

Salvador PARDO-GORDÓ^{a, b}

¿Efecto de los huesos de ovicaprinos domésticos en las fechas radiocarbónicas? Un primer ensayo metodológico a partir de los datos disponibles en relación con las primeras sociedades neolíticas de la Península Ibérica

RESUMEN: El uso de la información radiométrica para establecer con mayor precisión la llegada del Neolítico a la Península Ibérica se ha incrementado en las últimas décadas, debido a la popularización y utilidad del método de datación por C14. Sin embargo, las fechas de radiocarbono presentan problemas asociados a cuestiones de contexto arqueológico, de método mismo y de muestra, ya discutidos por diferentes investigadores. En este escenario, el objetivo del trabajo se ha centrado en analizar las posibles diferencias cronológicas entre las dataciones de ovicaprinos domésticos y las de cereales en relación con los inicios del Neolítico. Para ello se han comparado ambas clases de dataciones en aquellos yacimientos arqueológicos peninsulares que las disponían, es decir, se han cotejado fechas obtenidas de muestras de oveja o cabra domésticas y de muestras de cereal, procedentes de un mismo contexto arqueológico. Los análisis llevados a cabo en este trabajo han planteado la posible identificación de una nueva problemática, o tendencia, que se caracteriza por la propensión de las fechas realizadas sobre hueso de ovicaprino doméstico a retroceder unas décadas la introducción del Neolítico en la Península Ibérica.

PALABRAS CLAVE: Radiocarbono, Neolítico, ovicaprinos, cereales, Península Ibérica.

*Do domestic ovicaprid bones effect on radiocarbon dating? A first methodological essay
from available data relating to the first Neolithic societies in the Iberian Peninsula*

ABSTRACT: The use of radiocarbon dating as a tool for localising the Neolithic arrival in the Iberian Peninsula has increased throughout the last decades. However, radiocarbon presents different problems associated to the context, the methodology used or the samples themselves, all of which have already been treated by different researchers. In this context, the aim of this work has been to analyse possible chronological differences between ovicaprids and cereals dating regarding the beginning of the Neolithic. In order to do so, these two types of radiometric dates have been compared at different archaeological sites from the Iberian Peninsula which would have both kinds of samples; this is to say the same archaeological context where dates on sheep or goat as well as dates on cereal have been retrieved. Such analysis has identified a new problem, or trend, characterised by the fact the use of dating samples over domestic ovicaprid bone tends to delay some decades the introduction of the Neolithic in the Iberian Peninsula.

KEYWORDS: Radiocarbon, Neolithic, ovicaprids, grain, Iberian Peninsula.

a Departament de Prehistòria, Arqueologia i Història Antigua, Universitat de València. salvador.pardo@uv.es

b Grup de Recerques Arqueològiques al Mediterrani i Pròxim Orient (GRAMPO), Departament de Prehistòria, Universitat Autònoma de Barcelona.

1. INTRODUCCIÓN

La aplicación del radiocarbono como método de datación a contextos arqueológicos peninsulares se inició en la década de 1950, con la obtención y posterior publicación de las primeras fechas absolutas procedentes del conchero mesolítico de Muge (Roche, 1957) y del poblado calcolítico de Los Millares (Almagro Basch, 1959). No obstante, será con la primera reunión temática, coordinada por Almagro Gorbea, sobre el Carbono 14 en la Prehistoria de la Península Ibérica, en la década de 1970, cuando se observa el interés de la arqueología peninsular por la utilización del método radiométrico; reunión que dará origen a una publicación en la que se recogen en anexo todas las fechas disponibles hasta ese momento (Alonso et al., 1978). En este contexto, el uso del radiocarbono para aquilatar el tempo de la dispersión e implantación de las primeras sociedades neolíticas en la Península Ibérica ha constituido una herramienta ciertamente importante. Desde los años 1970, la publicación de nuevas dataciones se ha visto enormemente incrementada; si, por ejemplo, entre 1970-1979 se dieron a conocer 55 fechas, entre 2010-2018 el número de las disponibles se encuentra en torno a las 700. No obstante, la utilización de una *medida absoluta* de tiempo no siempre ha sido fructífera para analizar la difusión del modo de vida agrícola, ya que el resultado radiométrico ha llegado a considerarse a menudo como *una verdad universal*, sin realizar una revisión crítica de la datación y su contexto; cuestión primordial ya que de ello dependen los resultados.

El objetivo de este trabajo es analizar si existen diferencias entre las dataciones realizadas sobre huesos de ovejas y cabras domésticas (*Ovis aries* y *Capra hircus*) y aquellas obtenidas sobre cereales (*Hordeum* y *Triticum*). La razón se fundamenta sobre diversos trabajos en relación con la expansión de los primeros grupos agrícolas en la Península Ibérica (García Puchol et al., 2016, 2018; Pardo Gordó et al., 2015, 2017), en los que puede vislumbrarse una tendencia a hacer retroceder en el tiempo la llegada del Neolítico utilizando las dataciones realizadas sobre muestras de huesos de ovicaprinos domésticos.

Para analizar dicha problemática, utilizaremos aquellos niveles de yacimientos neolíticos de la Península Ibérica (fig. 1) que disponen de fechas radiométricas obtenidas sobre ambas clases de muestras. El examen de las diferencias entre las dataciones se realizará desde una doble perspectiva:



Fig. 1. Mapa de localización de los yacimientos considerados en este trabajo.

1) Se aplicará el test de contemporaneidad chi-cuadrado (χ^2) de Ward y Wilson (1978) para conocer si la distribución de la probabilidad de la calibración de ambas fechas es igual o por lo contrario presenta diferencia.

2) En segundo lugar se calcularán las medias de ambas dataciones para ver la diferencia absoluta entre ellas (ver Barceló, 2008; Rojo et al., 2008b para discusión en torno a la media calibrada). Somos conscientes que las dataciones calibradas son horquillas temporales, sin embargo, son diferentes los trabajos que utilizan la media/mediana de la calibración para analizar fenómenos arqueológicos (Castro et al., 1996), incluyendo el caso concreto del Neolítico (fig. 2). Por tanto, consideramos que la media radiométrica puede ser útil, asumiendo que ésta no siempre corresponde a la máxima probabilidad (Pearson, 1983: 103), para discutir sobre las diferencias entre las dataciones realizadas sobre elementos domésticos (cereales y huesos de ovicaprinos) cuando presenten una distribución de probabilidad equivalente.

El presente trabajo se organiza en una primera sección donde se realiza un breve recorrido por los principales problemas existentes en torno a las dataciones radiocarbónicas. A continuación, se describe la muestra utilizada para indagar la problemática planteada, presentando las diferencias más remarcables, y, finalmente, se lleva a cabo una reflexión sobre las posibles causas de estas diferencias.

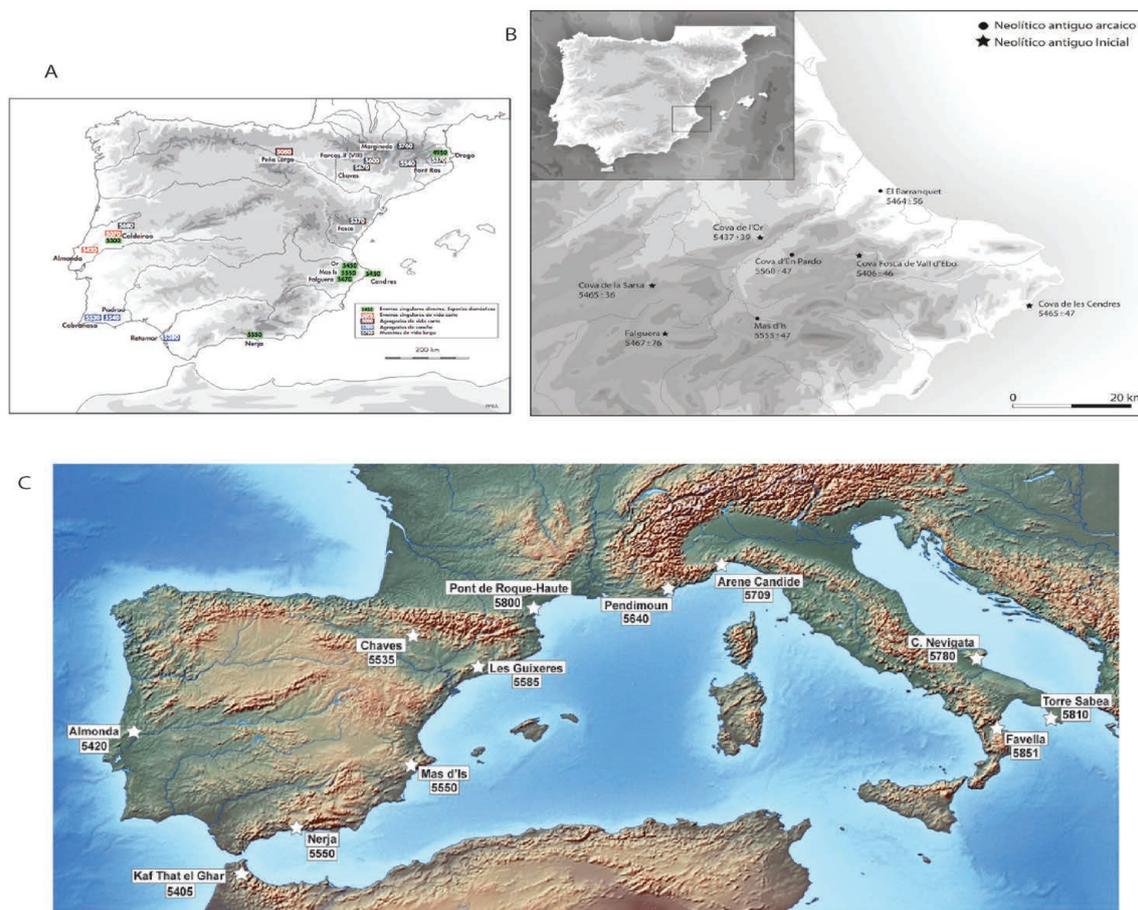


Fig. 2. Ejemplo de trabajos donde se utiliza la media radiométrica calibrada para discutir sobre la implementación de las primeras sociedades neolíticas. Ilustraciones obtenidas de: a) Bernabeu (2006); b) García Borja et al. (2012); y c) García Borja et al. (2018).

2. RADIOCARBONO Y NEOLÍTICO. PRINCIPALES PROBLEMÁTICAS

Varios investigadores han puesto de manifiesto diferentes problemas asociados a las dataciones radiométricas que afectan a la lectura del registro arqueológico y que pueden agruparse en tres grandes categorías: problemas taxonómicos, metodológicos y de selección.

2.1. Problemas taxonómicos

Debe destacarse que existen muestras arqueológicas fechadas que carecen de identificación taxonómica. Esta ausencia implica un grado de incerteza con respecto a si se está fechando un elemento silvestre o un elemento doméstico. Sobre la base de la identificación taxonómica, algunas especies presentan ciertamente problemas de ambigüedad, es decir, existen dificultades en la identificación del taxón doméstico frente al salvaje.

En el caso concreto de las semillas, Chernoff y otros (1992) indican que la identificación se realiza a partir de la forma y el tamaño. No hay duda que estas variables pueden verse afectadas por cuestiones ambientales, existiendo la posibilidad de confundir a los arqueobotánicos en el momento de la identificación. Un ejemplo reciente de dicha problemática lo encontramos en el yacimiento marroquí de Ifri Oudadane (fig. 3). La datación que nos interesa es la Beta-295779, sobre muestra identificada como *Lens culinaris*, que fecha la ocupación neolítica más antigua. El problema reside en que resulta estadísticamente igual a la fecha más reciente de la ocupación epipaleolítica (Beta-316137), y seiscientos años más antigua que la otra fecha proveniente de la primera ocupación neolítica del asentamiento, obtenida sobre un cereal doméstico

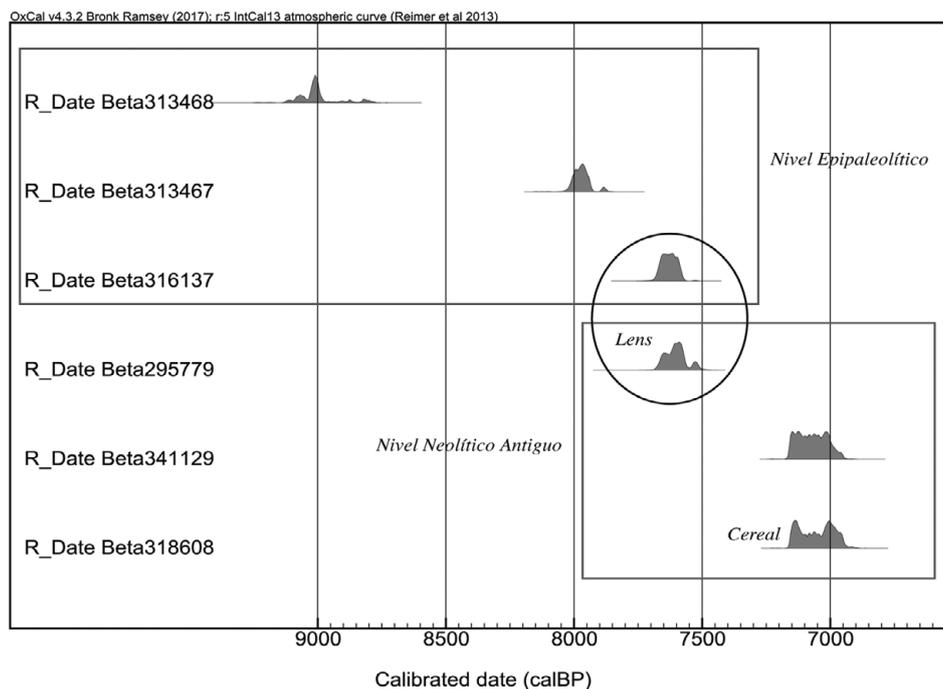


Fig. 3. Dataciones radiocarbónicas procedentes del yacimiento de Ifri Oudadane (Marruecos). El círculo negro indica las dos dataciones que son estadísticamente iguales y asociadas a cronología diferente. Dataciones disponibles en Morales et al. (2013, 2016).

(Beta-318608). En este sentido, aunque en su momento la semilla de *L. culinaris* fue publicada como doméstica, los mismos autores coinciden en la dificultad de la identificación ya que en África existen tres clases de *Lens* silvestres (Morales et al., 2013: 2664). Otro problema en relación con los restos vegetales es el de aquellos casos donde la determinación botánica se establece como *Cerealialia* sp., debido en numerosas ocasiones a la mala preservación de los restos de cereales (Stika, 2005: 193) y, por lo tanto, no siempre clasificables como domésticos.

En las mismas circunstancias se encuentran algunas especies de animales, dado que la mayoría de las identificaciones se realizan a partir de métodos biométricos. En este sentido, Zilhão (2011) argumenta que en los ambientes de media montaña existe la posibilidad de no poder diferenciar las especies de la subfamilia Caprinae (*Capra Ibex*, *Capra pyrenaica*, *Rupricapra rupicapra*) de las domésticas (*Capra hircus* y *Ovis aries*). Esta complejidad para su distinción fue indicada por la arqueozoología (Boessneck, 1969: 331), agudizándose en especímenes jóvenes tal y como señala Uerpmann (1987). Esta argumentación en torno a los problemas de identificación ha supuesto la base por la que Zilhão (2011: 49) ha planteado descartar todas aquellas fechas realizadas sobre oveja que contradicen la norma general en relación con la llegada de los primeros grupos neolíticos. En este sentido, dicho autor y otros (Martins et al., 2015) han aplicado una revisión sistemática a muestras de diferentes yacimientos peninsulares a partir del análisis de proteínas que permite diferenciar entre oveja doméstica y cabra salvaje.

Esta misma problemática se ha esgrimido para otras especies; por ejemplo, Rowley-Conwy y colaboradores (2012) remarcan la dificultad de determinación en relación con los suidos, *Sus scrofa* y *Sus scrofa domesticus*. En el caso concreto del género *Bos*, una revisión sistemática a escala peninsular (Saña, 2013: 210-211) ha atestiguado que en algunos yacimientos de cronología neolítica solo se documenta el taxón salvaje (*Bos primigenius primigenius*), por lo que los problemas taxonómicos, aunque presentes, tendrían una incidencia menor. No obstante, no parece oportuno fechar agriotipos salvajes (con independencia de que fuesen explotados por grupos neolíticos) para datar el inicio de las prácticas agrícolas y ganaderas en determinado yacimiento o región.

2.2. Problemas metodológicos

El incremento del número de dataciones conlleva la aparición de viejos problemas (Clist, 1987: 41; Waterbolk, 1971: 19-20). Brevemente, éstos residen en el tratamiento previo de la muestra, incluyendo la fiabilidad del laboratorio, y algunos índices de calidad como la relación entre nitrógeno y carbono (C:N) en aquellas muestras que fechan huesos.

Con respecto a la problemática asociada al laboratorio utilizaremos dos ejemplos clarificadores. En primer lugar, Sjörgren (2011: 115) ha observado que las muestras sobre hueso humano fechadas en el laboratorio de Uppsala (Ua) tienden a ser más antiguas que las de otros laboratorios donde se realizan tratamientos previos de la muestra más sofisticados. Ciertamente es que los laboratorios disponen de la información referida a los métodos de ultrafiltración (ver Brock et al., 2010, para el caso de Oxford), sin embargo, la cuestión sobre qué método es el más apropiado permanece abierta. En este sentido, una experimentación comparando el método basado en la oxidación de ácido (ABOX) y el método ácido-alcalino-ácido (AAA) concluye que la ultrafiltración ABOX arroja resultados radiométricos más ajustados que la ultrafiltración basada en AAA (Haesaerts et al., 2013). Otro ejemplo de índole diferente es el detectado por Lull y otros (2015) con relación al laboratorio Leibniz (KIA), al ver que las dataciones analizadas entre 2009 y 2012 sobre elementos de vida corta (huesos y cereales) podrían ser erróneas. Dicha cuestión fue corroborada por el mismo laboratorio concluyendo que las muestras situadas entre 2010 y 2012 deberían ser interpretadas con cautela (Meadows et al., 2015: 1046). Para el caso del laboratorio Gakushuin (Gak) véase la respuesta de Lipponcott a Krause (Blakeslee et al., 1982) y Blakeslee (1994).

Por lo que atañe a la relación carbono-nitrógeno, entre mediados de la década de 1980 y los años 1990 fue identificada como un factor a tener en cuenta en el momento de analizar las fechas radiocarbónicas realizadas sobre hueso, ya que dicha relación C:N podría arrojar valores anómalos (De Niro, 1985; Van Klinken, 1999). Esta cuestión no ha acaparado demasiado interés entre la comunidad arqueológica hasta hace pocos años, siendo la razón por la que no siempre este dato aparece consignado en los informes. El problema ha sido tratado de forma detallada en un trabajo centrado en la discusión de determinadas fechas radiocarbónicas referentes a las primeras sociedades agrícolas del Mediterráneo peninsular (García Borja et al., 2018), llegando a la conclusión de que las fechas obtenidas (por norma más antiguas) sobre huesos con resultados divergentes respecto de la cronología esperada, deben asociarse a valores de C:N situados fuera del rango establecido por los trabajos de referencia (De Niro, 1985; Van Klinken, 1999).

2.3. Problemas en relación con la selección de la muestra

Nos referimos aquí a los problemas asociados tanto al contexto arqueológico de la muestra como a la naturaleza de la misma.

En lo que respecta al contexto arqueosedimentario debemos destacar la cuestión de los Contextos Arqueológicos Aparentes (CAA). Brevemente, esta cuestión va referida a la existencia de problemas postdeposicionales en la formación del registro arqueológico. Zilhão (1993: 37 y ss.) argumenta que la relación de fechas radiométricas extremadamente elevadas y artefactos asociados a la economía de producción, por norma cerámica, se debe vincular a dichos problemas. Esta hipótesis fue testada en los yacimientos de Cova de les Cendres (Bernabeu et al., 1999, 2001) y Cueva de Nerja (Jordá Pardo y Aura Tortosa, 2008), entre otros, corroborando la argumentación inicial de Zilhão. No obstante, los CAA han sido objeto de críticas indicando que el concepto solo puede ser aplicado al yacimiento de Cendres (Utrilla, 2002: 203-204). Sin embargo, Bernabeu ha contestado con un ensayo metodológico donde establece que “la situación pronosticada por el modelo de los CAA ha seguido reproduciéndose en otros yacimientos” (Bernabeu, 2006: 194). Ergo puede concluirse que “la agresiva” implantación neolítica en yacimientos con niveles epipaleolíticos/mesolíticos o anteriores genera procesos postdeposicionales (visibles: fosas, enterramientos, silos... o invisibles), por consiguiente, la formación de contextos arqueológicos aparentes.

De igual forma deben considerarse algunas cuestiones básicas en relación con la selección de la muestra. Hay que destacar el llamado efecto de la madera vieja (Schiffer, 1986). Éste hace referencia al hecho de que, si comparamos una datación sobre un elemento de vida corta y otra sobre carbón de un mismo contexto arqueológico, la datación realizada sobre vida larga (carbón) tiende a envejecer el contexto fechado. No obstante, algunas fechas de carbón realizadas sobre especies de vida corta (o partes de plantas, como brotes) quedan exentas de dicha problemática. La figura 4 muestra la diferenciación entre dataciones realizadas a partir de elementos de vida corta y aquellas realizadas sobre restos de vida larga, permitiendo no solo observar el problema del efecto de la madera vieja, sino también que las diferencias entre la utilización de dataciones sobre muestras botánicas de vida corta y las realizadas sobre elementos domésticos son mínimas.

El análisis de cualquier fenómeno histórico a partir de la información radiométrica implica la emergencia de otro problema como es la selección del techo máximo de la desviación típica o estándar. La utilización de todas las dataciones con independencia de su desviación estándar implica que el margen de calibración se eleva considerablemente, generando un ruido de fondo permanente que no permite observar el comportamiento de fenómenos concretos, aspecto que ha sido comprobado en un ensayo metodológico en relación con los asentamientos neolíticos del valle soriano de Ambrona (Rojo et al., 2006: 81). En la actualidad, existe un consenso en la utilización de fechas con una desviación típica no superior a 100, aunque se ha planteado emplear una desviación estándar menor a 50 (Lull et al., 2011) para yacimientos calcolíticos y de la Edad del Bronce.

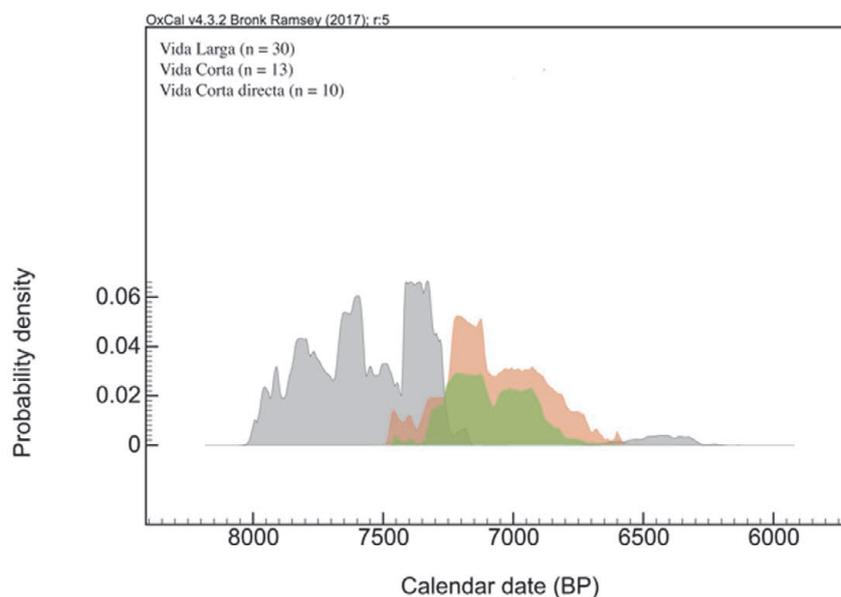


Fig. 4. Efecto de la madera vieja ilustrado a partir de las dataciones disponibles para los yacimientos de la Revilla del Campo y la Lámpara (Valle de Ambrona, Soria). En gris se indica la probabilidad acumulada de las fechas realizadas sobre carbón; el color naranja indica el sumatorio de probabilidad de dataciones radiocarbónicas de vida corta; y el color verde hace referencia a las fechas realizadas sobre elementos domésticos. Dataciones accesibles en Rojo et al. (2006).

Otro problema presente en el momento de seleccionar la muestra radiocarbónica es la cuestión de los huesos con señales de alteración térmica. En este sentido, diferentes investigadores (Olsen et al., 2008, 2013; Van Strydinck et al., 2009) indican que este tipo de muestras puede producir diferencias significativas en los resultados según el grado de afectación por el fuego, es decir, si están quemadas o calcinadas. La razón reside en que el grado de combustión puede llevar a los laboratorios a fechar fracción inorgánica (p.e., mineral) del hueso, que conduce por norma a resultados más antiguos que la fracción orgánica (p.e., colágeno). El caso del yacimiento neolítico de La Lámpara (Rojo et al., 2006) ilustra perfectamente este hecho (fig. 5), ya que la datación KIA-21350, realizada sobre un hueso termo-alterado, es unos 250 años más antigua que el resto de dataciones efectuadas sobre elementos de vida corta. Entonces, ¿pueden presentar las semillas carbonizadas esta problemática? Tal cuestión ha sido subsanada en el caso de las muestras de semillas en que la estandarización de los pretratamientos previos permite eliminar la posible existencia de fracción mineral en la muestra (Asscher et al., 2017: 60), y en el caso de que esta fracción perdure los protocolos aconsejan no fechar la muestra.

En último lugar, en las muestras de origen marino (malacofauna, humanos con dieta basada en recursos marinos...) debe aplicarse una corrección durante el proceso de calibración a fin de paliar el llamado efecto reservorio, aunque es una corrección no exenta de problemas. El trabajo realizado en el norte de la Península Ibérica dirigido a evaluar de forma crítica las dataciones realizadas sobre malacofauna resulta relevante, ya que establece la necesidad de calcular previamente el valor del efecto reservorio del área estudiada (Rubinos Pérez et al., 1999). Esta cuestión ha sido corroborada en un trabajo metodológico posterior donde se hace hincapié en que el efecto reservorio fluctúa en el espacio y en el tiempo (Ascough et al., 2005), y aunque la correlación puede ser determinada, sigue existiendo una considerable variación (Soares y Dias, 2006). Es más, la correlación obtenida tiene una escala geográfica de aplicación compleja, ya que factores como las corrientes marinas, el efecto *upwelling*, vientos dominantes y la proximidad de estuarios, pueden alterar el efecto reservorio en zonas costeras contiguas dentro de la misma cronología.

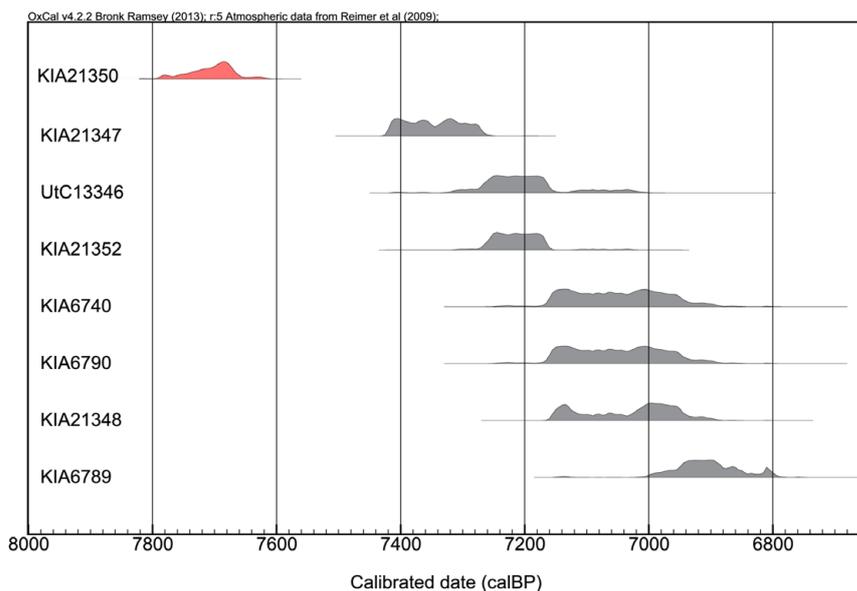


Fig. 5. Efecto del hueso quemado ilustrado a partir del yacimiento de la Lámpara. En color rojo claro se indica la fecha realizada sobre una muestra de hueso quemado. Dataciones accesibles en Rojo et al. (2006).

3. ¿NUEVO PROBLEMA EN RELACIÓN CON FECHAS SOBRE OVICAPRINOS DOMÉSTICOS?

Tal y como se ha indicado en la introducción, el propósito principal del presente trabajo consiste en reflexionar si existen diferencias cronológicas entre las muestras de elementos domésticos ya que, si fuese así, la imagen de la dispersión del Neolítico en la Península Ibérica podría verse modificada, o al menos matizada. Para abordar dicha problemática se han seleccionado diferentes yacimientos neolíticos que disponen en la misma entidad arqueológica (capa, nivel, unidad estratigráfica o cualquier otra nomenclatura definida por los excavadores) de fechas realizadas sobre cereales y sobre huesos de ovicaprinos domésticos (tabla 1), todas ellas sobre elementos singulares y mediante el método AMS. Cabe remarcar que asumiremos como pertenecientes a agriotipo doméstico (*Ovis aries* o *Capra hircus*) aquellas dataciones realizadas sobre muestras de hueso identificadas como *Ovis/Capra*.

3.1. Dataciones realizadas en diferentes laboratorios

En el primer nivel de análisis se ha considerado seleccionar diferentes yacimientos que disponen de fechas sobre ambos tipos de muestras, pero que fueron realizadas en distintos laboratorios. El primer caso utilizado para ejemplificar esta cuestión corresponde a las dataciones procedentes del nivel arqueológico VIa de la Cova de l'Or (Beniarrés, Alicante) (Martí, 2011). Ambas dataciones corresponden a los niveles cardiales de la cueva, pero localizadas en diferentes capas.¹ La datación sobre hueso de *Ovis aries* (K35, capa 27) fue realizada por el laboratorio de Irvin (Estados Unidos), mientras que la datación del cereal *Triticum aestivum/durum* (J4, capa 17) se llevó a cabo en el laboratorio de Oxford (Reino Unido). En la

¹ Debe recordarse que la metodología utilizada en la Cova de l'Or fue la excavación de capas artificiales de potencia variable (espesor de unos 5 cm; Martí et al., 1980) y no por niveles de ocupación.

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas utilizadas para explorar la problemática planteada. Todas las fechas utilizadas, su contexto cultural y sus referencias bibliográficas se encuentran en la base de datos *Radiocarbon dates for the Mesolithic-Neolithic transition in Iberia* (Pardo-Gordó et al., 2018, 2019). Las calibraciones se presentan en cal. BP.

Yacimiento	Laboratorio	BP	Desviación	Especie	1 sigma	2 sigma	Media
Caserna de Sant Pau del Camp	Beta-407494	6200	30	<i>Hordeum vulgare</i>	7165-7025	7238-7000	7093
Caserna de Sant Pau del Camp	Beta-236175	6250	40	Ovis/capra	7252-7160	7265-7019	7174
Cova de l'Or	OxA-10192	6310	70	<i>Triticum aestivum/durum</i>	7315-7165	7418-7025	7234
Cova de l'Or	UCIAMS-66316	6475	25	<i>Ovis aries</i>	7430-7332	7433-7325	7380
Cova de Sant Llorenç	Beta-299598	5860	40	<i>Triticum aestivum/durum</i>	6732-6644	6780-6561	6679
Cova de Sant Llorenç	Beta-311606	5910	40	Ovis/capra	6776-6675	6846-6654	6733
Cova de Sant Llorenç	OxA-26072	6004	32	Ovis/capra	6885-6795	6938-6751	6843
Cueva del Toro	Beta-341132	6150	30	<i>Triticum aestivum/durum</i>	7156-6992	7159-6958	7062
Cueva del Toro	Beta-365294	6200	30	Ovis/capra	7165-7025	7238-7000	7093
Hostal Guadalupe	Wk-25168	6197	35	<i>Hordeum vulgare</i>	7165-7020	7240-6994	7093
Hostal Guadalupe	Wk-25167	6249	30	<i>Ovis aries</i>	7245-7164	7259-7027	7187
La Revilla del Campo	UtC13348	6120	60	<i>Triticum aestivum/durum</i>	7156-6930	7169-6800	7016
La Revilla del Campo	KIA-21356	6355	60	Ovicaprino	7415-7183	7418-7174	7294
Lapiás das Lameiras	OxA-24829	6424	39	<i>Hordeum vulgare nudum</i>	7416-7320	7423-7276	7355
Lapiás das Lameiras	OxA-29110	6494	34	<i>Ovis aries</i>	7440-7331	7468-7322	7379

figura 6a se observan los resultados de la calibración de ambas dataciones, donde puede observarse que existen diferencias substanciales entre sus medias radiocarbónicas, siendo la datación realizada sobre hueso doméstico 146 años más antigua que la obtenida de la muestra de un cereal. Paralelamente a la diferencia entre medias se ha calculado el test X^2 , utilizando el software OxCal (Bronk Ramsey y Lee, 2013), con el fin de comparar si la distribución de la probabilidad de calibración de ambas fechas es estadísticamente igual. El resultado obtenido indica que ambas fechas presentan diferencias notorias al 95% de significación estadística ($T=4,8$; $E=3,841$), puesto que el resultado del test (T) es mayor que la distribución teórica esperada (E). Esta divergencia se debe a que ambas dataciones proceden del mismo nivel arqueológico, pero de sectores de excavación diferentes.

Un segundo ejemplo utilizado procede del yacimiento catalán de la Cova de Sant Llorenç (Sitges, Barcelona) (Borrell et al., 2012), y más en concreto de su nivel III. La datación sobre hueso de ovicaprino doméstico se llevó a cabo por el laboratorio inglés de Oxford, mientras que la procedente del cereal (*Triticum*

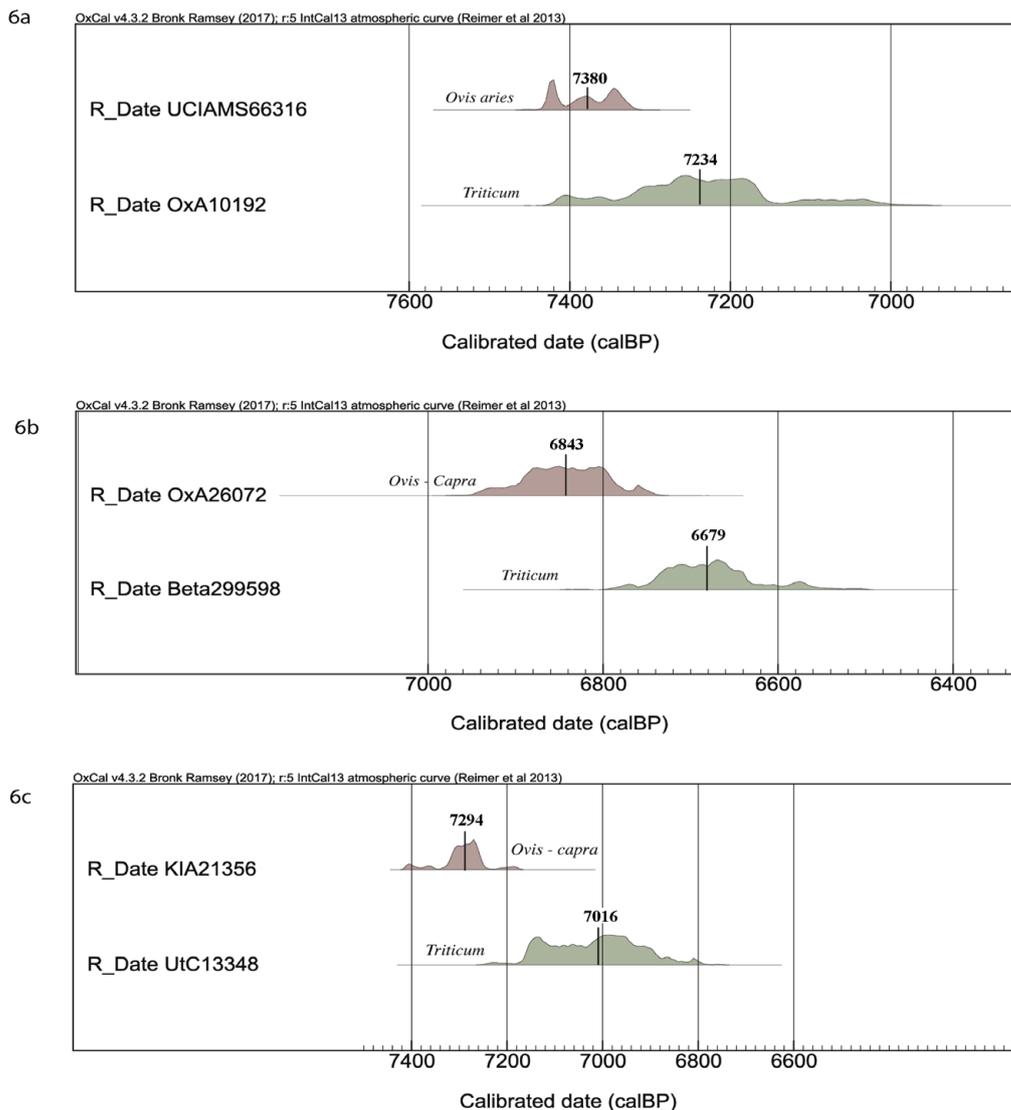


Fig. 6. Dataciones radiocarbónicas comparadas en este ejemplo. 6a: dataciones procedentes del nivel VIa de la Cova de l'Or. 6b: dataciones procedentes de la Cova de Sant Llorenç, nivel III. 6c: fechas obtenidas de la estructura 4 del yacimiento al aire libre de la Revilla del Campo.

aestivum/durum) se obtuvo en el laboratorio comercial de Beta Analytic. En la figura 6b se representa la calibración de ambas fechas, siendo la diferencia entre las medias radiométricas de 164 años. En este caso también se ha realizado el test X^2 para comparar la distribución de ambas fechas, y su resultado arroja diferencias estadísticas al 95% de significación ($T=7,89$; $E=3,841$).

Debido a que los dos ejemplos utilizados proceden de cuevas y ambos niveles corresponden a la agrupación de más de una capa arqueológica artificial, se ha considerado comprobar esta problemática en un yacimiento arqueológico al aire libre. El caso que se presenta corresponde a las dataciones disponibles para la estructura 4 de la Revilla del Campo (Ambrona, Soria) (Rojo et al., 2006). La fecha realizada

sobre un hueso de ovicaprino se obtuvo en el laboratorio de Leibniz, mientras que la datación sobre restos de un cereal carbonizado (*Triticum monococcum/dicoccum*) en el laboratorio de Utrech. Al igual que en los ejemplos anteriores las fechas han sido calibradas y representadas en un gráfico (fig. 6c), siendo la diferencia entre medias de 278 años. Del mismo modo se ha calculado el test X^2 , el cual indica que ambas dataciones no son estadísticamente iguales, tanto a un nivel de significación del 95% ($T=12,05$; $E=3,841$) como del 99% ($E=6,63$).

Los resultados obtenidos nos indican que existen diferencias entre huesos domésticos y cereales. Sin embargo, tal vez estas diferencias puedan ser debidas a que se están comparando dataciones realizadas en laboratorios distintos, y los procesos de pretratamiento de las muestras acaben afectando a los resultados. O bien, en el caso concreto del yacimiento de la Revilla del Campo, a que las dataciones proceden de una estructura caracterizada por cuatro niveles sedimentarios ¿de colmatación?, por lo que podemos pensar que la datación del hueso de ovicaprino provenga de un nivel más antiguo que la de la muestra de cereal, recuperada ésta por flotación del sedimento y a relacionar tal vez con un nivel de colmatación más reciente. No obstante, los mismos excavadores han remarcado el carácter paradójico de dicha estructura debido a la variabilidad de los valores arrojados por las fechas de carbón (Rojo et al., 2008a: 38). Es más, aunque diferenciaron 4 niveles y 7 unidades estratigráficas, no habría razones para pensar en procesos sedimentarios diferentes (Rojo et al., 2008b: 95); ergo podríamos concluir que dicha estructura tuvo una colmatación rápida y que todas las dataciones harían referencia al mismo evento cronológico.

3.2. Dataciones realizadas en el mismo laboratorio

A raíz de los ejemplos anteriores podemos concluir que los resultados quizás cabría relacionarlos con la utilización de diferentes laboratorios. Por este motivo se ha considerado en el siguiente epígrafe analizar dataciones realizadas en el mismo laboratorio.

El primer ejemplo procede de la cueva neolítica del Hostal Guadalupe (Torremolinos, Málaga) (Cortés et al., 2012), cuyas dataciones fueron realizadas en el laboratorio de la Universidad neozelandesa de Waikato. En la figura 7a se presenta la calibración de ambas fechas, donde se puede observar la existencia de diferencias en su horquilla de calibración y medias radiocarbónicas (94 años). Al igual que en los casos anteriores se ha calculado el test X^2 que ha proporcionado un valor de $T=1,3$, por lo que al ser menor que la distribución esperada ($E=3,841$), indica que ambas dataciones deben ser consideradas estadísticamente iguales al 95% de significación.

El segundo ejemplo procede del yacimiento neolítico al aire libre de la Caserna de Sant Pau del Camp (Barcelona) (Gómez y Molist, 2017), y más en concreto del silo 2; las dos dataciones comparadas fueron realizadas en el laboratorio de Beta Analytic. La distribución de su calibración (fig. 7b) muestra que aún existen diferencias entre las horquillas y las medias calibradas (81 años). Sin embargo, ambas fechas deben ser consideradas estadísticamente iguales al 95% de significación, puesto que el resultado del test arroja un valor de $T=1$.

Para seguir con la ilustración de dataciones realizadas en el mismo laboratorio, utilizaremos dos de las fechas del yacimiento portugués al aire libre de Lapiás das Lameiras (Porto Alegre) (López-Dóriga, 2015), y más en concreto de su nivel asociado al Neolítico antiguo. A falta de una publicación detallada del yacimiento, la información estratigráfica para este caso procede de los diferentes trabajos bioarqueológicos dados a conocer (López-Dóriga, 2015; Davies y Simoes, 2016). Ambas dataciones fueron realizadas por el laboratorio inglés de Oxford. Al igual que en los ejemplos anteriores las fechas han sido calibradas y representadas en un gráfico (fig. 7c), siendo la diferencia entre medias de 34 años. Del mismo modo se ha calculado el test X^2 , el cual indica que ambas dataciones son estadísticamente iguales tanto a un nivel de significación del 95% ($T=2,2$; $E=3,841$) como del 99% ($E=6,63$).

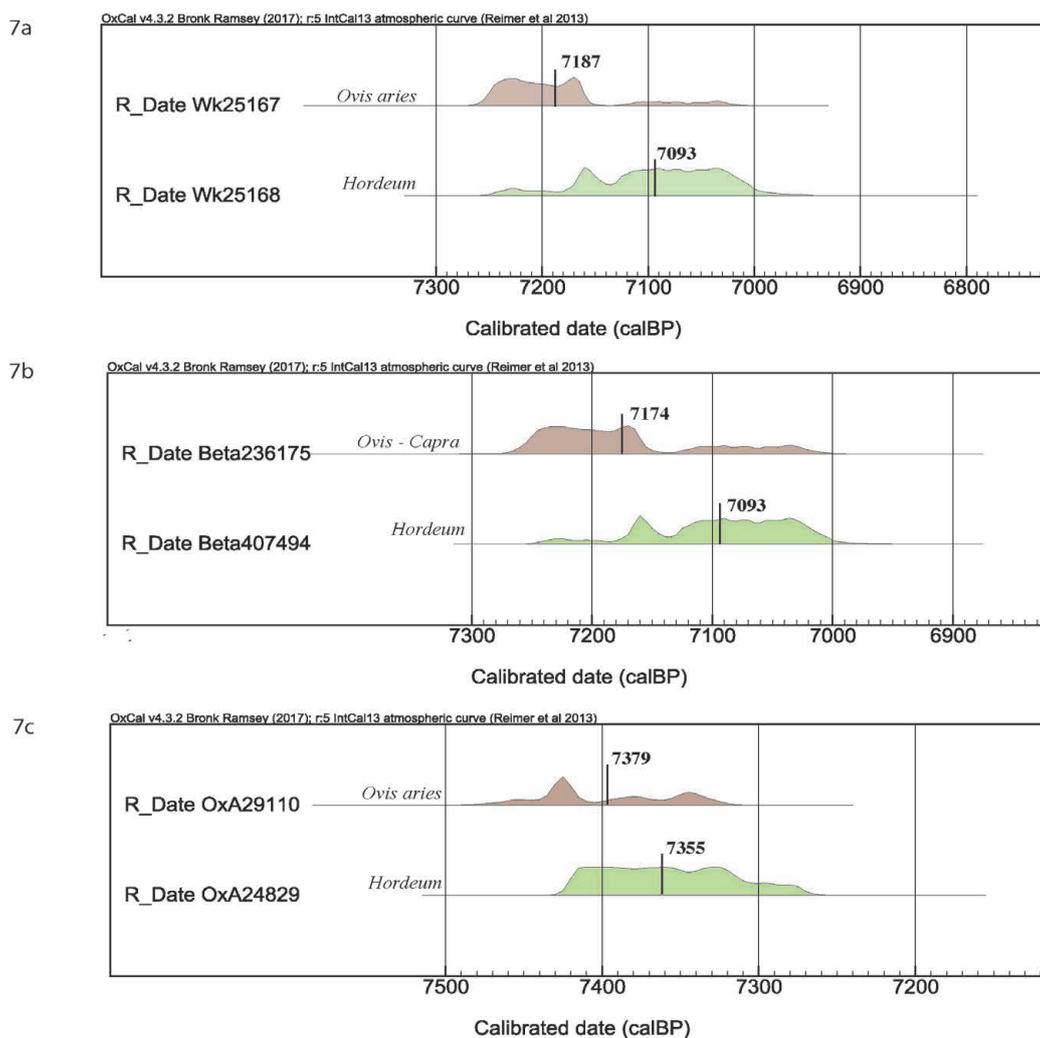


Fig. 7. Dataciones radiocarbónicas comparadas en este ejemplo. 7a: dataciones procedentes de la Cueva Hostal Guadalupe. 7b: dataciones obtenidas en la fosa 2 del yacimiento de Caserna de Sant Pau del Camp. 7c: dataciones procedentes del nivel Neolítico antiguo de Lapiás das Lameiras.

Los resultados de esta segunda inspección de los datos basada en la selección de yacimientos con dataciones realizadas en el mismo laboratorio siguen mostrando diferencias entre las medias radiocarbónicas, por lo que podemos pensar que, al no disponer de la misma desviación típica o estándar, ésta puede influir negativamente en los resultados. Es decir, la mayor o menor desviación estándar puede marcar unas diferencias entre las medias y horquillas de calibración que podrían ser suavizadas si se tratara del mismo valor de desviación. Cuestión que analizaremos con los siguientes casos.

El primero de ellos corresponde a las dos dataciones más antiguas sobre hueso doméstico y cereal del nivel IV de la Cueva del Toro (Antequera, Málaga) (Martín-Socas et al., 2018), ambas realizadas en el laboratorio Beta Analytic y con una desviación de 30. Al igual que en los ejemplos anteriores las fechas han sido calibradas y representadas en un gráfico (fig. 8a), siendo la diferencia entre las medias calibradas de 31 años. El cálculo del $X^2(T=1,4)$ indica que ambas dataciones deben ser consideradas estadísticamente iguales con una significación al 95%.

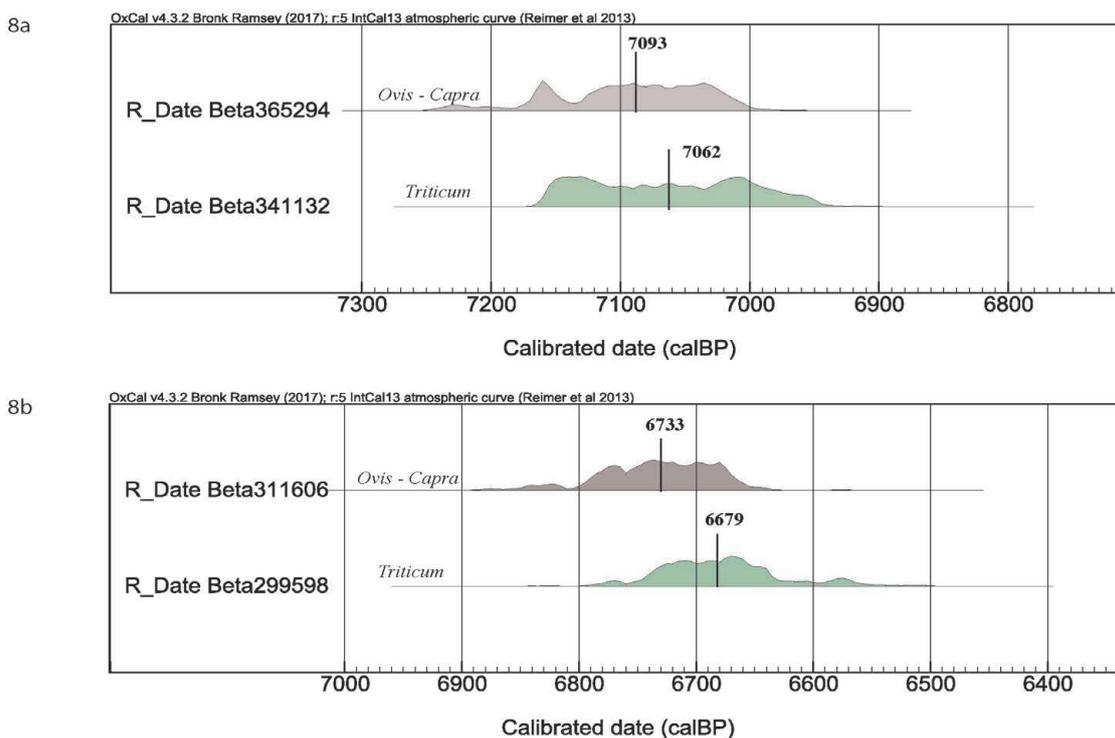


Fig. 8. 8a: dataciones obtenidas en el nivel IV de la Cueva del Toro. 8b: radiometría de la Cova de Sant Llorenç (nivel III).

Finalmente, se ha decidido utilizar el nivel III de la Cova de Sant Llorenç (Sitges, Barcelona) para indagar esta problemática. Para ello se han seleccionado las dataciones del nivel que fueron realizadas en el mismo laboratorio (Beta Analytic), las cuales disponen de una desviación estándar de 40. En la figura 8b se representa la calibración de ambas fechas, siendo la diferencia entre las medias radiométricas de 54 años. En este caso también se ha realizado el test X^2 para comparar la distribución de ambas fechas, y su resultado indica que ambas son estadísticamente iguales al 95% de significación ($T=0,8$; $E=3,841$).

4. DISCUSIÓN

En la Península Ibérica se observan diferencias cronológicas en relación con la implantación del Neolítico según la muestra de datación seleccionada (García Puchol et al., 2018; Isern et al., 2017; entre otros), cuestión en la que también podría incidir este trabajo, en el que sistemáticamente las dataciones realizadas sobre huesos de ovicaprinos domésticos retroceden al menos un cuarto de siglo la antigüedad del contexto arqueológico que fechan, según las medias radiocarbónicas y las horquillas de calibración (ver tabla 2). Y ello con independencia de que las dataciones procedan de laboratorios diferentes o de que el análisis del X^2 nos indique que éstas sean homogéneas desde una perspectiva estadística.

Cierto es que existe un ejemplo donde la muestra de cereal ha proporcionado valores más antiguos que la muestra de ovicaprino. Este caso corresponde a la estructura 12 de la Revilla del Campo (Ambrona, Soria), donde ambas dataciones son estadísticamente iguales ($T=2,5$; $E=3,841$), pero la comparación de las medias indica que la muestra realizada sobre *Cerealia* sp. (UtC-13295) es más antigua (97 años) que la realizada

Tabla 2. Comparación de las diferencias entre los valores calibrados de los yacimientos citados en el texto. El valor entre paréntesis indica la diferencia de la horquilla de calibración a dos sigmas.

Yacimiento	Media (Oxcal)	Media (CalPal)	Inicio horquilla	Máx. prob. calibración	Diferencia BP
Caserna de Sant Pau del Camp	81	71	87 (27)	10	50
Cova de l'Or	146	143	115 (15)	165	165
Cova de Sant Llorenç	164	160	154 (158)	180	144
Cova de Sant Llorenç (Beta)	54	47	44 (66)	65	50
Cueva del Toro	31	28	9 (79)	30	50
Hostal Guadalupe	94	107	80 (19)	10	52
La Revilla del Campo	278	273	259 (249)	285	235
Lapiás das Lameiras	24	36	24 (45)	95	70

sobre ovicaprino (KIA-21353). Esta problemática puede explicarse desde una perspectiva sedimentaria puesto que, aunque solo se ha identificado en dicha estructura un nivel de 70 cm de profundidad, en la mitad del mismo hay una concentración de piedras y por debajo de ésta se recuperaron numerosos restos arqueológicos (Rojo et al., 2008b: 58). Si obviamos que son dataciones de laboratorios diferentes, ¿podemos pensar que la datación sobre *Cerealia* recuperada por flotación corresponde a la base de la estructura (y por extensión a un primer nivel de colmatación) y la datación sobre la escápula del ovicaprino a una fase de colmatación posterior? La respuesta no es simple puesto que en toda la estructura se han documentado restos de fauna (ver García-Martínez de Lagrán, 2012: 783 para su distribución espacial [anexo 1]) y no conocemos con exactitud cuál fue la cota (si fuese la misma) de las muestras fechadas, por lo que la pregunta permanece abierta.²

Con independencia de la posible contradicción de la estructura 12 de la Revilla del Campo, debemos dilucidar cuál o cuáles son las causas de dicha tendencia cronológica en las muestras sobre domésticos y si realmente el efecto de los huesos domésticos puede envejecer la llegada del Neolítico a la Península Ibérica, cuestión que ya se esbozó en un trabajo anterior (García Puchol et al., 2016).

En primer lugar, la mayoría de muestras utilizadas para la comparación proceden de niveles de ocupación en cueva, por lo que los resultados podrían estar afectados por la naturaleza propia del registro arqueológico en estos ambientes. Es decir, un nivel arqueológico está definido por varias capas o estratos y/o unidades estratigráficas y, por consiguiente, las diferencias cronológicas podrían asociarse a la cota donde se obtuvo la muestra radiocarbónica, tal y como hemos visto en el caso de la fase I de Trocs (nota 2 al pie). Para ello se ha decidido utilizar las fechas procedentes de la cueva marroquí de Kaf That el Ghar, un magnífico ejemplo ya que ambas dataciones radiocarbónicas fueron realizadas en el mismo laboratorio, presentan la misma desviación estándar y proceden de la misma unidad estratigráfica (tabla 3). El estadístico X^2 indica que ambas fechas son iguales con una significación al 95% ($T=0,2$), mientras que las diferencias entre las

2 Otro ejemplo que podría utilizarse para refutar la tendencia que se intuye en este trabajo corresponde a la fase I del yacimiento oscense de Trocs (Rojo et al., 2013), donde dos dataciones realizadas sobre cereal (Beta-316512 y Beta-284150) son más antiguas que la realizada sobre un hueso (Beta-295782). Sin embargo, bajo nuestro punto de vista, estos datos no contradicen nuestra observación por tres motivos principales: 1) las dataciones proceden de diferentes niveles de ocupación (ver Rojo et al., 2013: figura 2); 2) la datación de hueso ha sido identificada como fauna, por lo que debemos ser cautos en su caracterización como doméstico en general y ovicaprino en particular, y 3) la fase de Trocs I corresponde a la agrupación de diferentes niveles y como puede observarse en la figura 2 de dicha publicación, la fecha de cereal más antigua proviene de la UE 20, que corresponde al primer evento de ocupación, mientras que las fechas realizadas sobre hueso y otro cereal (UE 63 y UE 82) hacen referencia a eventos de ocupación posteriores, dentro de la primera fase de habitación de la cueva.

Tabla 3. Dataciones radiocarbónicas del yacimiento de Kaf That el Ghar (Marruecos).

Yacimiento	Laboratorio	BP	Desviación	Contexto	Especie	Referencia
Kaf that el Ghar	Beta-409693	6410	30	UE 1204	<i>Ovis aries</i>	Martínez et al., 2018
Kaf that el Ghar	Beta-331987	6390	30	UE 1204	<i>Triticum diococcum</i>	Morales et al., 2016

medias radiométricas se sitúan en 32 años. Por tanto, la tendencia observada en el apartado anterior sigue cumpliéndose, de modo que podríamos pensar que es poco probable que la explicación resida en el carácter heterogéneo del nivel arqueológico.

Con todo, podemos también pensar que la consideración de la media arroja un resultado sesgado. Sin embargo, si comparamos las diferencias entre las medias obtenidas con el programa CalPal, los resultados presentan la misma tendencia que las resultantes del programa OxCal. Pero, ¿dicho patrón se reafirma si analizamos las horquillas de calibración? Para ello se han comparado las diferencias entre los inicios de las horquillas de calibración y la diferencia entre la máxima probabilidad acumulada por pares de dataciones. Tal y como se observa en la tabla 2, la diferencia entre el inicio de la horquilla de calibración confirma que tanto al 68% o al 95% de probabilidad los huesos de ovicaprino doméstico presentan la misma tendencia que la diferencia entre las medias, fenómeno que se confirma si comparamos la diferencia entre los puntos de mayor probabilidad acumulada. Paralelamente, la calibración de las fechas radiocarbónicas presenta problemas intrínsecos (p.e. la curva de calibración), los cuales afectan a dicha calibración. Por este motivo se ha considerado explorar las diferencias de la fecha en BP que corresponde a una distribución normal. Al igual que en el ejercicio exploratorio presentado en la tabla 2, las diferencias entre las fechas sin calibrar confirman aquello esbozado en el análisis de las medias radiocarbónicas: las dataciones realizadas sobre ovicaprino doméstico tienden a envejecer la cronología del nivel que fechan al menos en medio siglo.

Si el problema persiste, ¿puede la tafonomía y los procesos postdeposicionales explicar la tendencia observada? Paralelamente a los casos de la Revilla del Campo, ya expuestos, utilizaremos la estratigrafía de la Cova de l'Or (descripción detallada en Martí et al., 1980) para ilustrar dicha problemática. En la figura 9 se representan los diferentes niveles arqueológicos, sus capas y la localización de las fechas radiométricas. Puede observarse que las fechas realizadas sobre cereal (estrellas) presentan en ocasiones resultados inversos a su localización estratigráfica. Por ejemplo, la fecha sobre *Triticum* procedente del nivel basal de la cueva (VIa; J4, capa 17) es más reciente que aquella obtenida en el nivel V (K34, capa 19). Esto debe ser leído como consecuencia de los problemas postdeposicionales y más en concreto de la movilidad de aquellos restos de menor volumen, ya sea asociado a las alteraciones estratigráficas ocasionadas por diferentes agentes (roedores y conejos) o bien por las dinámicas sedimentarias de la cueva. Esta inversión radiocarbónica-estratigráfica se observa también si analizamos solo el sector K34, donde la fecha más antigua obtenida se sitúa en la capa 19 (nivel V), mientras que la más reciente se localiza en la capa 22 (nivel VIa), es decir, en una capa más profunda. Con todo ello podemos concluir que existe una movilidad de los granos de cereal asociada a problemas postdeposicionales, sin embargo, dicha migración no explica las diferencias cronológicas entre las dataciones realizadas sobre ovicaprinos y cereales, tal y como se observa en la figura 9, donde la fecha de *Ovis aries* (VIa) sigue siendo la más antigua del yacimiento.

Entonces, ¿cómo se pueden explicar las diferencias cronológicas entre diferentes tipos de materiales domésticos? En la actualidad resulta complicado obtener una respuesta satisfactoria, aunque bajo nuestro punto de vista la solución puede estar en los estudios isotópicos. En este sentido, si centramos nuestra atención en los valores $\delta^{13}\text{C}$ disponibles para yacimientos con un nivel asociado al Neolítico antiguo,

		K34	K35	J4	
IV	★			6	6290 40
			14	7	
		14	15	8	
		15	16	9	
		16	17	10	
V			18		6340 40
			19		
			20		
			21		
		17	22	11	
		18	23	12	
Vlb	★		25	14 ★	6275 70
	★	22	26	16''	6200 40
Vla		23	27	16'	6310 70
		24	28	17	
		★	29	18	

Fig. 9. Posición estratigráfica de las dataciones realizadas en la Cova de l'Or a partir de Pérez Jordà (2013). Las estrellas indican fechas realizadas sobre cereal, y el pentágono las efectuadas sobre un fragmento de hueso de *Ovis aries*.

observamos que las fechas radiocarbónicas realizadas sobre cereal presentan un valor isotópico más estable (-21,45 a -24,3) que aquellas obtenidas sobre huesos de ovicaprininos, donde podemos observar una fluctuación mayor (-15,4 a -31,3). Sin embargo, dichas fluctuaciones deberían analizarse con detalle puesto que los valores isotópicos varían según el nicho ecológico, tal y como se ha podido observar en otros contextos (Villalba-Mouco et al., 2018).

Finalmente debemos remarcar que un número elevado de dataciones realizadas en relación con el Neolítico peninsular proceden del laboratorio comercial Beta Analytic, el cual, según la información disponible en su página web sobre el pretratamiento de las muestras,³ utiliza el método AAA para dicho tratamiento, aspecto que tal vez pueda influir en el envejecimiento de la muestra sobre hueso a partir de la comparación entre el método ABOX y AAA realizada por Haesaerts y otros (2013) en relación con restos de carbón.

3 <https://www.radiocarbon.com/espanol/pretratamiento-protocolos.htm> (acceso 03/10/2018).

5. CONCLUSIONES

En base a los diferentes ejemplos utilizados a lo largo de este ejercicio metodológico, podemos concluir que *existe* una tendencia de las muestras sobre huesos de ovicaprinos a envejecer el contexto que fechan con respecto a aquellas realizadas sobre cereal doméstico. Sin embargo, debe destacarse que los ejemplos utilizados para abordar dicha problemática son reducidos, puesto que no todos los yacimientos presentan para el mismo nivel dataciones realizadas sobre ambas clases de muestras. No obstante, cuando se comparan las fechas más antiguas obtenidas sobre ambas muestras, éstas arrojan una diferencia de medias que fluctúa entre el cuarto de centuria y más de doscientos años. Cabe destacar que cuando la diferencia entre ellas es inferior a 120 años el estadístico Ward-Wilson indica que ambas fechas son iguales a un nivel de significación del 95%. En este sentido, debido a que la fecha calibrada no es solo un valor numérico sino una horquilla cronológica, dicha problemática podría obviarse puesto que la mayoría de los casos analizados en este trabajo tienden a ser estadísticamente iguales. Por el contrario, si un contexto arqueológico presenta dataciones sobre ambas clases de muestras, pero no son estadísticamente iguales, debería primarse la datación realizada sobre cereal frente a la llevada a cabo sobre hueso de ovicapрино doméstico. La razón de dicha propuesta reside en varias cuestiones primordiales:

a) La ratio de carbono presenta una fluctuación más elevada en los huesos (variación de la alimentación del animal) tal y como se ha observado en el epígrafe 4. Y la dieta del animal fechado, según su porcentaje de dieta marina (¿posible alimentación de algas o vegetación acuífera en contextos de marismas, tal y como ha demostrado Balasse y colaboradores (2019) en el archipiélago Orkney?), puede afectar a los resultados de calibración.

b) Debido a la falta de protocolo en el momento de la publicación de las fechas radiométricas, la información con relación a la calidad del colágeno no siempre está disponible y, tal como hemos indicado con anterioridad, éste influye de manera clave en la fiabilidad de la datación radiométrica.

A modo de reflexión final, el efecto del hueso de los ovicaprinos domésticos en relación con la expansión del Neolítico es una tendencia. No obstante, en la actualidad resulta complicado establecer las causas de las discrepancias entre ambas clases de muestras, incluyendo que el hecho observado en este trabajo sea fruto del azar. Así que, con independencia de las causas, se sugeriría que las fechas radiométricas realizadas sobre huesos de ovicaprinos no sean consideradas para discutir la implantación de las primeras sociedades agrícolas en las siguientes situaciones:

a) Si el mismo contexto arqueológico dispone de una fecha sobre cereal y el test chi-cuadrado indica desigualdad estadística, dándose entonces preferencia al resultado proporcionado por la fecha de cereal.

b) En la circunstancia que el análisis estadístico indique igualdad entre las fechas, se debería utilizar la data realizada sobre cereal cuando la diferencia entre las medias radiométricas se sitúe en valores superiores a la centuria, incluyendo el caso, si lo hubiese, en que la datación realizada sobre grano sea más antigua que la de ovicapрино.

En definitiva, este artículo ha tratado de reflexionar sobre la posible existencia de una nueva problemática, sin considerar las dificultades relativas a la identificación taxonómica y el “tiempo de formación de un contexto arqueológico”, en torno a las dataciones radiométricas: las fechas sobre los huesos de ovicaprinos y su posible efecto en el estudio de la expansión de las primeras sociedades agrícolas en la Península Ibérica. En este sentido, el trabajo presentado debe ser considerado como un ejercicio analítico preliminar, dado el número reducido de casos con que abordar actualmente el fenómeno en cuestión. En el futuro, el muestreo sistemático de diferentes yacimientos y la elaboración de una estrategia de replicación de las dataciones radiocarbónicas siguiendo la propuesta de Bayliss y Marshall (2019) permitirán explicar las discrepancias observadas en este trabajo, a través de la aplicación de criterios ajustados sobre la selección del tipo de muestra y el análisis del contexto arqueológico, y por extensión confirmar dicha tendencia o bien refutarla.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España y más en concreto el subprograma de ayudas postdoctorales Juan de la Cierva Formación (FJCI-2016-30588), y por la Generalitat Valenciana en el contexto de las ayudas postdoctorales, de que el autor es beneficiario (APOSTD2019-179). El trabajo ha sido también parcialmente financiado por la Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca a grupos de investigación consolidados (2017-SGR-1302) y por los proyectos de investigación financiados por la Generalitat Valenciana (AICO2018-005: "Globalización vs fragmentación cultural. Una evolución del papel de la demografía durante la transición neolítica, c. 6500-2000 a.C."), la Generalitat de Catalunya (CLT2918/00035: "Rius, assentaments i mineria prehistòrica: recerca a les Valls del Ter, Ebre i Gavà") y el Ministerio de Ciencia (PGC2918-096943-B-C21: "Cronología de alta resolución y evolución cultural en el este de la Península Ibérica (c. 7000-4000 cal BC): una perspectiva multi-escalar"). Gracias a los colegas: J. Emili Aura, Joan Bernabeu, António Carvalho, Alfredo Cortell, Agustín Diez, Oreo García Puchol, Pau García Borja, Anna Gómez-Bach, Joaquim Juan-Cabanilles, Lluís Molina, Miquel Molist, Guillem Pérez Jordà, María Saña y Juan Carlos Vera por sus críticas constructivas a la versión preliminar del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMAGRO BASCH, M. (1959): "La primera fecha absoluta para la cultura de Los Millares a base del Carbono 14". *Ampurias*, 21, p. 249-251.
- ALONSO, F.; CABRERA, V.; CHAPA, T.; FERNÁNDEZ, M. (1978): "Índice de fechas arqueológicas de C-14 en España y Portugal". En M. Almagro (ed.): *C-14 y Prehistoria de la Península Ibérica*. Fundación Juan March, Madrid, p. 155-183.
- ASCOUGH, P.; COOK, G.; DUGMORE, A. (2005): "Methodological approaches to determining the marine radiocarbon reservoir effect". *Progress in Physical Geography*, 29, 4, p. 532-547. <https://doi.org/10.1191/0309133305pp461ra>
- ASSCHER, P.; WEINER, S.; BOARETTO, E. (2017): "A new method for extracting the insoluble occluded carbon in archaeological and modern phytoliths: Detection of 14C depleted carbon fraction and implications for radiocarbon dating". *Journal of Archaeological Sciences*, 78, p. 57-65. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.11.005>
- BALASSE, M.; TRESSET, A.; OBEIN, G.; FIORILLO, D. (2019): "Seaweed-eating sheep and the adaptation of husbandry in Neolithic Orkney: new insights from Skara Brae". *Antiquity*, 93, 379, p. 919-932. <https://doi.org/10.15184/aqy.2019.95>
- BARCELÓ, J.A. (2008): "La incertesa de les cronologies absolutes en Arqueologia. Probabilitat i estadística". *Cypsela*, 17, p. 23-34.
- BAYLISS, A.; MARSHALL, P. (2019): "Confessions of a serial polygamist: the reality of radiocarbon reproducibility in archaeological samples". *Radiocarbon*, 61, 5, p. 1143-1158. <https://doi.org/10.1017/RDC.2019.55>
- BERNABEU, J. (2006): "Una visión actual sobre el origen y difusión del Neolítico en la Península Ibérica". En O. García Puchol, J.E. Aura (eds.): *8.000 años de ocupación humana en la cabecera del río de Alcoi*. Museu d'Alcoi, Alcoi, p. 189-211.
- BERNABEU, J.; BARTON, C.M.; PÉREZ RIPOLL, M. (2001): "A Taphonomic Perspective on Neolithic Beginnings: Theory, Interpretation, and Empirical Data in the Western Mediterranean". *Journal of Archaeological Science*, 28, 6, p. 597-612. <https://doi.org/10.1006/jasc.2000.0591>
- BERNABEU, J.; MARTÍNEZ VALLE, R.; PÉREZ RIPOLL, M. (1999): "Huesos, neolitización y contextos arqueológicos aparentes". *Saguntum*, Extra 2, p. 589-596.
- BLAKESLEE, D.J.; HOTOPP, J.; LIPPINCOTT, K.; LUDWICJON, J.; WITTY, T. (1982): "Some responses to Krause". *Plains anthropologist*, 27, 95, p. 83-90.
- BLAKESLEE, D.J. (1994): "Reassessment of some radiocarbon dates from the central plains". *Plains anthropologist*, 39, 148, p. 103-210.
- BOESSNECK, J. (1969): "Osteological Differences between sheep (*Ovis aries* Linnè) and goat (*Capra hircus* Linnè)". En D. Brothwell, E. Higgs (eds.): *Science in Archaeology. A Comprehensive Survey of Progress and Research*. Thames & Hudson, London, p. 311-358.
- BORRELL, F.; GÓMEZ, A.; MOLIST, M.; TORNERO, C.; VICENTE, O. (2012): "Les ocupacions de la Cova de Sant Llorenç (Sitges, Garraf): Noves aportacions al coneixement de la prehistòria del Garraf". *Tribuna d'Arqueologia*, 2011-2012, p. 110-127.

- BROCK, F.; HIGHAM, T.; DITCHFIELD, P.; BRONK RAMSEY, C. (2010): "Current pretreatment methods for AMS radiocarbon dating at the Oxford Radiocarbon Accelerator Unit (ORAU)". *Radiocarbon*, 52, 1, p. 103-112. <https://doi.org/10.1017/s0033822200045069>
- BRONK RAMSEY, C.; SHAREN L. (2013): "Recent and planned developments of the program OxCal". *Radiocarbon*, 55, 2-3, p. 720-730. https://doi.org/10.2458/azu_js_rc.55.16215
- CASTRO, P.V.; LULL, V.; MICÓ, R. (1996): *Cronología de la Prehistoria Reciente de la Península Ibérica y Baleares (c. 2800-900 cal ANE)*. British Archaeological Reports, International Series 652.
- CHERNOFF, M.; PLITMANN, V.; KISLEV, M.E. (1992): "Seed characters and teste texture in species of the vicieae: their taxonomic significance". *Israel Journal of Botany*, 41, p. 167-186.
- CLIST, B. (1987): "A critical reappraisal of the chronological framework of the Early Iron Age Urewe Industry". *MUNTU*, 6, p. 35-62.
- CORTÉS SÁNCHEZ, M.; JIMÉNEZ ESPEJO, F.J.; SIMÓN VALLEJO, M.D.; GIBAJA BAO, J.F.; CARVALHO, A.F.; MARTÍNEZ-RUIZ, F.; RODRIGO-GÁMIZ, F. et al. (2012): "The Mesolithic-Neolithic transition in southern Iberia". *Quaternary Research*, 77, 2, p. 221-234. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2011.12.003>
- DAVIES, S.; SIMOES, T. (2016): "The velocity of Ovis in prehistoric times: The sheep bones from Early Neolithic Lameiras, Sintra, Portugal". En M. Diniz, C. Neves y A. Martins (eds.): *O neolítico em Portugal antes do Horizonte 2020: Perspectivas em debate*. Associação dos Arqueólogos Portugueses, Lisboa, p. 51-66.
- DE NIRO, M.J. (1985): "Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction". *Nature*, 317, p. 806-809. <https://doi.org/10.1038/317806a0>
- GARCÍA BORJA, P.; MARTINS, H.; SANCHIS SERRA, A.; PARDO-GORDÓ, S. (2012): "Dataciones radiocarbónicas en contextos del Neolítico Antiguo de la Cova Fosca de la Vall d'Ebo (Alacant, España)". *Alberri. Quaderns d'Investigació del Centre d'Estudis Contestants*, 22, p. 11-32.
- GARCÍA BORJA, P.; SALAZAR GARCÍA, D.; JORDÁ, J.F.; AURA, J.E. (2018): "El inicio del Neolítico en la cueva de Nerja y la Cova de la Sarsa. Contexto arqueológico y dataciones radiocarbónicas". *Pyrenae. Revista de Prehistòria i Antiguitat de la Mediterrània Occidental*, 49, 2, p. 5-34. <https://doi.org/10.1344/Pyrenae2018.vol-49num2.1>
- GARCÍA PUCHOL, O.; DIEZ CASTILLO, A.; PARDO-GORDÓ, S. (2016): "Radiocarbono y neolitización en Iberia". *Del neolític a l'edat del bronze en el Mediterrani occidental. Estudis en homenatge a Bernat Martí Oliver*. Museu de Prehistòria, Diputació de València (Trabajos Varios del SIP, 119), València, p. 61-73.
- GARCÍA PUCHOL, O.; DIEZ CASTILLO, A.; PARDO-GORDÓ, S. (2018): "New insights into the neolithisation process in southwest Europe according to spatial density analysis from calibrated radiocarbon dates". *Archaeological and Anthropological Sciences*, 10, 7, p. 1807-1820. <https://doi.org/10.1007/s12520-017-0498-1>
- GARCÍA-MARTÍNEZ DE LAGRÁN, I. (2012): *El Proceso de neolitización en el interior peninsular: la Submeseta Norte y el Alto Valle del Ebro. El análisis de la cerámica como herramienta interpretativa*. Universidad de Valladolid, Valladolid.
- GÓMEZ BACH, A.; MOLIST, M. (2017): "Caserna de Sant Pau del Camp (Barcelona): Noves dades per al Neolític Antic cardial del Nord-Est peninsular". *Cypsela*, 20, p. 11-23.
- HAESAERTS, P.; DAMBLON, F.; NIGST, P.; HUBLIN, J.J. (2013): "ABA and ABOX radiocarbon cross-dating on charcoal from middle pleniglacial loess deposits in Austria, Moravia and Western Ukraine". *Radiocarbon*, 55, 2-3, p. 641-647. <https://doi.org/10.1017/s0033822200057799>
- ISERN, N.; ZILHÃO, J.; FORT, J.; AMMERMAN, A. (2017): "Modeling the role of voyaging in the coastal spread of the Early Neolithic in the West Mediterranean". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114, 5, p. 897-902. <https://doi.org/10.1073/pnas.1613413114>
- JORDÁ PARDO, J.F.; AURA J.E. (2008): "70 fechas para una cueva: revisión crítica del 70 dataciones C14 del Pleistoceno superior y Holoceno de la cueva de Nerja (Málaga, Andalucía)". *Espacio, Tiempo y Forma. Serie I: Prehistoria y Arqueología*, 1, p. 239-256. <https://doi.org/10.5944/etfi.1.2008.1922>
- LÓPEZ-DÓRIGA, I. (2015): *La utilización de los recursos vegetales durante el Mesolítico y Neolítico en la costa atlántica de la península ibérica*. Universidad de Cantabria, Santander.
- LULL SANTIAGO, V.; MICÓ PÉREZ, R.; RIHUETE HERRADA, C.; RISCH, R. (2011): "Límites históricos y limitaciones del conocimiento arqueológico: la transición entre los grupos arqueológicos de Los Millares y El Argar". En P. Bueno (ed.): *Arqueología, sociedad, territorio y paisaje. Estudios sobre Prehistoria reciente, Protohistoria y transición al mundo romano en homenaje a M.ª Dolores Fernández Posse*. CSIC, Madrid, p. 75-94.

- LULL SANTIAGO, V.; MICÓ PÉREZ, R.; RIHUETE HERRADA, C.; RISCH, R. (2015): "When ^{14}C Dates Fall Beyond the Limits of Uncertainty: An Assessment of Anomalies in Western Mediterranean Bronze Age ^{14}C Series". *Radiocarbon*, 75, 5, p. 1029-1040. https://doi.org/10.2458/azu_rc.57.18180
- MARTÍ, B.; PASCUAL, V.; GALLART, M.D.; LÓPEZ, P.; PÉREZ RIPOLL, M.; ACUÑA, J.D.; ROBLES, F. (1980): *Cova de l'Or (Beniarrés, Alicante). Vol. II*. Museu de Prehistòria de València, Diputació de València (Trabajos Varios del SIP, 65), València.
- MARTÍ, B. (2011): "La Cova de l'Or, Beniarrés, Alicante". *Saguntum*, Extra 12, p. 183-186.
- MARTÍN SOCAS, D.; CAMALICH, M.D.; CARO HERRERO, J.L.; RODRÍGUEZ-SANTOS, F.J. (2018): "The beginning of the Neolithic in Andalusia". *Quaternary International*, 470, p. 451-471. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2017.06.057>
- MARTÍNEZ, R.M.; VERA, J.C.; PEÑA-CHOCARRO, L.; BOKBOT, Y.; PÉREZ-JORDÀ, G.; PARDO GORDÓ, S. (2018): "The Middle Neolithic of Morocco's North-Western Atlantic Strip: New Evidence from the el-Khil Caves (Tangier)". *African Archaeological Review*, 35, 3, p. 417-442. <https://doi.org/10.1007/s10437-018-9310-6>
- MARTINS, H.; OMS, F.X.; PEREIRA, L.; PIKE, A.; ROWSELL, K.; ZILHÃO, J. (2015): "Radiocarbon dating the beginning of the Neolithic in Iberia: New results, new Problems". *Journal of Mediterranean Archaeology*, 28, 1, p. 105-131. <https://doi.org/10.1558/jmea.v28i1.27503>
- MEADOWS, J.; HÜLLS, M.; SCHNEIDER, R. (2015): "Accuracy and reproducibility of ^{14}C measurements at the Leibniz-labor Kiel: a first response to Lull et al. «When ^{14}C dates fall beyond the limits of uncertainty: an assessment of anomalies in west mediterranean Bronze Age ^{14}C Series»". *Radiocarbon*, 54, 5, p. 1041-1047. https://doi.org/10.2458/azu_rc.57.18569
- MORALES, J.; PÉREZ-JORDÀ, G.; PEÑA-CHOCARRO, L.; BOKBOT, Y.; VERA, J.C.; MARTÍNEZ, R.M.; LINSTÄDTER, J. (2016): "The introduction of South-Western Asian domesticated plants in North-Western Africa: an archaeobotanical contribution from Neolithic Morocco". *Quaternary International*, 412, p. 96-109. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.01.066>
- MORALES, J.; PÉREZ-JORDÀ, G.; PEÑA-CHOCARRO, L.; ZAPATA, L.; RUÍZ-ALONSO, M.; LÓPEZ-SÁEZ, J.A.; LINSTÄDTER, J. (2013): "The origins of agriculture in North-West Africa: macro-botanical remains from Epipaleolithic and Early Neolithic levels of Ifri Oudadane (Morocco)". *Journal of Archaeological Science*, 40, 6, p. 2659-2669. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.01.026>
- OLSEN, J.; HEINEMEIER, J.; BENNIKE, P.; KRAUSE, C.; MARGRETHE HORNSTRUP, K.; THRANE, H. (2008): "Characterisation and blind testing of radiocarbon dating of cremated bone". *Journal of Archaeological Science*, 35, 3, p. 791-800. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.06.011>
- OLSEN, J.; HEINEMEIER, J.; BENNIKE, P.; KRAUSE, C.; MARGRETHE HORNSTRUP, K.; THRANE, H. (2013): "Old wood" effect in radiocarbon dating of prehistoric cremated bones?". *Journal of Archaeological Science*, 40, 1, p. 30-34. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.05.034>
- PARDO GORDÓ, S.; BERNABEU, J.; GARCÍA PUCHOL, O.; BARTON, C.M.; BERGIN, S. (2015): "The origins of agriculture in Iberia: a computational model". *Documenta Praehistorica*, XLII, p. 117-131. <https://doi.org/10.4312/dp.42.7>
- PARDO-GORDÓ, S.; BERGIN, S.; BERNABEU, J.; BARTON, C.M. (2017): "Alternative stories of agricultural origins: the Neolithic spread in the Iberian Peninsula". En O. García Puchol, D. Salazar-García (eds.): *Times of Neolithic transition along the Western Mediterranean*. Springer, Berna, p. 101-131. https://doi.org/10.1007/978-3-319-52939-4_5
- PARDO-GORDÓ, S.; GARCÍA PUCHOL, O.; BERNABEU, J.; DIEZ CASTILLO, A. (2018): "Radiocarbon dates for the Mesolithic-Neolithic transition in Iberia". *Zenodo*. <http://doi.org/10.5281/zenodo.1219758> (acceso: 14-07-2018).
- PARDO-GORDÓ, S.; GARCÍA PUCHOL, O.; BERNABEU, J.; DIEZ CASTILLO, A. (2019): "Timing the Mesolithic-Neolithic Transition in the Iberian Peninsula: The Radiocarbon Dataset". *Journal of Open Archaeology Data*, 7, 4. <http://doi.org/10.5334/joad.49>
- PEARSON, G. (1983): "How to cope with calibration". *Antiquity*, 61, p. 91-103.
- PÉREZ JORDÀ, G. (2013): *La agricultura en el País Valenciano entre el VI y el I milenio a.C.* Universitat de València, València.
- ROCHE, J. (1957): "Première datation du Mésolithique portugais par la méthode du Carbone 14 ". *Boletim da Academia das Ciências de Lisboa*, 29, p. 294-96.
- ROJO, M.; KUNST, M.; GARRIDO PENA, R.; GARCÍA-MARTÍNEZ DE LAGRÁN, I. (2006): "La neolitización de la meseta norte a la luz del C-14: Análisis de 47 dataciones absolutas inéditas de dos yacimientos domésticos del valle de Ambrona, Soria, España". *Archivo de Prehistoria Levantina*, XXVI, p. 39-100.

- ROJO, M.; GARRIDO PENA, R.; GARCÍA-MARTÍNEZ DE LAGRÁN, I. (2008a): "El valle de Ambrona (Soria, España): un referente cronológico para la primera ocupación neolítica del interior peninsular". En M. Diniz (ed.): *The Early Neolithic in the Iberian Peninsula: Regional and Transregional Components*. BAR International Series 1857, Oxford, p. 35-42.
- ROJO, M.; KUNST, M.; GARRIDO PENA, R.; GARCÍA-MARTÍNEZ DE LAGRÁN, I.; MORÁN, G. (2008b): *Paisajes de la memoria: Asentamientos del Neolítico Antiguo en el Valle de Ambrona (Soria, España)*. Universidad de Valladolid, Valladolid.
- ROJO, M.; PEÑA CHOCARRO, P.; ROYO GUILLÉN, J.I.; TEJEDOR RODRÍGUEZ, C.; GARCÍA-MARTÍNEZ DE LAGRÁN, I.; ARCUSA MAGALLÓN, H.; GARRIDO PENA, R.; MORENO GARCÍA, M.; MAZZUCCO, N.; GIBAJA BAO, J.F. (2013): "Pastores trashumantes del Neolítico antiguo en un entorno de alta montaña: secuencia crono-cultural de la Cova de Els Trocs (San Feliú de Veri, Huesca)". *BSAA Arqueología* 79, p. 9-55.
- ROWLEY-CONWY, P.; ALBARELLA, U.; DOBNEY, K. (2012): "Distinguishing wild Boar from Domestic Pigs in Prehistory: A review of Approaches and recent Results". *Journal of World Prehistory*, 25, p. 1-44. <https://doi.org/10.1007/s10963-012-9055-0>
- RUBINOS PÉREZ, A.; FÁBREGAS VALCÁRCEL, R.; ALONSO MATHIAS, F.; CONCHEIRO COELLO, A. (1999): "Las fechas C-14 del Castro de O Achadizo (Boiro, A Coruña): problemática de la calibración de vonchas marinas". *Trabajos de Prehistoria*, 56, 1, p.147-155. <https://doi.org/10.3989/tp.1999.v56.i1.296>
- SANA, M. (2013): "Domestication of animals in the Iberian Peninsula". En S. Colledge, J. Conolly, K. Dobney, K. Manning, S. Shennan (eds.): *The origins and spread of domestic animals in southwest Asia and Europe*. Left Coast Press, Walnut Creek, p. 195-220.
- SCHIFFER, M.B. (1986): "Radiocarbon Dating and the «Old Wood» Problem: The Case of the Hohokam Chronology". *Journal of Archaeological Science*, 13, 1, p. 13-30. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(86\)90024-5](https://doi.org/10.1016/0305-4403(86)90024-5)
- SJÖGREN, K.G. (2011): "Cronología radiocarbónica de las tumbas megalíticas escandinavas". *Exploring time and matter in Prehistoric monuments: Absolute chronology and rare rocks in European Megaliths*. Menga M01, p. 114-119.
- SOARES, A.M.M.; DIAS, J.M.A. (2006): "Coastal upwelling and radiocarbon-evidence for temporal fluctuations in ocean reservoir effect off Portugal during the Holocene". *Radiocarbon*, 48, 1, p. 45-60. doi.org/10.1017/s0033822200035384
- STIKA, H.P. (2005): "Early Neolithic agriculture in Ambrona, Provincia Soria, central Spain". *Vegetation History and Archaeobotany*, 14, p. 198-197. <https://doi.org/10.1007/s00334-005-0085-8>
- UERPMMANN, H.P. (1987): "The origins and relations of Neolithic sheep and goats in the western Mediterranean". En J. Guilaine, J.L. Courtin, L. Vernet (eds.): *Premières communautés paysannes en méditerranée occidentale*. CNRS, Paris, p. 175-179.
- UTRILLA, P. (2002): "Epipaleolíticos y neolíticos en el valle del Ebro". *Saguntum*, Extra 5, p. 179-208.
- VAN KLINKEN, G.J. (1999): "Bone collagen quality indicators for palaeodietary and radiocarbon measurements". *Journal of Archaeological Science*, 26, p. 687-695. <https://doi.org/10.1006/jasc.1998.0385>
- VAN STRYDINCK, M.; BOUDIN, M.; DE MULDER, G. (2009): "¹⁴C Dating of cremated bones: the issue of sample contamination". *Radiocarbon*, 51, p. 553-568.
- VILLALBA-MOUCO, V.; SARASKETA-GARTZIA, I.; UTRILLA, P.; OMS, F.X.; MAZO, C.; MENDIELA, S.; CEBRIÀ I ESCUER, A.; SALAZAR GARCÍA, D. (2018): "Stable isotope ratio analysis of bone collagen as indicator of different dietary habits and environmental conditions in northeastern Iberia during the 4th and 3rd millennium cal B.C." *Archaeological and Anthropological Sciences*. <https://doi.org/10.1007/s12520-018-0657-z>
- WATERBOLK, H.T. (1971): "Working with Radiocarbon dates". *Proceedings of the Prehistoric Society*, 37, p. 15-33. <https://doi.org/10.1017/S0079497X00012548>
- ZILHÃO, J. (1993): "The spread of agro-pastoral economies across Mediterranean Europe: a view from the far west". *Journal of Mediterranean Archaeology*, 6, 1, p. 5-63. <https://doi.org/10.1.1.456.9908>
- ZILHÃO, J. (2011): "Time is on my side". En A. Hadjikhousis, E.E. Robinson, S. Viner (eds.): *The dynamics of neolithisation in Europe. Studies in honour of Andrew Sherratt*. Oxbow Books, Oxford, p. 46-65.

