

# Cambios en la vegetación de la franja litoral de las Marismas de Doñana (Huelva, España) durante el holoceno reciente

Celia Yáñez Camacho<sup>1</sup>, Antonio Rodríguez Ramírez<sup>1</sup>, José Sebastián Carrión García<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Geodinámica y Paleontología, Universidad de Huelva, Avda. de las Fuerzas Armadas s/n., 21071 Huelva, España.

<sup>2</sup> Departamento de Biología Vegetal (Botánica), Facultad de Biología, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, 30100 Murcia, España.

## Resumen

Correspondencia

A. Rodríguez

E-mail: arodri@uhu.es

Recibido: 26 Julio 2006

Aceptado: 18 Octubre 2006

Este trabajo se basa en el análisis polínico de tres testigos de sedimento obtenidos en el sector sur de Doñana y correspondientes al Holoceno reciente. Se observa cómo los cambios ocurridos en la vegetación autóctona marismeña durante el Holoceno están controlados primordialmente por la dinámica geomorfológica del medio, lo cual hace que los modos y tiempos de la respuesta vegetal al cambio climático hayan sido fuertemente modulados. Los eventos de prevalencia de las condiciones marinas en el estuario quedan reflejados por hiatos palinológicos. El cuadro de microfósiles no polínicos sugiere que dicha esterilidad viene condicionada por alteración postdeposicional y fases de erosión que provocarían contactos litológicos abruptos.

**Palabras clave:** Palinología, Paleoecología, Cuaternario, Holoceno, España, Doñana.

## Abstract

*Vegetation change in the Doñana marshlands (Huelva, Spain) during the late Holocene.*

This work is based on the pollen analysis of three Late Holocene sediment cores from southwestern Doñana. It shows as vegetation changes are largely controlled by geomorphological dynamics, so that vegetational developments in response to climatic changes appear strongly conditioned. The events of prevalence of marine conditions correspond to palynological hiatuses, and the non-pollen microfossil assemblages suggest this sterility is a reflection of post-depositional processes including localized erosion that could have led to sharp contacts in the stratigraphies.

**Key words:** Palynology, Palaeoecology, Quaternary, Holocene, Spain, Doñana.

## Introducción

A pesar de su enorme interés ecológico y biogeográfico, Doñana ha sido escasamente investigada desde una perspectiva paleoecológica, especialmente en lo que concierne a la historia de la vegetación y sus

implicaciones sobre la dinámica actual (Stevenson 1985, Stevenson & Moore 1988, Stevenson & Harrison 1992, Yll et al. 2004). El presente trabajo tiene como objetivo incrementar nuestro conocimiento paleoambiental para los últimos 2000 años en un sector limítrofe entre la marisma y la flecha litoral, muy

próximo a la franja litoral. Se trata de un escenario *a priori* idóneo para detectar los cambios del paisaje vegetal conectados a las fluctuaciones y alternancias entre la dinámica marina y fluvial, las cuales sabemos que han persistido hasta época muy reciente.

## Encuadre biogeográfico

El estuario del Guadalquivir se sitúa en el suroeste de la península Ibérica, bajo la influencia del Océano Atlántico, entre los 6° 00' y 6° 29' de longitud oeste y los 36° 50' y 37° 10' de latitud norte (Fig. 1). La formación queda constituida por una extensa marisma de unas 140.000 ha, de la cual hoy día solo quedan unas 40.000 ha dentro de la Reserva de la Biosfera de Doñana, estando el resto bastante transformado por las intensas actividades agrícolas. La marisma se encuentra surcada por innumerables arterias fluviales, siendo la más importante la del río Guadalquivir. La cartografía geomorfológica, junto con estudios morfo-sedimentarios y dataciones, a menudo en contexto arqueológico, han permitido diferenciar una serie de unidades geomorfológicas con una dinámica particular de barras de desbordamiento, meandros, cheniers y cordones arenosos (Menanteau 1979, Rodríguez Ramírez 1998) (Fig. 1). Dada la naturaleza del medio

geomorfológico, su génesis y evolución han estado sometidas a intensos procesos de cambio (Menanteau 1979, Rodríguez Ramírez et al. 1996, Dabrio et al. 1996, Ruiz et al. 2002; Carretero et al. 2002).

El régimen climático es de tipo mediterráneo con influencia atlántica (Font Tullot 1983). Los datos climáticos aportados por el Instituto Nacional de Meteorología muestran un fuerte contraste entre las condiciones estivales e invernales: las temperaturas medias son de 18°C, las precipitaciones se sitúan por debajo de los 600 mm, con dos máximos (Noviembre/Diciembre y Primavera), y los vientos dominantes son del suroeste. El periodo de inundaciones de las marismas, condicionado por los aportes pluviales y fluviales, comienza en Noviembre/Diciembre, perdurando el encharcamiento hasta Junio/Julio.

El rango mareal para este sector costero es de 3,6 m, pero la existencia de las flechas litorales (Doñana y La Algaida) y los levees fluviales frenan la influencia mareal sobre la marisma del Guadalquivir. Esta protección, junto a la intensa dinámica fluvial, son las responsables de la actual colmatación de la marisma. Así, la orografía actual marismeña se caracteriza por la existencia de áreas deprimidas, antiguos canales fluviales abandonados (caños) y depresiones interfluviales (lucios) donde la vegetación característica está constituida principalmente por ciperáceas, ranunculáceas y alismatáceas, mientras que en las áreas elevadas, constituidas por levees fluviales (paciles) y antiguas superficies residuales antiguas degradadas (vetas), abundan más las especies de umbelíferas, quenopodiáceas, liliáceas y otras familias herbáceas.

## Material y métodos

Inicialmente se realizó un estudio geomorfológico de las marismas del Parque Nacional de Doñana a partir del análisis de las fotografías aéreas de 1956 (escala 1: 33.0000). Con este análisis se elaboró una cartografía detallada donde se incluían los elementos fluviales (malecones, canales, etc) y las formas marinas (cheniers y flechas litorales). Sobre esta cartografía se seleccionaron zonas de estudio palinológico, concretamente en un sector de la marisma muy próximo a la franja costera, en el límite con la barrera arenosa. En dicha área se han realizado tres sondeos (VL-1, VL-2, VL-3) mediante el empleo de una sonda manual, tipo Eijkelpamp, de 20 mm de diámetro. Los sondeos se sitúan en depósitos arcillosos que presentan intercalados niveles arenosos con alto contenido en malacofauna. Geomorfológicamente, hablamos de cordones litorales, de carácter arenoso, y cordones estuarinos o chenier, de naturaleza conchifera (Fig. 2). A estas morfologías se les denomina localmente como vetas.

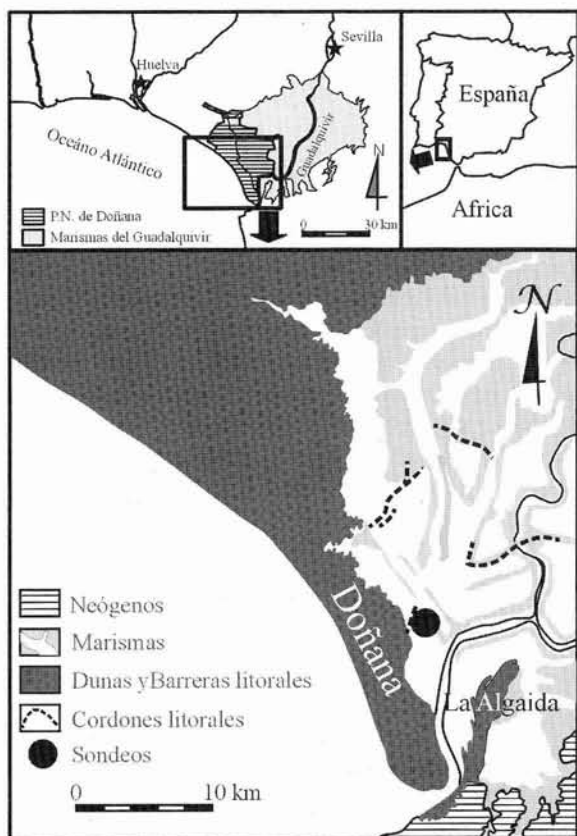


Figura 1. Situación geográfica del área estudiada.

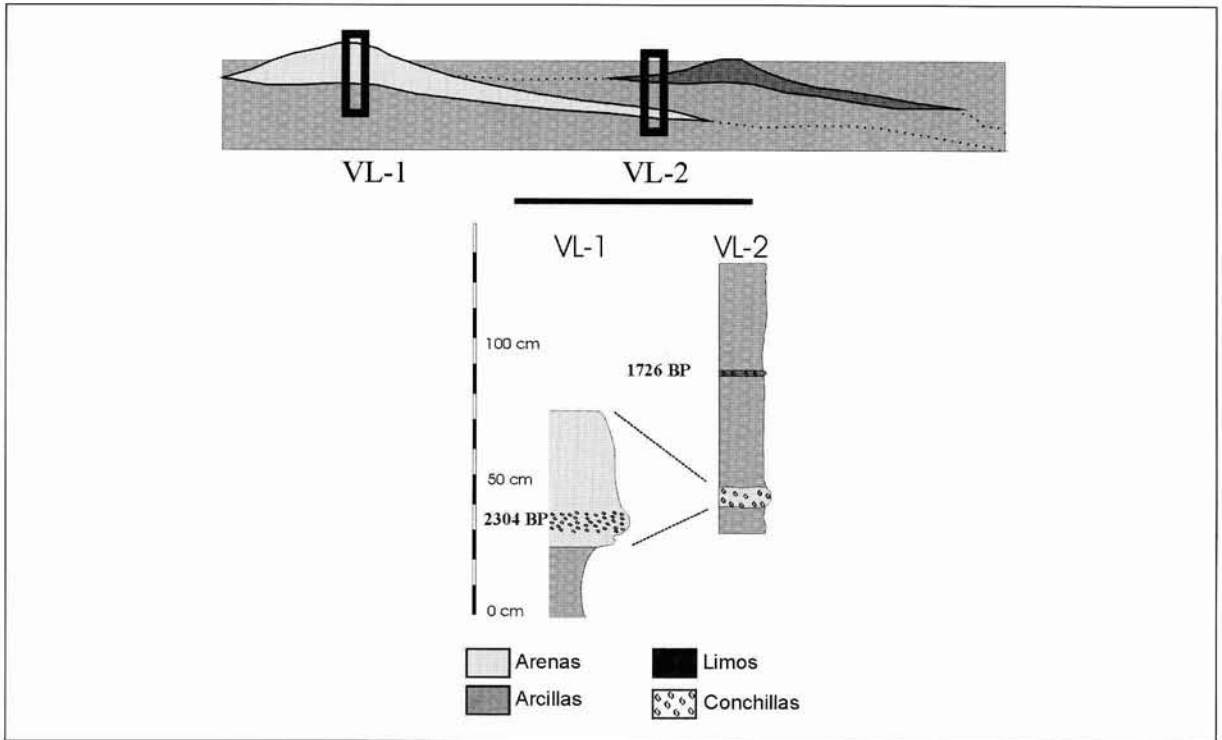


Figura 2. Litoestratigrafía y correlación de los sondeos analizados.

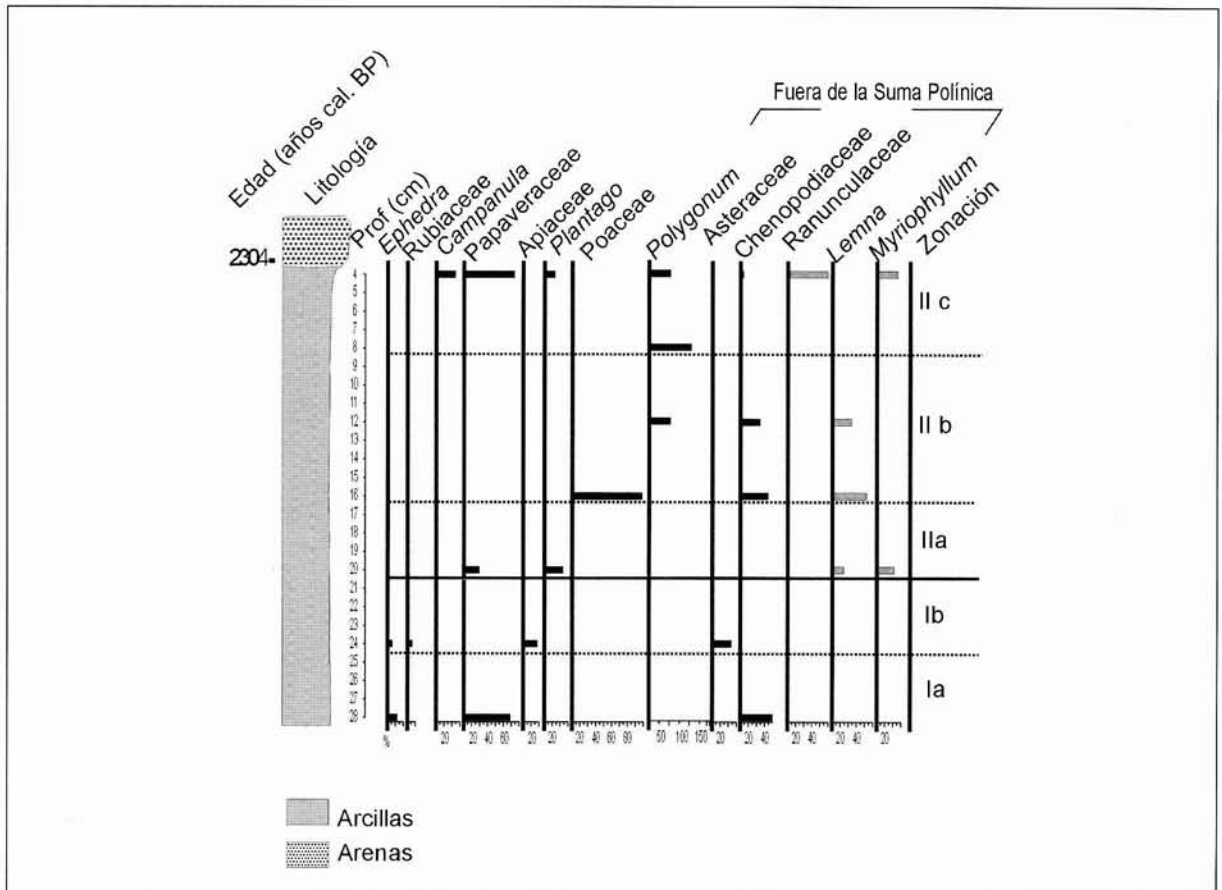


Figura 3. Vet Lengua (sondeo VL-1). Diagrama polínico.

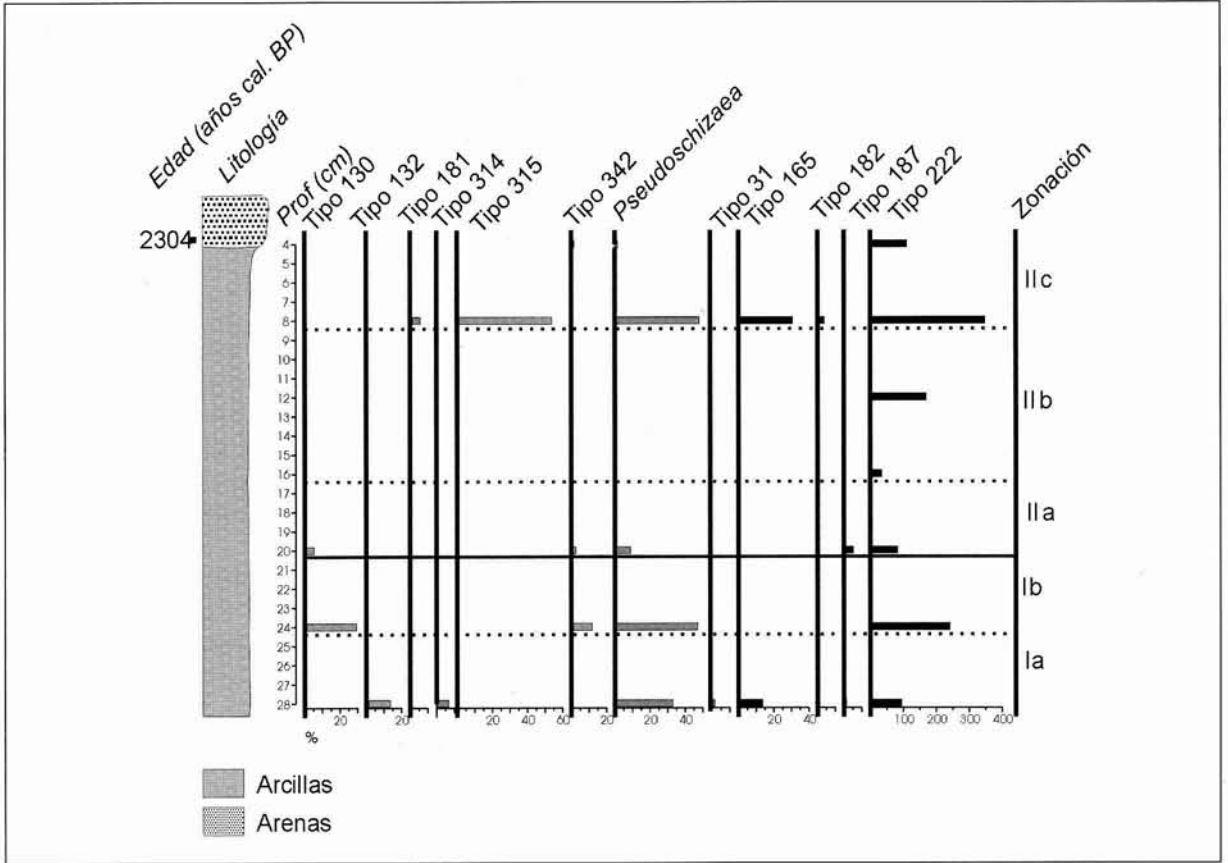


Figura 4. Vetallengua (sondeo VL-1). Diagrama de microfósiles.

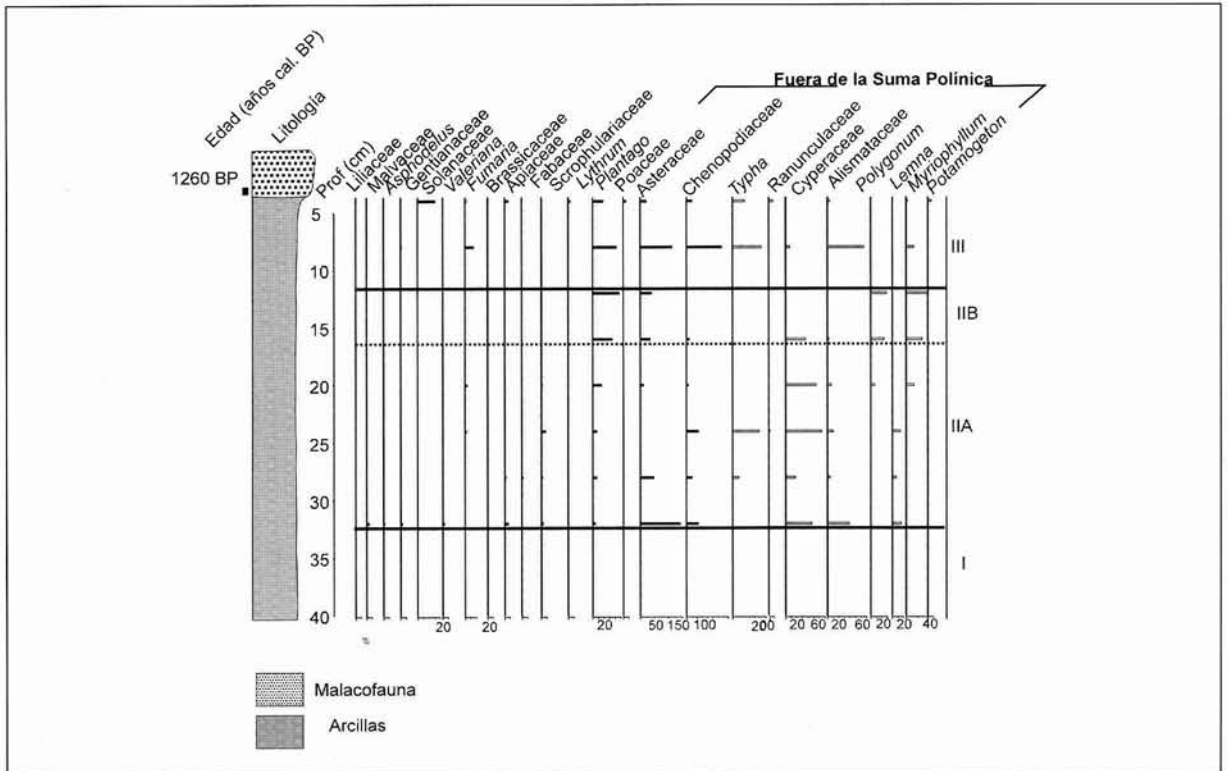


Figura 5. Vetallengua (sondeo VL-2). Diagrama polínico.

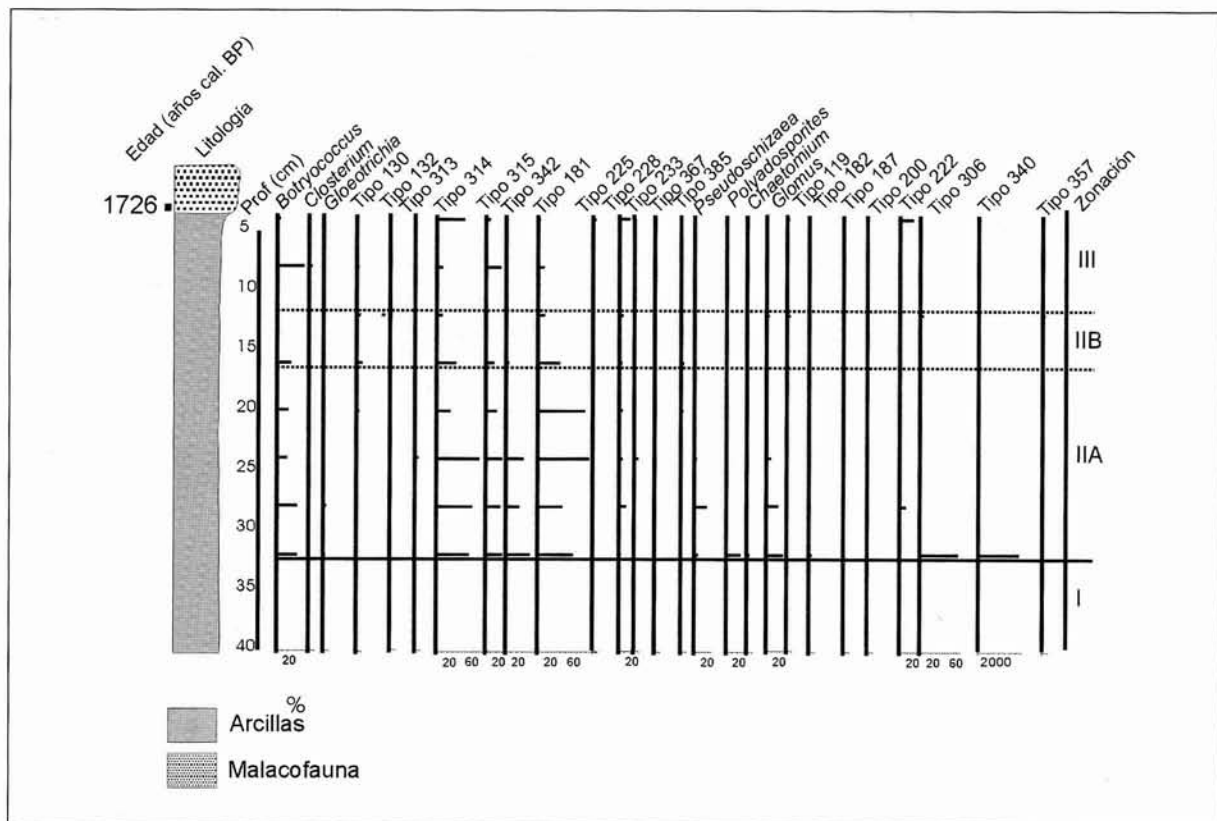


Figura 6. Vetallengua (sondeo VL-2). Diagrama de microfósiles.

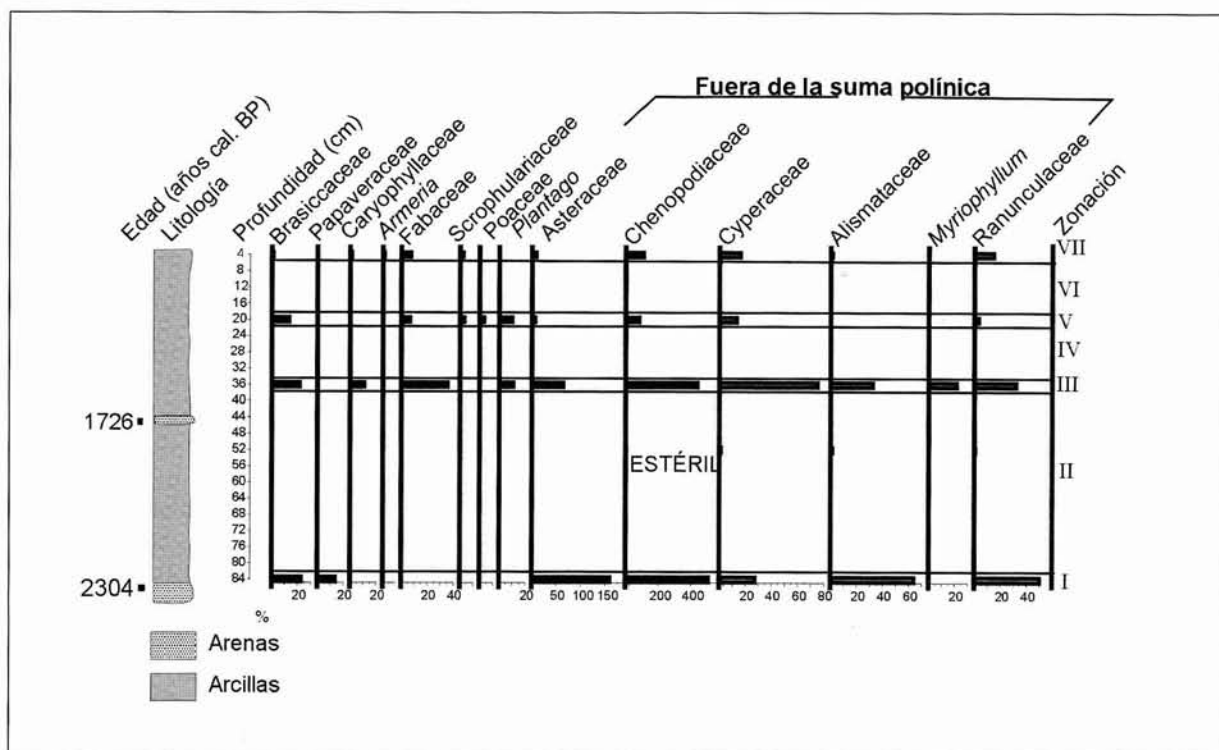


Figura 7. Vetallengua (sondeo VL-3). Diagrama polínico.

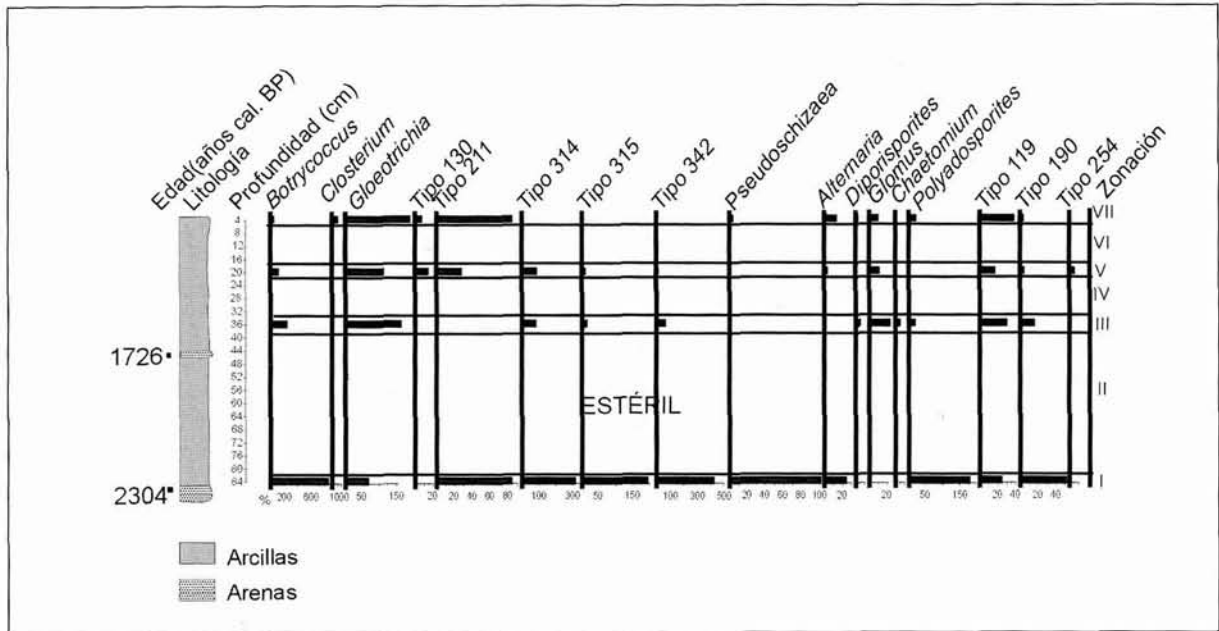


Figura 8. Vet Lengua (sondeo VL-3). Diagrama de microfósiles.

Para el análisis polínico, las muestras fueron sometidas a los protocolos estandarizados (Coüteaux H 1977, Moore et al. 1991), mediante un ataque con ácidos y álcalis con objeto de eliminar todo el contenido no esporopolínico; así mismo el residuo obtenido fue tratado con licor denso de Thoulet a fin de concentrar los palinomorfos por densimetría diferencial. El tratamiento estadístico de los datos así como su representación gráfica, se realizaron mediante el empleo del programa TILIA & TILIA- GRAPH (Grimm 1992) (Figs. 3-8). Como referencia cronológica se cuenta con dos dataciones  $^{14}\text{C}$  (tabla 1), una de ellas de 1726 cal BP, realizada en bivalvos (*Cerastoderma*) del sondeo VL-2 (nº referencia: B-154088, Beta Analytic. Miami, USA) y la otra de 2304 cal BP, realizada en el cordón arenoso (Rodríguez Ramírez et al. 1996).

## Resultados

### SONDEO VL-1

Los diagramas polínicos (Figs. 3 y 4) se elaboraron a partir del análisis de un depósito de unos 28 cm de potencia, localizado a  $36^{\circ} 55' 024'' \text{N}$ ;  $006^{\circ} 22' 645'' \text{W}$ , cuya cronología se situaría en una fecha anterior a 2304 años BP. Los espectros polínicos reflejan una clara dominancia del componente herbáceo, sobre todo *Campanula*, *Polygonum*, *Papaveraceae*, *Poaceae*, *Apiaceae*, *Chenopodiaceae*, *Myriophyllum* y *Lemna*. En la zona basal Ia (28-23 cm) hay un claro dominio de los taxones herbáceos (*Papaveraceae* 55%, *Chenopodiaceae* 40%). En Ib (23-19 cm), las especies

herbáceas, como *Apiaceae* (20%), *Rubiaceae* y *Rosaceae*, aparecen en menor proporción. *Asteraceae* alcanza un 25%.

La zona II (19-0 cm) se divide en tres subzonas: IIA (19-16.8 cm) con abundancia relativa de *Myriophyllum* (20%) y *Lemna* (15%), I Ib (16.8-9.8 cm) donde *Lemna* disminuye hasta desaparecer y *Polygonum* en el centímetro 12 llega a un máximo del 100%. Con respecto a las herbáceas, reaparecen *Chenopodiaceae* con un 30% y *Poaceae* con un 80%. La subzona IIC (9.8-0 cm) presenta *Ranunculaceae*, con un 50% y aumenta de nuevo el polen de *Myriophyllum*. Aparecen dentro de las herbáceas *Polygonum*, *Papaveraceae* y *Campanulaceae*.

### SONDEO VL-2:

El diagrama polínico (Figs. 5 y 6) perteneciente al sondeo localizado a  $36^{\circ} 54' 954'' \text{N}$ ;  $006^{\circ} 22' 635'' \text{W}$ , corresponde a un depósito de unos 40 cm de potencia anterior a 1726 años BP. La zona I (40-33.5cm) es palinológicamente estéril. Habida cuenta que se desarrolla sobre el nivel de lumaquelas, cabe pensar que representaría la etapa de transición del medio marino al continental. En la zona II (33.5-11cm) se constata el predominio de taxones acuáticos (*Alismataceae*, *Lemna*, *Myriophyllum*), con alta incidencia de *Plantago*, *Polygonum*, *Asteraceae*, *Chenopodiaceae* y *Cyperaceae*. En IIA (33.5-16.5cm) se presenta inicialmente *Lemnaceae*, *Alismataceae* y *Cyperaceae*, siendo éste último tipo el que mayor abundancia alcanza (70%). Las siguientes en apare-

Edad	Perfil	Nivel	Polen dominante	Microfósil dominante	Tipo de medio	Fase	
Actualidad		VII	<i>Cyperaceae</i> (15%), <i>Ranunculaceae</i> (15%), <i>Chenopodiaceae</i> (100%)	<i>Gloeotrichia</i> (200%), <i>Tipo 221</i> (85%), <i>Tipo 119</i> (40%)	Marisma Pluvio/Fluvial	E-F	
VL-3		VI	Estéril				
		V	<i>Cyperaceae</i> (80%), <i>Chenopodiaceae</i> (425%)	<i>Gloeotrichia</i> (150%), <i>Tipo 119</i> (20%), <i>Tipo 221</i> (30%),			
		IV	Estéril				
		III	<i>Cyperaceae</i> (25%), <i>Alismataceae</i> (65%), <i>Chenopodiaceae</i> (500%)	<i>Gloeotrichia</i> (60%), <i>Zygnemataceae</i> (250%), <i>Tipo 119</i> (30%)			
1726BP		III	<i>Typha</i> (40%), <i>Ranunculaceae</i> (20%), <i>Plantago</i> (20%), <i>Asteraceae</i> (2.5%), <i>Chenopodiaceae</i> (2.5%)	<i>Zygnemataceae</i> (20%), <i>Tipo 222</i> (30%)	Marisma Pluvio/Fluvial	D	
VL-2		IIB	<i>Cyperaceae</i> (30%), <i>Alismataceae</i> (3%), <i>Myriophyllum</i> (25%) <i>Plantago</i> (50%), <i>Asteraceae</i> (50%), <i>Chenopodiaceae</i> (25%)	<i>Botryococcus</i> (40%), <i>Zygnemataceae</i> (20%)			
		IIA	<i>Cyperaceae</i> (50%), <i>Lemna</i> (20%), <i>Alismataceae</i> (10%), <i>Chenopodiaceae</i> (10%)	<i>Botryococcus</i> (40%), <i>Zygnemataceae</i> (60%), <i>Pseudoschizaea</i> (40%)			Marisma Fluvial/Mareal
		I	Estéril				Marisma Mareal/Fluvial
2304BP		IIC	<i>Ranunculaceae</i> (45%), <i>Myriophyllum</i> (15%), <i>Papaveraceae</i> (70%) <i>Polygonaceae</i> (50%)	<i>Pseudoschizaea</i> (40-5%), <i>Tipo 315</i> <i>Tipo 222</i> (500%)	Marisma Mareal/Fluvial	D	
VL-1		IIB	<i>Lemna</i> (45%), <i>Polygonum</i> (20%), <i>Chenopodiaceae</i> (30%), <i>Poaceae</i> (80%)	<i>Tipo 222</i> (150%)	Marisma Fluvial/Mareal	C	
		IIA	<i>Lemna</i> (10%), <i>Myriophyllum</i> (20%), <i>Plantago</i> (20%)	<i>Tipo 222</i> (100%)	Marisma Mareal/Fluvial		
		I	<i>Chenopodiaceae</i> (45%), <i>Asteraceae</i> (20%) <i>Apiaceae</i> (20%),	<i>Pseudoschizaea</i> (30%), <i>Tipo 132</i> (15%), <i>Tipo 165, Tipo 222</i> (200%)			

Figura 9. Evolución comparativa entre vegetación, microfósiles, tipo de medio y fases geodinámicas.

Local.	Código lab.	(Edad conv. años BP)	Error	(13C/12C)	(Cal. años BP)	Edad media cal.	Ref.
Vetalengua	R-2283	2171	36	-----	2511-2056	2304	1
Vetalengua	B-154088	1710	50	-0.2	1959-1510	1726	2

Tabla 1. Base de datos de dataciones de <sup>14</sup>C. (1) Rodríguez-Ramírez et al. (1996), (2) Rodríguez-Ramírez et al. (2001). Laboratorios: (B) Beta Analytic Inc. Miami, FL (USA); (R) Centro di Studio per il Quaternario e l'Evoluzione Ambientale del CNR-Dipartimento Scienze della Terra- Università "La Sapienza" (Roma, Italia).

cer son *Typha*, que tras un aumento progresivo hasta alcanzar un máximo de 60%, decrece y desaparece. *Myriophyllum* aparece y se incrementa con posterioridad. Otros microfósiles acuáticos –Zygnemataceae, *Botryococcus*, *Pseudoschizaea*– tienen una representación importante en esta subzona. Los primeros taxones que aparecen son los herbáceos, Asteraceae seguido por Chenopodiaceae que tras incrementarse, disminuye hasta llegar a desaparecer. En el caso de Asteraceae, se observa al final de la subzona como vuelve a aparecer, incrementando progresivamente su proporción. Se observa igualmente como *Plantago* aparece y aumenta. En IIB (16,5-11 cm) Cyperaceae desciende y acaba por desaparecer. *Myriophyllum* experimenta un pequeño incremento. Zygnemataceae y otros microfósiles acuáticos decrecen, aunque no desaparecen. Asteraceae experimenta un aumento progresivo. Chenopodiaceae desaparece y aparece un nuevo taxón poco abundante, *Ephedra*. *Plantago* se incrementa de forma considerable.

La zona III (11- 0 cm) muestra una clara dominancia de las hidrófilas. *Typha* alcanza proporciones notables (60%), disminuyendo hasta casi desaparecer en los niveles recientes. Lo mismo ocurre, aunque en menor escala, con Alismataceae, *Myriophyllum* y Cyperaceae. Con respecto a las herbáceas, Asteraceae y Chenopodiaceae aumentan, hasta un 100% (6 cm) pero luego decrecen hasta un 25%. *Plantago* disminuye perceptiblemente.

### SONDEO VL-3:

Esta secuencia (figs. 7 y 8) perteneciente a un sondeo de coordenadas 36° 54' 902'' N; 006° 22' 605'' W; de 84 cm de potencia, recoge el período comprendido entre los 2304 años BP y la actualidad. Se ha dividido el diagrama a partir de los 84 cm en siete palinozonas. La zona I (84-83 cm) corresponde a 2304 BP y está caracterizada por la abundancia de Cyperaceae, Alismataceae, Ranunculaceae, *Botryococcus*, *Gloetrichia*, Tipo 221 y Zygnemataceae. Chenopodiaceae y Asteraceae también son muy abundantes, al igual que las esporas fúngicas. La zona II (83-36 cm) es estéril. Tan sólo se observan en los centímetros 60 y 64 algunos microfósiles no polínicos, a saber *Botryococcus* (25%), *Pseudoschizaea* (10%), Tipo 130 (35%) y Tipo 342 (30%). La zona III (36-35,5) muestra la dominancia de Chenopodiaceae (50%), Asteraceae 50%, Brassicaceae (30%), Fabaceae (40%) y *Plantago* (10%). Dentro de los hidrófitos, los más abundantes son Alismataceae y Ranunculaceae, con un 40% aproximadamente, mientras que *Myriophyllum* alcanza el 20%. Cyperaceae aparece con un 80%. Se han encontrado esporas de Zygnemataceae, otros

microfósiles acuáticos y hongos, aunque en menor proporción. La zona IV (35,5-20cm) resulta estéril.

La zona V (20-19,5 cm) exhibe una clara dominancia también de taxones herbáceos, destacando Chenopodiaceae (50%), Asteraceae (15%), Brassicaceae, Fabaceae, Poaceae y *Plantago*, todas con un 10%, y Scrophulariaceae (5%). Cyperaceae muestra en torno a un 15% y Ranunculaceae un 5%. La zona VI (19,5-4 cm) es estéril. Finalmente, la zona VII (4-0 cm) está representada por altos valores de Chenopodiaceae (eventualmente un 100%), Asteraceae con un 15% y presencia de Brassicaceae, Caryophyllaceae y Fabaceae, entre otros.

### Discusión

La observación del diagrama polínico VL-1 (Figs. 3 y 4), con una cronología anterior a 2304 años BP, permite constatar que el proceso de transformación de marisma mareal a fluvial estaba ya en una fase avanzada, puede que bajo el condicionamiento de la barrera arenosa litoral. Se puede decir que hay evidencias de que se había iniciado cierta sucesión ecológica. Los primeros colonizadores, posiblemente un grupo de plantas bien adaptadas a condiciones adversas (alta salinidad y escaso desarrollo edáfico), ya se habían establecido y contribuyeron a suavizar las condiciones del medio para que otras especies invadieran la zona y desplazaran a estas pioneras. La presencia de zygnemataceas y *Pseudoschizaea* nos hace pensar que en el estuario se habían establecido también unas mínimas condiciones de colonización algal con episodios de desecación. A partir de la zona IIA aparecen evidencias de colonización acuática por angiospermas (*Lemna* y *Myriophyllum*) y de condiciones terrestres (Plantaginaceae, Asteraceae, Apiaceae y Papaveraceae). En torno a 2304 BP, las comunidades vegetales habrían incluido un menor contingente higrófito, probablemente por la ruptura de la barrera arenosa, que conecta de nuevo al estuario con el mar.

En el sondeo VL-2 (Figs. 5 y 6) podemos diferenciar dos niveles claros: uno estéril, que nos da la imagen de un paisaje desprovisto de vegetación, y otro donde empiezan a aparecer taxones higrófitos, que nos determinan el inicio de la revegetación de la marisma fluvial. Los datos polínicos nos sugieren cierta dinámica sustitutiva en las comunidades locales, lo cual concordaría con la dinámica morfogenética (Rodríguez Ramírez 1998, Rodríguez Ramírez et al. 1996). La inestabilidad inicial puede estar relacionada con una ruptura de la barrera arenosa, dando lugar a una mayor influencia del mar en el estuario. A partir de los 33,5 cm empiezan a aparecer comunidades higrófitas propias de la marisma halófila: Cyperaceae,

Alismataceae y *Typha*, mientras que reaparece Lemnaceae. En este contingente, destacamos la abundancia de Cyperaceae en combinación con la aparición de microfósiles acuáticos como *Botryococcus*, *Gloeotrichia*, los Tipos 181, 228, 233 y 385, *Pseudoschizaea* y Zygnemataceae. El significado ecológico de este cambio sería la incorporación de especies oportunistas que producen una alteración físico-química del suelo, y parece coherente la expansión de aquellas especies que precompetitivamente habían desarrollado estrategias vitales y adaptaciones estructurales para sobrevivir en ambientes edáficamente inhóspitos (Carrión 2001). A su vez aparecen taxones herbáceos xeroheliofíticos como Chenopodiaceae que definen el inicio del establecimiento de zonas abiertas en el paisaje (Stevenson et al. 1999), aunque su aparición también puede ser la consecuencia de procesos locales relacionados con el carácter halomórfo de la marisma (Stevenson et al. 1991), al igual que Asteraceae, Fabaceae, Apiaceae, Scrophulariaceae y *Plantago*, que pueden ser de carácter estrictamente local.

En la zona III del mismo sondeo se observa cómo la marisma pluvio-fluvial va consolidándose, estando completamente instalados un grupo de taxones higrofiticos, incluso se han diversificado apareciendo otros nuevos como *Myriophyllum* y *Polygonum*. Esta misma evolución se observa en las comunidades herbáceas (Gutiérrez et al. 1995) donde aparecen taxones nuevos (Campanulaceae y Plantaginaceae), indicadores igualmente de hábitats abiertos. Conforme nos aproximamos a los 1726 años BP, podemos comprobar cómo las poblaciones higrofiticas propias de marismas fluviales (Alismataceae, Cyperaceae, *Myriophyllum*, Ranunculaceae y *Typha*) se han establecido definitivamente, al igual que las herbáceas. Hay que resaltar que debido a la temporalidad del agua y al elevado grado de salinidad, la vegetación acuática es, en general, pobre en especies. Se observa cómo los taxones arbóreos vuelven a aparecer, incrementando su población y desapareciendo nuevamente con posterioridad. Hacia los 2304 años BP, el paisaje ya estaba experimentando una evolución hacia marisma pluvio-fluvial, aunque posiblemente estuviera en sus primeras fases, y conforme nos acercamos a los 1726 años BP, apreciamos cómo existe mayor diversidad y densidad en las comunidades, aunque aún sujetas a cambios en la dinámica fluvio-marina. Estos datos se pueden contrastar con los estudios geomorfológicos (Rodríguez Ramírez 1998, Rodríguez Ramírez et al. 1996). Así, podemos ver como con anterioridad a los 2304 años BP, domina la influencia marina y en la zona no se han establecido las condiciones bióticas necesarias para ser colonizada por especies hidrófilas. Conforme no acercamos a los 2304 años BP, la influencia marina empieza a disminuir, la estabilidad del medio estuarino

aumenta y esto hace que la colonización de taxones vegetales propios de aguas dulces vaya abriéndose paso. Así, ya se observan taxones tales como *Ranunculus*, *Lemna*, *Myriophyllum* y *Polygonum*.

Hacia los 2304 BP, esta tendencia se truncó con una mayor influencia marina en el estuario, debido a la rotura de la barrera arenosa que lo protegía, como consecuencia de un fuerte evento energético (*tsunami* o periodo de alta actividad ciclónica). Hacia los 1726 años BP, el medio experimenta de nuevo un proceso de colmatación y crecimiento de formaciones sedimentarias que van aislando el estuario del mar, favoreciendo la transición de una marisma mareal a otra pluvio-fluvial. Este área experimenta un cambio en la vegetación debido a esta transformación en la dinámica hídrica, dando paso al establecimiento de comunidades hidrohigrófilas compuestas por Cyperaceae, Alismataceae, *Typha*, *Lemna* y *Polygonum*.

A partir de los 1726 años BP (sondeo VL-3), se observa cómo se mantienen las comunidades acuáticas, destacando Cyperaceae, Alismataceae, Ranunculaceae y *Myriophyllum*. También aparecen Chenopodiaceae y Asteraceae, presentando mayor abundancia que la de indicadores de condiciones acuáticas. Otras herbáceas que se aprecian son Caryophyllaceae, Brassicaceae, *Plantago* Papaveraceae y Fabaceae. Conforme nos aproximamos a la actualidad (zona VII), todas estas familias experimentan una disminución en su abundancia, mientras Chenopodiaceae destaca de forma clara.

## Conclusiones

1. Los cambios ocurridos en la vegetación autóctona marismeña durante el Holoceno se presentan controlados primordialmente por la dinámica geomorfológica del medio. Queda abierta la hipótesis de que la variación palinomorfológica indicadora de la vegetación alóctona haya sido causada por otros agentes. De entre éstos, cabe considerar que, en efecto, el clima y la acción antrópica pueden ser prevalentes. Dicho esto, queda también claro que la respuesta vegetal al cambio climático no habría sido, en ningún caso, inmediata, debido a la dinámica interna y a la interferencia de las condiciones locales.

2. Los eventos de prevalencia de las condiciones marinas en el estuario quedan reflejados por hiatos palinológicos. El cuadro de microfósiles no polínicos sugiere que dicha esterilidad viene condicionada por alteración postdeposicional y fases de erosión que provocarían contactos litológicos abruptos. En la marisma, estos episodios habrían alterado repentinamente la dinámica ecológica (marisma pluvio/fluvial), modificando las condiciones ecofisiológicas necesarias

para el mantenimiento de las comunidades vegetales precedentes.

3. El continuo aporte sedimentario, tanto marino (barreras arenosas) como fluvial (levees), originó dos factores que fueron imprescindibles para la evolución de la marisma. El primero de ellos fue la disminución progresiva de la influencia marina en la zona, ya que ésta cada vez estaba más aislada del mar. El aporte de aguas se fue haciendo exclusivamente pluvio-fluvial y este cambio en la composición salina de las aguas, hizo posible la instalación de especies higrófilas e hidrófilas, tales como ciperáceas, alismatáceas, *Lemna* y *Myriophyllum*. El registro paleolimnológico confirma este escenario. El segundo factor que condicionó la transformación de la marisma fue la evolución edáfica, incluyendo la colonización por comunidades dominadas por quenopodiáceas y asteráceas.

## Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por los proyectos: Evolución y tendencia evolutiva de la marisma del Parque Nacional de Doñana. Posibilidades de regeneración y conservación, financiado por el Organismo Autónomo de Parques Nacionales (Ministerio de Medio Ambiente), REN2003-02499-GLO, financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología y el proyecto PI-17/00739/FS/01 financiado por la Fundación Séneca y CGL-2006-2956, financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid.

## Referencias

- Carretero MI, Ruiz A, Rodríguez Ramírez A, Cáceres L, Rodríguez Vidal J, González Regalado ML. 2002. Utility of clay minerals and microfossils in palaeoenvironmental reconstructions: The Holocene litoral strands of Las Nuevas (Doñana National Park, Sw Spain). *Clay Minerals* 37: 97-103.
- Carrión JS. 2001. Condicionantes de la respuesta vegetal al cambio climático. Una perspectiva paleobiológica. *Acta Botanica Malacitana* 26: 157-176.
- Coûteaux M. 1977. A propos de l'interprétation des analyses polliniques de sédiments minéraux, principalement archéologiques. En: *Approche écologique de l'homme fossile* (Laville H & Renault-Miskovsky J, eds.). Paris: Université Pierre et Marie Curie.
- Dabrio CJ, Polo MD, Zazo C, Hoyos M, Lario J, Goy JL, Sierero FJ, Flores JA, González JA, Bardajil T & Borja F. 1996. Climate Change and Coastal Evolution in Europe. Final Report. *Rijks Geologische Dienst. In T.A.M. de Groot (ed.), The Netherlands* 3: 11.1-11.29.
- Font Tullot I. 1983. *Climatología de España y Portugal*. Madrid: Instituto Nacional de Meteorología.
- Grimm E. 1992. *Tilia*, version 1.12. Illinois State Museum, Research and Collection Center, Springfield.
- Gutiérrez A, Nebot M & Díez MJ. 1995. Introducción al estudio polínico de sedimentos del Parque Natural de Los Alcornocales. *Almoraima* 15: 87-92.
- Menanteau L. 1979. *Les Marismas du Guadalquivir. Exemple de transformation d'un paysage alluvial au cours du Quaternaire récent. Thèse 3er Cycle*, Paris: Univ. Paris-Sorbonne.
- Moore PD, Webb JA & Collison ME. 1991. *Pollen analysis*. Blackwell Scientific Publications.
- Rodríguez Ramírez A, Rodríguez Vidal J, Cáceres L, Clemente L, Belluomini G, Manfra L, Improta S, De Andrés JR. 1996. Recent coastal evolution of the Doñana National Park (S.Spain). *Quaternary Science Reviews* 15: 803-809.
- Rodríguez Ramírez A. 1998. *Geomorfología del Parque Nacional de Doñana y su entorno*. Ed: Organismo Autónomo Parques Nacionales.
- Ruiz F, Rodríguez Ramírez A, Cáceres LM, Rodríguez Vidal J, Yáñez C, Clemente L, González-Regalado ML, Abad M & De Andrés JR. 2002. Cambios paleoambientales en la desembocadura del río Guadalquivir durante el Holoceno reciente. *Geogaceta* 31: 175-179.
- Stevenson AC. 1985. Studies in the vegetational history of S.W. Spain. II. Palynological investigations at Laguna de las Madres, Huelva. *Journal of Biogeography* 12: 243-268.
- Stevenson AC & Moore PD. 1988. Studies in the vegetational history of S.W. Spain. IV. Palynological investigations of a valley mire at El Acebrón, Huelva. *Journal of Biogeography* 15: 339-361.
- Stevenson AC, Macklin MG, Benavente JA, Navarro C, Pasmore D, Davis BA. 1991. Cambios ambientales durante el Holoceno en el valle medio del Ebro: sus implicaciones arqueológicas. *Cuaternario y Geomorfología* 5: 149-164.
- Stevenson A.C. & Harrison R.J. 1992. Ancient forests in Spain: a model for land-use and dry forest management in south-west Spain from 4000 BC to 1900 AD. *Proceedings of the Prehistoric Society* 58: 227-247.
- Yll EI, Zazo C, Goy JL, Pérez-Obiol R, Pantaleón-Cano J, Civis J, Dabrio C, González A, Borja F, Soler V, Lario J, Luque L, Sierro F, González-Hernández FM, Lézine AM, Denèfle M, Roure JM., 2004. Quaternary palaeoenvironmental changes in south Spain. In *Quaternary climatic changes and environmental crises in the Mediterranean Region* (Ruiz-Zapata MB et al., eds.). Madrid: Universidad de Alcalá de Henares (CD-Rom vs: 2002).