

[Cambio ambiental del Holoceno en la costa atlántica del noroeste de Iberia inferido de la secuencia del humedal de Ponzos - Gómez-Orellana - 2021 - Boreas - Wiley Online Library](#)

<https://onlinelibrary.wiley.com/share/QZSKRZSASTTZYSRYUZD6?target=10.1111/bor.12535>

[Cambio ambiental del Holoceno en la costa atlántica del noroeste de Iberia como se infiere de la secuencia de humedales de Ponzos \(usc.es\)](#)

[\(PDF\) Cambio ambiental del Holoceno en la costa atlántica del noroeste de Iberia como se infiere de la secuencia de humedales de Ponzos \(researchgate.net\)](#)

[A formación sedimentaria e o bosque fósil de Ponzos \(sociedadecolumba.com\)](#)

Artículo original **Acceso Abierto**

Cambio ambiental del Holoceno en la costa atlántica del noroeste de Iberia como se infiere de la secuencia de humedales de Ponzos

[Luis Gómez-Orellana](#), [Pablo Ramil-Rego](#), [Javier Ferreiro da Costa](#), [Castor Muñoz Sobrino](#)

Publicado por primera vez: 15 junio 2021

Boreas. <https://doi.org/10.1111/bor.12535>. ISSN 0300-9483.

Introducción

El entorno intermareal de la playa de Ponzos (NW Península Ibérica) alberga una secuencia sedimentaria (incluyendo grandes fragmentos de madera) depositada durante la primera mitad del Holoceno en un humedal continental higrófilo. Los datos de polen y microfósiles junto con la datación por radiocarbono permiten reconstruir los cambios que ocurrieron durante el Holoceno Temprano y Medio en el paisaje de las tierras bajas costeras del noroeste de Iberia, así como en las comunidades locales de plantas de humedales, en respuesta a las variaciones climáticas y las oscilaciones eustáticas del nivel del mar. La secuencia representa la evolución de un humedal costero desde sus fases iniciales como humedal higrófilo hacia la posterior instalación de una laguna de agua dulce. Los datos de

polen muestran el papel dominante de los taxones leñosos atlánticos (principalmente caducifolios), la escasez de coníferas y la falta de elementos mediterráneos en los paisajes costeros alrededor del sitio de Ponzos. La presencia y abundancia de algunos taxones como *Quercus* caducifolio, *Castanea*, *Fagus*, *Tilia* y *Ulmus* durante el Holoceno Temprano proporciona un apoyo adicional para la aparición de refugios glaciares en el área cantábrico-atlántica durante la Última Glaciación. La diversa vegetación que caracteriza los paisajes modernos en este territorio se estableció más tarde, extendiéndose a partir de estos reservorios glaciares de biodiversidad. En este sentido, cabe destacar la notable y temprana presencia de *Fagus* a principios del Holoceno, árbol también registrado previamente durante varias fases del Último Ciclo Glacial en las costas del NW Iberia. Además, durante el Holoceno Temprano y Medio se registran otros árboles que actualmente están extirpados como taxones naturales en la zona, como *Pinus*, *Tilia* y *Carpinus*.

La información paleoecológica obtenida en Europa durante los últimos 30 años ha confirmado que ciertas zonas de las penínsulas ibérica, italiana y balcánica habrían actuado como zonas de refugio para la flora termófila y mesófila durante el Pleistoceno. Desde estas áreas, durante el Holoceno, esos taxones se extendieron y expandieron hacia otros territorios cercanos. La ubicación de las áreas de refugio para taxones termófilos y mesófilos se ha relacionado con territorios de baja altitud, ubicados por debajo de las altitudes montañosas afectadas por la nieve permanente o semipermanente. Las áreas de refugio se identifican con sistemas de valles estrechos y depresiones, donde diferentes especies podrían acomodar sus áreas de distribución de acuerdo con las fluctuaciones climáticas, y también expandirse durante los períodos de condiciones más favorables (Ramil-Rego *et al.* [1998a](#), [2000](#); Carrión *et al.* [2003](#); Gómez-Orellana *et al.* [2007](#), [2012](#), [2013](#); González-Sampériz *et al.* [2010](#); Tzedakis *et al.* [2013](#); Birks [2019](#)).

En la Península Ibérica, el registro paleoecológico muestra tres patrones principales de historia vegetal que se pueden identificar, con al menos tres biorregiones. En primer lugar, la biorregión atlántica, que encierra los territorios litorales, sublitorales y montañosos a lo largo de la costa norte (litoral cantábrico) y se extiende a lo largo de la costa atlántica. Cubre áreas que durante la mayor parte del Holoceno registraron temperaturas invernales suaves y ausencia de sequías de verano. En segundo lugar, la parte sur del litoral atlántico y su territorio análogo en la costa mediterránea perteneciente a la biorregión mediterránea, con un clima durante el Holoceno marcado por inviernos suaves y veranos cálidos y secos. En tercer lugar, el interior de la Península Ibérica, formado por extensas mesetas y diversas cadenas montañosas, formando la biorregión continental ibérica que durante el Holoceno tuvo condiciones climáticas que eran cálidas y secas en verano, y muy frías en invierno.

La presencia de áreas de refugio para la flora termófila y esclerófila se ha argumentado a partir de diversas secuencias de polen obtenidas en la biorregión mediterránea (por ejemplo, Carrión *et al.* [2003](#)), vinculado a la persistencia de taxones como *Quercus ilex*, *Olea*, *Phillyrea*, *Pistacia*, *Rhamnus* y *Buxus*. Asimismo, en estudios realizados en la biorregión atlántica, la evidencia palinológica atestigua la ocurrencia de áreas de refugio para diversos elementos mesófilos como *Quercus* caducifolio, *Corylus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Castanea*, *Fagus*, *Carpinus*, e incluso taxones de hoja perenne como *Quercus ilex*, *Ilex aquifolium* y *Laurus nobilis* (Ramil-Rego *et al.* [1998a](#), [2000](#); Gómez-Orellana *et al.* [2012](#), [2013](#)). El conocimiento de la biorregión

continental ibérica es todavía escaso y fragmentado y no permite valorar en profundidad la posible presencia de refugios, más aún cuando las secuencias disponibles proceden de zonas montañosas situadas en la transición entre las biorregiones mediterráneas y atlánticas (por ejemplo, Morales-Molino & García-Antón [2014](#)).

Existen cuatro unidades biogeográficas principales dentro de la biorregión atlántica. Estos han mantenido, a través del Lateglacial y el Holoceno, características comunes y diferenciadas en relación con las especies presentes y los paisajes dominantes (Ramil-Rego *et al.* [2006](#)). La primera unidad comprende los territorios litorales, desde el nivel del mar hasta los 200 m s.n.m. (Fig. 1). La segunda unidad incluye los territorios sublitorales, lejos de la costa y extendiéndose hacia las principales unidades montañosas. La tercera unidad corresponde a la cordillera atlántica en su conjunto, con un sistema principal, la Cordillera Cantábrica (700-2650 m s.n.m.), que se extiende E-W, y otros relieves de menor entidad y altitud situados al este y al oeste de esa cordillera principal (Fig. 1). La cuarta unidad corresponde a un área de transición entre la unidad de montaña atlántica y la biorregión continental ibérica que discurre por un conjunto de cuencas hidrográficas y valles definidos por los relieves montañosos (Ramil-Rego *et al.* [1998a](#)).

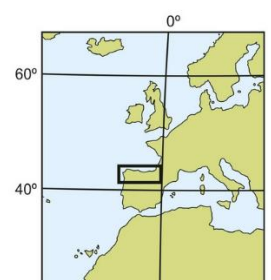
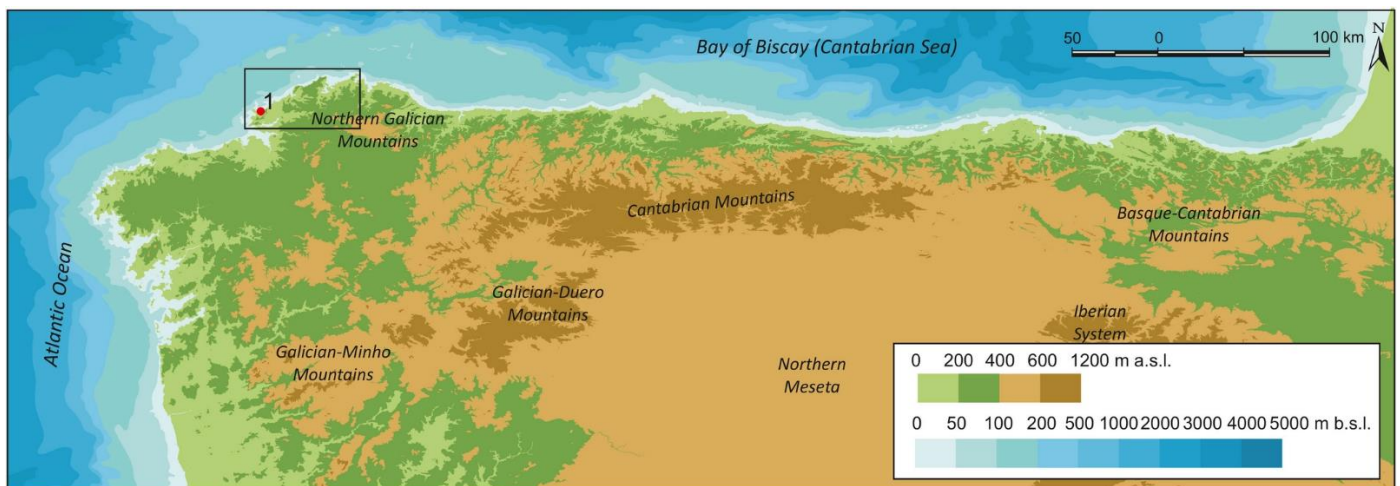


Figura 1. Ubicación del humedal de Ponzos y otras lagunas costeras actualmente existentes en la zona (1 = Depósito de Ponzos; 2 = Laguna de Doniños; 3 = Laguna de Frouxeira; 4 = Laguna de Pantín).

Los registros de alta resolución para el Lateglacial y el inicio del Holoceno en la biorregión atlántica de la Península Ibérica corresponden a depósitos formados en diferentes tipos de humedales (pantanos de manta, turberas, lagos, lagunas, etc.). La mayoría de ellos se encuentran en la unidad montañosa, particularmente en la Cordillera Cantábrica y en otras montañas cercanas: la Sierra Del Norte de Galicia (Van Mourik [1986](#); Ramil-Rego *et al.* [1996](#), [1998a](#); Muñoz Sobrino *et al.* [2005](#)), la Sierra Gallega-Miño (Ramil-Rego *et al.* [1998a](#)) y la Sierra Gallega-Duero (Allen *et al.* [1996](#); Muñoz Sobrino *et al.* [2004](#), [2007](#), [2013](#)) (Fig. 1). La mayoría de estos depósitos están lejos de las tierras bajas costeras, donde probablemente se habrían ubicado las principales áreas de refugio para los taxones mesófilos durante el Pleistoceno. Así, en la actualidad, un gran número de flora mesófila localizada en otros territorios de la región biogeográfica atlántica no están presentes en estas zonas interiores.

Los análisis paleobotánicos realizados sobre los sedimentos de los diferentes tipos de humedales litorales y sublitorales de la biorregión atlántica ibérica han proporcionado información desigual y fragmentada. La causa de esta dispersión desigual de los datos radica en las características geomorfológicas (ausencia de grandes cuencas o escenarios favorables al establecimiento de grandes humedales, efectos de los procesos erosivos, cambios en la configuración hidrológica superficial y en la línea costera, etc.). Además, la acción humana ha ido destruyendo progresivamente estos yacimientos debido al aumento de las actividades agrícolas, forestales y urbanas.

El final del periodo glacial marcó un punto de inflexión en los ecosistemas litorales de las costas cantábrica y atlántica de la Península Ibérica. El clima más cálido y húmedo favoreció la difusión y expansión de varios taxones, y el aumento del nivel del mar provocó la reconfiguración espacial de los ecosistemas. Algunas secciones litorales perdieron parte de sus hábitats costeros (dunas, humedales, acantilados), que fueron destruidos por la progresión interior de la costa, mientras que en otros tramos los hábitats costeros se reconfiguraron o incluso se establecieron en los antiguos territorios continentales. En relación con estas dinámicas, se han identificado diferentes restos limnicos como antiguos depósitos orgánicos formados en humedales continentales en el litoral. Hoy en día, estos restos se encuentran entre las áreas eulitoral e infralitoral, y registran diferentes periodos del último ciclo glacial-interglacial. Sólo la secuencia palinológica del Área Longa cubre el último glacial (Gómez-Orellana *et al.* [2007](#)). Varios sitios de polen registran diferentes periodos del MIS 3 (Nonn [1966](#); Mary *et al.* [1977](#); Granja & De Groot [1996](#); Gómez-Orellana *et al.* [2007](#), [2013](#)); y otros grupos de sitios registran la segunda mitad o el último tercio del Holoceno (Santos *et al.* [2001](#); García Antón *et al.* [2006](#); Bao *et al.* [2007](#); Costas *et al.* [2009](#); Granja *et al.* [2010](#), [2016](#); Gómez-Orellana *et al.* [2014](#); Muñoz Sobrino *et al.* [2016](#); Sáez *et al.* [2018](#)). Finalmente, las secuencias de polen que registran el Lateglacial o el comienzo del Holoceno se limitan a los depósitos de Mougás (Gómez-Orellana *et al.* [1998](#)) y Urdaibai (Iriarte Chiapusso *et al.* [2006](#)).

La presencia de antiguos depósitos continentales de humedales que permanecen permanente o temporalmente sumergidos en el mar también se ha encontrado en diferentes áreas atlánticas, como en el caso de la zona de Doggerland (Mar del Norte). Esta área es un

amplio espacio continental que sirvió como puente entre las Islas Británicas y el continente europeo, pero que se ha mantenido por debajo del nivel del mar desde 8450-8150 aC (Gaffne *et al.* [2007](#); Coles [2014](#); Krüger *et al.* [2017](#)).

Este trabajo presenta los datos paleoecológicos obtenidos de un yacimiento fósil acumulado en un antiguo humedal situado en la actual playa de Ponzos, en el NW de la Península Ibérica (Galicia, España). El yacimiento está situado en el extremo norte del litoral atlántico, en el tramo costero designado como 'Costa Ártabra' (Fig. [1](#)), a tan solo 50 km en línea recta de la zona con mayor altitud de la Sierra Norte de Galicia (Montañas Xistralas; Fig. [1](#)). Esta zona de montaña proporciona una amplia gama de información paleobotánica obtenida de diferentes tipos de turberas y depósitos orgánicos ubicados entre 650 y 1050 m s.n.m. (Ramil-Rego *et al.* [1996](#), [1998a](#); Muñoz Sobrino *et al.* [2005](#); Iriarte Chiapusso *et al.* [2016](#)). Entre esta cordillera y el litoral, la unidad sublitoral incluye valles fluviales pequeños y estrechos orientados al N-S o W-E, donde se encuentran restos de bosques antiguos. Las especies caducifolias (*Quercus robur*, *Quercus pyrenaica*, *Corylus avellana*, *Betula alba*, *Acer pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus angustifolia*, *Ulmus glabra*, *Frangula alnus*) son dominantes en estos bosques, con una escasa representación de especies de hoja perenne (*Arbutus unedo*, *Ilex aquifolium*, *Taxus baccata*, *Laurus nobilis*). Además, estos bosques milenarios también albergan una importante flora nemoral, incluyendo la presencia de especies de helechos consideradas como paleo-relictos y que destacan por su alto valor para la conservación de la biodiversidad. El área de distribución actual de estas especies de helechos no está incluida en la ecozona paleártica: *Calocitopsis macrocarpa*, *Woodwardia radicans*, *Hymenophyllum tunbrigense*, *H. wilsonii*, *Vandenboschia speciosa* (Jermy [1984](#); Sermolli *et al.* [1988](#); Rita [1990](#); Pausas & Sáez [2000](#); Amigo *et al.* [2017](#)). Además, muestran un claro comportamiento estenoico respecto a las demandas de sus hábitats (ausencia de heladas, alta humedad continua, baja incidencia directa de luz solar) así como una baja capacidad de dispersión.

El objetivo de este estudio es reconstruir el paisaje de las tierras bajas costeras del noroeste de Iberia durante las fases de expansión y dominación arbórea en el Holoceno, así como descifrar la dinámica de los humedales costeros en relación con la transgresión marina del Holoceno.

Material y métodos

Muestreo

El litoral de Costa Ártabra (Fig. [1](#)) está dominado por rocas graníticas (granitos de dos micas y leucogranitos) combinadas con otros materiales geológicos. Los procesos geomorfológicos han propiciado la aparición de largos sectores de acantilados y playas de guijarros, en contraste con pequeñas bahías que tienen, en sus tramos interiores, amplias playas de arena, estuarios y diferentes tipos de humedales costeros (lagunas, marismas, y ambientes higrófilos y pantanosos). La playa de Ponzos (latitud 43°33'N, longitud 8°15'O) tiene 1,2 km de largo (Figs [1](#), [2](#)). Detrás de la playa hay un amplio y complejo sistema dunar de más de 100 hectáreas, formado por dunas embrionarias, dunas blancas móviles de *Ammophila*

arenaria y dunas grises fijas con vegetación herbácea y pequeños arbustos (*Daphne*, *Calluna*, *Erica*, *Ulex*, *Helichrysum*, *Othantus*). La duna gris incluye pequeñas depresiones húmedas con encharcamiento y alta humedad entre otoño y primavera, disminuyendo o casi desapareciendo con la llegada del verano. La transición al medio continental se produce sobre una zona de dunas fósiles cubiertas por arbustos dominados por vaganos de *Erica* y pequeñas representaciones de brezales secos en las dunas, humedales higrófilos con formaciones herbáceas y boscosas, y pequeñas representaciones de ambientes rocosos (Fig. 2).

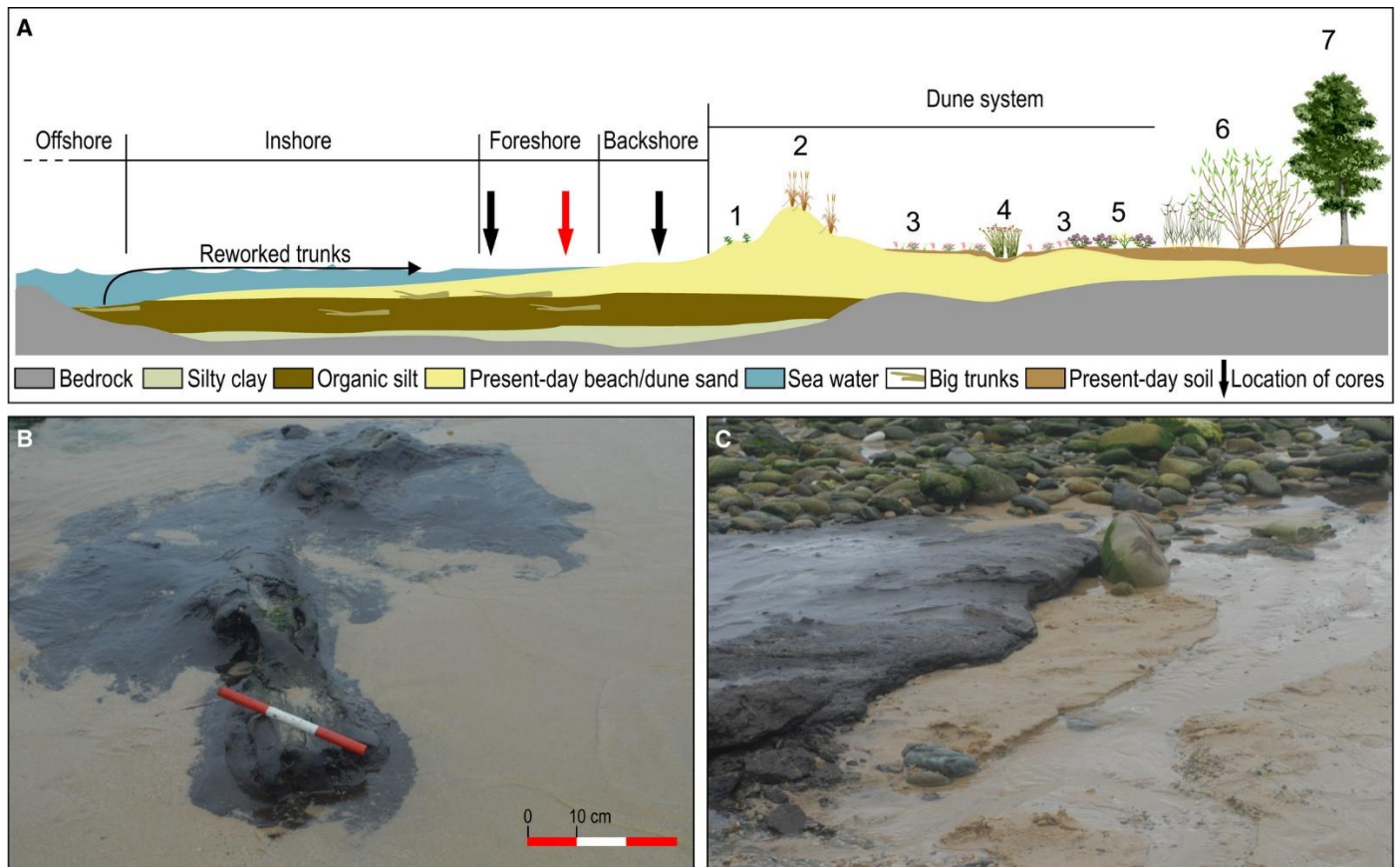


Figura 2

A. Sección idealizada del yacimiento de Ponzos, indicando las diferentes facies presentes, los puntos de muestreo (la flecha roja muestra la ubicación del núcleo analizado) y la configuración de la zona. 1 = dunas embrionarias cambiantes; 2 = dunas cambiantes a lo largo de la costa con *Ammophila arenaria* (dunas blancas); 3 = dunas costeras fijas con vegetación herbácea (dunas grises); 4 = pantanos de dunas húmedas; 5 = Dunas fijas descalcificadas del Atlántico; 6 = humedales herbáceos y leñosos; 7 = bosque. B. Fotografía de un baúl en Ponzos. C. Afloramiento de sedimento de turba en Ponzos.

Durante los períodos de marea de primavera, un grueso paquete de sedimentos orgánicos aparece en el borde occidental de la playa, en el área intermareal. Este depósito normalmente permanece cubierto por la arena de la playa actual. Este sedimento orgánico fue monitoreado continuamente de 2009 a 2020 para aprovechar las mareas de primavera con el fin de documentar y recolectar diferentes macro-restos. La superficie de afloramiento del paquete de sedimentos orgánicos alcanza los 900 m², que comprende un gran número de fragmentos de madera, entre los que destaca la aparición de troncos o ramas largas (>5 m de largo y >40 cm de diámetro). Se ubican por encima del depósito o embebidos, y se distribuyen caóticamente alrededor de diferentes áreas del afloramiento. Cuando el sedimento que rodea los restos de madera se eliminó manualmente, se determinó que algunos de estos están en posición de vida e incluyen tanto las raíces principales como la

parte inicial del tronco. Durante el muestreo, algunos de estos macro-restos fueron recolectados para la identificación botánica y la datación.

Perforamos la superficie del depósito en diferentes sitios con equipos de perforación por percusión Eijkelkamp, utilizando núcleos de 10 y 3 cm de diámetro. Todas las sondas llegaron al sótano rocoso. Los núcleos de perforación recuperados en las diferentes pruebas fueron muy similares. Las principales diferencias se refieren al grosor del paquete orgánico y las características de los niveles superiores (ausencia o presencia de arenas y grandes restos de madera). El núcleo más grueso (250 cm) obtenido fue elegido para el análisis palinológico y cronológico. La litología del núcleo se describió en el laboratorio y luego se dividió en 125 muestras de 2 cm de espesor. Todas las muestras permanecieron almacenadas a 5 °C hasta el análisis.

Análisis de polen

Las muestras se prepararon para el análisis de polen utilizando métodos estándar (Fægri *et al.* [1989](#); Moore *et al.* [1991](#)). Las diapositivas montadas se analizaron mediante microscopía de luz. La suma total de polen en todas las muestras oscila entre 411 y 789 granos. Los porcentajes de polen terrestre se calcularon utilizando una suma total de polen terrestre (>300 granos), incluidos árboles, arbustos y hierbas de las tierras altas. La suma total de polen se utilizó para calcular porcentajes de los acuáticos y criptogramas. El software TILIA 1.7.14 (Grimm [1990-2015](#)) se utilizó para los cálculos y la representación gráfica de los resultados. Los diagramas de polen se zonificaron mediante el análisis de conglomerados de suma incremental restringida de cuadrados (CONISS) (Fig. [3](#)).

Praia de Ponzos (Ferrol - A Coruña) alt. 0 m a.s.l.

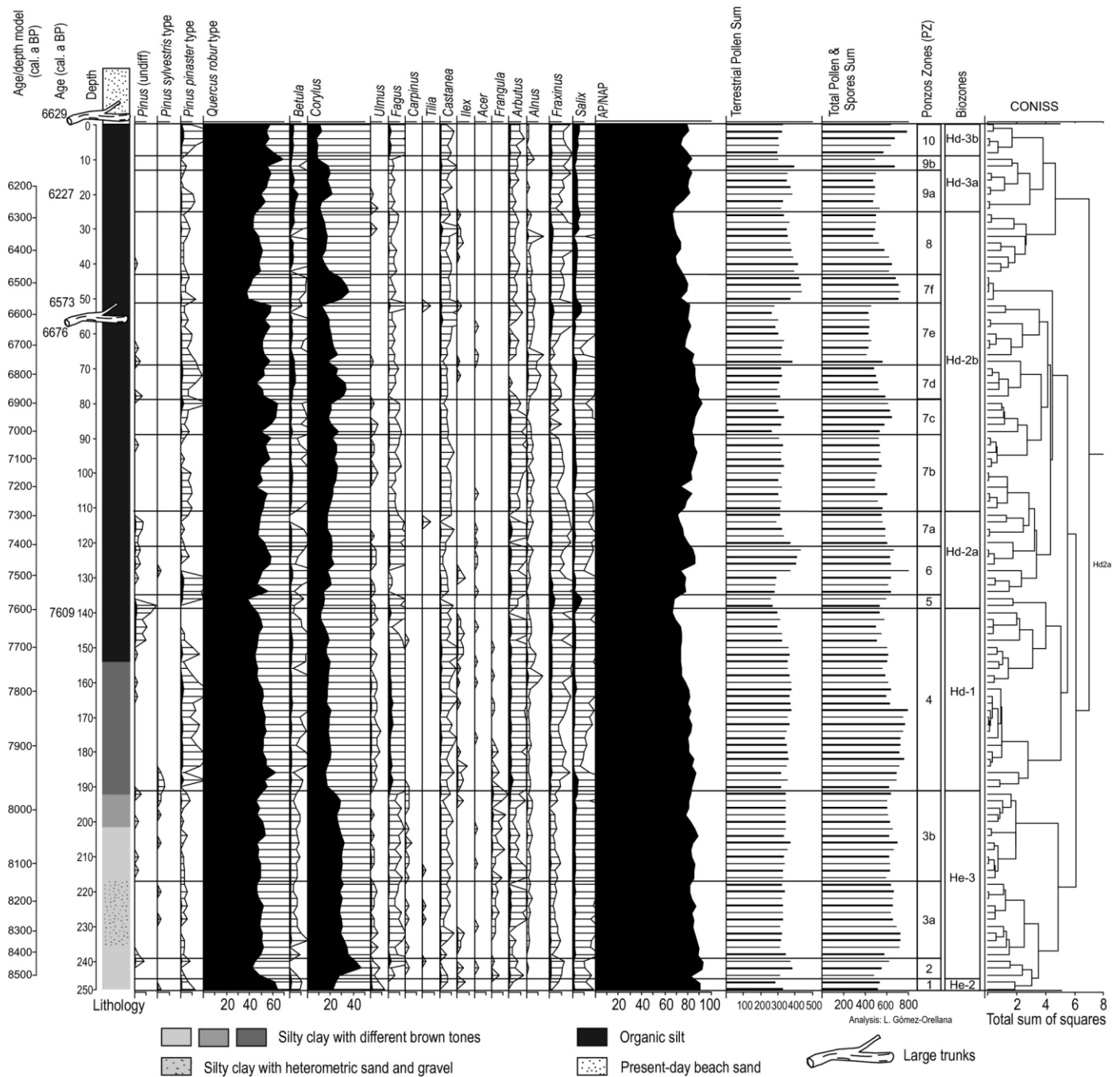


Figura 3 Diagrama de porcentajes de polen de los taxones arbóreos registrados en el depósito de Ponzos. Biozonas: He = Expansión arbórea del Holoceno; Hd = Holoceno medio, de Muñoz Sobrino *et al.* (2005). El modelo de profundidad/edad se da a la izquierda, basado en la datación y el evento regional palinoestratigráfico bien fechado, relacionado con la expansión de *Corylus* (8500 cal. a BP).

Cronología

Se obtuvieron cinco fechas de radiocarbono para el núcleo, cuatro utilizando métodos de datación AMS y uno más utilizando los convencionales Método C^{14} (Tabla 1). Las determinaciones de la edad C^{14} se llevaron a cabo en el Centrum voor Isotopen Onderzoek, Universidad de Groningen y en el Laboratorio ICA, Florida. Las edades de radiocarbono se convirtieron en cal. a BP (2σ) usando Calib 8.2 (Stuiver *et al.* 2020; Tabla 1).

Tabla 1. Radiocarbono y edades calibradas de Ponzos. Todas las fechas se calibraron utilizando el programa CALIB Rev 8.2 y el conjunto de datos IntCal20 (Stuiver *et al.* 2020). Se utilizaron los intervalos de confianza de 2-sigma (95,4%) y sus áreas relativas, así como la probabilidad mediana.

Laboratorio no.	Profundidad (cm)	Material	Edad de radiocarbono uncal. a BP	Método	2σ cal. a Rangos de edad de la PA (área relativa)	Cal. una probabilidad mediana de BP
GrN 32293	0	<i>Salix</i>	6075±35	Convencional	7149–7126 (0.03) 6841–7017 (0.94) 6838–6833 (0.00) 6818–6798 (0.03)	6929
ICA-200S/0901	20–22	Sedimento	5380±40	AMS	6171–6283 (0.65) 6103–6158 (0.18) 6010–6081 (0.16)	6227
GrA-65937	52–54	Sedimento	5775±40	AMS	6479–6668 (1)	6573
GrA 66804	56	<i>Salix</i>	5860±40	AMS	6778–6763 (0.03) 6596–6756 (0.91) 6594–6562 (0.06)	6676

Laboratorio no.	Profundidad (cm)	Material	Edad de radiocarbono uncal. a BP	Método	2σ cal. a Rangos de edad de la PA (área relativa)	Cal. una probabilidad mediana de BP
GrA-65936	140-142	Sedimento	6720±40	AMS	7555-7663 (0.85) 7510-7544 (0.15)	7609

Resultados

Bioestratigrafía y fechas de radiocarbono

Los núcleos obtenidos incluyen diferentes facies orgánicas e inorgánicas, sus bases se colocan directamente sobre el lecho rocoso. El núcleo más profundo obtenido en la playa de Ponzos alcanzó una profundidad de 250 cm y comprende varias facies bien diferenciadas (Fig. 3). La parte basal (250-154 cm de profundidad) está formada por arcilla limosa gris-marrón, con diferentes tonos marrones, probablemente relacionados con el cambio en el contenido de materia orgánica. El tono marrón aumenta de abajo hacia arriba y es posible distinguir hasta tres facies (Figs. 2, 3). Entre 216 y 236 cm de profundidad, hay un alto contenido de arenas heterométricas de cuarzo. Arriba, hay una capa limosa muy oscura con alto contenido de materia orgánica y presencia de restos vegetales. Tiene un grosor de 154 cm, con grandes fragmentos de madera incrustada de *Salix* (Figs. 2, 3). En la parte superior de esta capa, hay un conjunto importante de macro-restos de plantas de gran tamaño (Figs. 2, 3). El nivel superior es un paquete de arena, de 75 a 100 cm de espesor, correspondiente a la playa actual.

Se obtuvieron cinco dataciones por radiocarbono, tres a partir de sedimentos a granel y dos de dos fragmentos de madera (Tabla 1). Uno de los fragmentos fue recuperado a 56 cm de profundidad desde el interior del núcleo muestreado, incrustado dentro del sedimento. El otro fue recuperado dentro de los macro-restos que aparecen en la superficie del sedimento.

Análisis paleobotánicos

Los sedimentos inorgánicos y orgánicos de los humedales halófilos activos (ambientes infralitorales y eulitorales de marismas y lagunas costeras) ubicados en la biorregión atlántica se caracterizan por un alto contenido en sal, y forman eflorescencias cuando están secos. Estos suelen tener macro-restos de conchas, caparazones, espículas u otras estructuras carbonatadas pertenecientes a invertebrados marinos, así como micro-restos característicos de biocenosis halófita. No aparece ninguna eflorescencia en los sedimentos secos obtenidos en Ponzos. Además, el análisis de los residuos de 10× y 30× aumento después de tamizar 0,5, 0,1 y 0,05 mm no encontró evidencia de restos de invertebrados marinos, ni se observó ninguna reacción carbónica después del ataque con ácido. La totalidad de los macrorequisos recuperados corresponde a plantas vasculares, restos fibrosos, raíces pequeñas (<2 mm de diámetro), así como trozos de hojas y tallos de Poaceae y Cyperaceae.

Las diferentes facies incluyen abundantes macro-restos vegetales, especialmente en el nivel más orgánico (0-154 cm). La mayoría de ellos corresponden a tejidos fibrosos de plantas vasculares herbáceas y fragmentos leñosos de diferentes tamaños. Los restos leñosos más grandes corresponden a 25 ramas grandes y troncos de más de 2 m de largo (hasta 5–7 m) y 30–40 cm de diámetro. Algunos de estos grandes fragmentos corresponden a raíces y fragmentos basales del tronco en disposición viva. Sin embargo, la mayoría de ellos se encuentran en la superficie del depósito, ya sea incrustados en él o libres. La mayoría de nuestras muestras leñosas son de sauce (según la flora regional actual, muy probablemente corresponden a *Salix atrocinerea*) y, en menor medida, de robles caducifolios (según la flora regional actual, muy probablemente corresponden a *Quercus robur*/*Quercus pyrenaica*).

El contenido de microremantos consiste en abundante polen, así como esporas de musgo y helecho, en buen estado de conservación. Además, se encontraron varios restos de hongos (esporas, hifas), así como diatomeas y otros microfósiles no polínicos. El contenido en microremantos es similar a la señal de polen obtenida en diferentes humedales no halófilos de la zona litoral (turberas, brezales húmedos, marismas altas, zonas pantanosas que rodean lagunas costeras, etc.).

Las figuras 3, 4 y 5 muestran los diagramas de polen obtenidos. Las zonas de polen identificadas siguen los resultados del análisis por conglomerados. Diez zonas locales de ensamblaje de polen (LPAZ) fueron reconocidas y designadas como Zonas Ponzos (PZ), pero algunas de ellas se subdividieron para resaltar algunos hechos particulares relacionados con la dinámica de la vegetación.

Praia de Ponzos (Ferrol - A Coruña) alt. 0 m a.s.l.

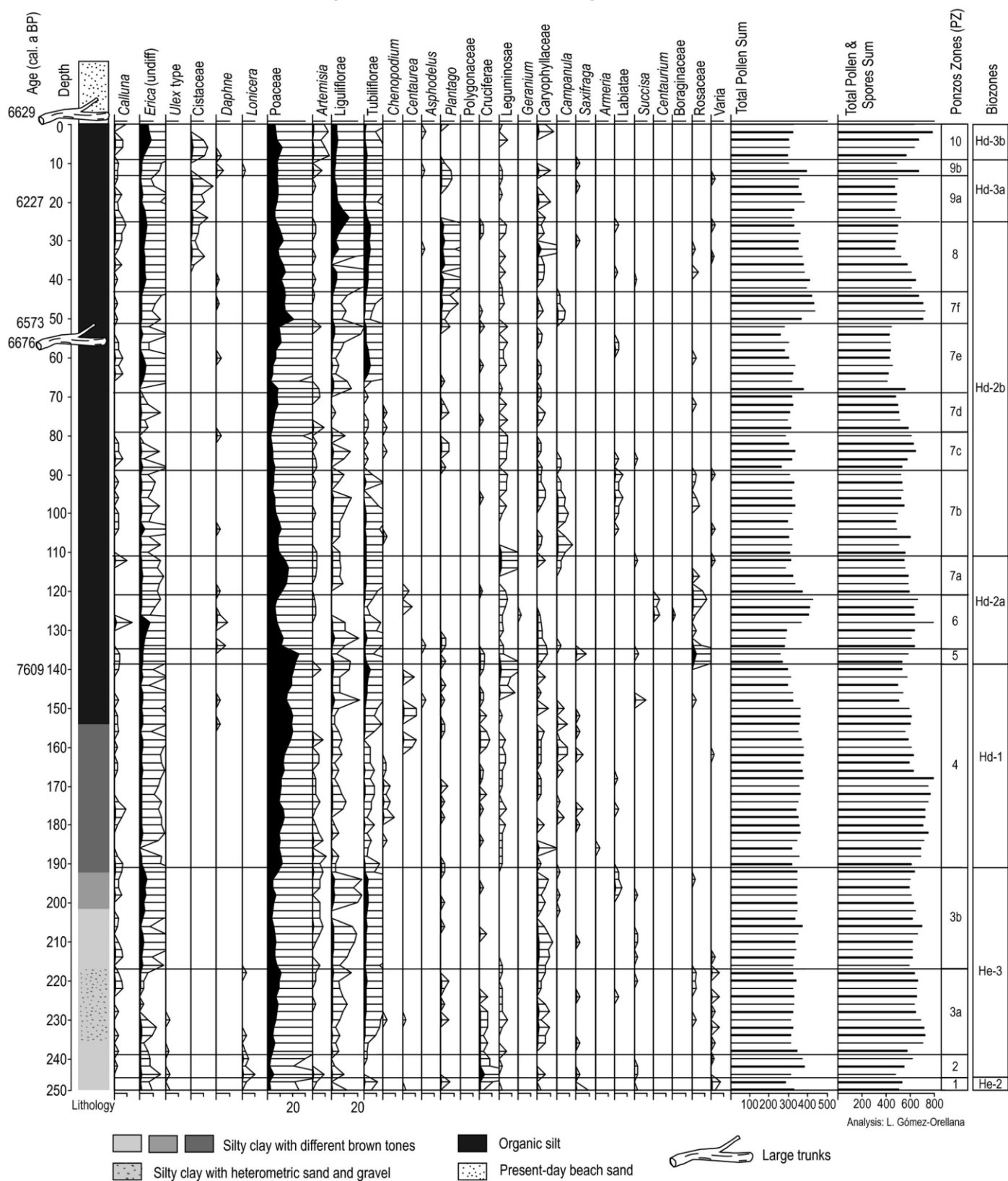


Figura 4 Diagrama de porcentajes de polen de las hierbas y arbustos registrados en el depósito de Ponzos. Biozonas: He = Expansión arbórea del Holoceno; Hd = Holoceno medio, de Muñoz Sobrino *et al.* (2005).

Praia de Ponzos (Ferrol - A Coruña) alt. 0 m a.s.l.

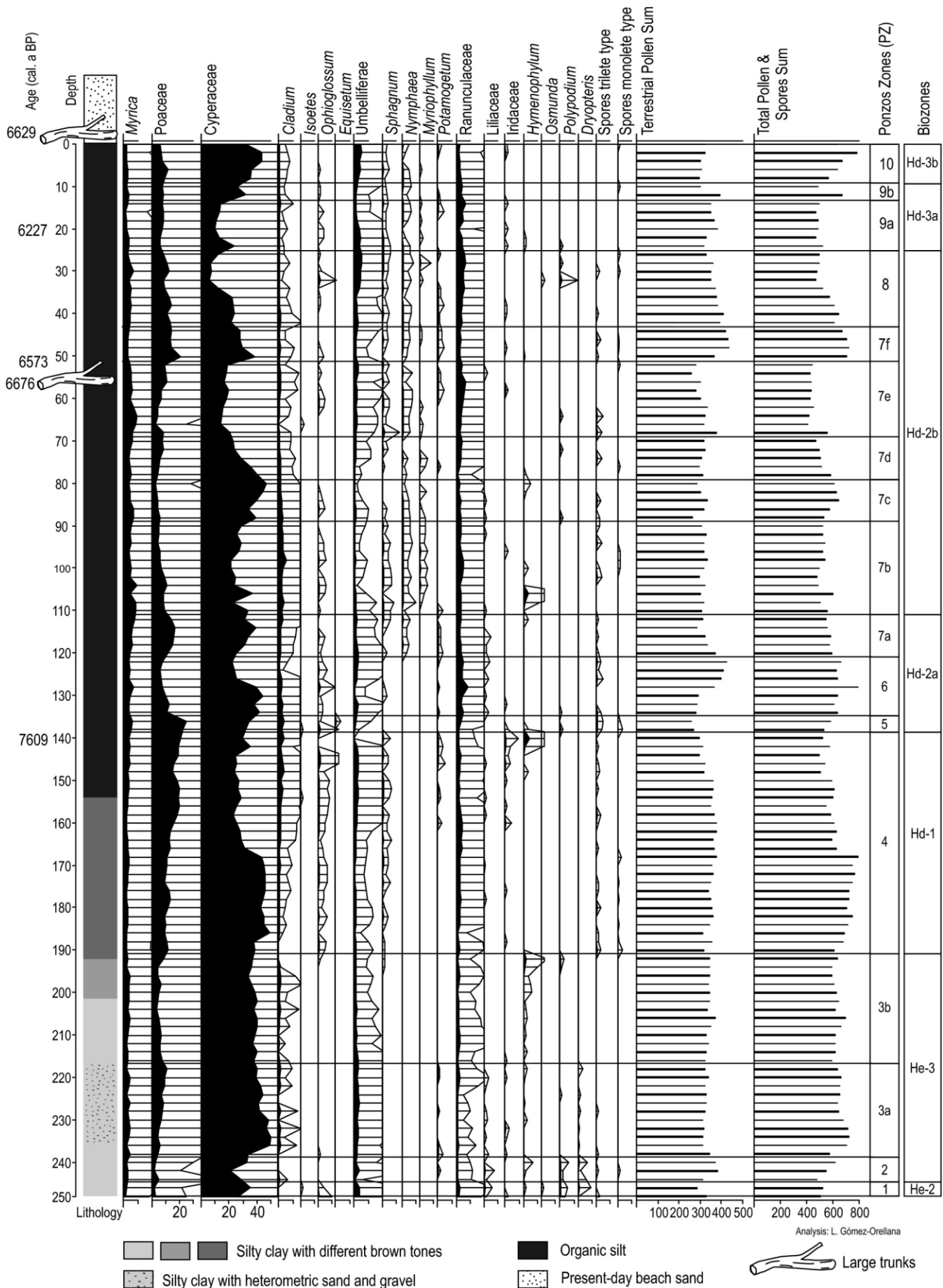


Figura 5 Diagrama de porcentajes de polen de los taxones vinculados a ambientes de agua dulce registrados en el depósito de Ponzos. Biozonas: He = Expansión arbórea del Holoceno; Hd = Holoceno medio, de Muñoz Sobrino *et al.* (2005).

PZ-1 (250–248 cm) que marca el inicio de la secuencia se caracteriza por la dominancia de los árboles, incluyendo un máximo de *Quercus robur-type* y alrededor del 20% de *Corylus*. A continuación, PZ-2 (248–238 cm) comienza con una ligera disminución en el polen total de los árboles, marcada por la disminución del tipo *Quercus robur*, pero la posterior expansión y máxima de *Corylus*.

PZ-3 (238–192 cm) evidencia la recuperación del polen total de los árboles (>85%). Las especies de árboles caducifolios dominantes son *Quercus robur-type* y *Corylus*, con escasa presencia de *Pinus*. En la subzona 3a hay un ligero aumento de *Poaceae* mientras que en la subzona 3b *Erica* disminuye y *Compositae* aumenta. PZ-4 (192–140 cm) refleja un ligero detrimento total del polen de los árboles debido a la disminución de *Corylus*. *Fagus* y *Arbutus* aumentan y comienza la curva continua de *Ulmus*. Los porcentajes de *Poaceae* aumentan y los porcentajes de *Erica* y *Compositae* disminuyen. La parte superior de la zona ha sido fechada en 7609 cal. a BP (Tabla 1, Fig. 3). PZ-5 (140–134 cm) refleja un detrimento en el polen total de los árboles y representa el mínimo arbóreo de la secuencia, junto con el máximo de *Poaceae* (Fig. 4).

En PZ-6 (134–120 cm) hay un aumento de los porcentajes de polen de los árboles que refleja la recuperación de los bosques caducifolios, con la expansión sucesiva de *Quercus robur-type* y *Corylus*, y *Arbutus* y *Fagus* aumentando. Además, se produce un ligero aumento de *Erica*, mientras que las *Poaceae* disminuyen (Fig. 4).

PZ-7 (120–44 cm) representa una disminución inicial del polen de los árboles (PZ-7a) y su posterior recuperación (PZ-7b). La subzona PZ-7c refleja un aumento del tipo *Quercus robur*, seguido de aumentos de *Corylus* y *Betula* y los valores mínimos de *Arbutus* (PZ-7d). La subzona PZ-7e muestra un nuevo aumento en *Quercus robur-type*, *Erica* y *Poaceae* (Figs. 3, 4). La parte superior de la subzona PZ-7e ha sido fechada en 6573 cal. a BP (Tabla 1, Fig. 3). Finalmente, PZ-7f muestra la sustitución de *Corylus* por *Quercus robur-type* (Fig. 3) y el aumento continuo de *Poaceae* (Fig. 4). PZ-8 (44–26 cm) muestra un momento de detrimento arbóreo, debido principalmente a disminuciones en *Corylus* y *Quercus robur-type*. PZ-9 (26–10 cm) refleja una recuperación posterior del polen total de los árboles que se inicia con el aumento de *Betula* y *Corylus* (PZ-9a) y luego *quercus robur-type* (PZ-9b). La subzona PZ-9a ha sido fechada en 6227 cal. a BP (Tabla 1, Fig. 3). *Quercus robur-type* y *Corylus* disminuyen en PZ-10 (10–0 cm), mientras que *Betula*, *Fagus*, *Pinus pinaster-type* y *Erica* aumentan.

Los niveles más bajos de la secuencia no pudieron ser datados por técnicas de radiocarbono debido a su escaso contenido de materia orgánica. Por encima de ellos, se obtuvieron diferentes fechas a partir de sedimentos a granel y macroreservidos (Tabla 1, Fig. 3).

La interpretación y correlación de estas zonas polenales con las secuencias regionales de referencia para la ecorregión atlántica (Ramil-Rego 1992; Muñoz Sobrino *et al.* 2005) y las fechas del C¹⁴ obtenidas permiten la atribución de toda la secuencia al comienzo del Holoceno. La base de la secuencia representa una fase de expansión de *Corylus* y detrimento tipo *Quercus robur* fechada antes de 7069 cal. a BP. Esto permite estimar la edad de la base de la secuencia en algún momento entre las expansiones regionales de *Quercus* (10 950 cal. a BP) y *Corylus* (8500 cal. a BP). La fecha de 6227 cal. a BP (Tabla 1) obtenida en la parte superior de la secuencia (20 cm de profundidad) situaría el final de la secuencia alrededor de 6000 cal. a BP (Fig. 3).

Discusión

El ecosistema local

Los datos sedimentológicos y palinológicos (Fig. 5) nos permiten considerar que el ambiente deposicional en el sitio de Ponzos era un humedal costero. Inicialmente (250-120 cm de profundidad) habría sido un humedal de agua dulce sin un cuerpo de agua permanente y formado por diferentes comunidades herbáceas altas. *Cladium mariscus* y probablemente *Phragmites australis* habrían estado presentes, ya que existen hoy en día en diferentes humedales de la zona, formando parte de estuarios y lagunas. Además, existían otros taxones herbáceos secundarios (*Iris*, *Caryophyllaceae*, *Umbelliferae*, *Osmunda regalis*, *Equisetum*, etc.), así como diferentes pequeñas comunidades de helechos. Entre ellas se encuentran *Isoetes*, con dos especies distribuidas en la actualidad en los humedales higrófilos de la zona (*Isoetes durieui* e *I. hystrix*) y *Ophioglossum*, que en la biorregión atlántica ibérica comprende actualmente dos especies, *Ophioglossum lusitanicum* y *O. vulgatum* (López González 1986). Además, diferentes árboles (*Salix*, *Alnus*, *Corylus*, *Fraxinus*, *Betula*) también estuvieron presentes en el humedal. En relación con el predominio de las especies higrófilas, algunos elementos típicos de las comunidades de pantanos y turberas (*Sphagnum*) están notablemente ausentes en la primera parte de la secuencia. Más tarde, las esporas de *Sphagnum* aparecen en las facies más orgánicas, pero notablemente subrepresentadas en relación con lo que sucede en las secuencias de turberas cercanas ubicadas en elevaciones más altas (Ramil-Rego 1992).

Entre 120-0 cm de profundidad persisten ambientes higrófilos, pero también aparecen diferentes taxones indicativos de aguas frescas abiertas, lo que revela cambios significativos en las condiciones ecológicas del sitio (Fig. 5). En particular, la presencia de *Ranunculus* y *Potamogeton* puede estar relacionada con la aparición de biotopos poco profundos (<1-1,5 m de profundidad). En las lagunas costeras de la región atlántica ibérica, la especie autóctona *Potamogeton pectinatus* es característica de ambientes halófitos; pero la mayoría de las otras especies nativas (*Potamogeton natans*, *Potamogeton perfoliatus*, *Potamogeton polygonifolius*, *Potamogeton trichoides*) habitan ambientes subhalofíticos y aguas dulces. La especie *Nymphaea alba* puede ser la única representante de *Nymphaea*, que generalmente configura biocenosis densas en humedales de agua dulce y ajusta sus cambios estacionales a los niveles de inundación. Por último, *Myriophyllum* es un hidrófito que vive suspendido cerca de la superficie del agua, siempre en ambientes de salinidad reducida. En las lagunas costeras, como en las lagunas interiores, las especies de *Myriophyllum* (*M. alterniflorum*, *M. verticillatum*) suelen formar formaciones densas con *Ceratophyllum demersum*.

En resumen, las características sedimentológicas y los datos presentados anteriormente, así como la ausencia de macroremantos y polen de cualquier hidrófito halófilo que sean típicos de las lagunas costeras de la biorregión atlántica (*Ruppia maritima*, *Zostera noltii*, *Najas marina*), permiten tipificar el ambiente lacustre de Ponzos como característico de una laguna costera de aguas subhalofíticas.

Hoy en día, este tipo de humedales aún existen en la biorregión atlántica de la Península Ibérica, tres de ellos en el litoral de la Costa Ártabra: Doniños, Frouxeira y Pantín (Fig. 1). La

configuración ecológica de estos humedales es muy similar. Un banco de arena encierra una pequeña bahía o ensenada, creando un sistema dunar que comprende un entorno lagunar, así como, típicamente, diferentes humedales higrófilos. Dependiendo de la configuración del banco de arena, la laguna y los humedales higrófilos pueden verse afectados temporal o permanentemente por mareas, tormentas o cambios en el nivel del mar. Alternativamente, durante los períodos más estables, tienden a permanecer cerrados. En las lagunas costeras de la biorregión atlántica ibérica se observa una clara gradación espacial de ambientes y biocenosis. Los hábitats halófilos se desarrollan en las áreas cercanas al banco de arena y la playa; pero las comunidades subhalofitas y continentales prevalecen en ambientes distales. La configuración de la antigua laguna (y los hábitats higrófilos asociados) que se puede deducir del diagrama de polen de Ponzos es comparable a la configuración actualmente observada de diferentes lagunas costeras dentro del área atlántico-cantábrica de Iberia.

El registro de Ponzos también revela la existencia de un proceso de expansión del bosque higrófilo sobre el humedal, representado por la presencia de grandes macro-restos de *Salix* incrustados en el sedimento (Figs. 2, 3). La fecha 6676 cal. a BP obtenida para uno de estos fragmentos es coherente con la fecha obtenida para el sedimento (6600 cal. a BP). Además, la datación de las grandes piezas de madera en la parte superior del sedimento es coherente con la fecha del tronco recuperado en el interior del sedimento (Fig. 3, Tabla 1). Estas evidencias sugieren que los restos de madera esparcidos en la superficie del depósito fueron reelaborados desde la parte interior del sedimento por la acción erosiva del mar (Fig. 2).

Las especies de árboles higrófilos que crecían sobre el humedal también ocurrieron en momentos similares en otros depósitos de la zona (Ramil-Rego [1992](#); Muñoz Sobrino *et al.* [2005](#)). Estos cambios probablemente han correspondido a modificaciones del régimen hidrológico de los humedales y, por lo tanto, probablemente estuvieron vinculados a las condiciones climáticas regionales y locales, así como a la configuración del sistema de apertura de humedales. Tras la etapa de invasión arbórea, los humedales de Ponzos recuperaron su configuración anterior. Este último cambio está marcado por los aumentos de *Corylus* y *Cyperaceae* (Figs. 3, 5).

Configuración y dinámica del paisaje

El comienzo del registro de polen de Ponzos muestra la expansión regional de *Quercus robur-type* y *Corylus*, seguido de un largo período de dominancia arbórea (Fig. 3). Esta secuencia de eventos puede correlacionarse con otros registros de polen obtenidos de turberas situadas en la Sierra del norte de Galicia (Menéndez Amor & Florschütz [1961](#); Van Mourik [1986](#); Ramil-Rego [1992](#); Ramil-Rego *et al.* [1996](#), [1998a](#), [b](#), [2000](#)) y otras secuencias de la biorregión atlántica (Ramil-Rego *et al.* [2000](#); Muñoz Sobrino *et al.* [2005](#), [2007](#); Iriarte Chiapusso *et al.* [2016](#)). En Ponzos, después del máximo de *Quercus* y *Corylus*, no hay disminuciones en el polen total de los árboles ni aumentos significativos en hierbas o arbustos. Esta es una diferencia notable de lo que sucede en una serie de diagramas de la cercana Cordillera Cantábrico-Atlántica, donde varios picos de *Poaceae*, *Juniperus* o *Erica* se correlacionan con los eventos 9.3 y 8.2 cal. ka BP (Muñoz Sobrino *et al.* [2005](#); Iriarte Chiapusso *et al.* [2016](#)). La ausencia de una señal de polen relevante para esos eventos climáticos rápidos en Ponzos durante el Holoceno Temprano (más allá del desarrollo local de un humedal higrófilo sin un

cuerpo de agua libre durante la primera parte de la secuencia) probablemente se deriva de su baja altitud, su proximidad al océano y la falta de ecotonos afilados cercanos.

El predominio del polen de los árboles con la codominancia de *Quercus robur-type* y *Corylus* refleja la importancia de los bosques caducifolios en el paisaje. Estos bosques probablemente estaban dominados por árboles caducifolios de hoja ancha (robles, avellanos), pero la nueva evidencia sugiere que otras especies caducifolias (*Acer*, *Alnus*, *Betula*, *Carpinus*, *Castanea*, *Corylus*, *Frangula*, *Fraxinus*, *Salix*, *Tilia*, *Ulmus*), un pequeño grupo de taxones de hoja perenne (*Arbutus*, *Ilex*) y algunas gimnospermas (*Pinus pinaster-type*, *Pinus sylvestris-type*) todavía estaban presentes.

A excepción de *Quercus robur-type* y *Corylus*, que registran un claro episodio de expansión y dominancia que denota su importante papel en la configuración del paisaje, el resto de los taxones arbóreos registrados solo muestran fases de difusión, es decir, evidencias discontinuas de polen o curvas continuas de polen con bajos porcentajes (Fig. 3). El dominio de los bosques caducifolios que se extiende hasta el Holoceno Medio también se ha descrito a partir de otros sitios de polen en las montañas subcosteras occidentales de la biorregión atlántica de Iberia: Turberas de Buio I y II (Menéndez Amor & Florschütz 1961; Van Mourik 1986), Pena Vella, Chao do Lamoso, Rio das Furnas I & II (Ramil-Rego 1992; Ramil-Rego & Aira Rodríguez 1993a; Ramil-Rego et al. 1996, 1998a). La presencia de *Pinus* aumenta hacia el este del litoral cantábrico y hacia el sur de la costa atlántica (Iriarte Chiapusso et al. 2006; Granja et al. 2016), e incluso se vuelve dominante, más al sur, durante el Holoceno Medio (Connor et al. 2021).

Varios árboles registrados en el diagrama de polen de Ponzos (Fig. 3) carecen de poblaciones nativas en la biorregión atlántica de Iberia en la actualidad. Las únicas poblaciones naturales de *Carpinus* existentes actualmente se encuentran en la esquina oriental del Cantábrico (Aizpuru & Catalán 1984; Remón et al. 2002; Muñoz Sobrino et al. 2018). Hoy en día, *Tilia* ha sido extirpada de las áreas litorales, y *Pinus* de todo el NOroeste de Iberia. No obstante, *Tilia* mantiene poblaciones silvestres en diferentes zonas de la cordillera Cantábrica pero está extinta en Galicia y Portugal. Mientras tanto, *Pinus* solo mantiene pequeñas poblaciones silvestres en algunas áreas montañosas, como la Cordillera Gerês (Pavía et al. 2014; Fernandes et al. 2015) y la gama cántabra (Ramil-Rego & Aira Rodríguez 1993b; García et al. 1997; Franco et al. 2001; Muñoz Sobrino et al. 2003).

La secuencia de Ponzos muestra presencia continua de polen de *Fagus* desde antes de 7600 cal. a BP (Fig. 3), lo que indica la presencia de bosques locales de este taxón en lugares situados a baja altitud, cerca del océano y más al oeste que su rango actual. Un comportamiento similar de la haya ocurre durante diferentes etapas templadas del Último Ciclo Glacial en otras secuencias de la zona (Gómez-Orellana et al. 2007, 2013). Según nuevos datos, *Fagus* persistió en las zonas costeras del noroeste de Iberia al menos hasta el Holoceno Medio, lo que refuerza la existencia de refugios locales para este taxón en Iberia (Ramil-Rego et al. 2000; Muñoz Sobrino et al. 2009).

La presencia de gimnospermas en la biorregión atlántica está documentada con datos de polen y macroreservidos desde el Terciario, mostrando un importante grupo de taxones: *Abies*, *Cedrus*, *Juniperus*, *Pinus*, *Taxodium*, *Taxus*, *Juniperus* (Alcalde Olivares et al. 2004; et al. 2011). Durante el Pleistoceno, la presencia de gimnospermas es significativamente escasa

(*Abies*, *Cedrus*, *Juniperus*, *Pinus*, *Taxus*, *Juniperus*). Al comienzo del Holoceno se reduce aún más, y las únicas gimnospermas registradas son *Pinus*, *Taxus* y *Juniperus* (Gómez-Orellana *et al.* [2007](#); Ramil-Rego *et al.* [2011](#); *et al.* [2011](#)). La representación de las gimnospermas en el paisaje también es diferente, siendo dominante en las zonas de montaña y depresiones interiores, mientras que su presencia en las zonas oceánicas es escasa, casi marginal. Esta situación se ha exacerbado durante el Holoceno porque las actividades humanas han causado una fuerte retracción de los bosques. Esto ha determinado la extinción local o regional de diferentes especies, entre ellas, los pinos (Ramil-Rego 1992; Ramil-Rego & Aira Rodríguez [1993b](#), [2009](#), [2019](#); Figueiral [1999](#)). En el siglo 19, los pinos ya no tenían poblaciones silvestres en Galicia, pero pequeñas formaciones persisten en las zonas montañosas en el norte de Portugal y Castilla-León. Las formaciones de pino existentes actualmente en el noroeste de Iberia derivan de reforestaciones antiguas y recientes que utilizaron principalmente material genético alóctono.

El diagrama de Ponzos también muestra la presencia continua de *Castanea* (Fig. 3). El castaño (*Castanea sativa*) también se ha registrado en el noroeste de Iberia y, en general, en la biorregión atlántica, a lo largo del Terciario y el Pleistoceno (Gómez-Orellana *et al.* [2007](#), [2013](#); *et al.* [2011](#)). Por lo general, es un elemento con escasa representación, y ningún registro sugiere su predominio en el paisaje o la existencia de formaciones dominadas por este taxón. El polen de *Castanea* también aparece en porcentajes bajos al comienzo del Holoceno (Ramil-Rego [1992](#)). La expansión regional de *Castanea* solo se registra durante la Edad Media y está vinculada al cultivo local. En el diagrama de Touriz (Van Mourik [1986](#)), la expansión del castaño data de 950 cal. a BP (AD 1000). El inicio de su cultivo y el uso de quimeras de injerto marcan esta fase de expansión, cuando las plantaciones de castaños ocupaban grandes superficies modificando con frecuencia los paisajes locales. Esto favoreció, en muchos casos, su co-ocurrencia con otras especies nativas y el desarrollo de estratos arbustivos y herbáceos similares a los bosques naturales. Estas plantaciones de castaños utilizando quimeras de injerto tuvieron gran importancia en el paisaje desde la Edad Media hasta finales del siglo 19 y principios del siglo 20. Más tarde, la propagación de la enfermedad del tizón (Vieitez Cortizo *et al.* [1996](#)) y la aparición de cultivos forestales, destinados a satisfacer las demandas industriales, redujeron significativamente su presencia, especialmente en el área litoral y las tierras bajas. En las zonas montañosas del oeste de la biorregión atlántica, las masas de quimeras castañas antiguas han persistido durante más de 100-200 años.

Uno de los elementos más singulares de los bosques nativos de la biorregión atlántica es la presencia de helechos nemorales, considerados como relictos. La mayoría de estos helechos se encuentran en las últimas grandes representaciones de los antiguos bosques que persisten en los valles sublitorales de los ríos Eume, Beelle, Mera, Sor, Landro y Ouro. Estos incluyen especies como *Culcita macrocarpa*, *Woodwardia radicans*, *Vandenboschia speciosa*, *Hymenophyllum tunbrigense* e *Hymenophyllum wilsonii*, todas ellas con baja capacidad de dispersión y colonización (Dupont [2015](#)).

La presencia de esporas de *Hymenophyllum* se registra regularmente en el análisis de polen de Ponzos (Fig. 5). Actualmente, dos especies de este género habitan en la biorregión atlántica de Iberia. La más frecuente es *H. tunbrigense*, que actualmente mantiene una zona dispersa

de distribución que incluye Macaronesia, Escocia, Italia, Alemania y la Península Ibérica. En Iberia, su distribución está restringida a la biorregión atlántica, concretamente a los territorios litorales y sublitorales de A Coruña, Lugo, Asturias, Cantabria y Euskadi. Menos frecuente es *H. wilsonii*, con presencia en Açores, Andalucía, Norte de Portugal y Galicia (A Coruña). Actualmente, ambas especies incluyen poblaciones localizadas en un radio inferior a 20 km del yacimiento de Ponzos.

Además de la vegetación arbórea y los humedales, el registro de polen de Ponzos atestigua la presencia de elementos característicos de otros ambientes costeros como acantilados y sistemas dunares (por ejemplo, *Armeria* y *Artemisia*). También hay arbustos dominados por Ericaceae (*Erica*, *Calluna*) y arbustos espinosos leguminosos (*Ulex*), con *Daphne* (*Daphne gnidium*) y Cistaceae (*Cistus salviifolius*) y una serie de hierbas: *Centaureum*, *Campanula*, *Saxifraga*, *Succisa*, *Chenopodium*, *Asphodelus*, *Lonicera*, *Centaurea* (Fig. 3). Por último, hay que destacar la falta de taxones que indiquen una influencia de las actividades antrópicas en el paisaje, especialmente en los cultivos (Fig. 4).

La gran diversidad de árboles registrados desde principios del Holoceno en la secuencia de Ponzos refuerza las evidencias obtenidas en otras zonas de la Península Ibérica, especialmente en la biorregión atlántica. Todos estos datos respaldan que en esta zona existían refugios locales para árboles exigentes, desde donde se propagaban. Por lo tanto, algunos de ellos se expandieron en la región durante el Holoceno, pero otros se volvieron subrepresentados (Ramil-Rego *et al.* [1998b](#), [2000](#); Gómez-Orellana *et al.* [2007](#), [2012](#), [2013](#); Muñoz Sobrino *et al.* [2007](#), [2009](#)).

Efectos de la subida del nivel del mar

Las oscilaciones climáticas durante el Cuaternario han provocado modificaciones en el volumen de hielo continental, determinando cambios significativos en el nivel del mar (Bard *et al.* [1990](#); Dias *et al.* [2000](#); Leorri *et al.* [2013](#)). Estos influyen en la configuración de los hábitats costeros, cambiando sus áreas de distribución y provocando fragmentación, redistribución o incluso la desaparición de ciertos ambientes. A lo largo del litoral de la biorregión atlántica de la Península Ibérica suelen aparecer restos de antiguos humedales desarrollados a lo largo de diferentes periodos del Pleistoceno o del Holoceno.

Los datos disponibles para el NW de Iberia (Dias *et al.* [2000](#); Leorri *et al.* [2013](#)) apuntan a una fase de rápido aumento del nivel marino a principios del Holoceno (11.2-9.4 cal. ka BP) con fuertes tasas de aumento anual. Para este período, los registros obtenidos en humedales costeros muestran restos de sedimentos playeros y marinos (Granja *et al.* [2008](#), [2010](#); Sáez *et al.* [2018](#)), pero la sedimentación orgánica solo se registra en la secuencia de Mougás (Gómez-Orellana *et al.* [1998](#)). Entre 9,4 y 6,8 cal. ka BP se redujeron tanto la tasa de aumento eustático del nivel del mar como la tasa anual de aumento. Durante este tiempo, la sedimentación orgánica en Mougás cesó. El yacimiento de Mougás fue el sitio más reciente representativo de un amplio grupo de humedales que ocuparon las áreas emergidas durante el período glacial Würm, y cuyos restos se encuentran actualmente fosilizados (Gómez-Orellana [2002](#); Gómez-Orellana *et al.* [2007](#), [2013](#)). Ahora, el nuevo polen y los datos cronológicos obtenidos establecen el inicio de la secuencia de Ponzos entre 10 950 y 8500 cal. a BP.

Posteriormente, entre 6,8 y 4,2 cal. ka BP, se produjo una etapa de estabilización del nivel del mar, durante la cual se reactivaron los humedales litorales de agua dulce del NO de Iberia y se produjeron nuevos sedimentos orgánicos en las costas (Santos & Vidal [1993](#); Salas *et al.* [1996](#); Bao *et al.* [2007](#); Costas *et al.* [2009](#); Granja *et al.* [2010](#), [2016](#); Ribeiro *et al.* [2011](#); Sáez *et al.* [2018](#)). Finalmente, entre 4.2-0 cal. ka BP, se produjo una nueva etapa de aumento relativo del nivel del mar con una alta tasa de aumento anual. Se reestructuraron ambientes litorales, cesando la sedimentación en algunos humedales que quedan destruidos y, a veces, desarrollándose nuevos humedales cercanos (Gómez-Orellana *et al.* [2001](#); Santos *et al.* [2001](#); Granja *et al.* [2016](#); Sáez *et al.* [2018](#)).

Los datos obtenidos en la parte superior de la nueva secuencia nos permiten conectar la destrucción del antiguo humedal con una etapa de aumento eustático del nivel del mar. Sin embargo, no hay evidencia de un proceso de transición ecológica hacia la desecación o salinización del sitio. En este sentido, la ruptura del banco de arena y la entrada de las mareas habría generado un proceso erosivo que probablemente habría afectado a los niveles superiores de la secuencia y eliminado cualquier evidencia de ese proceso de transición.

Conclusiones

Los resultados obtenidos de la secuencia de alta resolución del humedal de Ponzos arrojan luz sobre las modificaciones de la vegetación en las tierras bajas costeras de la biorregión atlántica del noroeste de Iberia durante la primera mitad del Holoceno. Nuevos datos aumentan nuestro conocimiento de la biorregión, principalmente sobre la zona litoral, donde la información existente era escasa y muy fragmentada. La secuencia comienza durante la expansión regional de los bosques y se extiende hasta la parte final de la etapa de dominancia forestal. Además, estos datos permiten evaluar la dinámica de un humedal costero en relación con los cambios provocados en los ecosistemas litorales por la transgresión marina del Holoceno.

La secuencia se caracteriza por altos valores de polen de árbol y la falta de una señal polínica obvia de las recaídas climáticas (anomalías isotópicas de 9,3 y 8,2 ka BP) previamente descritas en las montañas sublitorales cercanas.

Desde el comienzo del Holoceno, el paisaje de estas tierras bajas costeras albergaba bosques caducifolios dominados por la dupla *Quercus-Corylus*. La alta diversidad de especies arbóreas registradas representa más que la totalidad de los árboles actualmente existentes en los bosques de la zona, incluyendo varias especies actualmente extintas en el litoral y sublitoral atlántico del NO de Iberia, como *Carpinus*, *Tilia*, *Fagus* y *Pinus*.

La alta diversidad de elementos arbóreos registrados a principios del Holoceno, y la evidencia regular del helecho reliquia *Hymenophyllum* refuerzan la idea de la ocurrencia de refugios locales en el NW de la biorregión atlántica de Iberia que persistieron hasta el final del Último Ciclo Glacial. En cuanto a otras formaciones arbóreas, la presencia de *Pinus* era rara y la evidencia de árboles esclerófilos es muy escasa.

La inestabilidad en las zonas litorales, ligada a la transgresión del Holoceno, determina una fuerte fragilidad de los humedales costeros, que generalmente solo se desarrollaba durante etapas cortas de estabilización. En Ponzos, la formación de humedales comenzó alrededor de 9000 cal. a BP como un humedal higrófilo sin un cuerpo de agua permanente.

Posteriormente, el humedal quedó cubierto permanentemente por un cuerpo de agua dulce. Durante esta etapa, hubo una invasión del bosque higrófilo en el humedal. Finalmente, después de 6000 BP, el banco de arena que desconectaba la laguna del mar se rompió y el agua de mar invadió el humedal.

Agradecimientos

Se agradece a la [Sociedad Cultural Columba \(Covas-Ferrol\)](#) la información sobre el yacimiento y su colaboración en las tareas de perforación y muestreo. Se agradece a la Demarcación litoral de A Coruña, y en especial a los técnicos y agentes del servicio provincial de A Coruña de la Dirección General de Patrimonio Natural, su inestimable apoyo. Agradecemos a A. M. Goldstein que realizó la verificación del idioma de la versión final. Agradecemos a Jan A. Piotrowski y a dos árbitros anónimos por sus útiles críticas y comentarios útiles sobre el manuscrito.

Contribuciones de los autores

LGO, PRR, JFdC y CMS redactaron el manuscrito y discutieron los resultados. LGO realizó análisis palinológicos y preparó las Figs. [1](#), [2](#), [3](#), [4](#) y [5](#).

Referencias

- Aizpuru, I. & Catalán, P. 1984: Presencia del carpe en la Península Ibérica. *Anales Jardín Botánico de Madrid* **41**, 143-146.
[Google Académico](#)
- Alcalde Olivares, C., Garcia Antón, M., Gómez Manzanque, F. & Morla Juaristi, C. 2004: Interpretación paleoambiental de la localidad neógena caranceja (Reocín, Cantabria, N España) a partir de estudios comparativos de madera, carbón vegetal y polen. *Revista de Paleobotánica y Palinología* **132**, 133-157.
[Crossref](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)
- Allen, J. R. M., Huntley, B. & Watts, W. A. 1996: La vegetación y el clima del noroeste de Iberia durante los últimos 14000 años. *Revista de Ciencia Cuaternaria* **11**, 125-147.
[Biblioteca en línea de Wiley](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)
- Amigo, J., Rodríguez Guitián, M. A., Pradinho Honrado, J. J. & Alves, P. 2017: The Lowlands and Midlands of Northwestern Atlantic Iberia. En J. Loidi (ed.): *La vegetación de la Península Ibérica. Planta y vegetación* **12**, 191-250. Springer Nature, Suiza.
[Crossref](#) | [Google Académico](#)
- Bao, R., Alonso, A., Delgado, C. & Pagés, J. L. 2007: Identificación de los principales mecanismos impulsores en la evolución de un pequeño humedal costero (Traba, Galicia, NW España) desde su origen 5700 cal año BP. *Paleogeografía, Paleoclimatología, Paleoecología* **247**, 296-312.
[Crossref](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

-
- Bard, E., Hamelin, B. & Fairbanks, R. G. 1990: U/Th edades obtenidas por espectrometría de masas en corales del nivel del mar de Barbados durante los últimos 130.000 años. *Naturaleza* **346**, 456-458.

[Crossref](#) | [CASWeb de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Birks, H. J. B. 2019: Contribuciones de la botánica cuaternaria a la ecología moderna y la biogeografía. *Ecología Vegetal y Diversidad* **12**, 189-385.

[Crossref](#) | [Google Académico](#)

- Carrión, J., Yll, E., Walker, M., Legaz, A., Chaíns, C. & López, A. 2003: Glacial refugia of temperate, Mediterranean and Ibero-North African flora in south-eastern Spain: new evidence from cave pollen at two Neanderthal man sites. *Ecología Global y Biogeografía* **12**, 119-129.

[Biblioteca en línea de Wiley](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Coles, B. J. 2014: Doggerland: una encuesta especulativa. *Actas de la Sociedad Prehistórica* **64**, 45-81.

[Crossref](#) | [Google Académico](#)

- Connor, S. E., Araújo, J., Boski, T., Gomes, A., Gomes, S. D., Leira, M., Freitas, M. d. C., Andrade, C., Morales-Molino, C., Franco-Múgica, F., Akindola, R. B. & Vannièrè, B. 2021: Precursores de sequía, fuego y pastoreo para el declive del bosque de pinos a gran escala. *Diversidad y Distribuciones* **00**, 1-14, <https://doi.org/10.1111/ddi.13261>

[Google Académico](#)

- Costas, S., Sobrino, C. M., Alejo, I. & Pérez-Arlucea, M. 2009: Holoceno evolution of a rock-bounded barrier-lagoon system, Islas Cíes, noroeste de Iberia. *Procesos de la superficie terrestre y accidentes geográficos* **34**, 1575-1586.

[Biblioteca en línea de Wiley](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Dias, J. M. A., Boski, T., Rodrigues, A. & Magalhaes, F. 2000: Coast line evolution in Portugal since the Last Glacial Maximum until present - a synthesis. *Geología Marina* **170**, 177-186.

[Crossref](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Dupont, P. 2015: *Les plantes vasculaires atlantiques, les pyrénéo-cantabriques et les éléments floristiques voisins dans la péninsule Ibérique et en France*. 449 págs. Société botanique du Centre-Ouest, Bouguenais.

[Google Académico](#)

- Fægri, K., Kaland, P. E. & Krzywinski, K. 1989: *Textbook of Pollen Analysis*. 338 págs. John Wiley and Sons, Chichester.

[Biblioteca en línea de Wiley](#) | [Google Académico](#)

- Fernandes, M., Bento, J. & Devy-Vareta, N. 2015: Aspetos biogeográficos e paleoambientais de uma população finícola de *Pinus sylvestris* L. na serra do Gerês (NW Portugal). *GOT (Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território)* **7**, 159-181.

[Google Académico](#)

- Figueiral, I. 1999: Análisis del carbón vegetal y la historia de *Pinus pinaster* (pino racimo) en Portugal. *Revisión de Paleobotánica y Palinología* **89**, 441-454.

[Crossref](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Franco, F., García, M., Maldonado, J., Morla, C. & Sainz, H. 2001: The Holocene history of *Pinus* forests in the Spanish Northern Meseta. *El Holoceno* **11**, 343-358.

[Crossref](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Gaffne, V. L., Thomson, K. & Fitch, S. (eds.) 2007: *Mapping Doggerland: The Mesolithic Landscapes of the Southern North Sea*. 128 pp. Archaeopress, Oxford.

[Google Académico](#)

- García, M., Franco, F., Maldonado, J., Morla, C. & Sainz, H. 1997: Nuevos datos relativos a la evolución de la vegetación en el pinar de Lillo (León, España). *Revista de Biogeografía* **26**, 929-934.

[Google Académico](#)

- García Anton, M., Gil-Romera, G., Pagés, J. L. & Millán, A. 2006: The Holocene pollen record in the Villaviciosa Estuary (Asturias, Norte de España). *Paleogeografía, Paleoclimatología, Paleoecología* **237**, 280-292.

[Crossref](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Gómez-Orellana, L. 2002: *El último ciclo glacial-interglacial en el litoral del NW ibérico: Dinámica climática y paisajística*. Tesis doctoral, Universidade de Santiago de Compostela, 356 pp.

[Google Académico](#)

- Gómez-Orellana, L., Ramil-Rego, P., Badal, E., Carrión Marco, Y. & Muñoz Sobrino, C. 2014: Mid-Holocene vegetation dynamics in the Tejo River estuary based on palaeobotanical records from Ponta da Passadeira (Barreiro-Setúbal, Portugal). *Bóreas* **43**, 792-806.

[Biblioteca en línea de Wiley](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Gómez-Orellana, L., Ramil-Rego, P. & Martínez Sánchez, S. 2001: Modificaciones del paisaje durante el Pleistoceno Superior-Holoceno en los territorios litorales Atlánticos del NW Ibérico. *Estudos Do Quaternário/Estudios Cuaternarios* **4**, 79-96.

[Crossref](#) | [Google Académico](#)

- Gómez-Orellana, L., Ramil-Rego, P. & Muñoz Sobrino, C. 1998: Una nueva secuencia polínica y cronológica para el depósito pleistoceno de Mougás (NW de la Península Ibérica). *Revista de Paléobiologie* **17**, 35-47.

[Google Académico](#)

- Gómez-Orellana, L., Ramil-Rego, P. & Muñoz Sobrino, C. 2007: The Würm in NW Iberia, a pollen record from Area Longa (Galicia). *Investigación cuaternaria* **67**, 438-452.

[Crossref](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

-
- Gómez-Orellana, L., Ramil-Rego, P. & Muñoz Sobrino, C. 2012: Refúgios para árvores temperadas caducifólias na área litoral do noroeste ibérico durante o último período glacial. *En* A. Campar Almeida, A. M. S. Bettencourt, D. M. S. Monteiro-Rodrigues & M. I. C. Alves (eds.): *Environmental Changes and Human Interaction Along the Western Atlantic Edge*, 95–106, APEQ, CITCEM, CEGOT, CGUP, CCT, Coimbra.
-

[Google Académico](#)

- Gómez-Orellana, L., Ramil-Rego, P. & Muñoz Sobrino, C. 2013: La respuesta de la vegetación al final del último período glacial (MIS 3 y MIS 2) en zonas litorales del NO de Iberia. *Bóreas* **42**, 729-744.
-

[Biblioteca en línea de Wiley](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- González-Sampériz, P., Leroy, S. A. G., Carrión, J. S., Fernández, S., García-Antón, M., Gil-García, M. J., Uzquiano, P., Valero-Garcés, B. & Figueiral, I. 2010: Estepas, sabanas, bosques y reservorios de fitodiversidad durante el Pleistoceno en la Península Ibérica. *Revisión de Paleobotánica y Palinología* **162**, 427-457.
-

[Crossref](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Granja, H. M. & De Groot, T. A. M. 1996: Aumento del nivel del mar y neotectonismo en un entorno costero del Holoceno en la playa de Cortegaça (NW Portugal): un estudio de caso. *Revista de Investigación Costera* **12**, 160-170.
-

[Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Granja, H. M., De Groot, T. A. M. & Costa, A. L. 2008: Evidence for Pleistocene wet aeolian dune and interdune accumulation, S. Pedro de Maceda, NW Portugal. *Sedimentología* **55**, 1203-1226.
-

[Biblioteca en línea de Wiley](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Granja, H. M., Monteiro-Rodrigues, S. & Danielsen, R. 2016: Entornos cambiantes y asentamientos humanos durante el Holoceno Medio en la playa de Río de Moinhos (Esposende, norte de Portugal).. *Estudos do Quaternário* **14**, 25-40.
-

[Crossref](#) | [Google Académico](#)

- Granja, H. M., Rocha, F., Matias, M., Moura, R., Caldas, F., Marques, J. & Tareco, H. 2010: Lagoa da Apúlia: a residual lagoon from the Late Holocene (NW coastal zone of Portugal). *Cuaternario Internacional* **221**, 46-57.
-

[Crossref](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Grimm, E. C. 1990–2015: TILIA y TILIAGRAPH: hojas de cálculo de PC y software gráfico para datos de polen, Comisión INQUA para el estudio del grupo de trabajo del Holoceno sobre métodos de manejo de datos. *Boletín* **4**, 5–7.
-

[Google Académico](#)

- Iriarte Chiapusso, M. J., Muñoz Sobrino, C., Gómez-Orellana, L., Hernández-Beloqui, B., García-Moreiras, I., Fernández Rodríguez, C., Heiri, O., Lotter, A. F. & Ramil-Rego, P. 2016: Review the Lateglacial-Holocene transition in NW Iberia: a paleoecological approach based on the comparison between dissimilar regions. *Cuaternario Internacional* **403**, 211-236.
-

[Crossref](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

-
- Iriarte Chiapusso, M. J., Muñoz-Sobrino, C., Gómez-Orellana, L. & Ramil-Rego, P. 2006: Dinámica del paisaje en la Reserva de la Biosfera del Urdaibai durante el Holoceno. En J. A. Cadiñanos, A. Ibabe, P. Lozano, G. Meaza & M. Onaindia (eds.): *Actas del III Congreso Español de Biogeografía*, 107-112. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco, Bilbao.
-

[Google Académico](#)

- Jermy, A. C. 1984: Origen y distribución de las pteridofitas en el área mediterránea. *Webbia* **38**, 397-416.
-

[Crossref](#) | [Google Académico](#)

- Krüger, S., Dorfler, W., Bennike, O. & Wolters, S. 2017: Life in Doggerland – investigaciones palinológicas del medio ambiente de las sociedades prehistóricas de cazadores-recolectores en la cuenca del Mar del Norte. *E&G Quaternary Science Journal* **66**, 3–13.
-

[Crossref](#) | [Google Académico](#)

- Leorri, E., Drago, T., Fatela, F., Bradley, S., Moreno, J. & Cearreta, A. 2013: Late Glacial and Holocene coastal evolution in the Minho estuary (N. Portugal): implications for understanding sea-level changes in Atlantic Iberia. *El Holoceno* **23**, 353-363.
-

[Crossref](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- López González, G. 1986: *Ophioglossum* L. En S. Castroviejo (ed.): *Flora Ibérica. Vol. 1*, 35-37 pp. CSIC, Real Jardín Botánico, Madrid.
-

[Google Académico](#)

- Mary, G., Medus, J. & Delibrias, G. 1977: Documents sur l'évolution de la flore du Littoral Nord Espagnol au Würm. Recherches Françaises sur le Quaternaire. INQUA 1977. *Supplément au Bulletin de l'Association française pour l'Etude du Quaternaire* **1**, 23-31.
-

[Google Académico](#)

- Menéndez Amor, J. & Florschütz, F. 1961: Contribución al conocimiento de la historia de la vegetación en España durante el Cuaternario. Resultado del análisis palinológico de algunas series de muestras de turba, arcilla y otros sedimentos en los alrededores de: I. Puebla de Sanabria (Zamora); II. Buelna (Asturias), Vivero (Galicia) y en Levante. *Estudios Geológicos. Instituto Lucas Mallada CSIC* **XVII**, 83-99.
-

[Google Académico](#)

- Moore, P. D., Webb, J. A. & Collinson, M. E. 1991: *Análisis de polen*. 216 pp. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
-

[Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Morales-Molino, C. & García-Antón, M. 2014: Historia de la vegetación y los incendios desde el último máximo glacial en una zona interior de la cuenca mediterránea occidental (meseta ibérica septentrional, noroeste de España). *Investigación cuaternaria* **81**, 63-77.
-

[Crossref](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

-
- Muñoz Sobrino, C., García-Moreiras, I., Gómez-Orellana, L. I., Chiapusso, M. J., Heiri, O., Lotter, A. F. & Ramil-Rego, P. 2018: The last hornbeam forests in SW Europe: new evidence on the demise of *Carpinus betulus* in NW Iberia. *Historia de la vegetación y arqueobotánica* **27**, 551-576.

[Crossref](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Muñoz Sobrino, C., García-Moreiras, I., Martínez-Carreño, N., Cartelle, V., Insua, T. L., Ferreiro da Costa, J., Ramil-Rego, P., Fernández Rodríguez, C., Alejo, I. & García-Gil, S. 2016: Reconstrucción de la historia ambiental de un sistema insular costero utilizando registros marinos poco profundos: los últimos tres milenios de las Islas Cíes (Ría de Vigo, NW Iberia).. *Bóreas* **45**, 729-753.

[Biblioteca en línea de Wiley](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Muñoz Sobrino, C., Heiri, O., Hazekamp, M., van der Velden, D., Kirilova, E. P., García-Moreiras, I. & Lotter, A. F. 2013: New data on the Lateglacial period of SW Europe: a high resolution multiproxy record from Laguna de la Roya (NW Iberia). *Cuaternary Science Reviews* **80**, 58–77.

[Crossref](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Muñoz Sobrino, C., Ramil-Rego, P. & Gómez-Orellana, L. 2003: La vegetación postglacial en la vertiente meridional del Macizo del Mampodre (Sector Central de la Cordillera Cantábrica). *Polen* **13**, 31-44.

[Google Académico](#)

- Muñoz Sobrino, C., Ramil-Rego, P. & Gómez-Orellana, L. 2004: Vegetación de la zona del Lago de Sanabria (NW Iberia) desde finales del Pleistoceno: una reconstrucción paleoecológica a partir de dos nuevas secuencias polínicas. *Historia de la vegetación y arqueobotánica* **13**, 1-22.

[Crossref](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Muñoz Sobrino, C., Ramil-Rego, P. & Gómez-Orellana, L. 2005: Datos palinológicos sobre los principales eventos climáticos del Holoceno en el noroeste de Iberia. *Bóreas* **34**, 381-400.

[Crossref](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Muñoz Sobrino, C., Ramil-Rego, P. & Gómez-Orellana, L. 2007: Würm tardío y Holoceno temprano en las montañas del noroeste de Iberia: bioestratigrafía, cronología y colonización de árboles. *Historia de la vegetación y arqueobotánica* **16**, 223-240.

[Crossref](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Muñoz Sobrino, C., Ramil-Rego, P., Gómez-Orellana, L., Ferreiro da Costa, J. & Díaz, R. A. 2009: Efectos climáticos y humanos en la dinámica postglacial de *Fagus sylvatica* L. en el NOroeste de Iberia. *Ecología Vegetal* **203**, 317-340.

[Crossref](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Nonn, H. 1966: *Les régions cotières de la Galicie (España). Etude géomorphologique*. 592 págs. Publications de la Faculté des Lettres de l'Université de Strasbourg, Foundation Baulig, Estrasburgo.

[Google Académico](#)

-
- Pausas, J. G. & Sáez, L. L. 2000: Riqueza de pteridofitas en la Península Ibérica: patrones biogeográficos. *Ecología Vegetal* **148**, 195-205.
-

[Crossref](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Pavía, I., Mengl, M., Gaspar, M. J., Carvalho, A., Heinze, B. & Lima-Brito, J. 2014: Evidencias preliminares de dos poblaciones nativas potenciales de *Pinus sylvestris* L. en Portugal basadas en marcadores nucleares y cloroplastos SSR. *Revista Austriaca de Ciencias Forestales* **131**, 1-22.
-

[Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Ramil-Rego, P., Gómez-Orellana, L., Muñoz Sobrino, C. & Tereso, J. P. 2011: Dinâmica natural e transformação antrópica das florestas do noroeste ibérico. En J. P. Tereso, J. P. Honrado, A. T. Pinto & F. C. Rego (eds.): *Florestas do Norte de Portugal: História, Ecologia e Desafios de Gestão*, 24-54. InBio - Rede de Investigação em Biodiversidade e Biologia Evolutiva, Oporto.
-

[Google Académico](#)

- Ramil-Rego, P., Gómez-Orellana, L., Muñoz-Sobrino, C., García-Gil, S., Iglesias, J., Pérez Martínez, M., Martínez Carreño, N. & de Nóvoa Fernández, B. 2009: Cambio climático y dinámica del paisaje en Galicia. *Recursos Rurais* **5**, 21-47.
-

[Google Académico](#)

- Ramil-Rego, P. 1992: *La vegetación cuaternaria de las Sierras Septentrionales de Lugo a través del análisis polínico*. Tesis doctoral, Universidade de Santiago de Compostela, 256 pp.
-

[Google Académico](#)

- Ramil-Rego, P. & Aira Rodríguez, M. J. 1993a: Síntesis de las secuencias paleoambientales y cronológicas del Suroeste de Europa: una propuesta para las Sierras Septentrionales de Galicia. *Giornale Botanico Italiano* **127**, 737-754.
-

[Crossref](#) | [Google Académico](#)

- Ramil-Rego, P. & Aira Rodríguez, M. J. 1993b: Datos sobre la presencia de *Pinus* L. en el N. O. de la Península Ibérica durante el Holoceno a través del análisis polínico. *Revista de Biología* **15**, 3-13.
-

[Google Académico](#)

- Ramil-Rego, P., Gómez-Orellana, L., Muñoz, S. C. & Rodríguez Guitián, M. A. 1996: Valoración de las secuencias polínicas del Norte de la Península Ibérica para el último ciclo glacial interglacial. En Ramil-Rego, P. & Fernández Rodríguez, C. (eds.): *Arqueometría y Paleoecología en el norte de la Península Ibérica Cambios naturales y perturbaciones antrópicas*. *Fervedes* **3**, 33-116. Museo de Prehistoria e Arqueoloxía de Vilalba, Vilalba.
-

[Google Académico](#)

- Ramil-Rego, P., Iriarte-Chiapusso, M. J., Muñoz-Sobrino, C. & Gómez-Orellana, L. 2006: Cambio climático y dinámica temporal del paisaje y de los hábitats en las ecorregiones del NW de la Península Ibérica durante el Pleistoceno superior. *Munibe (Antropología-Arkeología)* **57**, 537-551.
-

[Google Académico](#)

-
- Ramil-Rego, P., Muñoz Sobrino, C., Rodríguez Guitián, M. A. & Gómez-Orellana, L. 1998a: Diferencias en la vegetación del norte de la Península Ibérica durante los últimos 16.000 años. *Ecología Vegetal* **138**, 41-62.
-

[Crossref](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Ramil-Rego, P., Rodríguez Guitián, M. A., Gómez-Orellana, L., Ferreiro da Costa, J. & López Castro, H. 2019: Especies exóticas invasoras en Galicia: Un problema preocupante en la protección de la biodiversidad. En P. Ramil-Rego & C. Vales (eds.): *Especies Exóticas Invasoras: Situación e Propostas de Mitigación*, 11–38. Monografías do Ibader, Serie Biodiversidade, IBADER – CEIDA, Lugo.
-

[Google Académico](#)

- Ramil-Rego, P., Rodríguez Guitián, M. A. & Muñoz Sobrino, C. 1998b: Dinámica de la vegetación esclerófila en el norte de la península ibérica durante los últimos 16.000 años. *Ecología Global y Biogeografía Cartas* **7**, 335-371.
-

[Biblioteca en línea de Wiley](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Ramil-Rego, P., Rodríguez Guitián, M. A., Muñoz Sobrino, C. & Gómez-Orellana, L. 2000: Algunas consideraciones sobre la historia postglacial y la distribución reciente de *Fagus sylvatica* en el NOroeste de la Península Ibérica. *Folia Geobotanica* **35**, 241-271.
-

[Crossref](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Remón, J. L., Báscones, J. C. & Ursúa, C. 2002: Distribución y ecología y del carpe (*Carpinus betulus*) en la península Ibérica. En J. M. Panareda (ed.): *Temas en Biogeografía, Actas del I Congreso Español de Biogeografía*, 341–350. Aster, Vall de Núria.
-

[Google Académico](#)

- Ribeiro, H., Bernal, A., Flores, D., Pissarra, J., Abreu, I., Romani, J. V. & Noronha, F. 2011: A multidisciplinary study of an organic-rich mudstone in the Middle Holocene on the northern coast of Portugal. *Comunicações Geológicas* **98**, 93-98.
-

[Google Académico](#)

- Rita, J. 1990: *Taxonomía, biogeografía y conservación de pteridófitos*. 253 pp. Institut Menorquí d'estudis. Societat d'Historia Natural de les Balears, Mallorca.
-

[Google Académico](#)

- Sáez, A., Carballeira, R., Pueyo, J. J., Vázquez-Loureiro, D., Leira, M., Hernández, A., Valero-Garcés, B. L. & Bao, R. 2018: Formación y evolución de lagos encaramados de barrera trasera en costas rocosas: un ejemplo de un sistema holoceno en el noroeste de España. *Sedimentología* **65**, 1891-1917.
-

[Biblioteca en línea de Wiley](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Salas, L., Remondo, J. & Martínez, P. 1996: Cambios del nivel del mar durante el Holoceno en el Cantábrico a partir del estudio de la Turbera de Trengandín. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe* **21**, 237-247.
-

[Google Académico](#)

-
- Santos, L. & Vidal, J. R. 1993: El lagoon de Seselle: un episodio de la transgresion holocena en la Ría de Ares (A Coruña, España).. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe* **18**, 163-174.
-

[Google Académico](#)

- Santos, L., Bao, R. & Sanchez Goñi, M. 2001: Pollen record of the last 500 years from the Doniños coastal lagoon (NW Iberian Peninsula): changes in the pollinic catchment size versus paleoecological interpretation. *Revista de Investigación Costera* **17**, 705-713.
-

[Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Sermolli, R. E. G., España, L. & Salvo, A. E. 1988: El valor biogeográfico de la pteridoflora ibérica. *Lazaroa* **10**, 187-205.
-

[Google Académico](#)

- Stuiver, M., Reimer, P. J. & Reimer, R. W. 2020: *CALIB 8.2* (programa www). Disponible en: <http://calib.org> (consultado el 22.12.2020).
-

[Google Académico](#)

- Tereso, J. P., Honrado, J., Pinto, A. & Rego, F. 2011: *Florestas do Norte de Portugal: História, Ecologia e Desafios de Gestão*. 4436 pp. InBio - Rede de Investigação em Biodiversidade e Biologia Evolutiva, Oporto.
-

[Google Académico](#)

- Tzedakis, P. C., Emerson, B. C. & Hewitt, G. M. 2013: ¿Críptico o místico? Refugios de árboles glaciares en el norte de Europa. *Tendencias en Ecología y Evolución* **28**, 696-704.
-

[Crossref](#) | [CASPubMed](#) | [Web de ciencia®](#) | [Google Académico](#)

- Van Mourik, J. M. 1986: Perfiles polínicos de yacimientos de taludes en la zona gallega (NW España). *Nederlandse Geografische Studies* **12**, 1-171.
-

[Google Académico](#)

- Vieitez Cortizo, E., Vieitez Madriñán, M. L. & Vieitez Madriñán, F. J. 1996: *El Castaño*. 337 págs. EDILESA, Caixa.
-

[Google Académico](#)