

Transformaciones Geomorfológicas Recientes y Degradación de las dunas de Ritoque*

CONSUELO CASTRO AVARIA

Instituto Geografía
Pontificia Universidad Católica de Chile

RESUMEN

En el período comprendido entre 1955 y 1987 se detecta en las dunas de Ritoque algunas transformaciones geomorfológicas ligadas principalmente a la interferencia del hombre en los procesos naturales de evolución del modelado. Estos cambios ocurren con la construcción artificial de la duna bordera y la fijación con vegetación de las dunas activas de la parte norte del campo dunario. En las dunas interiores más antiguas y con cubierta vegetal se aprecia destrucción rápida de ésta, con el desencadenamiento de procesos ligados a la deflación y a la acción del escurrimiento de las aguas de precipitación.

ABSTRACT

Between the years 1955 and 1987, in the dunes of Ritoque some geomorphological changes are detected, linked mainly to the man's impact in the natural processes of landscape evolution. These changes occurred with the artificial construction of the foredunes and the stabilization with vegetation of the active dunes of the northern part of the dune field. In the oldest interior dunes with vegetal cover we can see the quick destruction of this with the development of processes linked to deflation and the action of run-off.

INTRODUCCION

Muchos de los procesos naturales que ocurren en los medios litorales están soportando en la actualidad la interferencia de acciones que el hombre realiza en las costas y que a veces, son responsables de transformaciones irreversibles de este ambiente original que es la zona donde entran en contacto el mar, la tierra y la atmósfera. Así, el conocimiento de la evolución actual del litoral es una noción básica para la implementación de cualquier plan de intervención humana en estas áreas.

Dentro de las zonas litorales, las dunas constituyen una barrera natural que protege las zonas interiores de las acciones marinas y además, son medios muy sensibles a los distintos modos de ocupación humana.

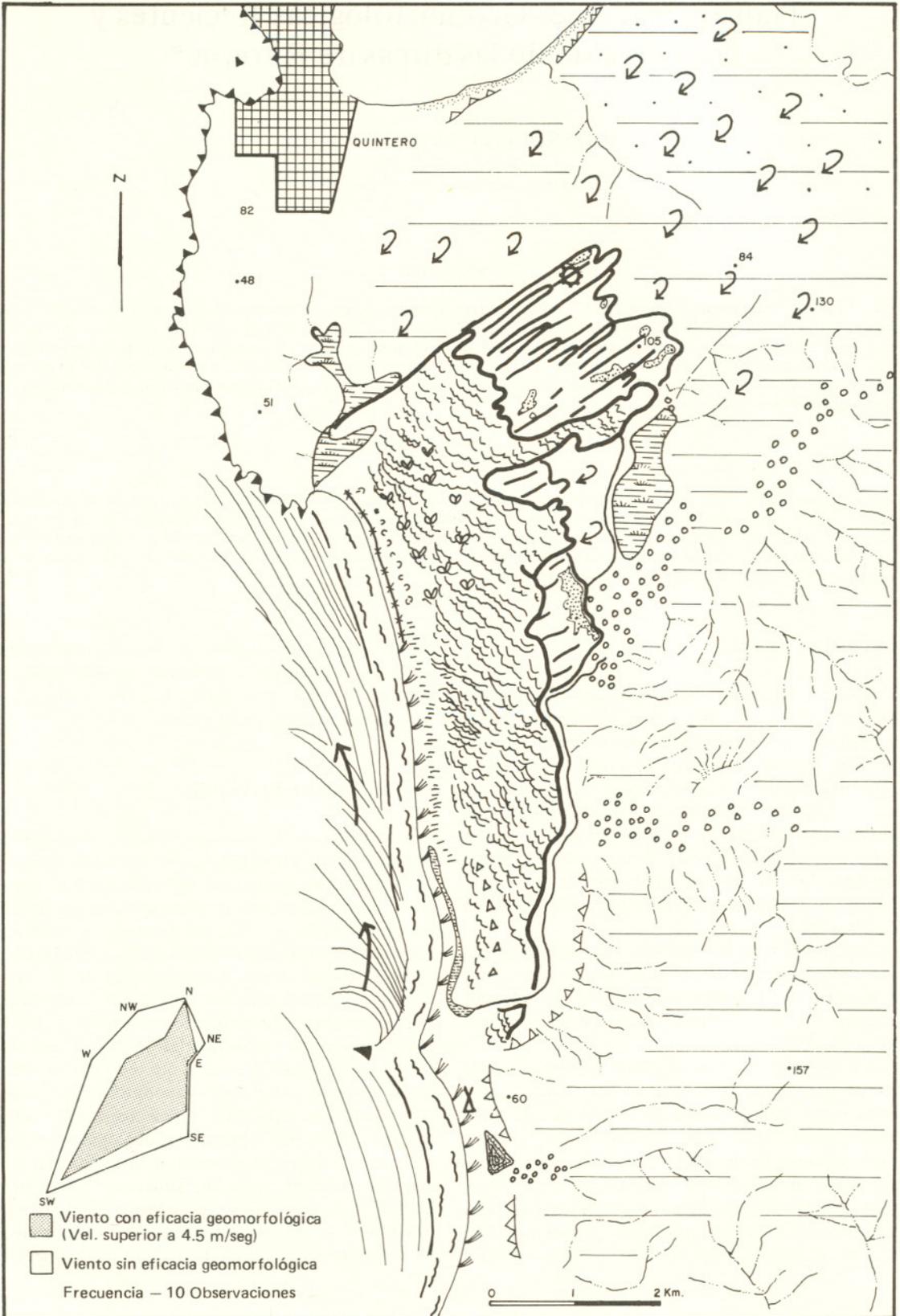
En este contexto, el objeto de nuestro estudio es proporcionar antecedentes que contribuyan a un mejor conocimiento de la dinámica de estos importantes ambientes costeros. Se insistirá primordialmente en las transformaciones geomorfológicas observadas en Ritoque, como resultado de la interferencia de procesos naturales por diversas acciones ejecutadas por el hombre. En consecuencia, sobre la base de observaciones

de terreno y del análisis de fotos aéreas desde 1955 hasta la fecha, se presentan en este artículo algunos de los principales cambios geomorfológicos ocurridos en estas dunas.

LAS DUNAS DE RITOQUE

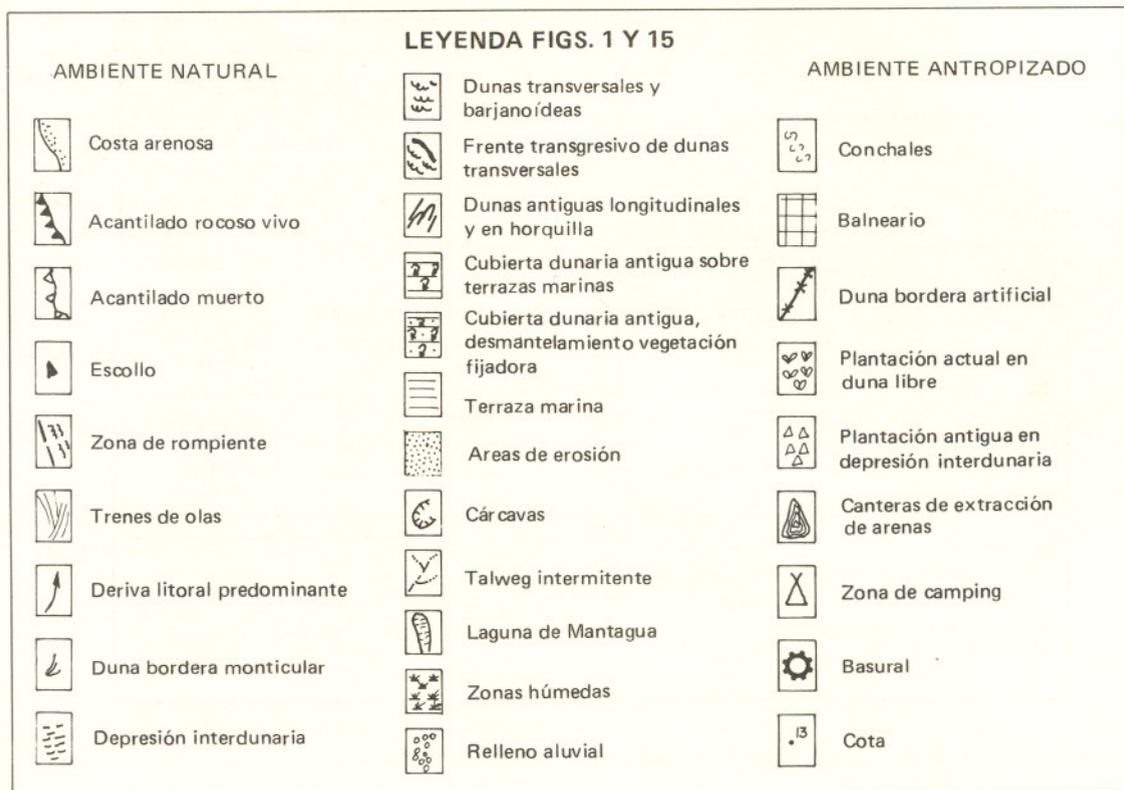
En Ritoque se localiza uno de los campos dunarios más importantes de la costa centro-norte de Chile, en el cual se reconoce una zonificación característica de formas dunarias desde la playa hacia el interior asociada a especies vegetales de substratos arenosos (Castro, 1984) (Fig. 1). Por la importancia fitosociológica de la vegetación de estas dunas, Kohler (1970) recomienda su preservación. En este mismo sentido, Castro (1984) propone considerarlas como "sitio de interés científico" debido a que en ellas se conjugan elementos naturales (geomorfología dunaria, vegetación específica, fauna asociada) y elementos culturales (restos arqueológicos, valor escénico, trabajos experimentales de fijación de arenas). Además, por su situación estratégica debido a la proximidad de centros industriales, urbanos y de intensa actividad turística, el riesgo de deterioro de las dunas de Ritoque es inminente.

* Esta investigación se ha realizado gracias al financiamiento de la Dirección de Investigación de la P.U.C. de Chile. (DIUC 124/86).



(Leyenda en pág. 5)

Figura 1: Campo de dunas de Ritque. Geomorfología y actividades antrópicas.



LOS CAMBIOS GEOMORFOLOGICOS Y LA DEGRADACION

En un corte transversal de oeste a este se puede distinguir a partir de la playa: la duna bordera, depresión interdunaria, dunas libres barjanoídeas y transversales, y dunas onduladas con cubierta vegetal. Cada una de estas unidades está relacionada con un tipo de asociación vegetal característica y en ellas se localizan algunas actividades efectuadas por el hombre, como se observa en la Fig. 2.

La acción eólica en la parte norte de las dunas de Ritoque es particularmente activa. Desde los años 1945 hay referencias a la invasión de arenas que periódicamente cubrían la línea del ferrocarril que va de San Pedro a Quintero y que pasa por la zona de las dunas borderas de Ritoque (Pomar, 1962). También la ruta litoral que cruza un corto tramo de las dunas activas del sector sur de las dunas sufría la invasión periódica de las arenas.

Por estas razones, la Corporación Nacional Forestal inicia en 1972 el ensayo experimental de especies vegetales para la fijación del sector norte de las dunas. Con estos trabajos, después de unos años, se logra impedir gran parte del avance de las dunas borderas sobre la línea del ferrocarril e instalaciones de EMOS localizadas en la depresión interdunaria. Posteriormente,

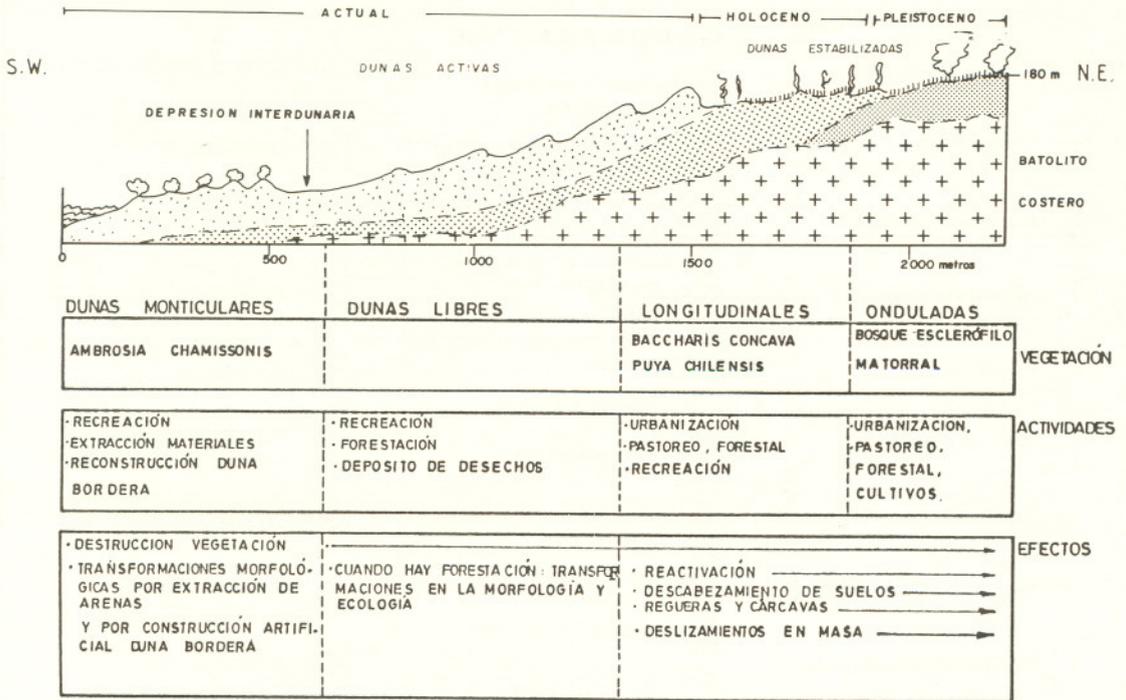
Cogollor y Vita (1980) realizan estudios sobre el control vegetal de las arenas en toda el área de dunas activas, con el objeto de determinar su potencialidad para la actividad silvícola.

De esta manera, las principales intervenciones antrópicas observadas tienen relación con el *manejo forestal* del sector norte de las dunas activas, con las actividades de *extracción de arenas* en el sector sur de dunas borderas y con *utilizaciones diversas* (pastoreo, pisoteo, áreas de desechos, etc.) del área interior de dunas viejas estabilizadas, que por destrucción de la cubierta vegetal están siendo erosionadas.

Los efectos geomorfológicos de la intervención antrópica en este medio dependen del tipo de acción ejecutada y de las características de la duna (su posición relativa respecto de los agentes eólicos y marinos, su morfología, la presencia o ausencia de vegetación). Para las dunas de Ritoque, se puede señalar algunos cambios ocurridos en las unidades geomorfológicas que han sido definidas precedentemente (Fig. 1 y 2), esto es: la duna bordera, las dunas activas transversales y las dunas onduladas con cubierta vegetal.

1. Los cambios en la duna bordera

La duna bordera se desarrolla a partir del nivel de las más altas mareas y está constituida por



(En Castro; Vicuña, 1987).

Figura 2: Ritoque: Unidades geomorfológicas, ocupación humana y sus efectos.

acumulaciones monticulares de arena depositada al abrigo de la vegetación. Son dunas del tipo *nebka* generadas por vientos predominantes del suroeste y separadas por corredores de deflación, también orientados según el viento. Paskoff (1971) acertadamente las denomina "dunas monticulares". La vegetación cumple un rol esencial en la determinación de la morfología de la duna bordera. Aquí la especie dominante es *Ambrosia chamissonis* en asociación con

Carpobrotus chilensis (Fig. 3). Los estudios experimentales de Hesp (1981) han demostrado que la superficie de rugosidad determinada por la vegetación es determinante en las características morfológicas de una duna; esto se debe a que las diferentes especies vegetales, en función de su porosidad y densidad de cobertura del suelo, ejercen una influencia en la dirección de los flujos del viento en torno a ella (Fig. 3).



Foto: C. Castro

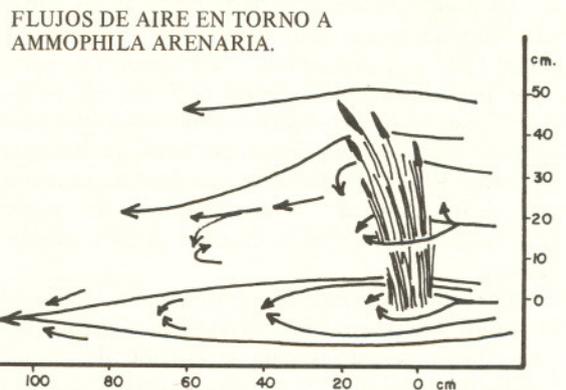


Figura 3: Duna bordera natural: Acumulación monticular en presencia de *Ambrosia chamissonis*; las flechas señalan los corredores de deflación.

En el sector norte del campo de Ritoque, la dinámica eólica y marina es más acentuada (Fuenzalida, 1956). Aquí las dunas alcanzan su mayor extensión hacia el interior del continente y la línea de costa se encuentra orientada perpendicularmente a los vientos del SW, favoreciendo la acción eólica. Estos vientos son de gran eficacia geomorfológica, esto es de velocidades frecuentes superiores a 4,5 m/seg. capaces de transportar arenas secas de grano medio, según observaciones de Bagnolds (1941).

En la duna bordera se han efectuado trabajos en 1972 y posteriormente desde 1982, para realzar su altura, con la finalidad de proteger las plantaciones del sector interior, donde se localizan las dunas transversales (Figs. 4 y 11). Para este efecto se han utilizado estructuras de ramas (quinchas) colocadas sobre la duna bordera original. Estas empalizadas constituyen un obstáculo permeable rígido que posibilita la sedimentación de gran parte de las arenas transportadas por el viento, en la duna bordera.

Los corredores de deflación también han sido cerrados con empalizadas para homogeneizar la topografía de la duna bordera. Además, inicialmente (años 1972-1976) se plantó *Ammophila arenaria* (especie extranjera) para la estabilización. Con todo esto se favoreció la acumulación preferente de arena en este sector de la duna y a medida que se producía la acumulación la empalizada se fue sobreelevando para aumentar la altura de la acumulación (Cogollor, Vita, 1980).

de la playa, creándose un frente dunario acantilado como se observa en la Fig. 5.



Foto: C. Castro

Figura 5: Ritoque Norte: duna bordera artificial, frente en acantilado.

En efecto, debido a los contrastes climáticos estacionales, en invierno ocurre la erosión de la playa con las grandes marejadas asociadas a los períodos de mal tiempo; así, los sedimentos de la playa y eventualmente los de la duna bordera son transportados momentáneamente hacia la playa submarina (Fig. 6). En verano la playa es realimentada y el perfil es restituido. De esta manera la duna bordera cumple un rol crítico como proveedora de sedimentos cuando ocurren fuertes marejadas.

De este modo, la creación artificial de esta duna estática interfiere el intercambio sedimentario normal entre playa-duna bordera; esta última no puede adaptarse a las variaciones normales del perfil de playa (Castro, 1987). La acción del oleaje se efectúa al pie de la duna rígida, provocando la erosión en acantilado del frente dunario, como se observó en la Fig. 5.

Por otra parte, la topografía del frente dunario con que se encuentra el viento proveniente del océano es muy importante, porque ejerce influencia en el flujo de aire, determinando el aumento de su turbulencia en esta parte de la duna, según las observaciones de Thomas (1975). Así, si el frente dunario expuesto al viento dominante posee pendiente suave y está en equilibrio con la playa, "la velocidad del viento disminuye aproximadamente en 1/3 entre la parte alta del estrán y la parte alta de la duna". Los flujos del viento se reparten igualmente en todo el frente (Fig. 7).

Si el frente de la duna es en acantilado, "la parte alta es afectada por viento de velocidades casi dos veces mayores que aquellas del estrán" (Fig. 8).



Foto: C. Castro

Figura 4: Duna bordera artificial: construida con empalizadas de ramas.

En la actualidad la duna bordera artificial del sector norte tiene más de 2 km de largo, constituyendo un muro continuo que alcanza más de 3 metros en sus partes más altas (Fig. 11). Este cordón arenoso se comporta como un obstáculo rígido que impide que la duna bordera se adapte a las variaciones estacionales del perfil

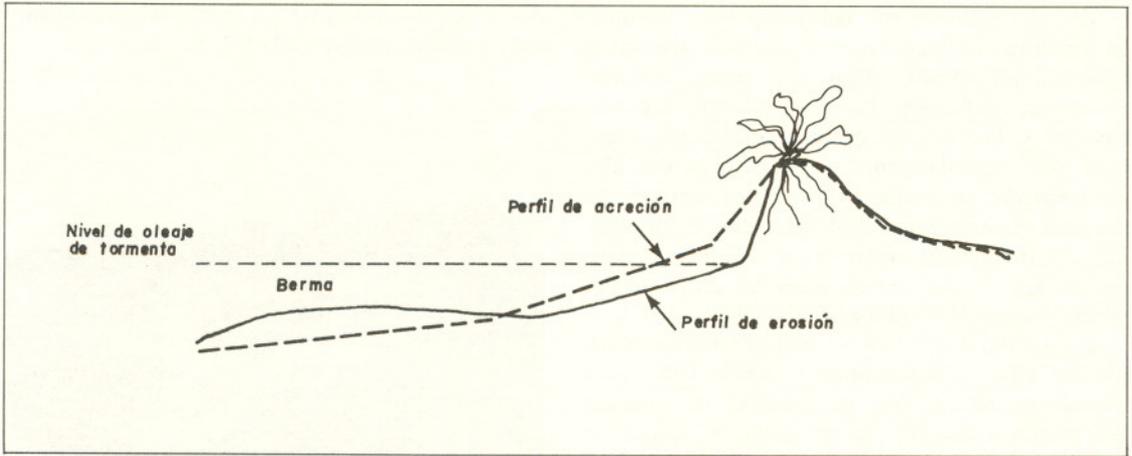


Figura 6: Proceso normal del adelgazamiento y engrosamiento estacional del perfil playa-duna bordera.

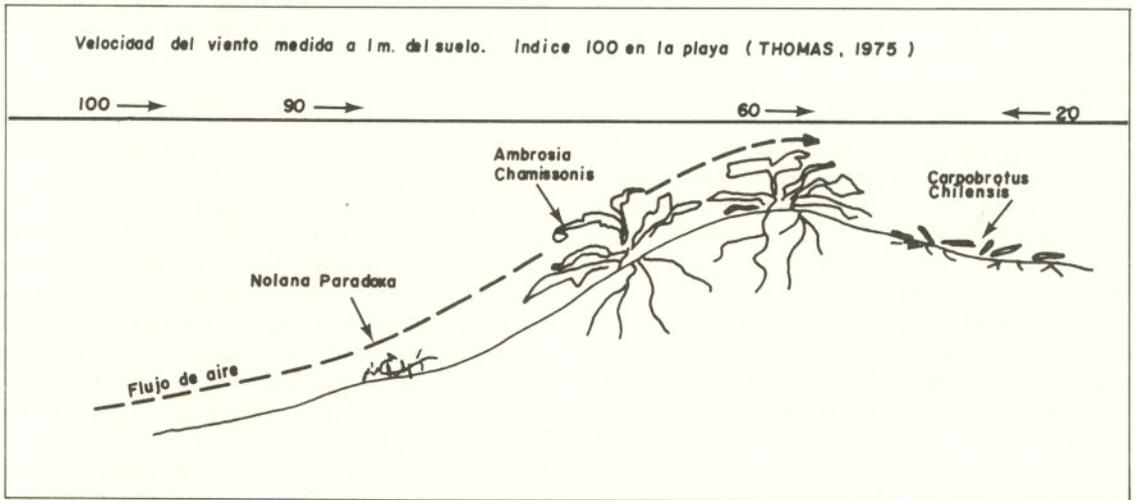


Figura 7: Perfil del equilibrio de la zona de contacto playa-duna. Con pendiente débil se produce la disminución progresiva de la velocidad del viento.

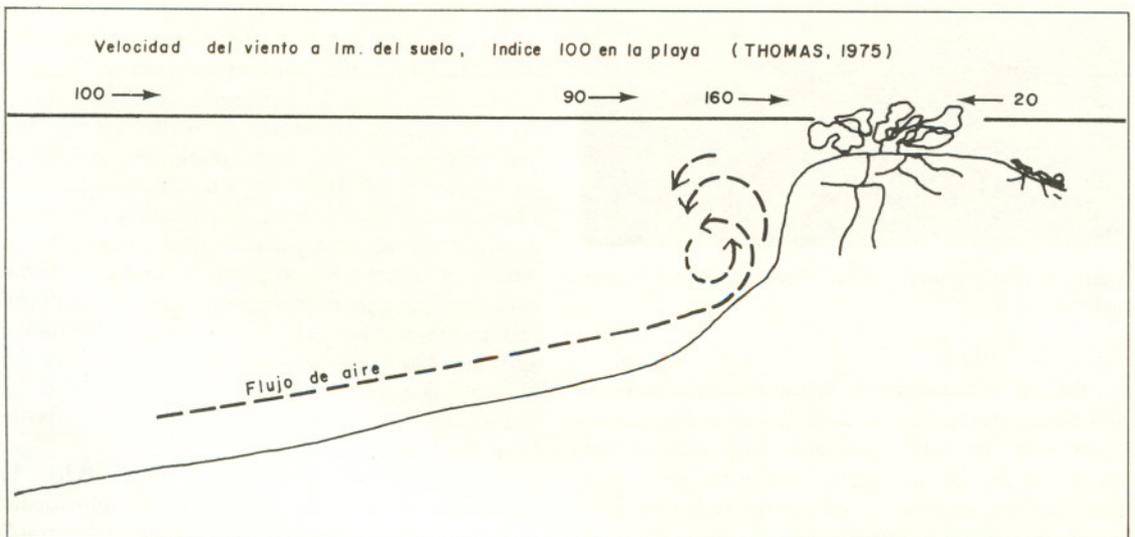


Figura 8: Perfil en acantilado. Comportamiento de los flujos de aire en la parte superior del acantilado.

Así, la elevación sucesiva de la empalizada ha permitido la creación de una duna bordera rígida, de altura exagerada, sin corredores de deflación y con frente en acantilado. La morfología

de la duna creada artificialmente refuerza la acción erosiva del viento y del oleaje, y su morfología es muy diferente de la que se forma bajo condiciones naturales (Fig. 9).

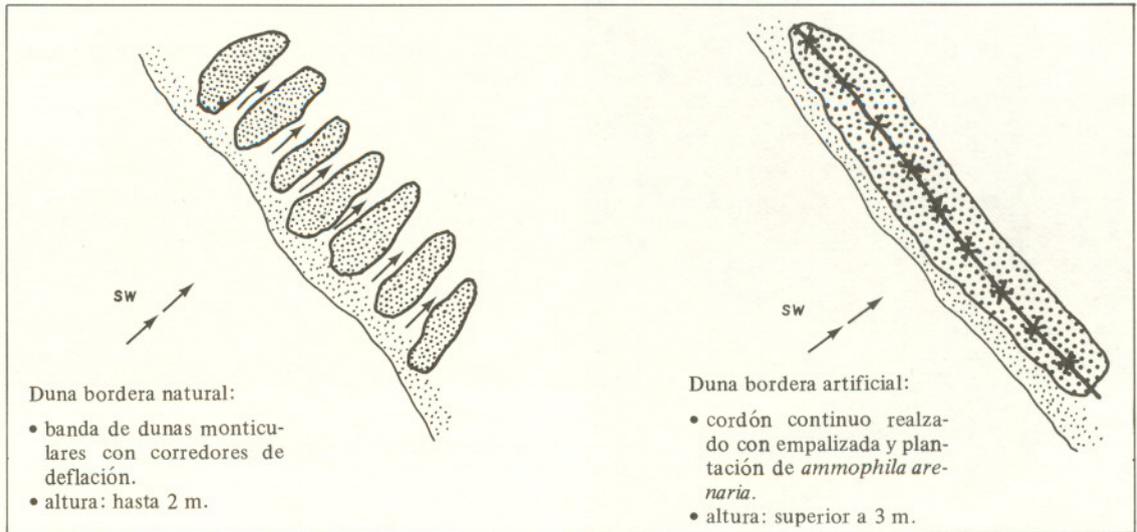


Figura 9:

Es importante poner atención a este rasgo de la evolución actual de la duna bordera artificial de Ritoque, ya que en estas condiciones puede desencadenarse el retroceso masivo del frente dunario en acantilado, como ocurrió en algunos tramos de la duna artificial de Chanco (Castro, 1987).

Como solución podría intentarse aumentar el ancho de la zona de dunas monticulares colocando una serie de 2 ó 3 empalizadas permeables, perpendiculares a la dirección del viento dominante y distantes entre ellas. El objetivo es lograr la acumulación paulatina de las arenas, desde la playa hacia el interior, permitiendo la sedimentación en la duna bordera y en el área tras ella. Debiera devolverse a la duna bordera creada sus características naturales, suspendiendo la sobre elevación de las empalizadas y permitiendo la formación de corredores de deflación. Para el logro de este último objetivo la presencia de *Ambrosia Chamissonis* es vital, porque permite la acumulación monticular ya descrita. Los pastos fijadores introducidos, como *Ammophila arenaria*, cumplen un rol geomorfológico diferente, ya que favorecen la acumulación más pareja de las arenas en el frente dunario sin crearse corredores de deflación; por lo tanto, son menos recomendables, ya que la morfología de las dunas borderas asociadas a esta especie vegetal es la de un muro arenoso continuo.

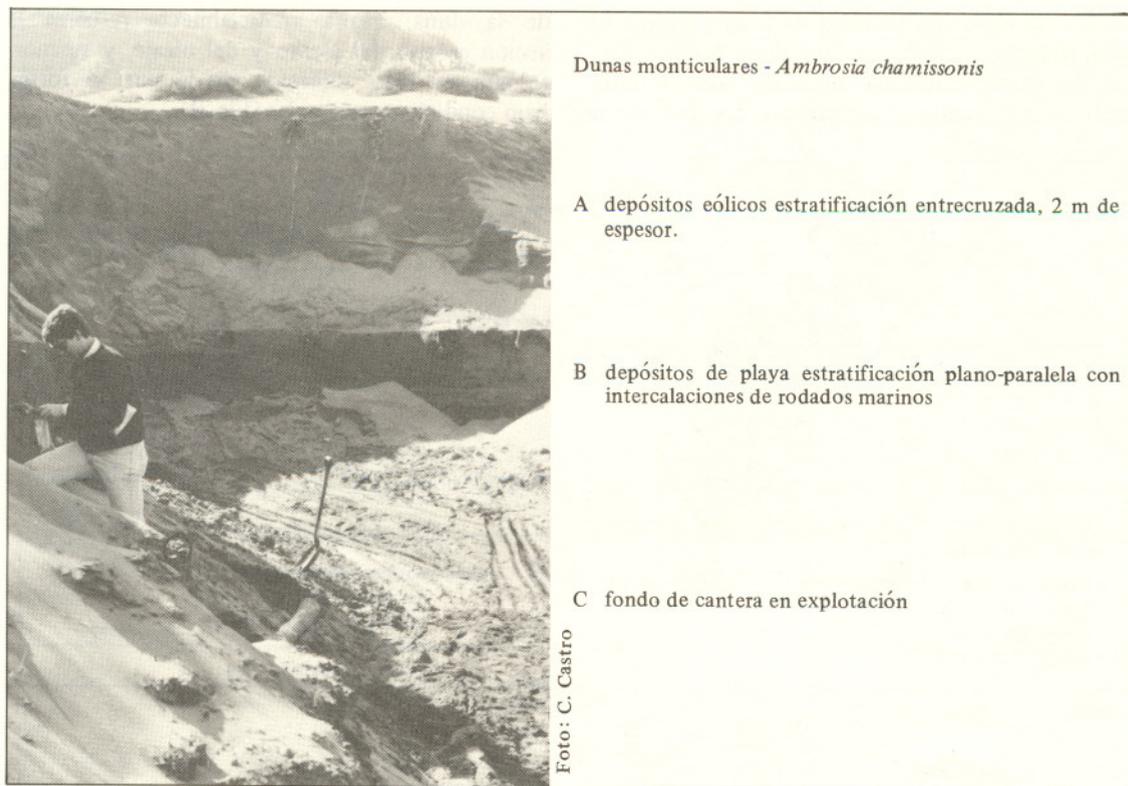
Otro factor de cambio se debe a la extracción de arenas dunarias para su utilización en la cons-

trucción. Se observan al sur de las Rocas de Concón (Figs. 1 y 9) algunas canteras en explotación y otras ya abandonadas. Esta práctica se efectúa en la zona de dunas monticulares y conlleva la transformación irreversible de las características geomorfológicas y ecológicas de la duna bordera.

En la Fig. 10 se aprecia el fondo de una cantera en explotación. La excavación es de más de 5 m de profundidad y en un corte desde la superficie se distingue: A: el espesor de los sedimentos eólicos de las dunas monticulares y su estratificación entrecruzada; en B los sedimentos de la playa arenosa entre los que hay intercalaciones de rodados marinos. Estas canteras son excavadas hasta que se alcanza el nivel de la napa freática y posteriormente son abandonadas para reiniciar las extracciones en lugares adyacentes. En las superficies explotadas se desarrollan otras especies vegetales muy diferentes de las originales y paulatinamente se transforma y degrada por el uso frecuente como lugar de desechos. Las extracciones se efectúan en el área en que el campo dunario alcanza menor altura y menor extensión hacia el interior, pudiendo comprometer a futuro la estabilidad de la zona baja interna (Fig. 1).

2. Los cambios en las dunas transversales activas

La dinámica actual de éstas se restringe fundamentalmente a la remodelación constante de las dunas libres por el viento.



Dunas monticulares - *Ambrosia chamissonis*

A depósitos eólicos estratificación entrecruzada, 2 m de espesor.

B depósitos de playa estratificación plano-paralela con intercalaciones de rodados marinos

C fondo de cantera en explotación

Foto: C. Castro

Figura 10: Cantera en duna bordera, sector sur.

El frente transgresivo de estas dunas se encuentra limitado en su avance en gran parte por la presencia de los esteros Quintero y Mantagua que actúan como obstáculo natural y, en otros sectores, por plantación con especies arbóreas. El frente transgresivo de las dunas transversales ha represado así los pequeños cursos de agua del sector, formándose áreas de mal drenaje tras las dunas activas (Fig. 1).

El análisis de fotos aéreas permite discernir en algunos sectores la transformación paulatina de barjanes activos en dunas transversales. Estos barjanes tienden a coalescer y sus crestas a disponerse en ángulo recto respecto de los vientos dominantes, como se observa en la figura 12.

Las dunas activas del sector norte están siendo estabilizadas con vegetación (Fig. 11). Se trata de trabajos emprendidos por propietarios privados hace aproximadamente seis años, período en el cual la superficie plantada ha aumentado considerablemente. Desde el punto de vista de la transformación de suelos improductivos a suelos con cubierta vegetal con posible utilización forestal u otras, la iniciativa es exitosa. En la fijación se emplea principalmente *Lupinus arboreus* y posteriormente se introducen especies arbóreas diversas. Desde el punto de vista geomorfológico la fijación significa la transformación de dunas

activas en dunas semi-estabilizadas en las que hay creación de suelo e instalación de un tapiz vegetal arbustivo. Las consideraciones ecológicas son importantes, ya que este nuevo ambiente permite la proliferación de especies animales como roedores y aves, entre las principales. Así, los cambios que están ocurriendo ligados a la estabilización son importantes y sus consecuencias deberán ser evaluadas oportunamente.

3. La degradación de las dunas onduladas con cubierta vegetal

Se encuentran localizadas al interior de las dunas activas conformando una unidad de edad holocénica, parcialmente cubierta por las dunas transversales y otra unidad de edad pleistocénica (Paskoff, 1971). Las dunas holocénicas tienen formas longitudinales y en horquilla y las pleistocénicas constituyen una cubierta arenosa suavemente ondulada (Castro, 1984) (Figs. 1 y 2)

En las dunas antiguas los procesos de erosión son dominantes, generándose normalmente a partir de la destrucción de la cubierta vegetal por algún factor natural o lo que es más frecuente por interferencia humana (pisoteo, pastoreo, efecto de la contaminación atmosférica sobre la vegetación, etc.).



Foto: A. Silva

Figura 11: Panorámica: Sector Norte Dunas de Ritoque
 a: duna bordera artificial, perfil en acantilado.
 b: dunas transversales estabilizadas con *Lupinus arboreus*.
 c: dunas transversales libres.

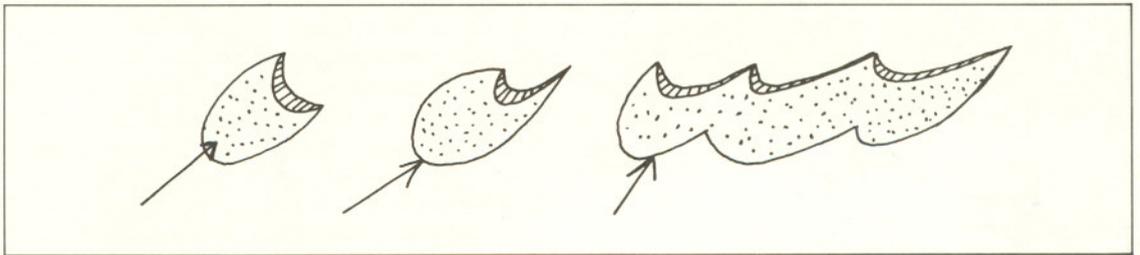


Figura 12: Coalescencia de barjanes en crestas transversales.

En las dunas longitudinales se generan cubetas de deflación (blow-outs), originadas a partir de puntos de debilidad donde la vegetación ha sido destruida. Ocurren en las crestas longitudinales, en las partes más altas y expuestas al viento, generalmente a partir de huellas de circulación debidas al pisoteo de la vegetación.

Esta acción permite explicar la forma longitudinal y en horquilla de las dunas holocénicas (Figs. 1 y 2). En efecto, cuando un blow-out avanza hacia el interior del continente sus lados permanecen fijos por la vegetación mientras que su frente es destruido por la deflación, conservándose sólo los brazos de la duna original. En Ritoque se observan ambas formas y esto permite suponer la evolución de dunas en horquilla a dunas longitudinales, a partir de la erosión de su frente de avance como se observa en la Fig. 14.

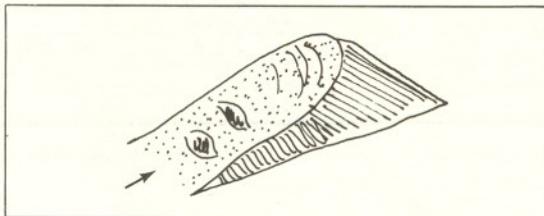


Figura 13: Desarrollo de blow-outs.

Como se aprecia en la Fig. 13, el viento aprovecha cualquier discontinuidad de la superficie dunaria para excavar y generar una cavidad.

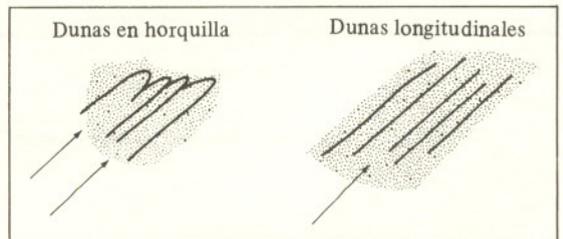
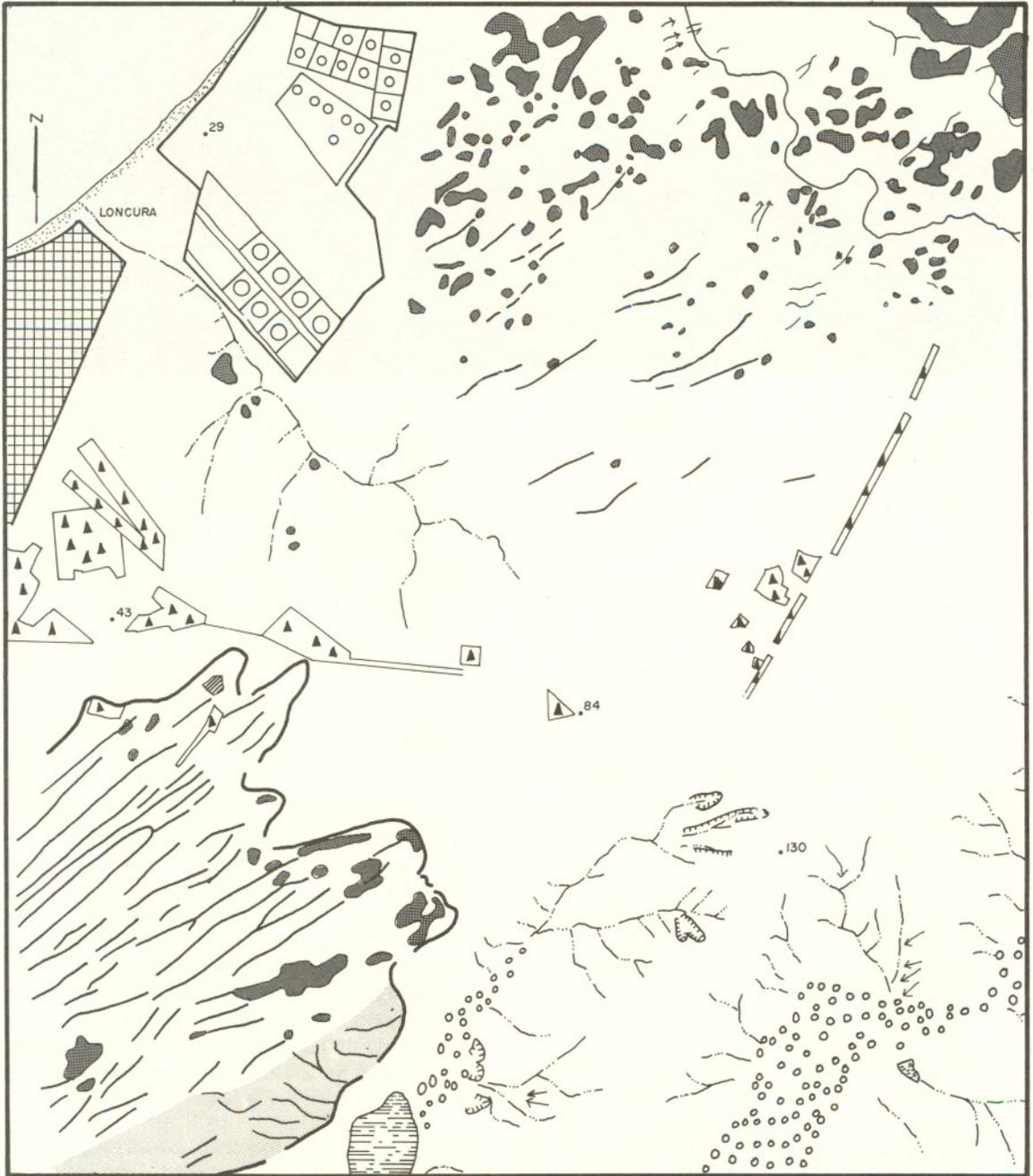


Figura 14: Transformación de dunas en horquilla a dunas longitudinales.



(Leyenda en pág. 5)

Figura 15: Degradación de la cubierta vegetal en dunas antiguas estabilizadas, al interior de Loncura-Maitenes (32° 47' S).

En la cubierta de dunas más antiguas, suavemente onduladas, se observa la deflación de las arenas superficiales en áreas con escasa vegetación, generándose formas circulares deprimidas. La degradación reciente de este sector, próximo a instalaciones industriales, es enorme (Fig. 15). Además, el agua de precipitación produce la levigación de los materiales superficiales y la erosión en regueras y cárcavas de tipos diversos: fondo plano, cárcavas que drenan hacia *talwegs* mayores formando conos arenosos de funcionamiento espasmódico, etc., procesos que han sido definidos por Castro, Vicuña (1987) y por Vicuña, P. (1987), inédito.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

- Las transformaciones geomorfológicas del campo de dunas de Ritoque se deben tanto a factores naturales como antrópicos que actúan de manera conjunta, manifestándose a través de las formas resultantes en el paisaje.
- La construcción artificial de la duna bordera provoca en sectores la interferencia de las relaciones playa-duna bordera, generándose la erosión en acantilado del frente dunario por acción marina y la imposibilidad de recuperación del perfil normal, con lo que se acentúa la tendencia al retroceso de la línea costera en este tramo. La acción eólica también es reforzada en el frente acantilado de la duna bordera, contribuyendo a su desestabilización.
- La fijación de las dunas activas del sector norte está ocasionando importantes cambios geomorfológicos y ecológicos. Aún es pronto para evaluar los efectos de estas trascendentales transformaciones. Pero la estabilización puede ocasionar un cambio en el uso por parte del hombre de este sector del campo dunario, cuyo destino futuro puede ser la explotación forestal, el desarrollo de áreas turísticas, la de reserva natural, por citar algunos ejemplos.
- Las dunas antiguas están siendo degradadas con inusitada rapidez, por destrucción de la cubierta vegetal, especialmente en el sector norte del campo dunario, en las proximidades de áreas de ocupación industrial.
- En vistas del interés científico y escénico de las dunas de Ritoque, se recomienda el moni-

toreo constante de los cambios que están ocurriendo, para protegerlas de posibles deterioros irrecuperables.

- Finalmente se comprueba que los ambientes dunarios son muy sensibles a las acciones de agentes naturales y antrópicos. Es altamente recomendable conocer el grado de transformación actual de estos paisajes y evaluar el impacto de los usos que ellos soportan. Esto contribuye al aporte de antecedentes para la proposición de métodos de manejo y normas en la gestión de los ambientes costeros.

BIBLIOGRAFIA

BAGNOLDS, R.A. 1941: The physics of blown sand and desert dunes. Methuen, London.

CASTRO, C. 1984-85: Reseña del estado actual de conocimiento de las dunas litorales en Chile. Rev. Geo. de Chile. Terra Australis, 18: 13-32.

CASTRO, C. 1987: Artificial construction of foredunes and interference of dune-beach interaction, Chile. Actas de "Annual Meeting of the Association of American Geographers", Portland, Oregon, USA, abril 1987.

CASTRO, C.; VICUÑA, R. 1987: Man's impact on coastal dunes in central Chile (32°-34°S). Rev. de Cs. del Mar, Thalassas. Vigo. España, pp. 1-16.

COGOLLOR, G. y VITA, A. 1980: Estudio del control de las dunas de Ritoque. Bol. Téc. N° 60. Fac. Cs. Forestales, U. de Chile, pp. 68-86.

HESP, P.A. 1981: The formation of shadow dunes. Sed. Petrology. Vol. 51, N° 1.

FUENZALIDA, H. 1956: Campos de dunas en la costa de Chile Central. XII^e Congr. Intern. Geo. Río de Janeiro, pp. 234-240.

KOHLER, A. 1970: Geobotanische Untersuchungen an Küntendünen Chiles surschen 27 und 52 Grad sudl. Brute Bot. Jahrb. (30): 50-200.

PASKOFF, R. 1970: Recherches géomorphologiques dans le Chili semi-aride. Biscaye, Bordeaux.

POMAR, 1962: Cambios en los ríos y en la morfología de la costa de Chile. Rev. Chilena de Hist. y Geogr. N° 130.

THOMAS, T. 1975: Actions éoliennes en milieu littoral: la pointe de la Coubre. Mém. Ecole pr. de hautes études N° 29. Dinard, Francia. 146 p.

VICUÑA, P. 1987: Indicadores morfológicos de la degradación antrópica en dunas antiguas en la costa de Chile Central. Mem. de Título. Inst. Geografía. Pontificia Univ. Católica, Santiago, Chile (inédita).