

Investigación dendrocronológica de maderas del pecio *Delta I* (Cádiz, España)

M. (Marta) Domínguez Delmás & I. (Ignacio) García González
marta.dominguez@usc.es, Ignacio.garcia@usc.es
T. (lab.): +34 982 822491

Introducción

El pecio *Delta I* fue detectado durante trabajos en la zona portuaria de la bahía de Cádiz (**Fig. 1**). Las características constructivas apuntan a un barco posiblemente español del siglo XVII (Mercedes Gallardo, com. pers.).

Con el objetivo de precisar de la datación del pecio, fragmentos de madera fueron tomados de diferentes elementos estructurales del barco por arqueólogos de la empresa TANIT. La inspección preliminar de dichos fragmentos fue realizada en Febrero del 2015 en las instalaciones del Centro de Arqueología Subacuática de Cádiz (CAS) por Marta Domínguez Delmás (Universidad de Santiago de Compostela, USC) y Linar Akhmetzyanov (Universidad de Wageningen, WUR). La investigación dendrocronológica posterior, así como las identificaciones de especie, fueron realizadas tanto en el laboratorio de dendrocronología de la WUR como en el del departamento de botánica de la USC en el marco del proyecto ForSEAdiscovery (PITN-2013-GA-607545).



Figura 1. Localización del puerto de la bahía de Cádiz donde se encontró el pecio.

Material y Métodos

El material inspeccionado en el CAS consta de 23 fragmentos de muestras, algunas de las cuales constan de distintos elementos. Tal es el caso de la muestra 20, que contiene fragmentos de cinco cabillas (**Tabla 1** y **Anejo 1**). Las características de dos muestras (M36 y M38) fueron anotadas en el CAS, sin que se tomase ningún fragmento para posterior análisis (**Tabla 1**). Fragmentos de las 21 muestras restantes fueron seleccionados para análisis posteriores y han sido conservados en bolsas de plástico con autocierre.

La inspección visual de las características macroscópicas de la madera fue el primer paso para identificar las especies. Las especies de roble caducifolios o marcescentes (*Quercus* subg. *quercus*) presentan características macroanatómicas fácilmente distinguibles a simple vista, por lo que su identificación es posible sin necesidad de microscopio. En el caso de otras especies se procedió a la identificación mediante la preparación de láminas delgadas de las secciones transversal, radial y tangencial con cuchillas de afeitar. Las láminas se montaron en soportes para su observación con microscopio Olympus BX40, empleándose la clave propuesta por Schweingruber (1990) para su identificación.

La superficie transversal de cada fragmento debió limpiarse con cuchillas de afeitar para facilitar la visualización de los anillos de crecimiento y determinar así la idoneidad de las piezas para investigación dendrocronológica. En algunas muestras se aplicó polvo de tiza para mejorar el contraste

entre límites de anillos. A continuación se realizó el conteo del número de anillos en las muestras y se registró la presencia/ausencia de médula y albura.

Los anillos de crecimiento se midieron mediante una tabla de medida TimeTable (VIAS, Universidad de Viena) asociada al programa PAST4. La datación cruzada de las series de anillos se realizó también con este programa, siguiendo procedimientos estándar. En primer lugar, las series de anillos obtenidas de cada muestra se compararon entre sí (sincronización interna) con el fin de identificar muestras que pudiesen proceder del mismo árbol o de árboles que crecieron en la misma zona. Cuando éste es el caso, las series afines se integran en curvas medias que son comparadas a continuación con cronologías de referencia de la especie correspondiente.

Resultados

Identificación de especie y muestras seleccionadas para análisis dendrocronológico

Todas las muestras excepto cuatro corresponden al subgénero de robles caducifolios/marcescentes (*Quercus* subg. *quercus*) (Tabla 1). Las características anatómicas de la madera de dichas especies no permiten distinguirlas entre sí (Schweingruber, 1990), por lo que la identificación queda limitada a *Quercus* subg. *quercus*. Tres elementos (M13, M33 y M37) han sido identificados como pino (*Pinus* sp.) del tipo *P. sylvestris/nigra*, y una muestra (M16) ha sido identificada como haya (*Fagus sylvatica*) (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de la identificación de especie y de la inspección para investigación dendrocronológica; médula: presente (+1) / ausente (-); borde de corteza: presente (+) / ausente (-).

Muestra	Tipo de elemento	Especie	Nº anillos	Médula	Nº anillos albura	Borde con corteza	Observaciones
M13	?	<i>Pinus</i> sp. type <i>sylvestris/nigra</i>	9	-	0	-	Fragmento tangencial
M16	?	<i>Fagus sylvatica</i>	35	-	0	-	Fragmento de crecimiento lento
M20a	Cabilla	<i>Quercus</i> subg. <i>quercus</i>	43	-	0	-	Dendro (test) (code S0030051)
M20b	Cabilla	<i>Quercus</i> subg. <i>quercus</i>	36	-	0	-	Dendro (test) (code S0030061)
M20c	Cabilla	<i>Quercus</i> subg. <i>quercus</i>	28	-	0	-	Dendro (test) (code S0030071)
M20d	Cabilla	<i>Quercus</i> subg. <i>quercus</i>	23	-	0	-	Dendro (test) (code S0030081)
M21	?	<i>Quercus</i> subg. <i>quercus</i>	10	-	0	-	No válida dendro
M25	?	<i>Quercus</i> subg. <i>quercus</i>	10	+	0	-	Fragmento con crecimiento rápido pero cerca del centro; puede tener potencial para dendro si es una pieza grande
M26	Cabilla	<i>Quercus</i> subg. <i>quercus</i>	21	-	0	-	No válida dendro
M27	?	<i>Quercus</i> subg. <i>quercus</i>	11	-	1	-	Fragmento con crecimiento rápido pero cerca del centro; puede tener potencial para dendro si es una pieza grande
M28	?	<i>Quercus</i> subg. <i>quercus</i>	28	ca.10	0	-	Fragmento con crecimiento lento; puede tener potencial para dendro si es una pieza grande
M29	?	<i>Quercus</i> subg. <i>quercus</i>	7	-	0	-	Fragmento radial; potencial para dendro si es una pieza grande
M30	?	<i>Quercus</i> subg. <i>quercus</i>	18	-	0	-	Fragmento con crecimiento lento; puede tener potencial para dendro si es una pieza grande
M31	?	<i>Quercus</i> subg. <i>quercus</i>	20	-	0	-	Fragmento tangencial con crecimiento lento; puede tener potencial para dendro si es una pieza grande
M32	?	<i>Quercus</i> subg. <i>quercus</i>	21	-	12	1+/-1	Fragmento con crecimiento rápido; presencia de albura y posiblemente borde con corteza; puede tener potencial para dendro si es una pieza grande

M33	?	<i>Pinus</i> sp. type <i>sylvestris/nigra</i>	88	-	0	-	Dentro (code S0030090)
M34	Tabla	<i>Quercus</i> subg. <i>quercus</i>	38	+	0	-	Tabla radial de crecimiento rápido, no válida para dentro
M35	Tabla	<i>Quercus</i> subg. <i>quercus</i>	139	-	0	-	Dentro (code S0030020)
M36	Cabilla	<i>Quercus</i> subg. <i>quercus</i>	15	-	0	-	Inspeccionada en CAS, no muestreada
M37	?	<i>Pinus</i> sp. type <i>sylvestris/nigra</i>	83	-	0	-	Dentro (code S0030100)
M38	?	<i>Quercus</i> subg. <i>Quercus</i>	23	-	0	-	Inspeccionada en CAS, no muestreada
M39	?	<i>Quercus</i> subg. <i>Quercus</i>	81	-	0	-	Dentro (code S0030040)
M40	?	<i>Quercus</i> subg. <i>quercus</i>	4	-	0	-	Fragmentos tangenciales; no válidos para dentro
M41	?	<i>Quercus</i> subg. <i>quercus</i>	7	-	0	-	Fragmento con crecimiento rápido; no válidos para dentro
M42	Varenga	<i>Quercus</i> subg. <i>quercus</i>	122	Ca. 20	0	-	Dentro (code S0030030)
D770	Quilla	<i>Quercus</i> subg. <i>quercus</i>	90	+	0	-	Dentro (code S0030010)

Cuatro muestras de roble (M35, M39, M42 y D770) y dos de pino (M33 y M37) contienen más de 80 anillos, por lo que fueron seleccionadas para investigación dendrocronológica. Los fragmentos de cabillas que constituyen la muestra M20 fueron analizados también para testar si sus series de anillos sincronizan entre ellas, lo que podría dar lugar a una curva media con suficientes anillos para investigación dendrocronológica.

El resto de fragmentos contienen menos de 40 anillos y por tanto no son aptos para investigación dendrocronológica. Sin embargo, teniendo en cuenta que muchos de ellos son sólo fragmentos extraídos de la pieza original que presentan crecimiento lento, es justificable asumir que una sección transversal completa de las piezas proporcionaría anillos suficientes para la investigación.

Datación de las muestras

La datación cruzada de las muestras de roble entre ellas no proporcionó ningún resultado. Tampoco fue posible sincronizar las series de las cabillas de la muestra M20. Las series de roble de las muestras M35, M39, M42 y D770 fueron comparadas por un lado, con cronologías de referencia de roble del norte, centro y este de Europa (Inglaterra, Francia, Países Bajos, Alemania, Polonia, Dinamarca, Noruega y Suecia) que abarcan desde el periodo reciente hasta la baja edad media, y por otro lado, con la curva datada del pecio Newport (Nayling & Susperregi, 2014) y con datos flotantes de otros pecios que sospecha corresponden a barcos de construcción Ibero-Atlántica (Domínguez Delmás, no publicado). Dicha comparación no proporcionó resultados concluyentes.

Las series obtenidas de las dos muestras de pino tampoco sincronizan entre ellas y tampoco han podido ser datadas con las cronologías de referencia Europeas, incluidas las de la Península Ibérica.

Comentarios finales

Los pecios constituyen el objeto de estudio más complejo para análisis dendrocronológico, dado el carácter móvil de los barcos y la posibilidad de que fuesen construidos con maderas de distintas procedencias, y reparados posteriormente en distintos puertos. Por tanto, el éxito de la datación está estrechamente ligado al número de muestras tomadas para dicho análisis. Domínguez Delmás (2014) recoge recomendaciones para el adecuado muestreo de pecios y expone distintos motivos por los que la investigación puede no resultar en la datación absoluta de las muestras.

En el caso del pecio *Delta I* se recomienda encarecidamente la toma de muestras (secciones transversales completas) de los elementos cuyos fragmentos presentaban crecimientos lentos (M28, M30, M31), así como de los elementos cuyos fragmentos presentaban crecimiento rápido, pero que podrían tener potencial dendrocronológico si la pieza es de gran tamaño (muestras M25, M27 y M32). Igualmente, dada la cantidad de anillos presentes en las muestras de roble M35, M39 y M42, y en las de pino M33 y M37, se recomienda efectuar una nueva intervención en el pecio con el objetivo de muestrear más elementos constructivos del mismo tipo que los que corresponden a esas muestras.

Cabe destacar que el hecho de que las muestras no hayan podido datarse con las cronologías empleadas no discrimina el norte peninsular, ni ninguna de las zonas representadas por las cronologías de referencia empleadas como zonas de procedencia. En la Cordillera Cantábrica no existe todavía una red de cronologías de roble que cubra todas las zonas que abastecieron de madera la industria naval entre los siglos XV al XVIII. El departamento de Botánica de la Universidad de Santiago de Compostela está trabajando en este sentido en el marco del proyecto ForSEAdiscovery, desarrollando cronologías de roble a lo largo del Cantábrico y analizando muestras de pecios que se sospecha corresponden a barcos de construcción cantábrica. Las series dendrocronológicas obtenidas del pecio *Delta I* se incluirán en la base de datos que se está desarrollando dentro del ForSEAdiscovery y se compararán con cada serie nueva que se obtenga de otros pecios, árboles vivos o edificios históricos.

Referencias

- Domínguez-Delmás (2014). Avances de la dendrocronología al servicio de la arqueología subacuática española: ¿qué información podemos extraer de la madera de los pecios?. In Nieto Prieto, X., Ramírez Pernía, A., Recio Sánchez, P. (Coords. Eds.), Actas del I Congreso de Arqueología Náutica y Subacuática Española. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, pp. 1080-1095. <https://sede.educacion.gob.es/publiventa/detalle.action?cod=20070C>.
- Nayling, N., Susperregi, J., 2014. Iberian dendrochronology and the Newport Medieval Ship. *International Journal of Nautical Archaeology* 43(2), 279-291.
- Schweingruber, F.H., 1990. Anatomy of European woods. Haupt Verlag, Bern, Stuttgart.

ANEJO 1. MUESTRAS DEL PECIO *DELTA I* INSPECCIONADAS EN EL LABORATORIO DE DENDROCRONOLOGÍA DE LA USC



Figura A1_1. Muestra M13, pino.



Figura A1_2. Muestra M16, haya.

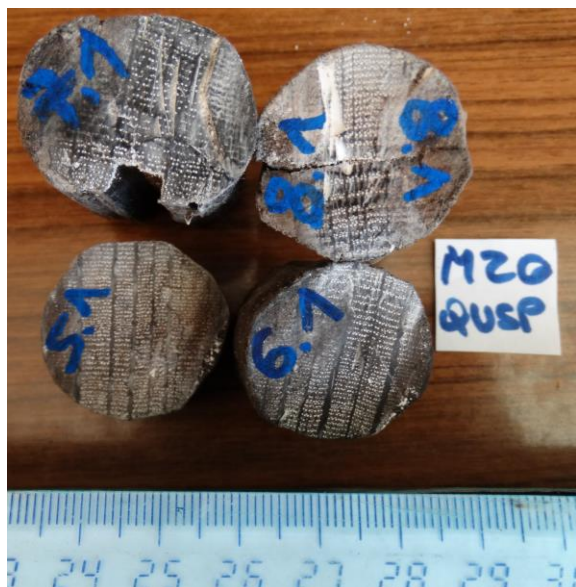


Figura A1_3. Cabillas de la muestra M20, roble (código dendro S0030051, S0030061, S0030071, S0030081).



Figura A1_4. Muestra M21, roble.

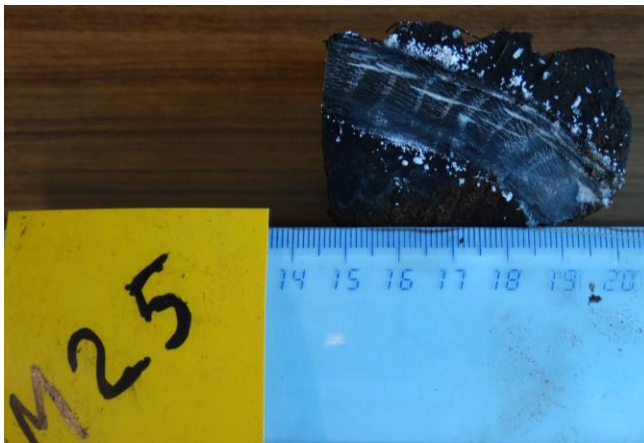


Figura A1_5. Muestra M25, roble.



Figura A1_6. Muestra M27, roble.

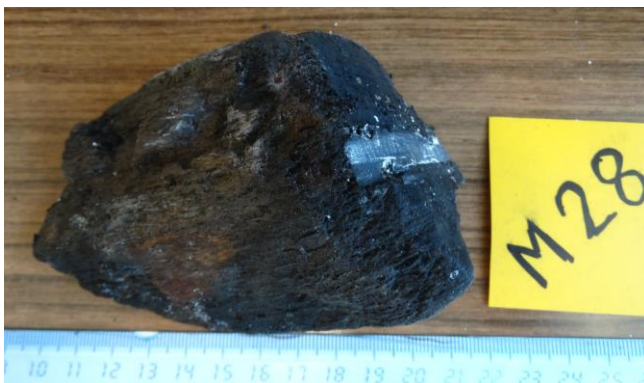


Figura A1_7. Muestra M28, roble.



Figura A1_8. Muestra M29, roble.

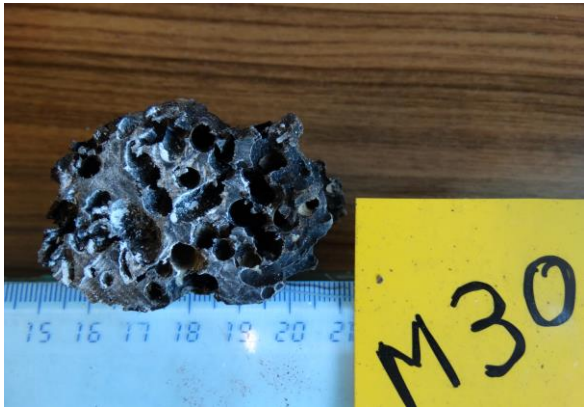


Figura A1_9. Muestra M30, roble.



Figuras A1_10_11. Muestra M31, roble.



Figuras A1_12 y 13. Muestra M32, roble.

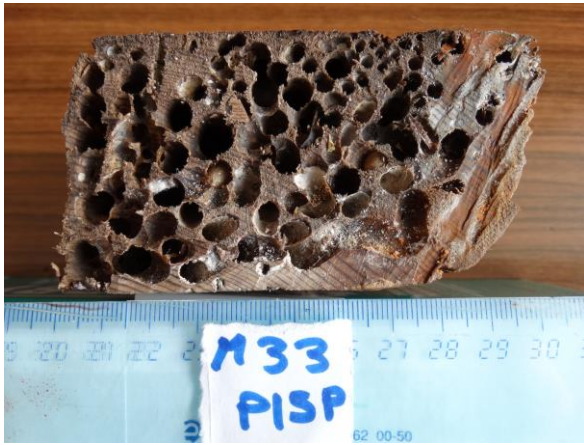


Figura A1_14. Muestra M33, pino (código dendro S0030090).



Figuras A1_15 y16. Muestra M34, roble.

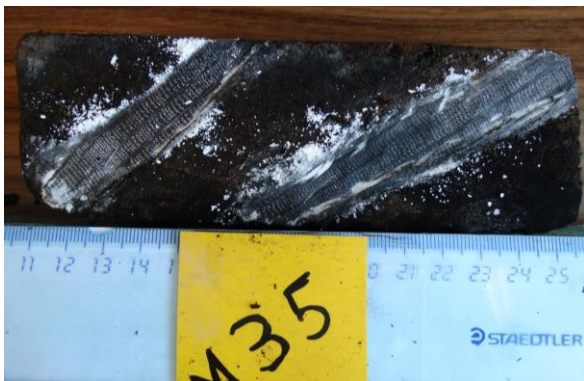


Figura A1_17. Muestra M35, roble (código dendro S0030020).



Figuras A1_18 y 19. Muestra M37, roble (código dendro S0030100).



Figura A1_20. Muestra M39, roble (código dentro S0030040).



Figura A1_21. Muestra M40, roble.

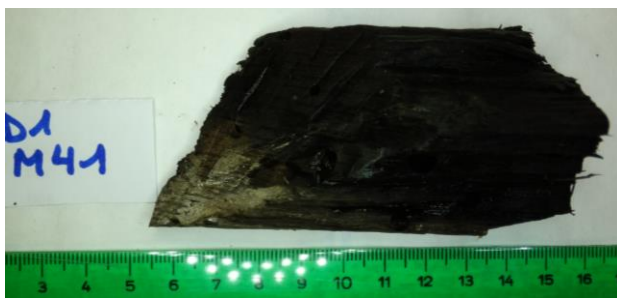
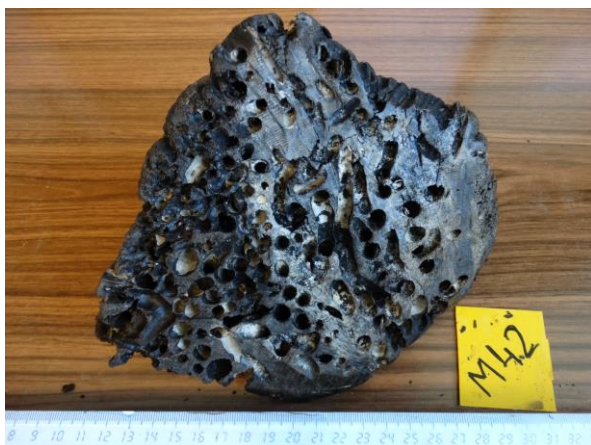


Figura A1_22. Muestra M41, roble.



Figuras A1_23 y 24. Muestra M42, roble (código dentro S0030030).



Figura 25. Muestra D770, quilla de roble (código dentro S0030010).

ANEJO 2. GLOSARIO

Centro	Centro medular del árbol, alrededor del cual se sitúa el anillo menos reciente (anillo más cercano a la fecha de germinación del árbol).
Albura	Parte más externa del tronco de los árboles, justo debajo de la corteza, por donde circula la savia. La albura contiene los anillos más recientes y en los robles, por ejemplo, se distingue por su color claro y porque los vasos de los anillos están abiertos para permitir la circulación de la savia. Como el número de anillos de albura es limitado, cuando se encuentra albura en muestras arqueológicas datadas dendrocronológicamente, es posible estimar la fecha de corta del árbol.
Último anillo	Anillo que se ha formado más recientemente, justo debajo de la corteza.
Borde con corteza	Cuando el último anillo está presente en la muestra, la muestra presenta el borde con la corteza. En tal caso es posible saber si el árbol fue talado en primavera, verano o en otoño/invierno.