thalassas*, 4(1):17-25, 1986.
- Corporación Nacional Forestal, Reglamento del decreto ley no. 701 de 1974, sobre fomento forestal, CONAF, 13 pp., 1974.

- De Raeve, F., "Sand dune vegetation and management dynamics", in: van der Meulen, F., Jungerius, P.D. y J.H. Visser (eds.), *Perspectives in coastal dune management*, SPB Academic Publishing bv, The Hsgue, The Netherlands, pp. 99-109, 1989.
- Devinck, J-L., *Contribución al estudio de la circulación atmosférica en Chile y clima de la región del Bio Bío*, Universidad de Concepción, Departamento de Geofísica, 164 pp., 1970.
- Endlicher, W. & Mackel, D., "Natural resources, land-use and degradation in the coastal zone of Arauco and Nahuelbuta range, Central Chile", *Geojournal*, 11(1):43-60, 1985.
- Ferraris, F. y Bonilla, R., *Geología de la hoya Arauco-Lebu*, Instituto de Investigaciones Geológicas, Mapa 6, escala 1:250,000, 1981.
- Fuenzalida, H., "Climatología de Chile", *Publ. Int. Fac. Cien. Fís. Mat.*, U. de Chile, 73 pp., 1971.
- Gormáz, M., *Las dunas*, Informe de la Corporación Nacional Forestal, 138 pp., 1974.
- Hervé, F., "Petrology of the crystalline basement of the Nahuelbuta Mountains, South Central Chile", Facultad de Ciencias, Universidad de Hokkaido, Japón, Graduation Thesis (PHD.), 53 pp., 1975.
- IREN, *Inventario de dunas en Chile*, Publicación 4, 24 pp., 1966.
- Kohler, A., "Geobotanische Untersuchungen an Küstendünen Chiles zwischen 27 und 42 grad südl", *Breite. Botanische Jahrbücher für Systematik* 90:55 2000.
- Martínez, M.L., Moreno-Casasola, P. y Castillo, S., "Biodiversidad costera: playas y dunas", en: Salazar-Vallejos, I. y N.E. González (eds.), *Biodiversidad marina y costera de México*, Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, pp. 160-181, 1993.
- Nordstrom, K.F., Carter, R.W.G., and Psuty, N.P. 1990 "Directions for coastal dune research" in: *Coastal Dunes: Form and Process*, eds. K.F. Nordstrom, N.P., Psuty, and B. Carter, Chichester: John Wiley and Sons, pp. 381-387.
- Oberdorfer, E., "Pflanzensoziologische Studien in Chile-Ein Vergleich mi Europa", *Flora et Vegetatio Mundi*, 2:1-208, 1960.
- Oyarzún, M.R., *Geology and chemistry of the banded iron formations in the Nahuelbuta Mountains, Chile*, Ph.D. dissertation, Department of Earth Sciences, University of Leeds, 1982.
- Paskoff, R., "Las dunas del litoral", *Mundo Científico*, 8(95):958-965, 1992.
- Piotrowska, H., "Natural and anthropogenic changes in sand-dunes and their vegetation on the southern Baltic coast", in: van der Meulen, F., Jungerius, P.D. y J.H. Visser (eds.), *Perspectives in coastal dune management*, SPB Academic Publishing bv, The Hsgue, The Netherlands, pp. 33-40, 1989.
- Psuty, N., Dune/beach interaction, *J. Coastal Research*, special issue no. 3, Charlottesville, Virginia, 136 pp., 1988.
- Pye, K., "Physical and human influences on coastal dune development between the Ribble and Mersey estuaries, northwest England", in: Nordstrom, K.; Psuty, N. y R.W.G. Carter (eds.), *Coastal dunes: form and process*, John Wiley & Sons, Chichester, pp. 339-359, 1990.

- Ranwell, D.S. y Boar, S., *Coast dune management guide*, NERC, Institute of Terrestrial Ecology, 105 pp., 1986.
- Salman, A.H.P.M., "The role of 'stichting duinbehoud' in Dutch coastal dune conservation", in: van der Meulen, F.; Jungerius, P.D. y J.H. Visser (eds.), *Perspectives in coastal dune management*, SPB Academic Publishing bv, The Hsgue, The Netherlands, pp. 239-247, 1989.
- Sherman, D.J., "Problems of scale in the modeling and interpretation of coastal dunes", *Marine Geology*, 124:339-349, 1995.
- Sherman, D.J. y Nordstrom, K.F., "Hazards of wind-blown sand and coastal sand drifts: a review", *Jour. Coastal Research*, special issue no. 12, Coastal Hazards, pp. 263-275, 1993.
- Skarregaard, P., "Stabilisation of coastal dunes in Denmark", in: van der Meulen, F., Jungerius, P.D. y J.H. Visser (eds.), *Perspectives in coastal dune management*, SPB Academic Publishing bv, The Hsgue, The Netherlands, pp. 151-161, 1989.
- Tavares Corrêa, C., "Propuesta de uso del suelo en las dunas litorales de la provincia de Arauco, VIII Región, Chile", tesis de Doctorado en Ciencias Ambientales, Centro EULA-Chile, Univ. de Concepción, Concepción, Chile, 215 pp., 1996 (inérita).
- van der Meulen, F. y Jungerius, P.D., "The decision environment of dynamic dune management", in: Van der Meulen, F.; Jungerius, P.D. y J.H. Visser (eds.), *Perspectives in coastal dune management*, SPB Academic Publishing bv, The Hsgue, The Netherlands, pp. 133-140, 1989.
- van der Meulen, F. y van der Maarel, E., "Coastal defence alternatives and nature development perspectives", in: Van der Meulen, F.; Jungerius, P.D. y J.H. Visser (eds.), *Perspectives in coastal dune management*, SPB Academic Publishing bv, The Hsgue, The Netherlands, pp. 183-195, 1989.
- van der Meulen, F.; Jungerius, P.D. y Visser, J., *Perspectives in coastal dune management*, SPB Academic Publishing, The Hague, 334 pp., 1989.
- van der Maarel, E., "Environment management of coastal dunes in the Netherlands", in: *Ecological processes in coastal environment* (eds. Jefferies, R.L. y A.J. Davy), Blackwell Scientific Publ., Oxford, 543-570, 1979.
- Walker, J., "Man and shoreline modification", in: *Coastal Dynamics and scientific sites* (eds. Bird, E. & Kazuyuki, K.), International Geographical Union, Tokyo, 55-90, 1981.
- Wanders, E., "Perspectives in coastal-dune-management towards a dynamic approach", in: Van der Meulen, F., Jungerius, P.D. y J.H. Visser (eds.), *Perspectives in coastal dune management*, SPB Academic Publishing bv, The Hsgue, The Netherlands, pp. 141-148, 1989.
- Westhoff, V., "Dunes and dune management along the North Sea coasts", in: Van der Meulen, F., Jungerius, P.D. y J.H. Visser (eds.), *Perspectives in coastal dune management*, SPB Academic Publishing bv, The Hsgue, The Netherlands, pp. 41-51, 1989.