

Historia de la vegetación de bosques pantanosos de la costa de Chile central durante el Holoceno medio y tardío

Vegetational history of the swamp forests of the central Chilean
coast during the mid-and late Holocene

RODRIGO VILLA-MARTINEZ y CAROLINA VILLAGRÁN

Laboratorio de Palinología, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias,
Universidad de Chile, Casilla 653, Santiago, Chile
E-mail: rvilla@pregrado.ciencias.uchile.cl

RESUMEN

El análisis de polen fósil contenido en sedimentos de bosques pantanosos de los sitios Quintero II (32°47'S; 71°30'W) y Santa Julia (32°49'S; 71°29'W), en la costa de Chile central, evidencian una fase inicial de vegetación de playas con colonización de Chenopodiáceas halófitas y Gramíneas, antes de 5.000 años A.P. Los altos porcentajes de *Ephedra* sugieren una vegetación rala, probablemente desarrollada bajo condiciones de clima más cálido y seco que el imperante actualmente en el área. Esta situación es coincidente con niveles altos del océano y con los máximos de temperatura del Holoceno. Después de 5.000 años A.P., la depositación de una nueva generación de dunas, por una probable intensificación de los vientos del oeste, habría represado los cursos de agua en el sector, posibilitando el establecimiento de una laguna de aguas someras, como lo sugieren la depositación de sedimentos limosos y el registro del molusco *Littoridina* en el perfil Quintero II. Alrededor de 4.500 años A.P. comienza la colonización de la laguna por vegetación acuática (*Typha*, *Myriophyllum* y la microalga *Pediastrum*), con un entorno aún dominado por vegetación de playas. Alrededor de los 4.000 años A.P., la desaparición de las Chenopodiáceas halófitas y el aumento de las Cyperáceas y Rubiáceas, en concordancia con el inicio de la depositación de turbas, marcan el establecimiento del actual pantano, con condiciones de mayor humedad que durante la fase anterior. Desde 2.000 años en Quintero II, y desde cerca de 1.000 años A.P. en Santa Julia, se registra la dominancia de taxa arbóreos (e.g., *Escallonia* y *Myrceugenia exsucca*), helechos de sotobosque y especies acuáticas. Las condiciones climáticas de esta última fase habrían sido más frías y húmedas, semejante a las actuales en el área. Considerando la sucesión vegetal inferida a partir de los registros palinológicos, y los antecedentes geomorfológicos y paleoclimáticos disponibles para el área, se propone un modelo de la evolución de la vegetación litoral de Chile central, después del último máximo transgresivo del Holoceno.

Palabras clave: Palinología, paleoclima, Holoceno medio y tardío, Chile central, bosques pantanosos.

ABSTRACT

Pollen analyses from Quintero II (32°47'S; 71°30'W) and Santa Julia (32°49'S; 71°29'W) swamp forest sites in the coast of central Chile, suggest an initial beach condition that was colonized by halophytic Chenopodiaceae and grasses (Gramineae), before 5,000 years B.P. The abundance of *Ephedra* indicates a sparse vegetational cover, and suggests warmest and driest climatic conditions than today. These conditions are concordant with high sea levels and mid Holocene temperatures maximum. After 5,000 years B.P. the deposition of a new dune sequence, by intensification of the westerlies, would have dammed water courses. These dunes together with silty sediments established a shallow water lagoon. The presence of the mollusk *Littoridina* is registered during this phase in the Quintero II profile. Around 4,500 years B.P., the lagoon was colonized by aquatic taxa such as *Typha*, *Myriophyllum* and the microalga *Pediastrum*, surrounded by dune vegetation. The disappearance of halophytic Chenopodiaceae and the increase of Cyperaceous and Rubiaceae taxa indicate increasingly wet conditions starting 4,000 years B.P. The abundance of arboreal taxa, such as *Escallonia* and *Myrceugenia exsucca*, and of aquatic species along with the presence of sub-canopy ferns, recorded around 2,000 years B.P. for Quintero II and c.a. 1,000 years B.P. for Santa Julia sites, suggests the establishment of the present-day forest, and indicates the onset of a cool and humid climate, similar to conditions today. Considering the successional pattern, inferred from palynological record, palaeogeomorphic and palaeoclimatic data from the area, we propose a model for the evolution of the coastal landscape in the study area, after the last transgressive maximum in the Holocene.

Key words: Palynology, paleoclimate, mid and late Holocene, central Chile, swamp forests.

INTRODUCCION

A pesar de la notable sensibilidad de la región mediterránea de Chile central (30°-38°S) para el registro de los cambios climáticos pasados, por su carácter de transición climática y vegetal, la historia del clima y de la vegetación de esta zona geográfica es muy poco conocida, a excepción de dos estudios realizados (Heusser 1983, 1990, Villagrán & Varela 1990). La escasez de información se debe, en parte, a la dificultad para encontrar registros adecuados en la región. En este sentido, los bosques pantanosos del litoral de Chile central constituyen una excelente fuente de datos paleoclimáticos, debido a que la rápida acumulación de materia orgánica en ellos posibilita la obtención de potentes columnas de sedimentos con una buena preservación de polen fósil.

Los bosques pantanosos tienen un área de distribución amplia y fragmentada en Chile, desde Coquimbo a Puerto Montt (30°-41°28'S) (San Martín et al. 1988). Generalmente se sitúan en fosas tectónicas, depresiones interdunarias o en fondos de quebradas, en suelos con mal drenaje y anegamiento estacional (Castro 1987, Ramírez et al. 1983, San Martín et al. 1988, Varela 1981). Estas condiciones geomorfológicas posibilitan el aporte constante de aguas subterráneas, configurando así un tipo de vegetación con carácter azonal. Los taxa arbóreos dominantes pertenecen a varias especies de la familia Myrtaceae (*Myrceugenia*, *Luma*, *Blepharocalyx*), junto a otras como *Drimys winteri* JR et G Foster (Winteraceae) y *Escallonia revoluta* (R. et P.) Pers. (Saxifragaceae) (Villagrán 1982, Looser 1944, Ramírez et al. 1983, San Martín et al. 1988).

Algunos registros palinológicos provenientes de bosques pantanosos (Quereo, 32°S y Quintero I, 32°47'S) muestran que durante el Holoceno han ocurrido importantes cambios en la vegetación de estos sistemas y que el establecimiento de las especies arbóreas es muy reciente, bajo las condiciones climáticas más húmedas del Holoceno tardío (Villagrán & Varela 1990). Sin embargo, la gruesa resolución temporal de estos registros no ha permitido

definir con precisión la cronología de los cambios climáticos y vegetacionales durante el Holoceno.

El propósito de este trabajo es contribuir a la reconstrucción de la historia climática y vegetal de la costa de Chile central durante el Holoceno medio y tardío, en base al análisis de polen fósil obtenidos en perfiles de dos bosques pantanosos.

METODOS

Area de estudio

En la Fig. 1 se muestra la geomorfología del área de estudio y la ubicación geográfica de los dos sitios seleccionados para el análisis de polen fósil: Quintero II (10 m de altitud, 32°47'S-71°30'W) y Santa Julia (10 m de altitud, 32°49'S-71°29'W).

El clima regional ha sido clasificado como mediterráneo, semiárido, con influencia marítima, bajos niveles de precipitación invernal (281 mm) y sequía de verano (Di Castri & Hajek 1976). Los vientos predominantes provienen del oeste (Miller 1976).

La vegetación regional del área corresponde a matorral esclerófilo dominado por *Lithrea caustica* (Mol.) H et A, *Cryptocarya alba* (Mol.) Looser y *Adenopeltis serrata* (W Aiton) Jhonst. En los bosques pantanosos estudiados dominan *Myrceugenia exsucca* (DC) Berg, *Drimys winteri* y *Escallonia revoluta*, en el estrato arbóreo, y la liana *Cissus striata* R. et P. Estos bosques están rodeados por extensas áreas pantanosas dominadas por Cyperáceas, tales como *Scirpus californicus* (Mey) Steud., *S. ceruus* Vahl y *S. inundatus* (R. Br.) Poir. Alrededor de los pantanos se desarrollan praderas de Chenopodiáceas, conformadas básicamente por *Sarcocornia fruticulosa* (L.) Scott, *Atriplex prostrata* Boucher ex DC. y *Chenopodium frigidum* Phil. (Looser 1944, Levi 1951, Gunkel 1954, Villagrán 1982, Villa 1995).

El desarrollo de los bosques pantanosos en el área de estudio está relacionado con la evolución de la geomorfología del paisaje litoral durante el Holoceno. En la Fig. 1 se muestran los sistemas de dunas reconocidos por Castro (1984-85, 1987). Las du-

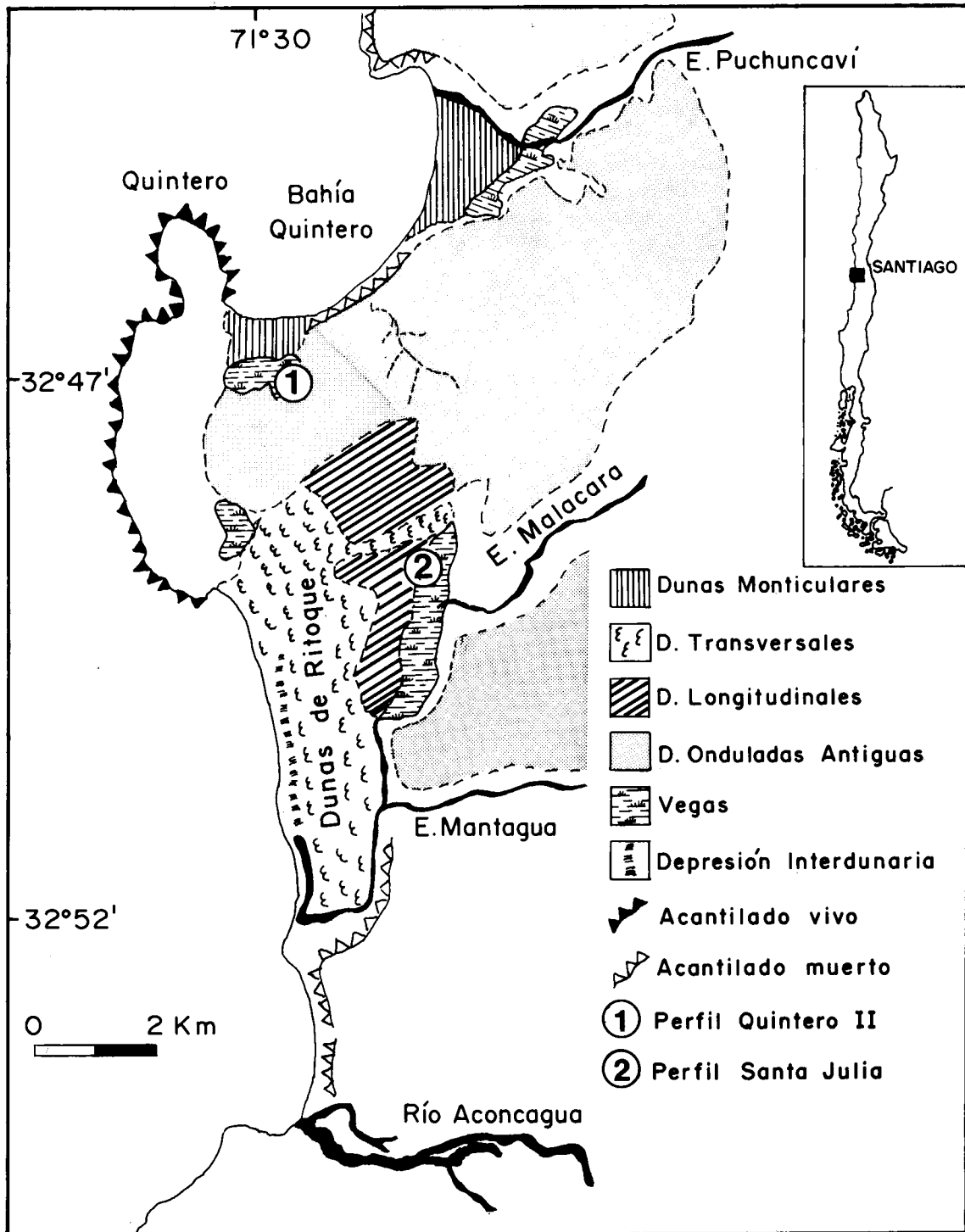


Fig. 1: Geomorfología del área de estudio y situación geográfica de los dos perfiles obtenidos para análisis de polen (modificado de Castro 1984-85, 1987 y Andrade & Castro 1987).

Geomorphology of the study site and geographic location of the two profiles for palynological analysis (modified after Castro 1984-85, 1987 and Andrade & Castro 1987).

nas más antiguas (onduladas y longitudinales) tienen edades correspondientes al Pleistoceno y Holoceno temprano, mientras que las dunas actuales (transversales y monticulares) se formaron después de la última transgresión marina del Holoceno, entre 6.000 y 4.000 años A.P. (Caviedes 1972, Paskoff 1970, Castro 1984-85). En la Fig. 1 se observa que las áreas pantanosas (vegas y bosques) se ubican entre los sistemas de dunas de distintas edades.

ESTRATIGRAFIA DE LOS PERFILES Y METODOS

Las columnas de sedimentos fueron extraídas utilizando los barrenos de Dachnowsky y Sonda Rusa. El perfil Quintero II (Fig. 2), con una potencia de 670 cm, está constituido por arenas (670-590 cm), limos (590-295 cm) y turbas (295-0 cm), estas últimas con restos de Cyperáceas (295-90 cm) y madera (90-0 cm). En dos niveles aparecen moluscos del género *Littoridina* (640-590 y 470-390 cm), un indicador de lagunas temporales y de cauces de poca energía (Biese 1944, 1947). Se dispone de tres fechados ra-

diocarbónicos para esta columna estratigráfica: 5.050±90 años A.P. (580-600 cm, Beta 52910), 4.060±260 años A.P. (296-300 cm, Beta 65971) y 2.060±70 años A.P. (85-89 cm, Beta 65970).

El perfil Santa Julia (Fig. 2), con una potencia de 380 cm, está compuesto por arenas turbosas (380-290 cm), turbas arcillosas (290-42 cm) con restos de Cyperáceas (250-220 cm), y turbas (42-0 cm). Se dispone de un fechado de 1.450±70 años A.P. (Beta 59818) para la base de esta columna (380-360 cm). Los niveles basales de este perfil (295-380 cm) presentaron baja concentración de polen y no fueron considerados en los recuentos de éste.

A lo largo de las columnas estratigráficas, volúmenes de 3 cm³ de sedimentos fueron extraídos cada 10 ó 20 cm de profundidad. A cada muestra de sedimento se agregó un marcador exótico (esporas de *Lycopodium*, Stockmarr 1971) para efectuar recuentos absolutos de polen. Las muestras fueron procesadas con KOH, HF y acetólisis, se limpiaron con ultrasonido y se montaron en gelatina-glicerina (Erdtman 1969, Faegri & Iversen 1989). En

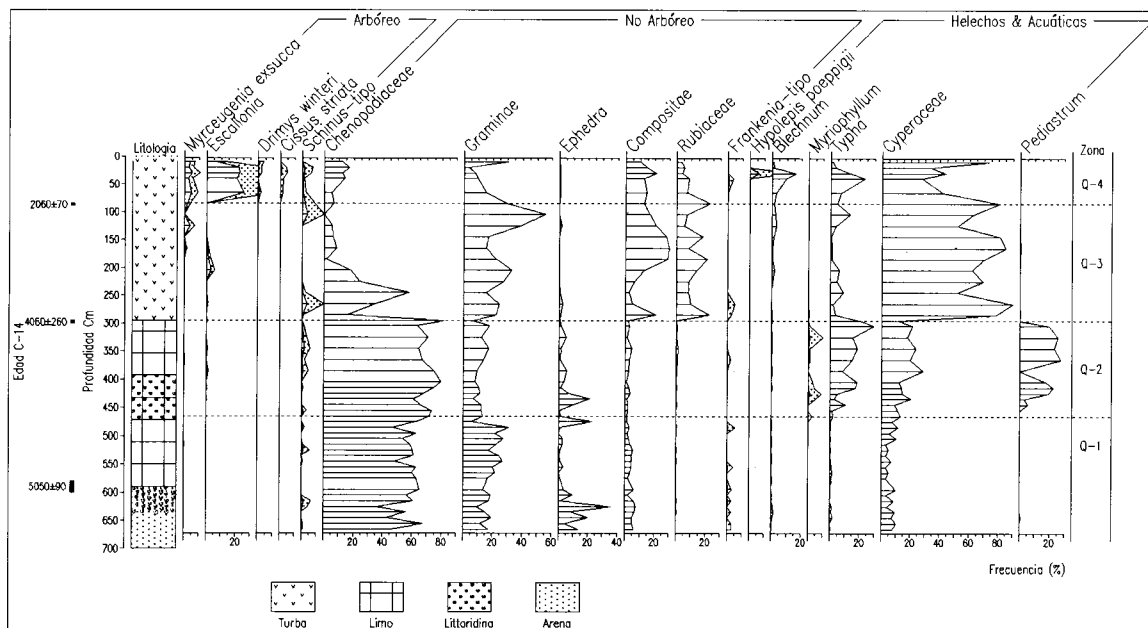


Fig. 2: Diagrama de porcentajes de polen, cronología radiocarbónica y estratigrafía del perfil Quintero II.

Pollen diagram, radiocarbon chronology and stratigraphy on the Quintero II profile.

cada nivel de profundidad procesado se realizaron recuentos microscópicos de polen hasta completar una suma básica de 300 granos de polen arbóreo y no arbóreo. De esta suma básica fueron excluidos los conteos del polen de los taxa acuáticos, esporas de helechos y de la microalga *Pediastrum*. Para cada nivel de profundidad analizado se calcularon los porcentajes de frecuencia relativa de los taxa arbóreos y no arbóreos, en base a la suma básica de 300 granos. Los porcentajes de los grupos de taxa excluidos de la suma básica se calcularon sobre la suma total de granos contados. Los datos conjuntos fueron graficados en forma de diagramas de polen de porcentajes y de influjo, utilizando el programa TILIA. Los diagramas de polen fueron zonificados y los límites de las zonas polínicas se establecieron en los niveles de profundidad en que se observaron los mayores cambios en la composición florística. La delimitación de las zonas polínicas fue corroborada con análisis multivariado (DCA) del programa CONISS (Grimm 1987).

Para la descripción e interpretación de las zonas polínicas se consideraron los taxa polínicos indicadores de las distintas unidades de vegetación presentes actualmente en el área de estudio (v. gr. Praderas de Chenopo-

diáceas, Pantanos de Cyperáceas, Bosques pantanosos de mirtáceas y Matorral Esclerófilo). La definición de taxa indicadores fue realizada en base al análisis de la relación existente entre la vegetación actual y la lluvia de polen en la atmósfera (Villa & Villagrán, datos no publicados). La nomenclatura sigue a Marticorena & Quezada (1985).

La concentración de polen ($\text{granos}/\text{cm}^3$) se obtuvo de acuerdo a la metodología de Stockmarr (1971). Considerando la concentración polínica y la tasa de acumulación de sedimentos por unidad de tiempo, obtenida esta última por interpolación lineal de los fechados radiocarbónicos, se obtuvieron valores de influjo polínico ($\text{granos}/\text{cm}^2/\text{año}$) (Davis 1969, Faegri & Iversen 1989).

RESULTADOS

Los resultados del análisis palinológico se indican en las Figs. 2 - 5. Las Figs. 2 y 4 corresponden a los diagramas de porcentajes de los perfiles Quintero II y Santa Julia, respectivamente. Las Figs. 3 y 5 corresponden a los diagramas de influjo polínico de los mismos registros. A continuación se describen las zonas polínicas para los perfiles Quintero II y Santa Julia.

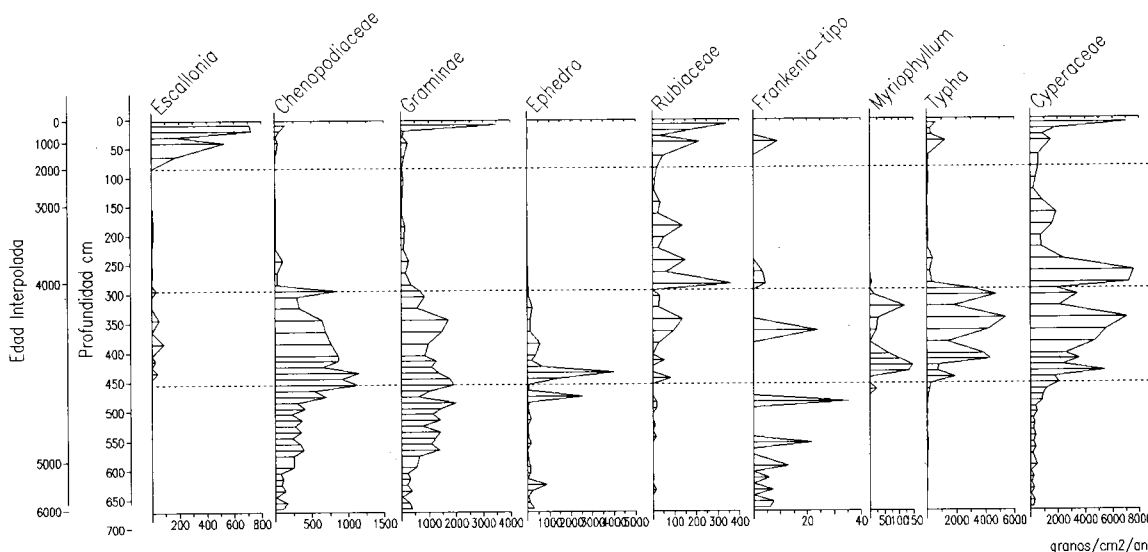


Fig. 3: Diagrama de influjo polínico de taxa seleccionados del perfil Quintero II.

Influx pollen diagram for selected taxa from Quintero II profile.

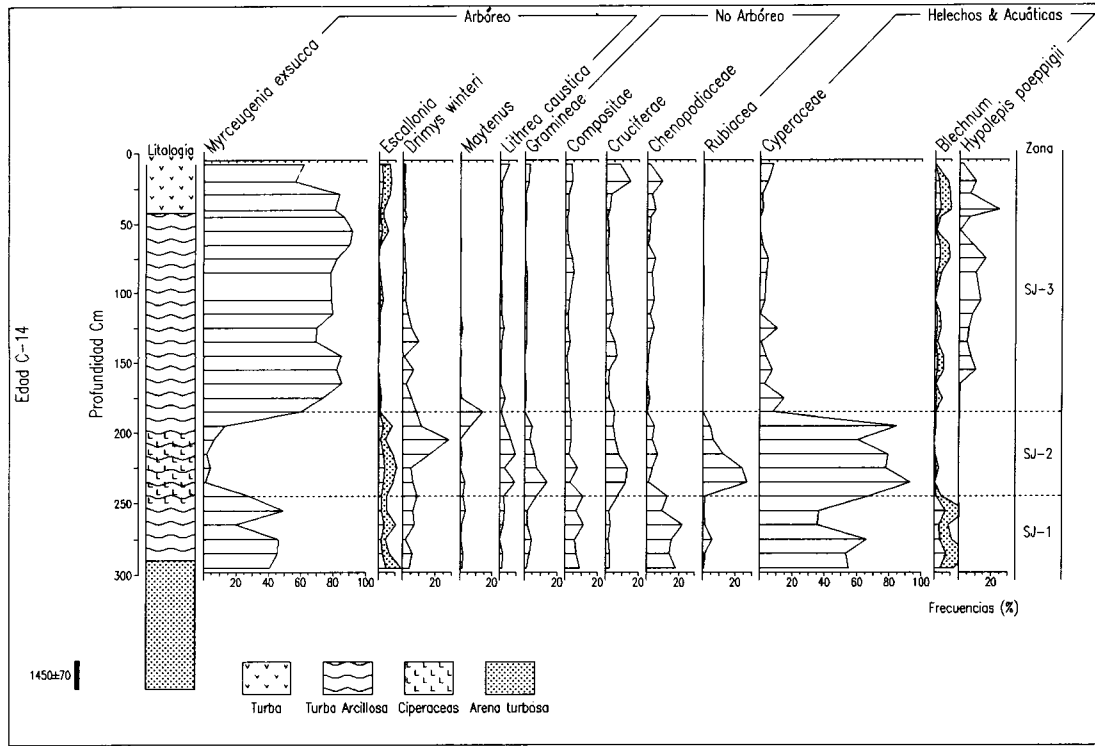


Fig. 4: Diagrama de porcentajes de polen, cronología radiocarbónica y estratigrafía del perfil Santa Julia.

Pollen diagram, radiocarbon cronology and stratigraphy on the Santa Julia profile.

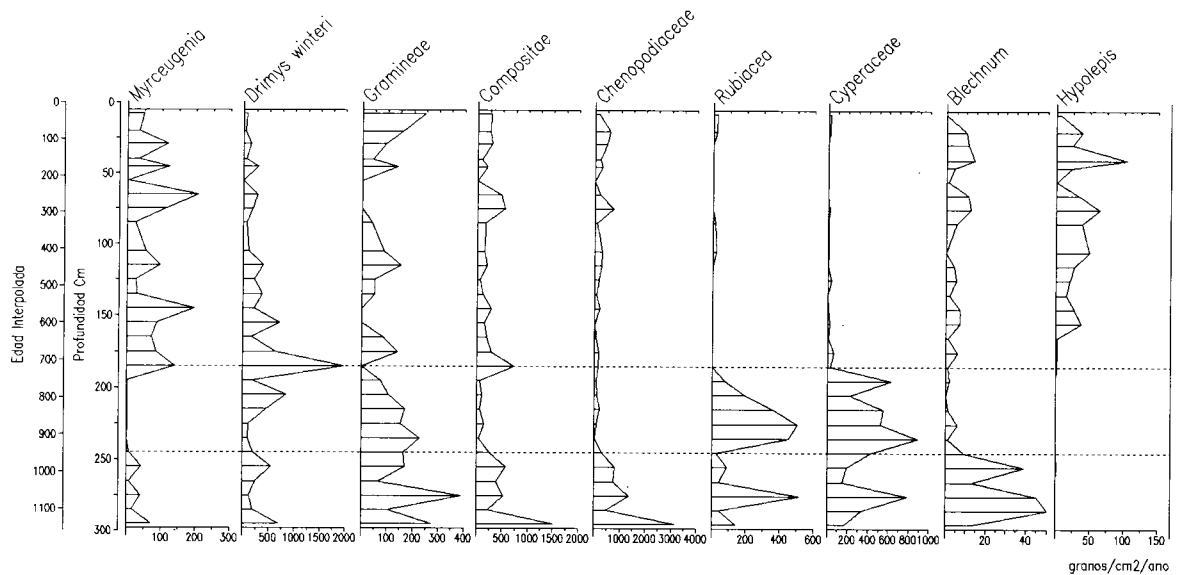


Fig. 5: Diagrama de influjo polínico de taxa seleccionados del perfil Santa Julia.

Influx pollen diagram for selected taxa from Santa Julia profile.

Perfil Quintero II

Zona 1 (Q-1)

Para esta zona polínica se dispone de un fechado de 5.050 ± 90 años A.P. que corresponde al límite arena-limo, cercano a la base del perfil (Fig. 2). La zona se caracteriza por la dominancia de Chenopodiaceae (40-60%); *Ephedra* (5-35%), un indicador de transporte a larga distancia; Compositae (10%), Gramineae (15-30%), Umbelliferae (7%) y trazas de tipo-*Frankenia* y *Schinus*. El diagrama de influjo (Fig. 3) muestra bajos valores para todos los taxa de la zona. Chenopodiaceae, Gramineae, tipo-*Franke-**nia* y Cyperaceae tienden a aumentar sus valores hacia el término de la zona. El espectro sugiere una vegetación herbácea rala, bajo condiciones climáticas probablemente más cálidas y secas que las actuales.

Zona 2 (Q 2)

El límite superior de esta zona ha sido fechado en 4.060 ± 260 años A.P. Se caracteriza por altos porcentajes de Chenopodiaceae (60-80%) y leve disminución de *Ephedra*, Compositae y Gramineae. Es notable el aumento en importancia de los taxa acuáticos, representados por *Typha* (5-25%), la microalga *Pediastrum* (0-20%) y trazas de *Myriophyllum*. El diagrama de influjo muestra que los taxa no arbóreos y acuáticos aumentan sus valores con respecto a la zona anterior, especialmente *Myriophyllum*, *Typha* y Cyperaceae. *Ephedra* alcanza valores máximos a comienzos de la zona, disminuyendo posteriormente. El espectro polínico sugiere el establecimiento de una laguna de aguas someras que fue colonizada por vegetación acuática. Subsiste la vegetación de playas (Chenopodiaceae) en el tiempo de desarrollo de esta laguna.

Zona 3 (Q 3)

La base y el techo de esta zona han sido fechados en 4.050 ± 260 y 2060 ± 70 años A.P., respectivamente. La zona se caracteriza por la disminución de las Chenopodiaceae y de las especies acuáticas de la zona anterior (*Pediastrum*, *Typha* y *Myriophy-*

llum) y un incremento importante de las Cyperaceae (50-80%), Gramineae (20-50%), Compositae (5-25%), Umbelliferae y Rubiaceae (10-20%). Además se registran trazas arbóreas de *Myrceugenia exsucca* y *Escallonia*. El diagrama de influjo para esta zona muestra una disminución de los valores de todos los taxa, excepto Rubiaceae y Cyperaceae, que alcanzan a inicios sus valores máximos. Las Chenopodiaceae disminuyen abruptamente y prácticamente desaparecen del registro. El cambio de la vegetación de halófitas de playa por taxa palustres indica la instauración del actual pantano en el área y sugiere condiciones climáticas más húmedas que en la zona anterior.

Zona 4 (Q 4)

La base de esta zona ha sido fechada en 2.060 ± 70 años A.P. Se caracteriza por la dominancia de los actuales componentes arbóreos del bosque pantanoso: *M. exsucca*, *Escallonia*, y trazas de *D. winteri* y *Cissus striata*. La mayor parte de los taxa no arbóreos mantienen los valores de la zona anterior. Cyperaceae y Gramineae disminuyen sus porcentajes, aumentando solamente al final de la zona. Se registra un aumento de los helechos *Blechnum* e *Hypolepis poeppigii*, este último de sotobosque, sugiriendo así la existencia de un bosque con dosel cerrado. El tope del perfil registra trazas de taxa arbóreos exóticos (*Pinus* y *Eucalyptus*, no mostrados en el diagrama), indicando el inicio de la perturbación humana en el área. El diagrama de influjo muestra un aumento de los valores de taxa arbóreos (e.g., *Escallonia*). Los taxa no arbóreos y acuáticos tienden a aumentar hacia el techo de la zona. Las condiciones climáticas debieron ser más frías y húmedas que en la etapa anterior, probablemente similares a las actuales del área.

Perfil Santa Julia

Zona 1 (SJ 1)

Asumiendo una depositación continua de sedimentos en la columna, el inicio de la depositación de polen en Santa Julia habría comenzado hace unos 1.000 años. Los taxa

dominantes en esta zona son *M. exsucca* (20-50%), *Chenopodiaceae* (10-20%), *Compositae* (5-10%), *Cyperaceae* (40-60%), *Blechnum* (30-65%), y bajos porcentajes de elementos esclerófilos (*Maytenus* y *Lithrea caustica*). El influjo de polen muestra valores relativamente altos para taxa no arbóreos y bajos para *M. exsucca* y *Blechnum*. Los espectros sugieren vegetación de bosque relativamente abierto y desarrollo de áreas pantanosas, esta última vegetación sugerida por los altos valores de *Blechnum* y *Cyperaceae*.

Zona 2 (SJ 2)

En esta zona se observa una abrupta disminución de *Myrceugenia exsucca* (5%), que luego aumenta hacia el término de la zona, y aumento de las *Cyperaceae* (65-90%), *Rubiaceae* (0-20%), *Cruciferae* (5-10%) y *Gramineae* (5-12%). Entre los taxa arbóreos aumentan *L. caustica* (2-10%), *D. winteri* (8-25%) y *Maytenus* (3-15%). El influjo de polen de la zona muestra, con respecto a la zona anterior, un aumento de los valores de *Rubiaceae* y *Cyperaceae*. *D. winteri* aumenta solamente hacia el final de zona y *M. exsucca* prácticamente desaparece del registro. *Chenopodiaceae*, *Compositae*, *Gramineae* y *Blechnum* disminuyen sus valores. Este espectro sugiere expansión de las áreas de pantano, posiblemente en relación con un aumento en la humedad.

Zona 3 (SJ 3)

Esta zona se caracteriza por un notable aumento de *Myrceugenia exsucca* (60-90%) y del helecho de sotobosque *Hypolepis poeppigii*. *Cyperaceae* y *Rubiaceae* disminuyen fuertemente sus porcentajes, mientras que *Blechnum* aumenta levemente. El influjo de polen muestra también un aumento abrupto en los valores de *M. exsucca*, *D. winteri*, *Compositae*, *Blechnum* y *H. poeppigii*, mientras que *Rubiaceae* y *Cyperaceae* los disminuyen. *Chenopodiaceae* mantiene los bajos valores de la zona anterior. Este espectro sugiere el desarrollo de un bosque denso y cerrado. Hacia el término de esta zona se registran indicadores de perturbación antrópica (*Pinus* y *Eucalyptus*, no

mostrados en el diagrama). Se observa una leve disminución en los porcentajes de *Myrceugenia exsucca* y aumento de *Gramineae*. Esto sugiere una apertura del bosque en tiempos recientes.

DISCUSION

La Fig. 6 muestra una reconstrucción de la historia de la paleovegetación en las distintas fases de depósito de la columna Quintero II, desde 5.000 años A.P. al actual, en concordancia con eventos paleogeográficos y paleoambientales documentados para el área. Ello puede constituir un modelo pertinente para la evolución de la vegetación durante el Holoceno medio y tardío.

Los antecedentes para la costa pacífica de Sudamérica (Clark et al. 1978, Clark & Bloom 1979, Porter et al. 1984, Ota & Paszkoff 1993, Jerardino et al. 1992) indican que durante el Tardiglacial y Holoceno se produjo un sostenido ascenso del nivel del mar que culminó entre los 6.000 y 5.000 años A.P., alcanzando niveles de 2 a 5 metros por sobre el nivel actual (Fig. 6, Fase I). A partir 5.000 años, el mar ha descendido gradualmente hasta su nivel actual.

Un debilitamiento de la surgencia de aguas frías en la costa, ascenso de la capa de inversión térmica, disminución de la nubosidad y vientos del oeste debilitados (flecha de trazo discontinuo en Fig. 6, Fase I), parecen concordantes con la transgresión marina documentada entre 6.000-5.000 años, evento relacionado probablemente con el máximo de temperaturas del Holoceno. La existencia de una fase cálida y seca es sugerida fuertemente por el espectro de polen registrado antes de los 5.000 años en Quintero II, con dominio de vegetación rala de *Chenopodiáceas* (e.g., tipo-*Frankenia* y *Gramíneas*), trazas del matorral esclerófilo, bajos valores de influjo polínico y altos porcentajes del indicador de transporte a larga distancia *Ephedra*. Es posible que en depresiones interdunarias existiera vegetación palustre, dominada por *Cyperaceae* (Fig. 2), cuando la capa freática afloraba en la superficie (Fig. 6, Fase I). Este espectro es concordante con el documentado por Villagrán &

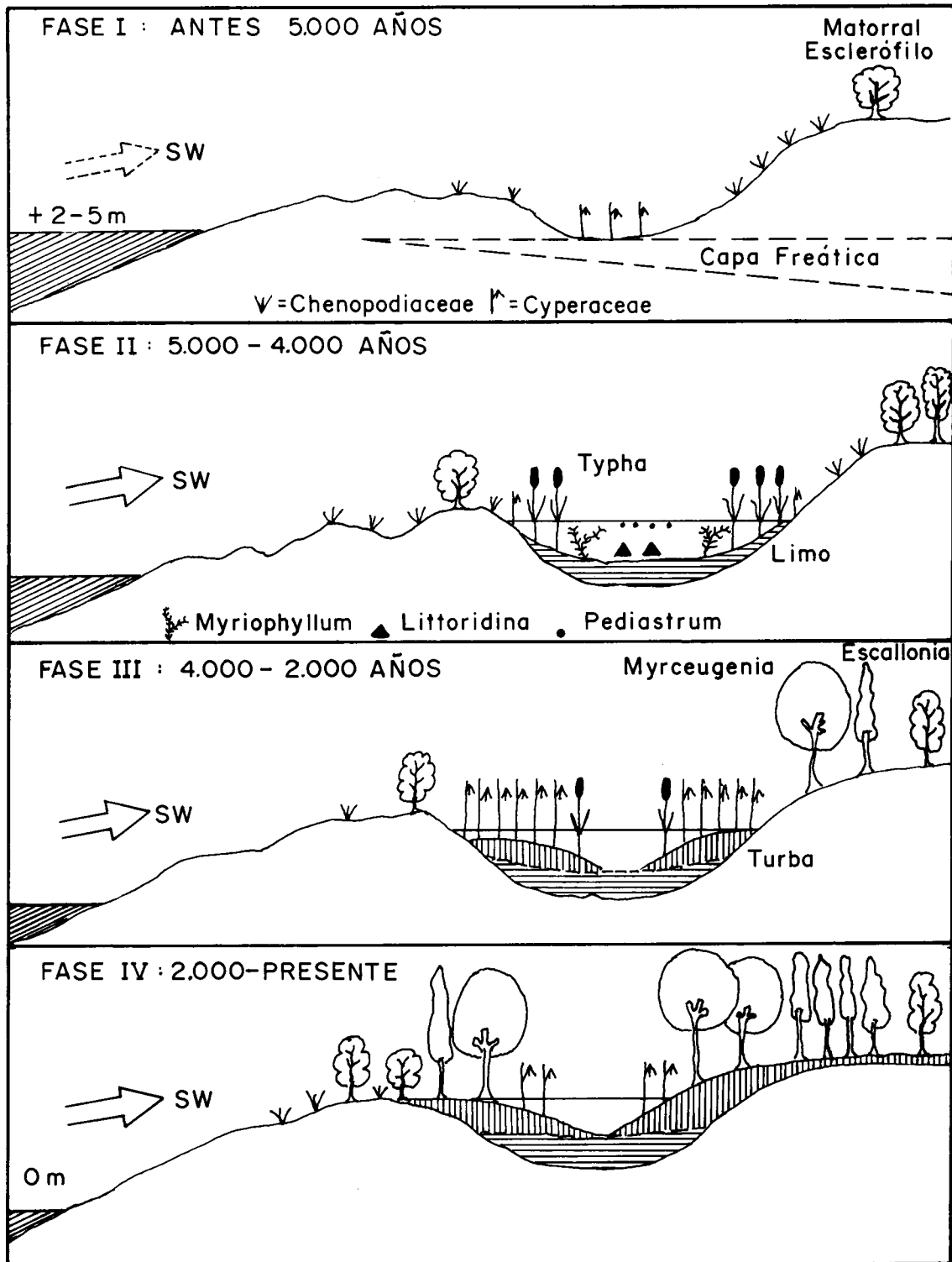


Fig. 6: Modelo de evolución de la vegetación y del paisaje litoral del área de estudio durante el Holoceno medio y tardío.

Vegetation and littoral landscape evolution model during mid- and late Holocene in the study area.

Varela (1990) para el bosque pantanoso de Quereo (32°S) durante el Holoceno medio.

De acuerdo a Caviedes (1972), las dunas actuales depositadas sobre la planicie costera inferior se acumularon cuando el mar se retiró desde su posición máxima, a los 5.000 años, y el clima se tornó gradualmente más seco y fresco, por la acción de los vientos del oeste intensificados (flecha de trazo continuo en Fig. 6, Fase II). Este autor propone que, después de la transgresión oceánica, se restableció una circulación atmosférica similar a la actual, con mayor influencia de los vientos del oeste que transportaron hacia el norte los sedimentos litorales y fluviales depositados en la boca del río Aconcagua, hasta formar las acumulaciones de la actual duna de Ritoque (ver Fig. 1).

La hipótesis de Caviedes (1972) es concordante con las proposiciones de Rollins et al. (1986) y Sandweiss et al. (1996), quienes deducen una reactivación de la surgencia de aguas frías entre 5.100 y 4.260 años A.P., a partir de cambios de la fauna fósil de moluscos en la costa peruana, desde conjuntos faunísticos asociados a la provincia cálida panameña a otros característicos de la costa peruana fría. La reactivación de la corriente fría de Humboldt podría haber determinado una disminución de las temperaturas y, posiblemente, un aumento de la nubosidad costera. El influjo de polen del perfil Quintero II muestra altos valores de las Chenopodiáceas, entre 5.000 y 4.500 años A.P., y después una paulatina disminución. Esta tendencia de disminución de las Chenopodiáceas podría indicar un aumento de la nubosidad, después de 4.500 años A.P.

La depositación de una nueva generación de dunas, paralelas a las más antiguas preexistentes a la transgresión, podría haber represado cauces de agua y determinado la formación de lagunas temporales (Fig. 6, fase II), hechos postulados por Levi (1951) para el bosque de Quintero, y por Castro (1984-85) para las actuales lagunas de Mantagua, Ritoque y Ventana. La situación es concordante con el registro del molusco *Littoridina* en el perfil Quintero II. La acumulación de limo lacustre que registra este perfil habría sellado el drenaje ba-

sal de la laguna, provocando la mantención del agua todo el año y la colonización por especies acuáticas y palustres, como se observa en el registro Quintero II a partir de 4.500 años A.P. (Fig. 6, Fase II).

A partir de los 4.000 años A.P., en concordancia con el inicio de la acumulación de turbas del registro Quintero II, comienza el relleno de la laguna con vegetación palustre (Cyperaceae) y, al mismo tiempo, desaparece la vegetación dominada por Chenopodiaceae (Fig. 6, Fase III). Este último hecho sugiere un clima más húmedo que en la fase anterior. Esto es concordante con el registro de arcillas en el perfil Quintero I, antes de 3.800 años A.P. (Villagrán & Varela 1990).

La aparición de trazas de los taxa arbóreos *Myrceugenia exsucca* y *Escallonia* en esta fase, sugiere una tendencia hacia un clima más frío y húmedo. Las condiciones apropiadas de temperaturas y humedad para el establecimiento del actual bosque se registran a los 2.000 años A.P. en Quintero II, cuando dominan los taxa arbóreos (Fig. 6, Fase IV).

La fina resolución temporal del perfil Santa Julia proporciona información detallada para el desarrollo del bosque durante los últimos 1.000 años. Este perfil muestra una fase inicial de bosque relativamente abierto y desarrollo de áreas pantanosas, indicado por los moderados porcentajes de *M. exsucca*, Cyperaceae y Rubiaceae. Sigue una fase de expansión de las áreas pantanosas y retracción del bosque, debido posiblemente a un aumento de la humedad. Durante la última fase se desarrolla un bosque denso con dosel cerrado, sugerido por el aumento de los porcentajes de *M. exsucca* y el helecho *H. poeppigii*. Actualmente este helecho se encuentra casi extinguido en los bosques de Chile central. En el sector de Santa Julia actualmente no existe, ya que el bosque ha sido prácticamente destruido por acción de incendios de origen antropogénico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su gratitud a Felipe Hinojosa y Juan Carlos Aravena, por su ayuda en la extracción de los perfiles de

sedimentos y en el muestreo de la vegetación. Este trabajo fue financiado por los proyectos Fondecyt 91-0844, SAREC: "Climatic change during Holocene in Chile" y PG 101-93 del Departamento de Postgrado y Postítulo, Dirección Académica y Estudiantil de la Universidad de Chile.

LITERATURA CITADA

- ANDRADE B & C CASTRO (1987) Antecedentes sobre la valorización y manejo de las costas arenosas en Chile. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis* 30:23-37.
- BIESE W (1944) Revisión de los moluscos terrestres y de agua dulce provistos de concha de Chile. I parte. *Boletín Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* 22: 169-190.
- BIESE W (1947) Revisión de los moluscos terrestres y de agua dulce provistos de conchas de Chile. II parte. *Boletín Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* 23: 63-77.
- CASTRO C (1984-85) Reseña del estado actual de conocimiento de las dunas litorales en Chile. *Revista Geográfica Chile Terra Australis* 28:13-32.
- CASTRO C (1987) Transformaciones geomorfológicas recientes y degradación de las dunas de Ritoque. *Revista Geográfica Norte Grande (Chile)* 14: 3-13.
- CAVIEDES C (1972) Geomorfología del Cuaternario del Valle del Aconcagua, Chile central. *Freiburger Geographische Hefte* N° 11. 153 pp.
- CLARK J, WE FARREL & WR PELTIER (1978) Global changes in postglacial sea level: A numerical calculation. *Quaternary Research* 9: 265-287.
- CLARK J & A BLOOM (1979) Hidroisostasy and Holocene emergence of South America... *Proceedings of the "International Symposium on coastal evolution in the Quaternary"* Sao Paulo, Brasil (1978): 41-60.
- DAVIS MB (1969) Climatic change in Southern Connecticut recorded by pollen deposition at Rogers Lake. *Ecology* 50:409-422.
- DI CASTRI F & E HAJEK (1976) *Bioclimatología de Chile*. Editorial Universidad Católica de Chile. Santiago. 129 pp.
- ERDTMAN G (1969) *Handbook of Palynology*. Munksgaard (Kobenhavn). 486 pp.
- FAEGRI K & J IVERSEN (1989) *Textbook of pollen analysis*. 4ª Ed. Blackwell Scientific publication. 327 pp.
- GRIMM EC (1987) Coniss: A fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Computers & Geosciences* 13(1): 13-35.
- GUNCKEL H (1954) Las ciperáceas de los alrededores de Quintero. *Revista Chilena de Historia Natural* 14: 129-151.
- HEUSSER CJ (1983) Quaternary pollen record from Laguna de Tagua-Tagua, Chile. *Science* 219: 1429-1432.
- HEUSSER CJ (1990) Ice age and climate of subtropical Chile. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 80: 107-127.
- JERARDINO A, J CASTILLA, J RAMÍREZ & N HERMOSILLA (1992) Early coastal subsistence patterns in central Chile: A systematic study of the marine-invertebrate fauna from the site Curaumilla-1. *Latin America Antiquity* 3: 43-62.
- LEVI U (1951) Esquema ecológico del bosque de Quintero. *Investigaciones Zoológicas Chilenas* 1: 4-18.
- LOOSER G (1944) Anotaciones fitosociológicas sobre la región de Quintero. *Revista Universitaria (U. Católica de Chile)* 29: 27- 33.
- MARTICORENA C & M QUEZADA (1985) Catálogo de la flora vascular de Chile. *Gayana (Botánica) (Chile)* 42 : 5-155.
- MILLER A (1976) The climate of Chile. En : Schwerdtfeger W (Ed.) *Climates of Central and South America*: 113-145. Vol 12. Elsevier, Amsterdam.
- OTA Y & R PASKOFF (1993) Holocene deposits on the coast of the north-central Chile: radiocarbon ages and implications for coastal changes. *Revista Geológica de Chile* 20: 25-32.
- PASKOFF R (1970) *Reserches géomorphologies dans le Chile semiaride*. Biscaye, Bordaux. 420 pp.
- PORTER S, M STUIVER & C HEUSSER (1984) Holocene sea-level along the strait of Magellan and Beagle channel, Southernmost South America. *Quaternary Research* 22: 59-67.
- RAMIREZ C, F FERRIERE & H FIGUEROA (1983) Estudio fitosociológico de los bosques pantanosos templados del Sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 56: 11-26.
- ROLLINS H; J RICHARDSON & D SANDWEISS (1986) The birth of El Niño: Geoarchaeological evidence and implications. *Geoarchaeology* 1: 3-15.
- SANDWEISS D, J RICHARDSON III, E REITZ, H ROLLINS & K MAASCH (1996) Geoarchaeological evidence from Peru for a 5000 years B.P. Onset of El Niño. *Science* 273: 1531-1533.
- SAN MARTIN J, A TRONCOSO & C RAMIREZ (1988) Estudio fitosociológico de los bosques pantanosos de la Cordillera de la Costa de Chile Central. *Bosque (Chile)* 9: 17-33.
- STOCKMARR J (1971): Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores* 13: 615-621.
- VARELA J (1981) Geología del cuaternario del área de los Vilos-Ensenada el Negro (IV Región) y su relación con la existencia del bosque "relictivo" de Quebrada Quereo. *Comunicaciones (Chile)* 33:17-30.
- VILLA R (1995) Reconstrucción paleoambiental del Holoceno de la costa de Chile central basada en análisis de polen fósil de sedimentos de bosques pantanosos. Tesis de Magister, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. xiv + 117 pp.
- VILLAGRAN C (1982) Estructura florística e historia del bosque pantanoso de Quintero (Chile, V región) y su relación con las comunidades relictuales de Chile central y Norte Chico. *Resúmenes del III Congreso Geológico Chileno*, a: 377-402.
- VILLAGRAN C & J VARELA (1990) Palynological evidence for increased aridity on the Central Chilean Coast during the Holocene. *Quaternary Research* 34: 198-207.