



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
Departamento de Prehistoria y Arqueología

**IRRIGACIÓN Y SECANO EN EL
MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL (III-I
MILENIO A.N.E): UN ESTUDIO
ISOTÓPICO**

Tesis Doctoral

ADRIÁN MORA GONZÁLEZ

Programa Oficial de Doctorado en Historia (D03.56.1)

Granada, 2017

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autor: Adrián Mora González
ISBN: 978-84-9163-624-3
URI: <http://hdl.handle.net/10481/48605>

A mi madre por ser una compañera, una amiga, por estar siempre ahí y por esforzarse tanto por entender un mundo que no es ni el suyo, ni el mio, ni el nuestro

El doctorando / The *doctoral candidate* [**Adrián Mora González**] y los directores de la tesis / and the thesis supervisor/s: [**Francisco Contreras Cortes; Antonio Delgado Huertas**]

Garantizamos, al firmar esta tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado por el doctorando bajo la dirección de los directores de la tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

/


Guarantee, by signing this doctoral thesis, that the work has been done by the doctoral candidate under the direction of the thesis supervisor/s and, as far as our knowledge reaches, in the performance of the work, the rights of other authors to be cited (when their results or publications have been used) have been respected.

Lugar y fecha / Place and date:

Granada, 31 de marzo de 2017

Director/es de la Tesis / *Thesis supervisor/s;*

Doctorando / *Doctoral candidate:*



D. Francisco
Contreras Cortés

D. Antonio
Delgado

D. Adrián
Mora González

Firma / Signed

Firma / Signed

AGRADECIMIENTOS	i
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. SOCIEDADES HUMANAS Y MEDIO AMBIENTE: PREMISAS TEÓRICAS Y ESTADO DE LA CUESTIÓN	3
1.1.1. El medio ambiente en la arqueología de telón de fondo a protagonista del proceso histórico	4
1.1.2. La concepción de la naturaleza: territorio y sociedad	7
1.1.3. Agricultura y producción una forma concreta de relacionarse con la naturaleza	10
1.2. ISÓTOPOS ESTABLES	12
1.2.1. Isótopos estables en arqueología conociendo las prácticas agrícolas del pasado	12
1.2.2. Fraccionamiento Isotópico	13
<i>1.2.2.1. Intercambio isotópico en equilibrio</i>	<i>13</i>
<i>1.2.2.2. Fraccionamiento cinético</i>	<i>14</i>
<i>1.2.2.3. Difusión</i>	<i>14</i>
<i>1.2.2.4. Factor de fraccionamiento isotópico</i>	<i>14</i>
<i>1.2.2.5. El valor δ</i>	<i>15</i>
<i>1.2.2.6. El fraccionamiento en las plantas</i>	<i>15</i>
<i>1.2.2.7. El ciclo del carbono</i>	<i>16</i>
1.3. CLIMA Y AGUA EN LA PENINSULA IBÉRICA	17
1.4. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	24
2. MATERIAL Y MÉTODO	29
2.1. MUESTREOS	29
2.1.1. Aspectos generales	29
2.1.2. Muestreo de plantas arqueológicas	32
2.1.3. Muestreo de plantas actuales	35
2.2. PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS	44
2.2.1. Documentación	44
2.2.2. Preparación de las muestras	45
2.2.3. Análisis de las muestras	45
2.3. PROCESAMIENTO DE LOS RESULTADOS	48
2.3.1. Modelos	49
2.3.2. Análisis estadístico	49
2.3.3. Herramientas informáticas	49
3. RESULTADOS	59
3.1. TERLINQUES	59
3.1.1. Contexto arqueológico y medioambiental	59
3.1.2. Muestreo	60
3.1.3. Resultados	64
3.2. LLOMA DE BETXÍ	70
3.2.1. Contexto arqueológico y medioambiental	70

3.2.2. Muestreo.....	71
3.2.3. Resultados	73
3.3. MARROQUÍES BAJOS.....	76
3.3.1. Contexto arqueológico y medioambiental.....	76
3.3.2. Muestreo.....	77
3.3.3. Resultados	78
3.4. VILLAVIEJA (ALGARINEJO, GRANADA)	83
3.4.1. Contexto arqueológico y medioambiental.....	83
3.4.2. Muestreo.....	84
3.4.3. Resultados	85
3.5. LA COMARCA DE LA LOMA	87
3.5.1. Eras del Alcázar (Úbeda).....	88
3.5.1.1. Contexto arqueológico	88
3.5.1.2. Muestreo	90
3.5.1.3. Resultados	92
3.5.2. Cerro del Alcázar (Baeza)	97
3.5.2.1. Contexto arqueológico	97
3.5.2.2. Muestreo	97
3.5.2.3. Resultados	98
3.6. CERRO DE PLAZA DE ARMAS DE SEVILLEJA (ESPELUY, JAÉN) .	101
3.6.1. Contexto arqueológico y medioambiental.....	101
3.6.2. Muestreo.....	101
3.6.3. Resultados	101
3.7. PEÑALOSA (BAÑOS DE LA ENCINA, JAÉN).....	104
3.7.1. Contexto arqueológico y medioambiental.....	104
3.7.2. Muestreo.....	105
3.7.3. Resultados	110
3.8. CASTELLÓN ALTO (GALERA, GRANADA)	113
3.8.1. Contexto arqueológico y medioambiental.....	113
3.8.2. Muestreo.....	114
3.8.3. Resultados	115
3.9. CERRO DE LA CRUZ (ALMEDINILLA, CÓRDOBA)	117
3.9.1. Contexto arqueológico y medioambiental.....	117
3.9.2. Muestreo.....	119
3.9.3. Resultados	120
3.10 CERRO DEL CASTILLO DE ALANGE (ALANGE, BADAJOZ).....	122
3.10.1. Contexto arqueológico y medioambiental.....	122
3.10.2. Muestreo.....	124
3.10.3. Resultados	124
3.11. A FONTELA	131
3.11.1. Contexto arqueológico y medioambiental.....	131
3.11.2. Muestreo.....	132
3.11.3. Resultados	134
3.12. CASTROVITE (A ESTRADA, PONTEVEDRA)	136
3.12.1. Contexto arqueológico y ambiental	136
3.12.2. Muestreo.....	138
3.12.3. Resultados	138

4. DISCUSIÓN	145
4.1. IRRIGACIÓN VS SECANO EN EL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL	145
4.1.1. Las plantas actuales: un modelo de referencia	145
4.1.2. Asentamientos	156
4.1.2.1. <i>Terlinques</i>	156
4.1.2.2. <i>Lloma de Betxí</i>	160
4.1.2.3. <i>Marroquies Bajos</i>	162
4.1.2.4. <i>Villavieja</i>	165
4.1.2.5. <i>Eras del Alcázar</i>	167
4.1.2.6. <i>Cerro del Alcázar</i>	170
4.1.2.7. <i>Cerro de plaza de Armas</i>	173
4.1.2.8. <i>Peñalosa</i>	175
4.1.2.9. <i>Castellón Alto</i>	179
4.1.2.10. <i>Cerro de la Cruz</i>	181
4.1.2.11. <i>Cerro del Castillo de Alange</i>	184
4.1.2.12. <i>A Fontela</i>	188
4.1.2.13. <i>Castrovite</i>	189
4.1.3. Irrigación vs secano en la Prehistoria Reciente	192
4.2. EL REGADÍO: IMPLICACIONES SOCIALES, ECONÓMICAS Y POLÍTICAS	200
4.2.1. Qué tipo de regadío	200
4.2.2. El problema histórico del regadío	201
CONCLUSIONES	210
CONCLUSIONS	212
BIBLIOGRAFÍA	217
LISTA DE TABLAS	I
LISTA DE FIGURAS	V

AGRADECIMIENTOS

Es recurrente decir que una tesis doctoral es el fruto del trabajo de mucho tiempo, realizado en muchos lugares y gracias a mucha gente. Pero no por ello deja de ser verdad. Como cualquier cosa que hace el ser humano, siempre hay muchas manos y cabezas que forman parte de lo que acaba siendo un producto final, acabado o inacabado según se mire. Este caso no es diferente.

Comienzo agradeciendo a los directores de esta tesis, el Dr. Francisco Contreras Cortés y el Dr. Antonio Delgado Huertas, por haber depositado toda la confianza en mi. Aprecio enormemente su ayuda para guiar, para aconsejar, para corregir y para dejarme hacer. Sin ellos hubiera sido imposible ni siquiera imaginar este trabajo.

Agradecer la preocupación siempre constante, el apoyo y los consejos de las y los compañeros del departamento, Alejandra García, Francisco Martínez, Purificación Marín, Jesús Gamiz, Alberto Dorado, Charles Bashore, Begoña Serrano, Mario Rodríguez, Águeda Lozano y Lara Milesi, así como a Cristina Rodríguez, Antonio J. Ortega y J. J. Padilla, ya que cada uno es responsable de un poco de este trabajo. Y hacer mención especial a aquellas y aquellos que intentaron (el resultado es solo responsabilidad mía) enseñarme qué era esto de la arqueología, de la cultura material, de la excavación y de la investigación: Luis Arboledas, Eva Alarcón, Auxilio Moreno, Martín Haro y Sergio Fernández.

No quiero olvidarme de las y los compañeros del laboratorio de Isótopos Estables del Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, Zita Lafranchi, Rafael Martínez y Rubén Campanero aunque, estarán ellos también de acuerdo, destaca especialmente Arsenio Granados Torres, que hace funcionar cada día las máquinas y que con más paciencia de la que se le podría pedir consigue que podamos entender eso del trabajo de laboratorio, por lo que sin él no habría ningún resultado en las páginas que siguen.

Agradecer todas las facilidades que he tenido allí donde he ido a pedir muestras o ayuda. En Extremadura a David Duque Espino e Ignacio Pavón Soldevila, de la Universidad

de Extremadura y a Enrique Cerrillo Cuenca hoy, por aquello de la *Marca España*, en la Universidad de Évora. En el levante, a Francisco Javier Jover Maestre, de la Universidad de Alicante, a Juan Antonio López Padilla del MARQ, a Jesús Guardiola del Museo José María Soler de Villena, a María Jesús de Pedro, del Museo de Valencia y a Guillem Pérez Jordá. En Galicia, a Andrés Teira Briones. En Jaén, a Rafael Lizcano del Ayuntamiento de Úbeda, a Cristóbal Pérez, a Eva Montes del Instituto de Arqueología Ibérica de la Universidad de Jaén y a José M^a Cantarero. En Madrid a Fernando Quesada de la UAM. En Montpellier, a Nuria Rovira y en Tübingen a Simone Riehl, Marta Díaz-Zorita y Martín Bartelheim. Y, como no podía ser de otro modo, a los traductores de mis trabajos, Steve Foster y David Nesbitt.

Pero no solo ha sido en lo profesional donde se ha ido construyendo el presente trabajo. Esta tesis no sería nada sin ti, Lucía que con tus preguntas, tu apoyo, tus apreciaciones y comentarios y tu forma de ser me hiciste crecer a tu lado, pensando juntos en qué era esto de investigar, de muestrear, de analizar, de hacer una tesis, y de vivir.

Tampoco estaríamos aquí sin el apoyo de mi familia, a la que tengo que agradecer que siempre haya confiado en mí, a pesar de que no siempre es fácil, y que me hayan dejado libertad para que construya mi vida, sea con errores o con aciertos, pero siempre sabiendo de donde vengo. Y a las y los compañeros de trincheras que, a veces sin saberlo, han enriquecido este trabajo con las largas discusiones de táctica y estrategia, de presente, futuro y pasado.

Y, finalmente, agradecerte todo tu apoyo a ti, Jessica, por estar ahí en los momentos difíciles y aprender en poco tiempo de que iba todo esto, ayudándome de día y de noche, aguantándome, pensando conmigo, dándome alguna que otra lección y preocupándote por este trabajo como si también fuera tuyo.

Vaya a todas y todos ellos este sincero y profundo agradecimiento por el presente trabajo.

RESUMEN

Esta tesis doctoral se basa en el análisis de composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) sobre restos arqueobotánicos, con el objetivo de abordar el problema de la existencia de la irrigación durante la Prehistoria reciente en la península ibérica. Para ello hemos obtenido resultados de un total de 1693 restos arqueobotánicos. El muestreo ha sido realizado a lo largo de 13 asentamientos con una cronología entre el III y I milenio a.n.e. Adicionalmente, y por el hecho de contar con referencias locales, hemos tomado muestras de plantas actuales (años 2014 y 2015) en las proximidades de varios de estos yacimientos. Los valores medios obtenidos (y el rango) en el caso de la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C} \text{‰}$) y la eficiencia en el uso del agua (WUEi $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) serían los siguientes:

- **Terlinques:** $\Delta^{13}\text{C} = 16,96\text{‰}$ (15,15-19,02); WUEi = 77 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ (61-91)
- **Lloma de Betxi:** 16,89‰ (15,19-18,89); WUEi = 78 (62-91).
- **Marroquies Bajos:** 17,54‰ (15,28-20,51); WUEi = 73 (50-90)
- **Villavieja:** 18,92‰ (16,41-21,23); WUEi = 62 (44-81)
- **Eras del Alcázar:** 16,72‰ (13,07-21,20); WUEi = 79 (45-107)
- **Cerro del Alcázar:** 16,40‰ (14,86-18,31); WUEi = 81 (67-93)
- **Peñalosa:** 18,76‰ (15,70-21,09); WUEi = 63 (45-87)
- **Sevilleja** 18,67 ‰ (17,03-20,02); WUEi = 64 (54-77)
- **Castellón Alto:** 17,47‰ (15,78-19,20); WUEi = 73 (60-86)
- **Cerro de la Cruz:** 17,54‰ (14,67-19,60); WUEi = 73 (57-95)
- **Cerro del Castillo de Alange:** 16,09‰ (14,20-20,30); WUEi = 84 (51-98)
- **A Fontela:** 17,47‰ (15,21-19,24); WUEi = 73 (60-91)
- **Castrovite:** 17,96‰ (15,67-20,71); WUEi = 69 (48-87)

Para poder interpretar estos resultados hemos desarrollado un modelo basado en la eficiencia en el uso del agua (WUEi) utilizando los valores de las plantas actuales. Su aplicación al registro arqueológico indica la existencia de un cambio en las prácticas agrícolas a partir de ≈ 2400 a.n.e. en el sur peninsular, encontrándose evidencias de una mejora en las condiciones hídricas durante el crecimiento de los cereales cultivados. Esta tendencia sería contraria al resto de registros climáticos, los cuales indican una mayor aridez, por lo que los valores isotópicos obtenidos podrían explicarse en el contexto de una implementación del uso del regadío.

Según las transformaciones observadas en la cultura material del sur peninsular, esto permite concluir que la irrigación fue un hecho recurrente en el desarrollo de las sociedades clasistas que emergen a partir del 2200 a.n.e. Se trataría de una estrategia más, en el marco de un proyecto de intensificación de la producción, tal como ocurre con la metalurgia o la actividad textil. Así, se estaría dando un proceso de emergencia de élites locales y consolidación de formaciones socioeconómicas en las que la irrigación, además de presentar la ventaja de aumentar el margen de excedente, permitiría mantener la ficción de un trabajo colectivo controlado por la comunidad, en un contexto de ascenso de la propiedad de los medios de producción.

ABSTRACT

This doctoral thesis is based on the analysis of the isotope composition of the carbon over archaeobotanical remains, with the aim of addressing the problem of the existence of irrigation during recent Prehistory in the Iberian Peninsula. For this, we compiled the results of a total of 1693 archaeobotanical remains. The sample was collected from 13 sites dating from the 3rd to the 1st millennium BCE. In addition, because of having local references, we sampled current plants (in 2014 and 2015) near to some of these sites. The mean values (and range), carbon isotope discrimination ($\Delta^{13}\text{C} \text{‰}$), and water-use efficiency (WUE_i $\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$) are:

- **Terlinques:** $\Delta^{13}\text{C} = 16.96\text{‰}$ (15.15-19.02); WUE_i = 77 $\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ (61-91)
- **Lloma de Betxi:** 16.89‰ (15.19-18.89); WUE_i = 78 (62-91).
- **Marroquies Bajos:** 17.54‰ (15.28-20.51); WUE_i = 73 (50-90)
- **Villavieja:** 18.92‰ (16.41-21.23); WUE_i = 62 (44-81)
- **Eras del Alcázar:** 16.72‰ (13.07-21.20); WUE_i = 79 (45-107)
- **Cerro del Alcázar:** 16.40‰ (14.86-18.31); WUE_i = 81 (67 a 93)
- **Peñalosa:** 18.76‰ (15.70-21.09); WUE_i = 63 (45-87)
- **Sevilleja:** 18.67 ‰ (17.03-20.02); WUE_i = 64 (54-77)
- **Castellón Alto:** 17.47‰ (15.78-19.20); WUE_i = 73 (60-86)
- **Cerro de la Cruz:** 17.54‰ (14.67-19.60); WUE_i = 73 (57-95)
- **Cerro del Castillo de Alange:** 16.09‰ (14.20-20.30); WUE_i = 84 (51-98)
- **A Fontela:** 17.47‰ (15.21-19.24); WUE_i = 73 (60-91)
- **Castrovite:** 17.96‰ (15.67-20.71); WUE_i = 69 (48-87)

To interpret these results, we built a model based on water-use efficiency (WUE_i) using the values of current plants. Their application to the archaeological record indicate a change in the agricultural practices of ≈ 2400 BCE in the southern Iberian Peninsula, evidencing an improvement in the water conditions during the development of cultivated cereals. This trend was contrary to the other climatic records, which indicated greater aridity, and thus these isotope values strongly suggest the use of irrigation.

The transformations observed in the material culture of the southern Iberian Peninsula imply that the irrigation was a recurrent strategy in the development of classist societies that emerged from c. 2200 BCE onwards. This strategy, meant to intensity production, occurred simultaneously in metallurgy and textile manufacture. Thus, a process was taking place involving the emergence of local elites and the consolidation of socioeconomic structures in which irrigation, in addition to increasing surplus, enabled the settlements to maintain the fiction of collective work controlled by the community, within a context of a rise in ownership of the means of production.

“El objeto a considerar es en primer término la producción material. Individuos que producen en sociedad, o sea la producción de los individuos socialmente determinada: este es naturalmente el punto de partida”

(K. Marx, *Grundrisse*)

1. INTRODUCCIÓN

El papel que pudo desempeñar el regadío en el surgimiento de los primeros estados y, por tanto, su relación con el desarrollo de las desigualdades sociales sigue siendo un problema vigente en la actualidad, como puede comprobarse en el gran número de publicaciones que continúan refiriéndose a esta cuestión en la bibliografía arqueológica, antropológica o económica (Wittfogel 1957, 1969; Godelier *et al.* 1972; Gilman y Thornes 1985b; Lees 1994; Price 1994; Mabry 1996; Scarborough 2003; Harrower 2009; Kaptijn 2010; Charbonnier 2015). Este debate se ha alimentado durante décadas de una aparente contradicción entre las características ambientales de los lugares donde se encuentran las evidencias de las primeras formas estatales y el grado de “desarrollo” alcanzado por estas sociedades, hecho que ha sido sugerido para formaciones económico-sociales de todo el mundo (Scarborough 2003).

La constatación de esta aparente contradicción ha dado lugar a hipótesis que relacionan el desarrollo de la desigualdad social y la necesidad de uso del riego (Wittfogel 1957), cuestión que ha sido abordada desde diferentes corrientes teóricas basándose en dos cuestiones principales: en primer lugar, la naturaleza de la relación entre las sociedades humanas y el medio; en segundo lugar, el papel de la tecnología y la intensificación de la producción como motor del desarrollo social (Gilman y Thornes 1985b). En cualquier caso, y a pesar de las diferencias ontológicas y epistemológicas propias de cada una de dichas corrientes, todas ellas han tenido que enfrentarse a un problema común: ¿existen evidencias que

puedan apoyar el uso del riego durante la Prehistoria reciente?

Para responder a esta pregunta se han aplicado al registro arqueológico diferentes metodologías, la mayor parte de ellas basadas en evidencias indirectas. Por ejemplo, la caracterización de las estructuras hidráulicas existentes, como es el caso de los trabajos en Oriente próximo o las referencias a este tipo de construcciones en Los Millares o la Cultura del Argar (Schüle 1967; Bienert y Hässer 2004; Kuijt *et al.* 2007); el estudio de los restos carpológicos, ya sea mediante el reconocimiento de las plantas adventicias (que pueden relacionarse con campos de secano o de regadío) (Jones *et al.* 1995; Jones 2002; Charles *et al.* 2003) o partiendo de las características de las especies cultivadas (los índices biométricos o las necesidades hídricas de las distintas especies) (Helbaek 1960). Y, recientemente, el uso de otras técnicas como los análisis de fitolitos (Rosen y Weiner 1994; Jenkins *et al.* 2011; Jenkins *et al.* 2016) o el desarrollo de estudios de isótopos estables (Araus *et al.* 1997; Wallace *et al.* 2013; Fiorentino *et al.* 2015).

Más concretamente, la aplicación de análisis de composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) ha supuesto la incorporación, a la investigación arqueológica, de una herramienta que permite estudiar de manera directa el uso de la irrigación en la prehistoria. Como consecuencia, se están proporcionando evidencias que enriquecen la discusión sobre el papel de la intensificación agrícola en el desarrollo de las sociedades del pasado, como demuestran los modelos propuestos por la bibliografía y su potencial para la interpretación del registro arqueológico (Araus *et al.* 1997; Ferrio Díaz *et al.* 2005; Wallace *et al.* 2013; Fiorentino *et al.* 2015).

El regadío como forma de explicar el surgimiento de las desigualdades sociales también ha sido sugerido para la Prehistoria reciente en la península ibérica (Chapman 1978, 1981, 1982, 1984; Gilman y Thornes 1985b; Gilman 1987b). Aunque la historia de la investigación sobre el registro arqueológico del sudeste peninsular es extensa, la pregunta antes mencionada también continúa vigente en este caso: ¿existen evidencias que puedan apoyar el uso del riego durante la Prehistoria reciente?

El objetivo principal de esta tesis doctoral es responder a dicha pregunta. Para lograrlo nos basamos en la aplicación de estudios de isótopos estables del carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) sobre restos arqueobotánicos de asentamientos localizados en la península ibérica, con cronologías comprendidas entre los milenios III y I a.n.e.

De esta forma, el presente trabajo supone un nuevo paso adelante en la investigación sobre técnicas agrícolas y en la interpretación del desarrollo de las sociedades desiguales por el material utilizado, por los asentamientos muestreados y por los resultados obtenidos. En consecuencia, se trata de un estudio con implicaciones para el conocimiento de la agricultura no solo en el ámbito peninsular, sino también en la cuenca del Mediterráneo.

Con el objetivo de facilitar la comprensión del problema planteado y del trabajo llevado a cabo, esta tesis doctoral se divide en cinco capítulos: Introducción, Material y Métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones.

En la **Introducción** se plasman tres cuestiones fundamentales para comprender las bases teóricas y las premisas metodológicas de nuestra investigación: en primer lugar, la relación entre las sociedades humanas y el medio, y en concreto, el papel de la agricultura como un proceso productivo; en segundo lugar, los principios teóricos de los análisis de isótopos estables sobre restos botánicos; por último, las características del clima y la naturaleza del problema de la irrigación y el abastecimiento

de agua en la península ibérica durante la Prehistoria reciente.

En **Material y Métodos** se recoge una descripción del material muestreado y de las técnicas y métodos utilizados. Nos hemos centrado especialmente en las características de los restos analizados, su contextualización cronológica y espacial, los protocolos seguidos para la documentación y análisis de los restos estudiados, el instrumental científico usado y la metodología seguida para el procesamiento de los resultados obtenidos.

En el capítulo de **Resultados** se recogen los resultados obtenidos, organizándose la información según cada uno de los trece asentamientos estudiados. Con el objetivo de poder facilitar el manejo de la misma, hemos creído conveniente realizar una introducción para cada uno de los yacimientos arqueológicos donde se señalan los datos correspondientes a la localización geográfica, a la contextualización ambiental y arqueológica y al muestreo realizado (tanto de restos arqueológicos como de plantas actuales).

En cuarto lugar, la **Discusión**, que ha sido dividida en dos grandes apartados:

a) En un primer bloque se recoge la discusión sobre los resultados isotópicos obtenidos. De un lado, las plantas actuales, a partir de las cuales hemos elaborado un modelo que no había sido utilizado hasta ahora en los estudios arqueológicos para la interpretación de los restos arqueobotánicos; de otro, hemos desarrollado una discusión, a partir de este modelo, para cada uno de los asentamientos que desemboca, finalmente, en una síntesis de los valores obtenidos en el presente trabajo.

b) En un segundo bloque se discuten las implicaciones sociales, económicas y políticas de estos resultados. Partimos de una breve semblanza sobre el tipo de irrigación que se desarrollaría en la época estudiada, continuando con una discusión sobre el contexto social, económico, político y cultural y las

implicaciones arqueológicas de la información obtenida.

1.1. SOCIEDADES HUMANAS Y MEDIO AMBIENTE: PREMISAS TEÓRICAS Y ESTADO DE LA CUESTIÓN

Como hemos señalado, esta tesis se basa principalmente en la aplicación de análisis de isótopos estables del carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) sobre restos vegetales hallados en contextos arqueológicos, con el objetivo de obtener nuevos datos sobre las prácticas agrícolas y sus implicaciones sociales y económicas para la comprensión de las sociedades del pasado. En consecuencia, estamos obligados a afrontar varios problemas teóricos presentes en las Ciencias Sociales y en concreto en la Arqueología. De manera resumida, podemos sintetizarlos en dos grandes cuestiones: la primera de ellas, la relación que las sociedades humanas establecen con el medio, con la naturaleza; la segunda, qué papel tienen las innovaciones técnicas relacionadas con la transformación de la misma en el desarrollo del proceso histórico estudiado en esta tesis doctoral.

Ambas cuestiones requerirían de un análisis teórico profundo, como demuestra la bibliografía existente al respecto. Sin embargo, hemos considerado oportuno realizar una aproximación de manera resumida explicitando cuáles son las bases teóricas de las que partimos, dividida en dos bloques: de un lado, estableciendo un pequeño esbozo de la génesis y desarrollo del estudio de la relación ser humano-medio en la investigación arqueológica; de otro, extrayendo algunas ideas y aclarando dos conceptos que consideramos fundamentales: naturaleza y territorio.

1.1.1. El medio ambiente en la arqueología: de telón de fondo a protagonista del proceso histórico

El estudio de la relación entre las sociedades humanas y el medio natural ha ido aumentando su importancia en el seno de la arqueología, especialmente a partir de la segunda mitad del siglo XX. Este proceso, que ha significado el paso desde una ausencia de la naturaleza hasta su situación como un factor imprescindible para la arqueología, ha estado determinado por tres factores:

1. La evolución del contexto político mundial y su influencia en la constitución de los departamentos universitarios, proyectos y centros de investigación.
2. La construcción de las distintas corrientes teóricas protagonistas de la investigación arqueológica, determinadas a su vez por las transformaciones del pensamiento y, en última instancia, por las corrientes políticas dominantes.
3. La naturaleza del objeto de estudio de la disciplina arqueológica, con el consecuente desarrollo de las diferentes metodologías para su investigación.

Como hemos señalado, el medio, en tanto objeto de estudio, estuvo ausente de las agendas de investigación en las producciones científicas de los primeros pasos de la arqueología como disciplina: el predominio del objeto, es decir, del instrumento y sus características físicas, hacía que el medio (en el más amplio sentido) careciera de importancia para la comprensión de los problemas arqueológicos (Trigger 1992; Lull y Micó 1997). El evolucionismo, aplicado al estudio de las sociedades humanas a partir de las obras de antropólogos como L. H. Morgan, sirvió de andamiaje teórico y metodológico para el estudio de las sociedades del pasado: entendiendo los cambios tecnológicos observables en los objetos, podía conocerse el estadio de desarrollo de dichas sociedades, desde el salvajismo hasta el culmen de la

civilización, representado en esos momentos por la Inglaterra victoriana (Harris 2007).

Ante esta concepción “materialista”, y en pleno contexto de expansión imperialista (Luxemburg 1912; Lukacs 1958; Lenin 2007), se desarrollaría una reacción en términos teóricos: del evolucionismo unilineal se pasaría al cambio y la transformación de las sociedades como consecuencia del contacto entre pueblos. Éstos se reconocerían arqueológicamente a través de objetos distintivos e innovaciones tecnológicas que serían el fruto de un espíritu creador propio de algunos de los mismos. Si no todos los pueblos tenían la capacidad de innovar, la extensión de nuevas tecnologías como la escritura, la metalurgia, la agricultura o la ganadería debía responder a una expansión (incluso geográfica y militar) de dichos pueblos, que irradiarían esas mejoras (Trigger 1992; Lull y Micó 1997).

Con respecto al registro arqueológico, este desarrollo teórico se plasmó en un modelo interpretativo que centró todo su interés en considerar la historia del Mediterráneo como fruto de la expansión de la civilización a partir de Oriente Próximo (lo que se denominó como la teoría *Ex Oriente Lux*) (Hernando 1992; Trigger 1992; Lull y Micó 1997). Visto en su contexto histórico, estos planteamientos no respondían más que a un intento de justificar todo el proceso político imperialista predominante (Luxemburg 1912; Lukacs 1958; Lenin 2007).

Frente a esta arqueología *tradicional*, surgirían escuelas de pensamiento que volverían a situarse teóricamente en un punto de vista materialista, frente al exceso de idealismo que habían mostrado las propuestas histórico-culturales (Trigger 1992; Lull y Micó 1997; Lull y Micó 1998).

Esta vuelta al materialismo se asentó sobre una recuperación del evolucionismo (neoevolucionismo), la adopción del método hempeliano y una incorporación de la Teoría de sistemas, todo ello bajo la reivindicación

de una arqueología científica frente a la arqueografía propia de la arqueología tradicional (Binford 1962; Binford y Binford 1968; Morgan 1973; Hernando 1992; Lull y Micó 1998).

Su predominio en el estudio de las sociedades del pasado fue fruto, al igual que ocurrió con el evolucionismo, de su desarrollo en Antropología. De la mano de L. White (White 1949) o J. Steward (Steward 1955), sus premisas teóricas serían incorporadas a la arqueología por autores como J. R. Cadwell, W. W. Taylor (Taylor 1948), L. Binford (Binford 1962) o D. L. Clarke (Clarke 1968). En su seno el estudio de los asentamientos y de la importancia de la ecología cobró gran importancia, sin duda influenciado por el ambientalismo desarrollado en Reino Unido.

De esta manera, las sociedades humanas no solamente eran concebidas a partir de una dimensión temporal (expresada en términos de evolución tecnológica/estilística), sino también espacial. Espacial con relación a un medio cambiante, que era soporte de la vida pero que sufría periodos de equilibrio y desequilibrio, entre otras cosas, por la propia acción humana. Las sociedades se adaptarían al mismo, lo explotarían, pero cambiarían su organización política, económica y social en relación con esas transformaciones. En este contexto, la cultura no sería más que una herramienta extra somática de adaptación a ese medio (Hernando 1992; Trigger 1992; Lull y Micó 1998).

En este ambiente intelectual es donde se generarían las propuestas que vincularían aspectos como la ecología, la adaptación cultural y los cambios en las sociedades humanas, a través de factores como la presión demográfica, el agotamiento de los recursos, la adaptación técnica, etcétera (Boserup 1965; Flannery 1968, 1973b; Cohen 1975, 1977; Braidwood 1979).

Este hecho, como apuntábamos, se tradujo en un avance metodológico enorme: si importaba el medio, había que conocerlo. Se reivindicaría así la construcción de una

ciencia arqueológica cuantitativa, que registrara de manera objetiva ese medio y sus características, partiendo del método hipotético deductivo e intentara establecer leyes generales del comportamiento (Fritz y Plog 1970; Watson *et al.* 1974).

Así, los recursos naturales hallados en los yacimientos fueron el foco de una mayor atención por parte de las y los investigadores. Atención que condujo a una implementación de las formas de recuperación del registro y a una mejora en los protocolos de análisis y de las propuestas interpretativas (explicativas) de los resultados obtenidos. En este panorama es donde se enmarca la preocupación por los estudios de restos faunísticos, botánicos, los recursos abióticos, la organización territorial, etcétera (Hernando 1992; Trigger 1992; Lull y Micó 1998). Se unían así teoría y método para dar lugar a uno de los momentos de mayor desarrollo en la historia de la arqueología (Trigger 1992; Lull y Micó 1998).

Tras estos avances metodológicos, el programa teórico del procesualismo sería cuestionado y criticado (Hodder 1988): desde su intento por formular leyes generales (Flannery 1973a), hasta la influencia del determinismo ecológico a la hora de explicar los cambios sociales, en su seno comenzarían a construirse distintas vías teóricas. Una de ellas, caracterizada por la heterogeneidad, la falta de un programa claro que la unificara y el agrupamiento de teorías con cierto aire de moda intelectual, sería la que acabó consolidándose como postprocesualismo (Hodder 1982, 1988; Lull y Micó 2001-2002), concreción en el campo de la arqueología del posmodernismo (Jameson 1991; Callinicos 1994; Kohan 2013; Anderson 2016).

Esto, en principio, no solo supuso una huida del determinismo ecológico, sino también del materialismo. Con respecto al estudio del medio, se plasmó en una valorización del concepto de paisaje frente al de espacio o territorio, sugiriéndose el predominio de unas relaciones de carácter subjetivo, individual y relativas, en los que entrarían en juego aspectos como la

percepción, la construcción de la identidad, la importancia del lenguaje en la construcción social y la significación de las posibilidades que emanan de las interacciones entre texto y contexto (Hodder 1982; Barret 1991; Bradley 1993; Thomas 1993; Tilley 1994; Thomas 2002). No obstante, incluso en el seno de estas propuestas se está desarrollando en la actualidad una vuelta al estudio de las bases materiales, con un intento de síntesis entre procesualismo y postprocesualismo a través de una concepción del paisaje desde un punto de vista más complejo (Anschuetz *et al.* 2001).

En el caso del Estado español sería sobre todo a partir de los años 80 cuando las propuestas sobre estudios espaciales (y asociados a estos, sobre la naturaleza) se consolidarían con una mayor fuerza. En ello influiría especialmente la celebración del *Coloquio sobre distribución y relaciones entre los asentamientos* (Teruel, 1984) y su publicación en *Arqueología Espacial* a lo largo de seis volúmenes, que marcarían las características teóricas y metodológicas que la incorporación de la arqueología espacial tendría en la tradición académica española.

En este contexto, el estudio del espacio/territorio sería el marco del desarrollo tanto de propuestas teóricas (que en el estado español se construirían en muchos casos como una síntesis entre el procesualismo y el marxismo) (Lull 1983; Nocete Calvo 1984; Ruiz 1988; Nocete Calvo 1989; Gilman 1999; Nocete Calvo 2001) como de la implementación de técnicas de recuperación y estudio de ecofactos (Morales Muñiz 1990; Buxó 1997; Buxó y Piqué i Huerta 2003). Esto suponía la consolidación del paso desde una arqueología tradicional, cuyo predominio estuvo muy influenciado por la duración de la dictadura franquista, hacia una nueva arqueología en el sentido metodológico del término. Del mismo modo, sería en la década siguiente cuando se incorpore la reacción que se estaba desarrollando en el mundo anglosajón frente al procesualismo, con las propuestas, en el Estado español, de los modelos interpretativos basados en el paisaje (Orejas 1991; Criado Boado 1993; Orejas 1995-1996).

En cualquier caso, cabe destacar que el estudio del medio ha quedado integrado en la investigación arqueológica de una manera imprescindible. Tanto es así que no puede concebirse ningún proyecto que esté carente de esta línea de investigación, como puede observarse en las publicaciones y monografías de los asentamientos arqueológicos que están siendo investigados. Ello ha aumentado el número de evidencias arqueológicas recuperadas durante los trabajos de excavación que permiten afrontar con un registro más sistemático el estudio de la relación entre sociedades humanas y el medio en el ámbito de la península ibérica. Sin embargo, sería ingenuo pensar que será un mayor número de evidencias el que solucione los problemas planteados. Al contrario, sería imposible abordar dichas cuestiones sin un desarrollo de las premisas y andamiajes teórico-metodológicos que nos permitan avanzar en el conocimiento sobre las sociedades del pasado (Bernal 1954).

1.1.2. La concepción de la naturaleza: territorio y sociedad

Como venimos exponiendo desde el comienzo, la relación entre la naturaleza y las sociedades humanas ha sido concebida de distintas formas a lo largo de la historia de nuestra disciplina. Por tanto, es imprescindible que aclaremos cuáles son las premisas teóricas en las que descansan las propuestas desarrolladas en este trabajo.

Nuestra concepción de la naturaleza parte de los presupuestos teóricos que emanan desde el pensamiento marxista (Schmidt 1983; Foster 2004), a pesar de que se ha sugerido que dicha corriente carece de sensibilidad teórica ante esta cuestión (Foster 2004). Estas críticas, recurrentes, han señalado los límites del marxismo al poner de manifiesto una supuesta idea de progreso y dominio de la naturaleza por parte del ser humano en esta corriente, heredada de la Ilustración. O, por otro lado, al destacar las características de la organización de la producción y las consecuencias de la construcción del mal llamado socialismo real en nombre del marxismo (el modelo industrial en los países del este o en la China actual, por poner dos ejemplos), haciéndolo incompatible con la comprensión de los problemas subyacentes en la relación entre las sociedades humanas y el medio (Foster 2004).

Sin embargo, diversos autores han mostrado las aportaciones que tanto K. Marx como F. Engels, entre otros, llevaron a cabo en relación con la naturaleza. Lecturas que avanzaron, en ciertos aspectos, cuestiones que hoy serían reivindicadas por muchas de las corrientes que se agrupan en los movimientos ecologistas y que estaban ausentes de la ciencia académica en esos momentos (Schmidt 1983; Foster 2004). Por citar algunos ejemplos, las apreciaciones sobre la contaminación en las ciudades y el efecto en la salud de los seres humanos, especialmente de la clase obrera, que sufría de manera directa estas condiciones (Engels 1845), el agotamiento de los suelos por la implementación de una agricultura productivista que buscaba el máximo beneficio al menor coste posible (Foster

2004) o la crítica al proceso de liberalización de los terrenos comunales a través de los artículos en *Rheinische Zeitung (Gaceta Renana)* (Marx 1983; Bensaïd 2007).

Por tanto, superado el prejuicio inicial que, sin duda y por razones de carácter político, existe contra el marxismo, cabe hacerse la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las características de la concepción de la naturaleza para K. Marx? Aunque pueda resultar obvio, hay que señalar que la primera de ellas es que se trata de una visión materialista.

Esta manera de concebir el estudio de la realidad bebe directamente de la antigüedad clásica. La influencia de la obra de Epicuro, frente al predominio del aristotelismo, tamizado a través del cristianismo, fue muy intensa en los siglos anteriores a la Revolución francesa (Foster 2004). El *escolasticismo* poseía una concepción de la naturaleza estática, que entraría en crisis como consecuencia de los cambios económicos y sociales que se desarrollaron en gran parte de Europa a finales de la Edad Media, marco en el cual las relaciones sociales y económicas capitalistas, y sus formas ideológicas, estarían emergiendo.

En este contexto se difundiría el atomismo, a la vez que se hicieron grandes esfuerzos teóricos con el objetivo de combinarlo con la filosofía mecanicista (Foster 2004). La influencia del epicureísmo seguiría aumentando, jugando un papel importante en la conformación del materialismo del Siglo XVIII, como demuestra la relación directa con las propuestas atomistas por parte de autores como D. Hume en Inglaterra, D. Diderot en Francia o I. Kant en Alemania (Foster 2004).

El materialismo supuso una ruptura con la visión teológica predominante, partiendo a su vez de una concepción histórica de los procesos, incluidos los naturales. Esto reflejaba un corte epistemológico en el que la historia del mundo adquiriría una dimensión temporal, en la cual serían las condiciones materiales, cognoscibles, las que permitirían entender el presente, que además sería fruto de un

desarrollo histórico. Esta ruptura permitió la construcción de las primeras disciplinas científicas.

Por tanto, de las posiciones marxistas extraemos una primera premisa: para nosotros la naturaleza, de la cual forman parte las sociedades humanas, existe objetivamente (Gasper 1988). Éstas se relacionan con aquella transformándola y apropiándose de la misma. En esta relación la antropizan. Se puede decir, así, que las sociedades humanas producen el territorio a partir del espacio físico donde se desenvuelven y del conocimiento de las leyes naturales que lo rigen (Schmidt 1983; Foster 2004; Harvey 2007, 2008).

La forma en que las sociedades humanas interaccionan con este medio es compleja y está mediada por las relaciones sociales y la manera en que organizan su producción y reproducción. No existe un entorno físico, soporte de las actividades humanas e independiente de estas allí donde se encuentran, sino que existe un territorio socializado por las mismas. Éste refleja las formas que adquieren las relaciones sociales y a su vez son la base donde dichas relaciones se despliegan, se producen y reproducen.

El medio por tanto posee una doble naturaleza: es un medio antropizado, producido, pero también tiene un carácter dinámico y, por ello, se transforma, poseyendo unas leyes propias. Tiene un ritmo, diferente al de las sociedades, aunque como este, no es estático, sino que es dinámico (Schmidt 1983). Como producto socializado está en constante contradicción con su condición de sistema con leyes propias ya que no puede reproducirse de manera infinita. Para las sociedades humanas el espacio es así condición, medio y producto.

De esta forma, el territorio es el espacio físico antropizado. Es político, económico, social y cultural, siendo la articulación espacial de la sociedad en su conjunto y jugando un papel fundamental en la reorganización de las relaciones sociales

(Harvey 2007, 2008). A su vez, las limitaciones naturales exigen el desarrollo de formas que permitan superarlas. Sin embargo, no es la naturaleza la que determina a la sociedad, sino la sociedad la que determina su relación con la naturaleza.

Esta comprensión sobre las formas de interacción entre los grupos humanos y el medio incluye, a su vez, una concepción sobre el modelo de ser humano en un sentido filosófico y antropológico.

El procesualismo partía de una naturalización del modelo del *homo economicus*. Construido en el ámbito de la economía, esta concepción de la naturaleza del ser humano formó parte de la base de los desarrollos más tempranos de la Ilustración (incluida la escuela económica anglosajona) (Persky 1995). La propia explicación de T. Malthus sobre el crecimiento demográfico llevaba implícito en parte este modelo de ser humano con reminiscencias de las ideas de T. Hobbes (Hobbes 1980) mediante una naturalización de la desigualdad, la cual impregnaría el estudio de las sociedades a través del darwinismo social (Espina 2005).

El ser humano así concebido tiene una naturaleza competitiva, que le obliga a buscar el mayor beneficio al menor coste, relacionando inversión (de esfuerzo, de capital...) y retribución. En su relación con la naturaleza, es un ser humano depredador, que convierte lo natural en un objeto a explotar. A su vez, esta competencia y depredación depende de un equilibrio con aquellos factores que la hacen posible: demografía y recursos. La ruptura entre dichos factores provocaría una transformación social como forma de adaptarse a un nuevo medio (Trigger 1992; Orejas 1995-1996; Lull y Micó 1998; Harris 2007). En consecuencia, el conflicto social no se situaría entre grupos sino entre los seres humanos y los recursos.

Sin embargo, este *homo economicus* es una invención del presente, una proyección del modo de pensar de la sociedad surgida de las revoluciones burguesas hacia el pasado, que no posee un

carácter universal y que no debe ser entendido de manera ahistórica (Sahlins 1977; Godelier 1985; Godelier 1989; Polanyi 1989; Toledo 1993; Godelier 1998). Sirve como elemento de reproducción y de legitimación del sistema dominante en la actualidad: se naturaliza una visión del ser humano competitiva, que tiende al individualismo y a la desigualdad (Lull y Micó 1998). Esa competitividad se hace, además, sobre las condiciones naturales, de manera que las sociedades tienden a acabar con el medio (Foster 2004; Harris 2007).

Por tanto, tratándose precisamente de una proyección de las formas de concebir el mundo en la actualidad, hemos de partir de una segunda premisa: no cabe esperar en el pasado un uso de los recursos disponibles por parte de los grupos humanos basado en la ecuación costes/beneficios y ni siquiera en la definición de los mismos como tales bajo una visión depredadora. De hecho, el estudio de las sociedades no capitalistas pone de manifiesto la construcción de relaciones sociales, económicas, políticas y culturales distintas, también en lo que se refiere a la propia naturaleza (Sahlins 1977; Godelier 1981; Godelier 1985; Polanyi 1989; Toledo 1993; Godelier 1998).

Esto nos lleva, además, a una tercera premisa: si la relación entre los seres humanos y el medio no se basa en esta concepción, por tanto, los desequilibrios naturales carecen de capacidad explicativa para entender los procesos humanos. La configuración del territorio, como espacio social, político, económico y cultural, no dependería solamente de los recursos disponibles ni de un cálculo sobre la apropiación de los mismos. De hecho, la relación con la naturaleza debe entenderse a través de las sociedades humanas (y de sus relaciones sociales y económicas). O lo que es lo mismo, no existe una contradicción entre la población y los recursos, sino en la manera que éstos se transforman, distribuyen y consumen.

Esto, como hemos señalado, descarta la idea de un desequilibrio de los ecosistemas que explique por sí mismo los cambios en las sociedades y en su

comportamiento. La conexión entre los eventos y procesos climáticos y las grandes transformaciones sociales, políticas, económicas, etcétera, no debe establecerse con base en una relación de causalidad. Al contrario, la influencia del medio ha de entenderse en el marco de soluciones y estrategias territoriales o locales, y siempre con el objetivo de reproducir las relaciones sociales dominantes como elemento determinante en las tendencias históricas más generales (Weiss *et al.* 1993; Lillios 1997; Wilkinson 1997; Cullen *et al.* 2000; deMenocal 2001; Dalfes *et al.* 2013). Es decir, como ya hemos indicado, los cambios en el medio influyen en las sociedades solamente a través de las propias relaciones en las que éstas se basan.

En consecuencia, la importancia de la naturaleza para los estudios arqueológicos no radica en su poder explicativo, sino en la capacidad de comprender como se han desarrollado las relaciones sociales sobre un medio que es soporte de las mismas.

1.1.3. Agricultura y producción: una forma concreta de relacionarse con la naturaleza

El desarrollo de la agricultura ha jugado un papel central para una gran parte de las sociedades humanas desde su aparición a comienzos del Holoceno. Su origen, ampliamente discutido en la literatura arqueológica (Flannery 1973b; Cohen 1977; Hubbard 1980; Jarman *et al.* 1982; Gebauer *et al.* 1992; Wesley Cowan y Watson 1992; Price 1995; Harris 1996; Gupta 2004), se sitúa entre 10.000 y 7.000 años a lo largo de todo el mundo (Willcox 1998; Zhao 1998; Piperno y Flannery 2001; Gepts 2004; Gupta 2004).

Su invención es considerada como uno de los principales hitos en la transformación de las sociedades humanas (Childe 1954; Boserup 1967; Braidwood 1979). Se extendió relativamente rápido, en el marco de profundos cambios sociales, económicos, políticos y culturales (Flannery 1973b; Hubbard 1980; Jarman *et al.* 1982; Cohen y Armelagos 1984; Rindos 1984). En sí, puede reconocerse como una manera diferente de relacionarse con la naturaleza, transformándola a un nivel en el que antes no se había hecho (Criado Boado 1993).

Dichos cambios se operaron en las distintas esferas de esas sociedades: en la forma de entender el territorio, con una mayor sedentarización y un cierto desplazamiento de las actividades de recolección y caza (Flannery 1973b; Hubbard 1980; Rindos 1984); en las relaciones familiares y la manera en que se construían las comunidades (Jarman *et al.* 1982; Gebauer *et al.* 1992; Wesley Cowan y Watson 1992); en el desarrollo de relaciones sociales distintas en las que se dio un aumento de la desigualdad (Price 1995); en el mayor impacto sobre los ecosistemas (Ruddiman *et al.* 2016) y en los cambios producidos en las cosmovisiones (Criado Boado 1993).

La agricultura se enmarca en el conjunto de procesos de producción que

desarrollan las sociedades humanas para su propia reproducción biológica y social. Dichos procesos se relacionan entre sí de manera muy compleja, sustentándose en unas relaciones sociales de producción y unas *fuerzas productivas* perfectamente legisladas, reguladas y sancionadas socialmente (Mora González 2010). En sí misma, la producción agrícola es el primer paso de otros procesos de carácter productivo, como por ejemplo el de alimentos o el textil (Mora González 2010). En el caso de esta tesis doctoral, las muestras estudiadas están directamente relacionadas con el primero de ellos.

El *proceso de producción de alimentos* es la manera en que una sociedad determinada organiza la *producción, distribución y consumo* de alimentos. Éstas tres fases son inseparables, pero a la misma vez, se desarrollan en momentos sociales distintos. Para su comprensión es necesario conocer cuáles son los recursos en los que se basa, el desarrollo de las *fuerzas productivas*, en qué grado se relacionan los distintos sujetos sociales a lo largo de éste, etcétera (Mora González 2010).

A lo largo de este trabajo centraremos nuestra atención en el *proceso de producción agrícola*. La agricultura, como proceso de producción de valores de uso, implica *productos* que pueden ser *medios de trabajo* u *objetos de trabajo*, así como *energía*. Así, consta de toda una serie de estadios en los que una determinada *fuerza de trabajo* interacciona con toda una serie de *objetos de trabajo* mediante un instrumental dado, lo que, en suma, da lugar al *producto*, es decir, en nuestro caso, el cereal o las leguminosas (Marx 2008; Mora González 2010).

Todo proceso de producción tiende a caracterizarse por momentos que se desarrollan en un espacio determinado. La producción agrícola tiene dos de estos momentos que tienen lugar en espacios distintos: primero, el trabajo que se realiza sujeto al espacio físico que suponen los *campos de cultivo (fase C)*; segundo, el tratamiento del grano recolectado, que puede

realizarse en otros lugares (*fase M*) (Mora González 2010).

Ambos momentos o fases, además de desarrollarse en espacios concretos (espacios de cultivo como los campos, las eras o los propios poblados), incluyen un determinado grado de trabajo humano y el uso de objetos que dan lugar a transformaciones concretas. De hecho, y de manera resumida, todo el proceso incluye: fuerza de trabajo, la explotación de unos recursos disponibles (la tierra, que es objeto y medio de trabajo, así como las condiciones naturales), instrumentos de trabajo (arado, palo cavador, abono, regadío...), los productos y unos desechos (Mora González 2010).

Desde un punto de vista histórico la relación entre estos objetos (que adquieren distintas dimensiones según el proceso de producción y su lugar en el mismo) dentro de los contextos arqueológicos nos permiten reconstruir las características del proceso. A partir de las herramientas y productos podemos conocer el desarrollo de las prácticas agrícolas, las relaciones sociales que en las que se sustentan y el papel de las mismas en la transformación de las sociedades humanas (Mora González 2010). O, si hablamos más concretamente, el estudio *del proceso de producción agrícola* (a través de la aplicación del análisis de isótopos estables sobre restos arqueológicos, y de su relación con otros aspectos de dicho proceso) nos permitirá determinar el uso del riego y, a su vez, el papel de éste en las sociedades que lo pusieron en práctica.

1.2. ISÓTOPOS ESTABLES

1.2.1. Isótopos estables en arqueología: conociendo las prácticas agrícolas del pasado

El uso análisis de isótopos estables en investigaciones arqueológicas ha tenido un gran desarrollo en las últimas décadas. Aspectos como la dieta (Schutkowski *et al.* 1999; Ambrose *et al.* 2003; Eriksson 2004; Le Huray y Schutkowski 2005; Richards *et al.* 2006; Craig *et al.* 2009; Fernandes *et al.* 2014; Kontopoulos y Sampson 2015; Styring *et al.* 2015), la movilidad (Price *et al.* 1994; Bentley *et al.* 2003; Knudson y Price 2007; Nehlich *et al.* 2009; Chenery *et al.* 2010; Roberts *et al.* 2013) o las prácticas ganaderas (Balasse *et al.* 2006; Balasse *et al.* 2012; Gillis *et al.* 2013; Balasse *et al.* 2016; Towers *et al.* 2017) han sido estudiados en diferentes épocas históricas y contextos geográficos.

También ha crecido el número de estudios y publicaciones sobre la aplicación de este tipo de analíticas al registro arqueobotánico (Fiorentino *et al.* 2015). Esto ha sido posible gracias a una premisa: la relación entre la composición isotópica del carbono en las plantas ($\delta^{13}\text{C}$) y las características hídricas de los ecosistemas (Peterson y Fry 1987; Farquhar *et al.* 1988; Tieszen 1991; Arens *et al.* 2000; Guo y Xie 2006; Chen *et al.* 2007; Diefendorf *et al.* 2010; Hartman y Danin 2010; Kohn 2010; Ma *et al.* 2012; Saurer *et al.* 2014).

En el caso concreto de los análisis de isótopos estables del carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) sobre restos botánicos fueron pioneros los trabajos desarrollados en el continente americano (DeNiro y Hastorf 1985; Marino y DeNiro 1987), mientras que para la cuenca mediterránea los primeros estudios se realizaron en la península ibérica (Araus y Buxó 1993; Araus *et al.* 1997). A partir de estas publicaciones la investigación se ha centrado en tres grandes líneas: el desarrollo de una metodología adecuada, la construcción de modelos para reconocer el uso del riego en el registro arqueológico y la

implementación de propuestas para estudiar otros aspectos de la producción agrícola.

En primer lugar, como decimos, ha existido una preocupación de carácter metodológico. Esto se ha concretado, de un lado, en el diseño de experimentos sobre el efecto del fuego en la señal $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ de los restos arqueobotánicos (Marino y DeNiro 1987; Araus *et al.* 1997; Ferrio Díaz *et al.* 2006a; Aguilera *et al.* 2009; Caracuta *et al.* 2015; Nitsch *et al.* 2015). De otro, ha crecido paulatinamente el interés por comprobar el grado de influencia de los pretratamientos, utilizados en los trabajos de laboratorio sobre los restos arqueológicos (Araus *et al.* 1997; Vaiglova *et al.* 2014; Nitsch *et al.* 2015).

En segundo lugar, el principal objetivo de los estudios realizados ha sido el desarrollo de modelos que permitan reconocer las características de las prácticas agrícolas en las sociedades del pasado y, de esta manera, discernir entre el uso del riego y la influencia del clima (Aguilera *et al.* 2011; Masi *et al.* 2014; Riehl *et al.* 2014; Mora-González *et al.* 2016; Styring *et al.* 2016). En concreto, los trabajos de Araus *et al.* (1997) y de Wallace *et al.* (2013), además de otras aportaciones (Ferrio Díaz *et al.* 2005; Flohr *et al.* 2011; Stokes *et al.* 2011; Araus *et al.* 2014) han servido para proponer gradientes de carácter global y explorar las diferencias entre especies dentro de los contextos arqueológicos.

Estos modelos y las potencialidades de los estudios isotópicos se han visto enriquecidos con el aumento de la variedad de taxones analizados. A los cereales y leguminosas se han unido restos antracológicos de diferentes especies propias del clima mediterráneo, como la encina o el pino (Ferrio Díaz *et al.* 2005; Ferrio Díaz *et al.* 2006a; Aguilera *et al.* 2009; Aguilera *et al.* 2011). Esto ha permitido la comparación entre plantas silvestres y cultivadas y la integración de las posibles influencias antrópicas y climáticas para explicar los resultados obtenidos. (Mora-González *et al.* 2016).

La tercera línea que se ha desarrollado, en menor medida, ha tenido como objetivo explorar las posibilidades a la hora de reconocer pautas temporales (cosechas anuales) y espaciales (origen de las plantas cultivadas) a partir de los restos botánicos (Heaton *et al.* 2009; Fiorentino *et al.* 2012; Lightfoot y Stevens 2012; Mora-González 2012). Ciertamente se trata de dos problemas complejos, debido a la irregularidad del clima mediterráneo y a la complejidad que las prácticas humanas pueden alcanzar.

En este momento existe un gran número de estudios publicados que ofrecen enormes potencialidades para la interpretación de los resultados obtenidos en restos arqueológicos (Araus *et al.* 1997; Ferrio Díaz *et al.* 2005; Wallace *et al.* 2013; Araus *et al.* 2014; Riehl *et al.* 2014; Fiorentino *et al.* 2015; Wallace *et al.* 2015; Mora-González *et al.* 2016; Aguilera *et al.* 2017). Sin embargo, esos datos y modelos requieren de una adaptación a las condiciones locales y de una utilización de los mismos con relación al conjunto de las evidencias que conforman el registro arqueológico. De esta manera, podría comprenderse la vinculación entre las actividades antrópicas y la influencia climática y del medio.

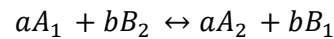
1.2.2. Fraccionamiento Isotópico

Para comprender la aplicabilidad de los estudios de isótopos estables al registro arqueológico es necesario entender los procesos de fraccionamiento isotópico (Bigeleisen y Mayer 1947; Urey 1947; Javoy 1977; Melander y Saunders 1980; O'Neil 1986; Kohen y Limbach 2005; Granados Páez 2011). Se denomina así a la diferencia que se produce entre la razón isotópica de dos sustancias o de dos fases de una misma sustancia. Existen distintos procesos de fraccionamiento:

- Intercambio isotópico en equilibrio
- Fraccionamiento cinético
- Difusión

1.2.2.1. Intercambio isotópico en equilibrio

El intercambio isotópico en equilibrio se da cuando la razón isotópica cambia entre diferentes sustancias, fases o moléculas:



Donde A y B contienen las moléculas ligeras (1) o pesadas (2). La constante de equilibrio (K) es:

$$k = \left(\frac{\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^a}{\left(\frac{B_2}{B_1}\right)^b} \right)$$

Donde los términos son las razones molares. Esta constante puede expresarse, a su vez, en términos de la función de partición (Q):

$$K = \frac{Q_{A2}}{Q_{A1}} / \frac{Q_{B2}}{Q_{B1}}$$

En consecuencia, la constante es el producto de dos funciones de partición:

$$Q = \sum_i (g_i \exp(-E_i/KT))$$

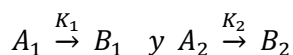
Donde la sumatoria representaría los niveles de energía (E_i), g_i sería el peso estadístico de cada nivel, K la constante de Boltzmann y T , la temperatura. Las funciones de partición se pueden separar en factores que se corresponden con diferentes tipos de energía (transnacional, rotacional y vibracional) (Urey 1947).

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)_{TRANS} \times \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)_{ROT} \times \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)_{VIBR}$$

La energía de translación y de rotación es similar entre los compuestos de los lados derecho e izquierdo, mientras que la energía vibracional puede separarse en dos componentes. El primero se relaciona con la diferencia de energía en el punto cero (°K) y el segundo con las contribuciones de todos los estados de enlace no siendo muy distinto de la unidad (Granados Páez 2011).

1.2.2.2. Fraccionamiento cinético

Se relaciona con procesos de carácter incompleto y unidireccionales, como la evaporación, difusión y ciertos procesos biológicos (Granados Páez 2011). Esto supone un enriquecimiento del isótopo ligero frente al pesado (Bigeleisen y Wolfsberg 1958; Melander y Saunders 1980).



El cociente de las constantes de reacción (K_1/K_2) se expresa en dos términos de la función de partición. Uno representa las dos especies isotópicas reactantes y el otro las del estado de reacción.

$$\frac{K_1}{K_2} = \left[\frac{Q^*_{(A_2)}}{Q^*_{(A_1)}} / \frac{Q^*_{(A_2)}}{Q^*_{(A_1)}} \right] \frac{v_1}{v_2}$$

El factor v_1/v_2 se refiere a la razón de masas de las dos especies isotópicas. Aunque debe tenerse en cuenta el estado de transición, la determinación del cociente de las constantes de equilibrio sería similar a la de la constante de equilibrio (Granados Páez 2011).

1.2.2.3. Difusión

Es la principal forma de transporte de las moléculas en los procesos de carácter biológico. En tanto los isótopos ligeros difunden mejor que los pesados, esto causa importantes fraccionamientos isotópicos. Para los gases, el coeficiente de razón de difusión es igual a la raíz cuadrada de sus masas (Granados Páez 2011).

1.2.2.4. Factor de fraccionamiento isotópico

El factor de fraccionamiento isotópico (α) es la razón que existe entre la proporción de los dos isótopos en dos compuestos químicos (A y B).

$$\alpha_{A-B} = \frac{R_A}{R_B}$$

Donde R= isótopo pesado / isótopo ligero. De esta manera, la relación entre el factor de fraccionamiento y la constante de equilibrio es $\alpha=K^{1/n}$, siendo “n” el número de átomos intercambiados (Granados Páez 2011).

1.2.2.5. El valor δ

El valor δ , relativo a un estándar (patrón), se usa para expresar la relación entre la cantidad de átomos pesados y ligeros de un elemento. Las composiciones isotópicas que se miden en un laboratorio se expresan de la siguiente manera:

$$\delta = \left(\frac{R_A}{R_{st}} - 1 \right) \times 10^3 (\text{‰})$$

Donde R_A y R_{st} son las razones isotópicas de un compuesto (A) y del Estándar.

El valor δ se relaciona con el factor de fraccionamiento (α) (Granados Páez 2011):

$$\alpha_{A-B} = \frac{[(\delta_A / 10^3)] + 1}{[(\delta_B / 10^3)] + 1} = (\delta_A / 10^3) / (\delta_B / 10^3)$$

La preparación y distribución de los patrones internacionales depende de la Agencia Internacional de la Energía Atómica (I.A.E.A). De esta manera, aunque cada laboratorio puede utilizar patrones según el elemento, éstos deben calcularse y representarse en la bibliografía con respecto a los valores de los patrones universales.

Para el carbono el patrón universal aceptado es V-PDB (estándar preparado en Viena por la IAEA que equivale al original PDB: *Belemnite*, procedente de la formación sedimentaria **PeeDee**, Carolina del Sur).

1.2.2.6. El fraccionamiento en las plantas

Según su ciclo fotosintético las plantas se dividen en tres grupos: C3, C4, y CAM. Cada uno de esos grupos está caracterizado por procesos fotosintéticos diferentes, que a su vez determinan composiciones isotópicas variables (Farquhar *et al.* 1982; Farquhar *et al.* 1989).

Las plantas discriminan en contra de ^{13}C , lo que hace que tengan relativamente una menor cantidad del isótopo ligero con respecto al pesado. En las plantas C3, grupo al que pertenecen la totalidad de las muestras estudiadas en esta tesis doctoral, intervienen dos procesos. El primero de ellos es la difusión del CO_2 a través de los estomas y el segundo es la captura inicial de carbono.

La difusión a través de los estomas se desarrolla con un gradiente de concentración de CO_2 entre la atmósfera y la concentración interna de la planta (C_a/C_i). Ésta tiende a ser menor en el interior que en el exterior (dependiendo de la especie y de las condiciones de crecimiento), donde además predominan, por su menor masa, los átomos de ^{12}C . Por tanto, la entrada de CO_2 está afectada por un primer fraccionamiento isotópico de 4,4‰. A su vez, se trata de un proceso variable en tanto el grado de apertura estomática es usado por las plantas para protegerse contra la pérdida de agua por transpiración en ambientes limitantes, lo que permite correlacionar la composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) con las condiciones hídricas de crecimiento de las mismas (Farquhar *et al.* 1982).

El segundo de los procesos está determinado por la enzima RuBisCO, que tiene una capacidad de discriminación en contra de ^{13}C . Esto da lugar a que la biomasa C3 tenga valores medios próximos a -27‰. Ocurre lo contrario con las plantas C4 (enzima PEP), cuyo valor se sitúa próximo a -11 ‰ (V-PDB).

Por último, hay que señalar el efecto que el cambio en la concentración de CO_2

atmosférico tiene en los procesos de fraccionamiento isotópico. Ya hemos indicado que existe una relación entre las condiciones hídricas de desarrollo de las plantas y los valores que pueden obtenerse, debido al grado de apertura estomática. Sin embargo, el aumento del CO₂ podría producir un efecto similar al que se observa cuando las plantas abren los estomas: es decir, se daría un empobrecimiento de ¹³C/¹²C sin que las condiciones de humedad de las mismas hayan mejorado. Esto, al comparar momentos históricos con atmósferas distintas, puede dar lugar a interpretaciones erróneas, en tanto no sean cambios climáticos sino atmosféricos los que expliquen los resultados (Farquhar *et al.* 1988; Polley *et al.* 1995; Farquhar y Cernusak 2012; Schubert y Jahren 2012). Así, se supone que la concentración de CO₂ apenas ha cambiado a lo largo del Holoceno y, solo después de la Revolución industrial, se han producido transformaciones importantes en la concentración y composición isotópica del CO₂. (Leuenberger *et al.* 1992a; Francey *et al.* 1999; Indermühle *et al.* 1999).

1.2.2.7. El ciclo del carbono

Como decíamos, la concentración de CO₂ en la atmósfera ha variado a lo largo del tiempo (Indermühle *et al.* 1999; Pearson y Palmer 2000). Esto se debe a que la litosfera, la hidrosfera, la atmósfera y la biosfera intervienen en un conjunto de procesos biogeoquímicos que regulan el ciclo del carbono. Éstos generan equilibrios que determinan las características del mismo y, como hemos señalado, la concentración de CO₂. La atmósfera, los océanos y la biosfera terrestre se caracterizan por residencias cortas, siendo el primero de los casos el más homogéneo y más fácil de medir (Granados Páez 2011).

De esta manera, los valores de CO₂ atmosférico tienen influencia en la configuración de los ecosistemas. Por ejemplo, hace unos 35 millones de años, cuando el CO₂ alcanzó valores por debajo de 450 p.p.m, se generó una capa de hielo permanente en la Antártida, y hace 5 millones de años se formaron los casquetes polares (Granados Páez 2011). Estas cifras han oscilado durante el Cuaternario entre 180 p.p.m. y 280 p.p.m. (periodos glaciares e interglaciares) (Leuenberger *et al.* 1992a; Kapsner *et al.* 1995; Indermühle *et al.* 1999) aunque se ha sugerido que éstas habrían sido más variables a lo largo del Holoceno (Wagner *et al.* 1999).

Este equilibrio ha sido roto por el ser humano, sobre todo a partir de la Revolución industrial, aunque se haya sugerido que esta influencia ya es constatable desde la prehistoria (Ruddiman 2003; Ruddiman *et al.* 2011; Ruddiman *et al.* 2016). Así, la liberación de carbono fósil está poniendo en peligro todos los equilibrios existentes, a lo que se suma el cambio en los usos del suelo, los procesos de deforestación y las transformaciones urbanas, lo que ha hecho que aumenten los valores de CO₂ a lo largo de las últimas centurias.

Dichos valores fueron obtenidos por primera vez en la región del Pacífico por C.D. Keeling (Keeling 1958), continuando el control de los mismos hasta la actualidad¹. A partir de los años 70 se sumaron las mediciones de δ¹³C atmosférico, que han aportado más información sobre los flujos de carbono dentro del sistema tierra (Keeling *et al.* 1979).

En estos momentos nos encontramos con una cantidad de CO₂ en la atmósfera de ≈400 p.p.m; las mediciones para la estación de Mauna Loa, en Hawái, situaban, para el año 2010, la media de δ¹³C en torno a -8,2‰ (Cuntz 2011), mientras que los valores para el año 2014 en la península ibérica están sobre -8,6‰².

¹ Ed Dlugokencky and Pieter Tans, NOAA/ESRL: (www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/)

² Centro de Investigaciones de la Baja Atmósfera (CIBA): (<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/dv/iadv/index.php?code=cib>)

1.3. CLIMA Y AGUA EN LA PENINSULA IBÉRICA

Tras establecer cuáles son las premisas teóricas desde las que parte esta tesis doctoral, y las bases empíricas que permiten la aplicación de los estudios de isótopos estables al registro arqueobotánico, pensamos que es conveniente centrar nuestra atención en un tercer aspecto: la situación del clima y de aquellas evidencias que relacionan a las sociedades humanas con la gestión del agua en el periodo estudiado en el presente trabajo. Esto permitirá conocer cuáles son las condiciones naturales en las que se desarrollaron los restos vegetales analizados y el estado de una parte de las fuerzas productivas que podrían utilizarse para favorecer su crecimiento.

a) La península ibérica durante el holoceno: un clima tendente a la aridez

El final de la última glaciación y el comienzo del período Holoceno estuvo caracterizado por una serie de transformaciones a escala planetaria: cambios oceánicos, aumento de las temperaturas y de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, cambios en los ecosistemas, etcétera. Esta tendencia también se observa en el caso de la península ibérica, aunque con efectos heterogéneos: un aumento de las precipitaciones en paralelo a una subida de los niveles en zonas lacustres y de taxones arbóreos caracterizados por coníferas (Pérez-Obiol y Julià 1994; Carrión *et al.* 1998; Cacho *et al.* 2001; Martrat *et al.* 2004; González-Sampériz *et al.* 2006; Martrat *et al.* 2007; Jimenez-Espejo *et al.* 2008; Cacho *et al.* 2010).

Esta primera fase, caracterizada por una mayor humedad va a extenderse entre el 12.000 y 7.000 BP (Pérez-Obiol *et al.* 2011). Va a ser seguida por un periodo entre el 7.000 y 5.500 BP, definido para la región mediterránea como de transición hacia condiciones de mayor aridez, que serán más intensas a partir del 5.500 BP (Fig. 1) (Jalut *et al.* 2009; Pérez-Obiol *et al.* 2011; Prado-Pérez *et al.* 2013).

Diferentes evidencias señalan este proceso en la península ibérica, como son los registros del Valle del Ebro (Montserrat Martí 1992; Gonzalez Samperiz *et al.* 2008), el Lago Enol (Moreno *et al.* 2011), los Lagos de Tramacastilla y El Portalet en los Pirineos (González-Sampériz *et al.* 2006) o la Cañada de los Gitanos en el sur (Carrión *et al.* 2007) por citar algunos ejemplos. Además, los registros arqueológicos corroboran esta tendencia, como podemos ver en asentamientos de gran parte del territorio peninsular (Rodríguez Ariza 1992; Grau Almero *et al.* 1998; Rodríguez Ariza 2000b; Duque Espino 2004; Fuentes *et al.* 2005; Carrión *et al.* 2007; Fuentes *et al.* 2007; Machado *et al.* 2009; Rodríguez-Ariza 2011; Pavón Soldevila y Duque Espino 2014b; Lillios *et al.* 2016; Santisteban *et al.* 2016).

Es en este contexto donde se instalan las características del clima mediterráneo tal como lo conocemos en la actualidad, con una transformación paulatina de la distribución de las lluvias anuales y un cambio en los ecosistemas. Esta mayor aridificación tiene un hito de importancia también planetaria en el 4,2 ky BP, en el marco de un periodo especialmente árido entre el 4.500 y 2.800 BP (Jalut *et al.* 2000; Jalut *et al.* 2009; Pérez-Obiol *et al.* 2011; Navarro-Hervás *et al.* 2014), coincidiendo con cambios en las sociedades en todo el mundo, incluyendo el desarrollo de la Edad del Bronce en la península ibérica (Riehl *et al.* 2014; López Sáez *et al.* 2015). Finalmente, a partir del 2.800-2.600 BP se da un cierto ascenso de la humedad (Duque Espino 2004; Martín-Puertas *et al.* 2008; Martín-Puertas *et al.* 2009).

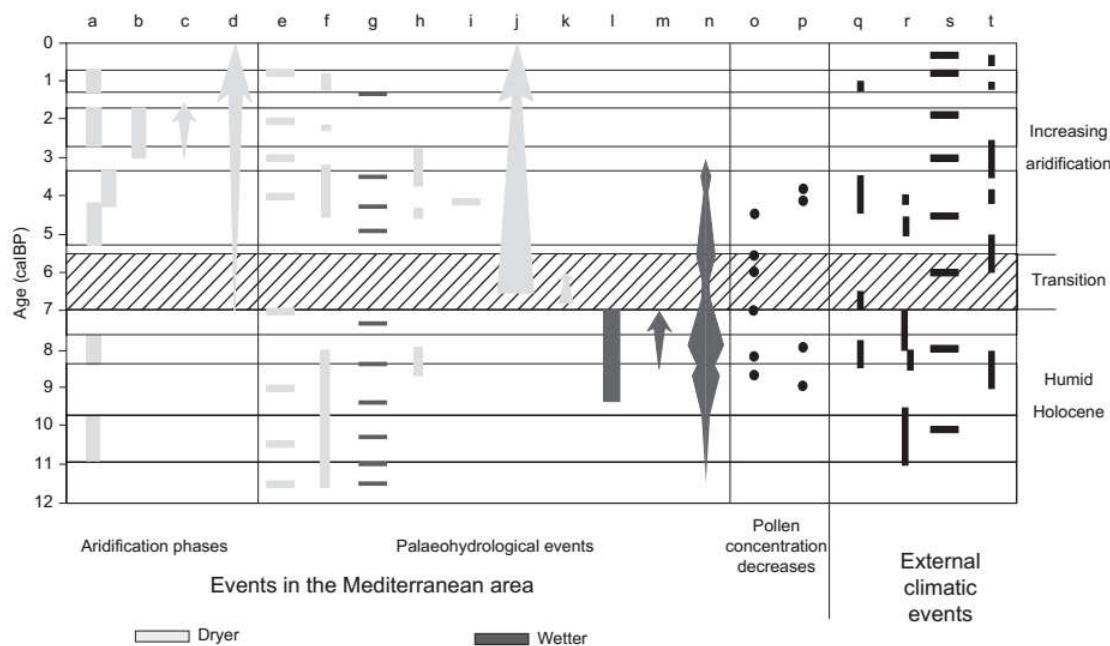


Fig. 1. Correlación entre eventos climáticos, hídricos y polínicos en el área mediterránea (Jalut *et al.* 2009).

b) El problema de la irrigación: un debate inacabado

En paralelo a la evolución del clima hacia mayores condiciones de aridez se fueron desarrollando distintas culturas arqueológicas a lo largo de toda la península ibérica. Esto, unido a la incorporación de postulados teóricos procesualistas, dio lugar a un creciente interés por el medio, como ya hemos señalado. En este contexto, el posible uso del riego se situó como foco de un importante debate historiográfico (Chapman 1978; Gilman y Thornes 1985b; Hernando 1987; Risch y Ferrés 1987; Chapman 1990).

Esta discusión, como hemos subrayado, no se circunscribe al ámbito peninsular. La hipótesis de que la irrigación podría haber jugado un importante papel desde las primeras etapas de la agricultura está presente en la arqueología desde hace más de medio siglo (Wittfogel 1957; Helbaek 1960; Finlayson *et al.* 2011). Y junto a esto, las propuestas metodológicas para su estudio.

Su existencia ha quedado sustentada arqueológicamente para asentamientos del Próximo Oriente desde, al menos, el surgimiento de los primeros estados. Sin

embargo, el comienzo de su uso, más dudoso, ha dado lugar a una discusión de mayor intensidad que continua hasta la actualidad (Jacobsen and Adams 1958; Adams 1974, 1981; Hunt 1988; Oleson 2001; Bienert and Hässer 2004; Bourke 2008; Philip 2008; Gillmore *et al.* 2009). A su vez, esto ha llevado aparejado importantes debates sobre el origen de la desigualdad y el papel de la irrigación como motor de cambio (Wittfogel 1957; Chapman 1990; Scarborough 2003).

La importancia del problema planteado y la dificultad de su estudio ha favorecido el acercamiento a través de la utilización de múltiples evidencias. Éstas han sido principalmente indirectas, como la caracterización de las estructuras hidráulicas (Fig. 2-8) (Schüle 1967; Helms 1981; Gilman y Thornes 1985b; Bienert y Hässer 2004; Kuijt *et al.* 2007), la identificación de las plantas adventicias que aparecen junto a los cultivos (Jones *et al.* 1995; Jones *et al.* 1999; Charles *et al.* 2003; Jones *et al.* 2005), la consideración del tamaño de los granos (Helbaek 1960) o los análisis de fitolitos (Rosen y Weiner 1994; Jenkins *et al.* 2011; Jenkins *et al.* 2016). Finalmente los estudios de isótopos estables están aportando valores

que permiten cuantificar de manera directa este problema (Araus *et al.* 1997; Wallace *et al.* 2013).

En el caso de la península ibérica los trabajos en asentamientos calcolíticos y argáricos han demostrado la existencia de una sociedad caracterizada por la complejidad del uso del territorio, la jerarquía y la desigualdad, todo ello en uno de los ambientes más áridos del continente europeo (Lull 1983; Schubart *et al.* 1985; Castro Martínez *et al.* 1994; Castro *et al.* 1999; Schubart *et al.* 2001). Se da así la aparente paradoja entre el desarrollo social y un clima claramente limitante.

Como decíamos, ante esta contradicción una de las primeras explicaciones para este desarrollo social se centró en el medio ambiente. El contexto geográfico, árido, y la necesidad de adaptarse al mismo mediante el uso del riego actuaría como motor de cambio impulsando la jerarquización social en torno a la gestión y domesticación de un ambiente donde el agua sería un factor limitante para la vida humana y el desarrollo de las prácticas agrícolas. En esta explicación convergieron autores desde diferentes ramas teóricas, como R. Chapaman y A. Gilman (Chapman 1978, 1981, 1982, 1984; Gilman y Thornes 1985b; Gilman 1987b).

Ambos partían de una misma premisa: la existencia de un medio árido, relativamente similar al actual, entre el III y el II milenio a.n.e. Un medio que habría llevado al desarrollo de obras hidráulicas y que, o bien supuso la consolidación de una jerarquía social por medio de la integración de un grupo gestor que se hizo dominante (Chapman 1990), o bien por medio de una agudización del conflicto entre grupos sociales desiguales (Gilman y Thornes 1985b; Gilman 1987b). El debate no se

centró tanto en las implicaciones teóricas que un ambiente más aridificado podría tener para explicar la materialidad arqueológica del sudeste peninsular, sino en las características del propio medio (Lull 1984; Risch y Ferrés 1987; Morales Muñoz 1990; Rodríguez Ariza 1992).

Mediante estudios arqueobotánicos y arqueofaunísticos fue sugerida la existencia de un clima más húmedo que supuestamente descartaría las propuestas de estos autores (Lull 1983; Lull 1984; Hernando 1987; Risch y Ferrés 1987; Rodríguez Ariza 1992; Araus *et al.* 1997; Lull *et al.* 2013). Sin embargo, parte de estas propuestas (las referidas al uso de fauna como indicadores climáticos) fueron puestas en cuestión desde un punto de vista metodológico (Morales Muñoz 1990). Del mismo modo, los estudios climáticos existentes, como hemos señalado, coinciden en sugerir la existencia de una degradación climática evidente, hecho que se confirma con los estudios arqueobotánicos más recientes (Fuentes *et al.* 2005; Carrión *et al.* 2007; Fuentes *et al.* 2007; Machado *et al.* 2009; Rodríguez-Ariza 2011).

Por tanto, es necesario superar la dimensión que ha situado el debate en la existencia de condiciones más o menos áridas durante el pasado, ya que las diferentes evidencias abundan en este hecho. Por el contrario, hemos de poner el énfasis en cómo se relacionaron las sociedades humanas con ese clima y de qué manera los cambios sociales, políticos, económicos y culturales determinaron dicha relación. Y en este sentido, estamos obligados a preguntarnos sobre las formas en que estos grupos sociales se relacionaron con el agua, ya que el desarrollo de tecnologías hidráulicas podría haber tenido influencia en las prácticas agrícolas.

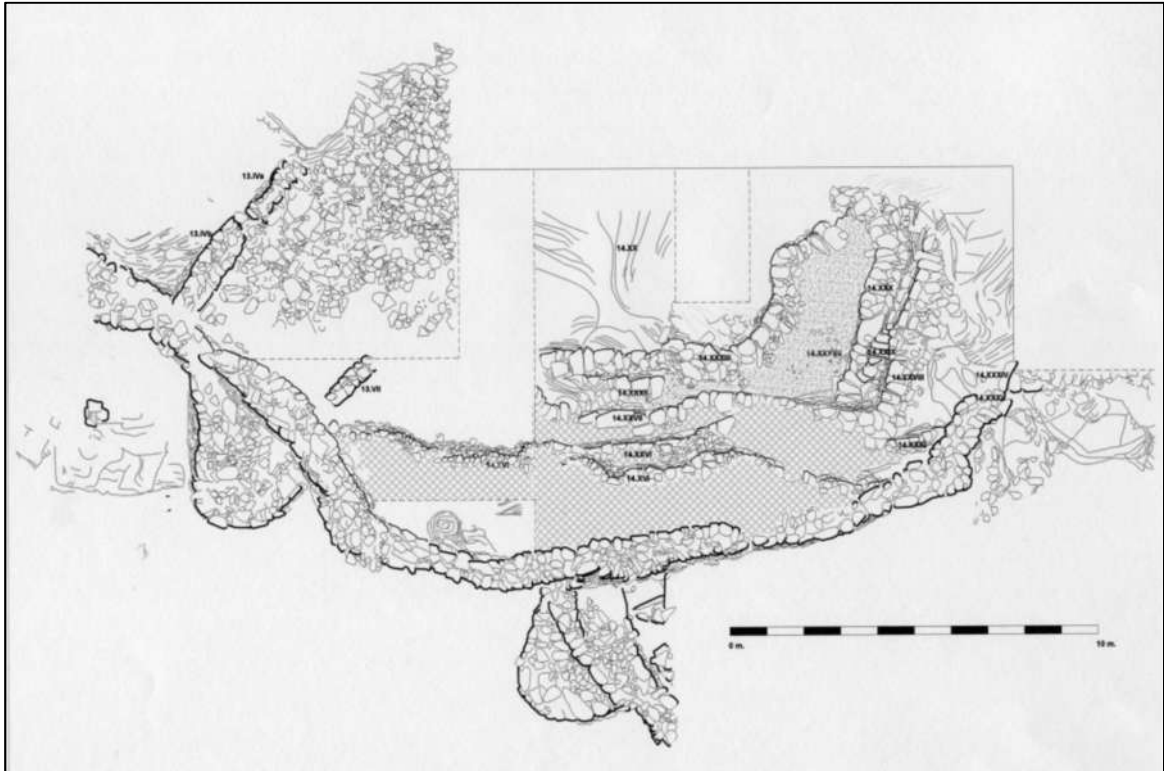


Fig. 2. Planimetría donde se aprecia la cisterna hallada en el asentamiento de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén).



Fig. 3. Imagen cenital del asentamiento de Peñalosa, donde se observa la cisterna.



Fig. 4. Fotografía de la cisterna hallada en el asentamiento de Castellón Alto (Galera, Granada).

c) El control del agua en la prehistoria reciente de la península ibérica

Las evidencias de estructuras de control y gestión de recursos hidráulicos en asentamientos del sudeste peninsular son recurrentes. Esto corrobora tanto el dominio de las estrategias de acumulación como de la conducción del agua. Así lo demuestran las estructuras de Los Millares, el Cerro de la Virgen (Schüle 1986), Marroquíes Bajos (Zafra de la Torre *et al.* 1999; Zafra de la Torre *et al.* 2003), o las aparecidas en Peñalosa (Fig. 2 y 3) (Moreno *et al.* 2008), Castellón Alto (Fig. 4) (Moreno Onorato y Haro Navarro 2008), Lorca (Ayala Juan 1989) o La Bastida de Totana (Fig. 5 y 6) (Lull *et al.* 2015). Si tenemos en cuenta un contexto más amplio, cabe destacar la Motilla del Azuer como otro de los ejemplos (Fig. 7 y 8) (Nájera 1984; Nájera y F. 2004;

Aranda *et al.* 2008; López Sáez *et al.* 2014; Benítez de Lugo y Mejías Moreno 2015). El control del agua era conocido técnicamente y, por tanto, podría haberse usado para diferentes fines.

El problema de la irrigación, no obstante, adquiere una complejidad mayor porque, aun partiendo del conocimiento de las técnicas del uso del agua, hay que valorar de qué manera una sociedad puede aplicar esos conocimientos a la producción agrícola, que cantidad de trabajo quiere invertir y por qué, y cuáles de los elementos de la cultura material serían compatibles con el uso de la irrigación. Por último, hay que preguntarse qué importancia tendría esta práctica para las sociedades prehistóricas.



Fig. 5. Vista cenital de parte del asentamiento de La Bastida (Totana, Murcia) donde se observa la cisterna hallada en las excavaciones realizadas (Lull *et al.* 2015).

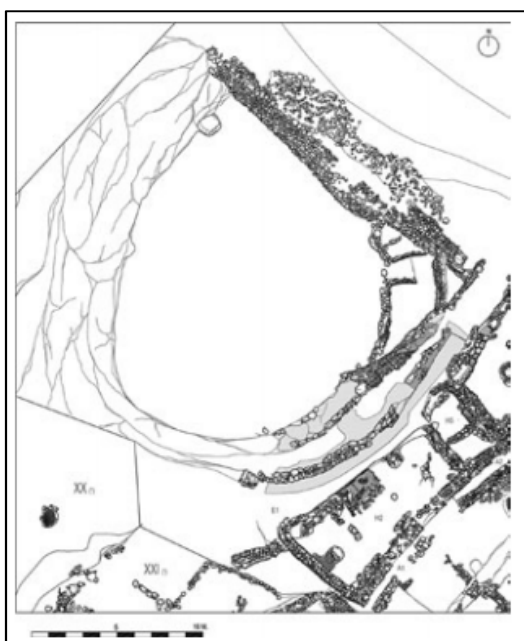


Fig. 6. Plano de la cisterna hallada en el yacimiento de la Bastida (Totana, Murcia).

En resumen, hay que constatar varios hechos para tener en cuenta en el conjunto de la península ibérica mediterránea para el desarrollo de esta tesis doctoral:

1. La existencia de un clima tendente a la aridez entre el III y II milenio a.n.e. Así lo demuestran los estudios climáticos y arqueobotánicos (Fábregas Valcarce *et al.* 2003; Bernárdez *et al.* 2008; Pérez-Obiol *et al.* 2011; Rodríguez-Ariza 2011; López Sáez *et al.* 2014).
2. La tendencia en la península ibérica mediterránea hacia una deforestación y desaparición de plantas de ripisilva, hecho coherente tanto con el punto anterior como con una acción antrópica más intensa (Grau Almero *et al.* 1998; Duque Espino 2004; Fuentes *et al.* 2005; Carrión *et al.* 2007; Fuentes *et al.* 2007).

3. La intensificación de la producción agrícola (Buxó 1997; Pérez Jordá 1998; Peña Chocarro 1999; Buxó y Piqué i Huerta 2008; Pérez Jordá 2015).
4. La existencia de estructuras hidráulicas (Ayala Juan 1989; Moreno *et al.* 2008; Moreno Onorato y Haro Navarro 2008; Lull *et al.* 2015).
5. La constatación de toda una serie de transformaciones sociales, económicas políticas y culturales en este período (Chapman 1990; Arteaga 2000; Contreras Cortés 2000; Nocete Calvo 2001; De Pedro 2005; Chapman 2008; Lull *et al.* 2009; Molina González y Cámara Serrano 2009; Lull *et al.* 2010; Pavón Soldevila y Duque Espino 2014a).

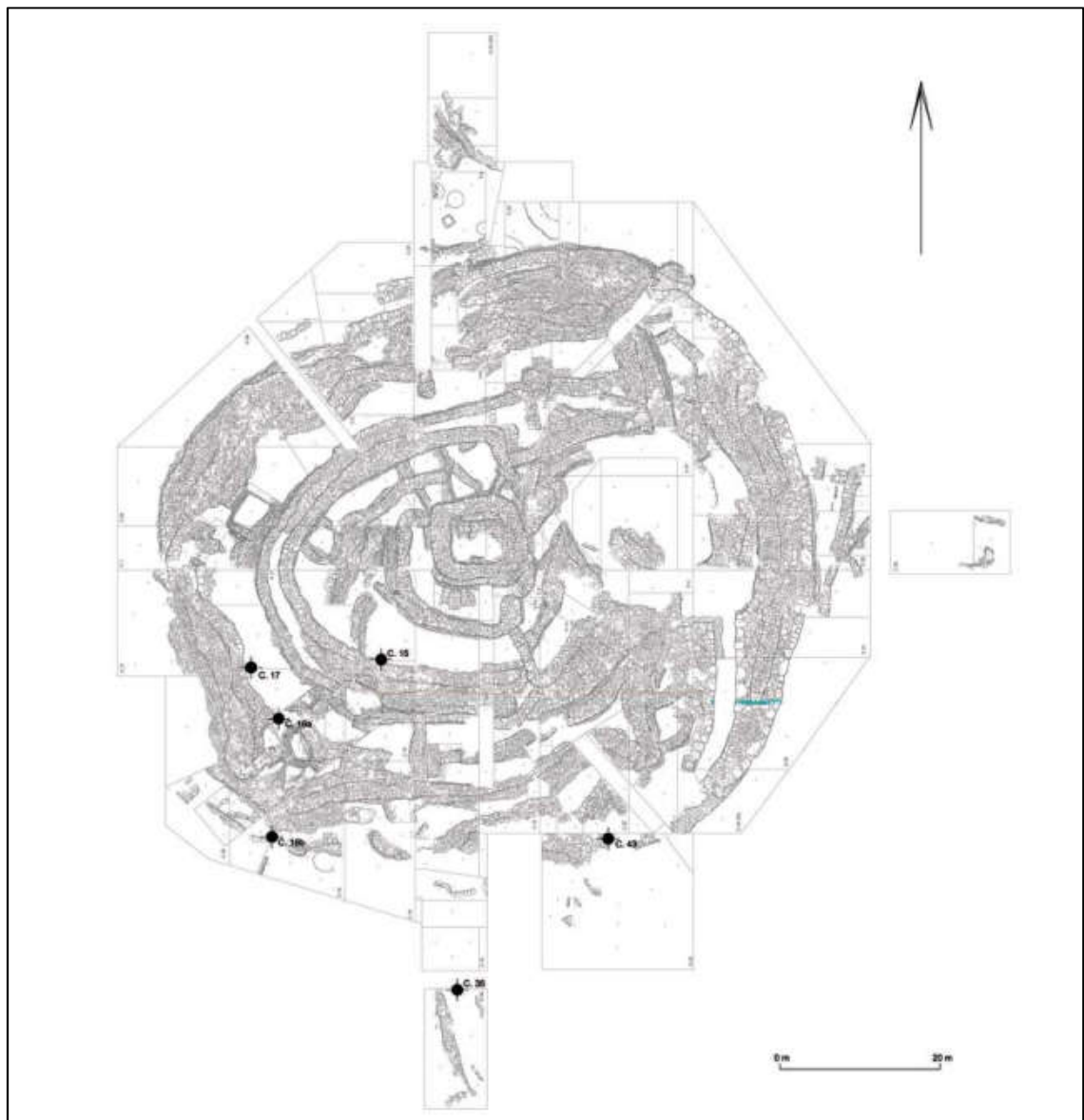


Fig. 7. Planimetría del asentamiento de La Motilla del Azuer (Daimiel, Ciudad Real), donde se puede observar el pozo hallado durante las excavaciones, en el centro de la imagen (López Sáez *et al.* 2014).



Fig. 8. Vista del pozo hallado en las excavaciones del asentamiento de La Motilla del Azuer (Daimiel, Ciudad Real) (López Sáez *et al.* 2014).

1.4. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

A partir de las premisas teóricas antes expuestas y del estado del conocimiento sobre tendencias climáticas y arqueológicas, nos marcamos los siguientes **objetivos**:

1. Comprobar la existencia del uso del regadío durante la Prehistoria reciente en la península ibérica mediante el desarrollo de un modelo que pueda aplicarse al registro arqueológico.
2. Establecer en qué grado se relacionan las transformaciones sociales, políticas, económicas y culturales con el uso del riego.
3. Comprobar la relación existente entre cambios en el clima y transformaciones en las sociedades humanas.
4. Profundizar en las dinámicas socio-económicas de los grupos humanos estudiados.
5. Desarrollar modelos que puedan ser aplicadas a otros contextos arqueológicos.

Para alcanzar estos objetivos, que requieren del desarrollo de un programa interdisciplinar, partimos de las siguientes **hipótesis**:

1. La irrigación durante la prehistoria reciente será una práctica extendida en el sur de la ibérica.
2. Las estrategias agrícolas tendrán influencia en los valores isotópicos de las muestras cultivadas, existiendo diferencias entre éstas y las plantas silvestres.
3. Los resultados obtenidos responderán al desarrollo de estrategias locales y regionales.
4. Los estudios contextuales permitirán establecer criterios de valoración de aspectos sociales y económicos.

5. Se revelarán diferencias entre contextos dentro de los asentamientos, entre asentamientos y entre zonas, relacionadas con las pautas climáticas que pueden registrarse hoy en día y con las estrategias utilizadas en el pasado.
6. El desarrollo de la irrigación responderá a factores económicos, sociales, políticos y culturales.
7. Los rangos isotópicos obtenidos para las muestras modernas localizadas en las mismas áreas de los enclaves arqueológicos permitirán obtener referencias que podrán ser utilizadas para discriminar entre diferentes prácticas agrícolas reflejadas en el registro arqueológico.
8. Las muestras botánicas actuales mostrarán un mayor estrés hídrico que en el pasado.

MATERIAL
MÉTODO

“Lo que necesitan las ciencias sociales no es tanto usar técnicas elaboradas, sino decidirse a abordar los problemas medulares, en lugar de tratar de evadirlos”

(J.D. Bernal, *La ciencia en nuestro tiempo*)

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. MUESTREOS

2.1.1. Aspectos generales

El objeto de estudio de esta tesis doctoral, su naturaleza interdisciplinar y la extensión cronológica y espacial que ocupa ha determinado el desarrollo de un enfoque en el que confluyen distintas líneas de trabajo, tradiciones de investigación y una cultura material dispar. Esto ha provocado que la metodología haya tenido que ser adaptada a las posibilidades de un registro arqueológico limitado y a la disponibilidad de referencias actuales.

Con base en esta heterogeneidad, disponibilidad y límites hemos diseñado un muestreo en el que se han seleccionado tres variables: especie, contexto y tiempo. Sin embargo, y como decíamos, no siempre ha sido posible seguir estrategias que las incluyeran a todas: por ejemplo, las mismas especies en épocas similares en todas las zonas. El desarrollo de los procesos históricos, las características naturales de las distintas áreas y los programas de investigación explican estas diferencias que, a veces, dificultan la posibilidad de comparar series de datos entre sí.

Aun teniendo en cuenta estos límites, hemos intentado seguir los criterios señalados de manera sistemática y siempre que ha sido posible, tanto en el caso de los análisis realizados por nosotros mismos como con respecto a los que provienen de la literatura publicada, no siempre accesibles.

Como decíamos, las variables tenidas en cuenta para la realización de los muestreos han sido las siguientes:

- **Especie:** se ha planteado un muestreo de especies según el carácter cultivado o silvestre de las mismas y la familia de pertenencia.

Las plantas cultivadas dependen directamente del desarrollo de las prácticas agrícolas y por tanto las señales isotópicas obtenidas no tienen por qué reflejar parámetros estrictamente climáticos (Ferrio Díaz *et al.* 2005; Mora-González *et al.* 2016). Por el contrario, las especies no cultivadas, al desarrollarse sin influencia antrópica, pueden permitir una mejor contextualización de los resultados y de las condiciones climáticas existente durante su crecimiento (Ferrio Díaz *et al.* 2005; Aguilera *et al.* 2009; Aguilera *et al.* 2011; Mora-González *et al.* 2016). Además, esto nos da la posibilidad de establecer comparaciones entre estudios antracológicos o palinológicos y los análisis isotópicos (Mora-González *et al.* 2016).

Por otro lado, la diferencia entre plantas pertenecientes a familias distintas (cereales o leguminosas) es interesante porque éstas pueden tener características fisiológicas diferentes y en consecuencia, exigencias hídricas también distintas. De esta manera, su análisis en los mismos contextos y épocas permite obtener resultados comparables entre sí y poder establecer

modelos locales de producción agrícola (Araus *et al.* 1997; Ferrio Díaz *et al.* 2005; Aguilera *et al.* 2011).

El objetivo ha sido en todo momento disponer del mayor número de especies para estos dos niveles. Incluso formando parte de la misma familia, las plantas pueden comportarse de manera distinta según los rasgos fisiológicos, su historia evolutiva y las características que hacen que sean usadas por las sociedades humanas, como ocurre con los diferentes cereales (Buxó 1997; Ferrio Díaz *et al.* 2005; Anyia *et al.* 2007; Zohary *et al.* 2012).

- **Contexto:** la importancia del contexto en arqueología radica en la significación del mismo para la interpretación de los resultados que pueden obtenerse.

El contexto arqueológico permite enmarcar los objetos en relación a los sujetos en un espacio y un momento determinado, ya que *describe los materiales que han pasado por un sistema cultural y que ahora son objetos de investigación de los arqueólogos* (Schiffer 1990). Éste se corresponde con un contexto sistémico, que *se refiere a la condición de un elemento que está participando en un sistema conductual* (Schiffer 1990).

El estudio de los contextos permite comparar los resultados según la organización social y económica del pasado, ya que son consecuencia de la misma. A su vez, el contexto es superior al asentamiento en la capacidad que tiene de informarnos ya que resulta más preciso en cuanto a su función dentro de éste. Un asentamiento está conformado por múltiples contextos que juegan papeles diversos (espacios de producción, distribución y consumo donde se desarrollan las actividades productivas y reproductivas). En consecuencia, el muestreo que solamente tiene su base en el asentamiento nos proporciona una información que puede ser sesgada si no

se conoce el origen contextual de los restos analizados.

Sin embargo, no siempre se cuentan con contextos arqueológicos que permitan llegar a este nivel de precisión, por lo que a lo largo de este trabajo nos hemos visto obligados a combinar datos provenientes de niveles de información distintos: contextos o asentamientos.

- **Tiempo:** La medición del tiempo ha sido una cuestión central en el desarrollo de la arqueología como disciplina científica (Trigger 1992).

Desde los inicios de ésta la ordenación de los fenómenos identificados en el registro arqueológico permitió la construcción de series espacio-temporales basadas en la delimitación de culturas arqueológicas y periodos culturales, teniendo como base la definición de rasgos tecno-tipológicos (Lull y Micó 1997). Esto, a su vez, fue puesto en relación con referencias fechadas, como las listas de reyes y faraones, de manera que las cronologías relativas podían conectarse con momentos concretos en el pasado.

La revolución del ^{14}C supuso un cambio de importancia radical para la arqueología (Trigger 1992; Renfrew y Bahn 1993). Por primera vez podían medirse directamente los contextos arqueológicos y establecerse fechas absolutas que no dependían de cronologías externas a los mismos. De esta forma, se hizo entrar en crisis a las propuestas difusionistas aunque esto no solucionaba los principales problemas teórico-metodológicos de la arqueología tradicional (Trigger 1992).

De aquí se extraen dos cuestiones de gran interés a la hora de afrontar el estudio del tiempo y la aplicación de los isótopos estables en arqueología. La primera de ellas es la necesidad de superar el marco de las *Tres Edades* para basar el muestreo en periodos no definidos a partir de

criterios cronoculturales sino mediante fechas radiocarbónicas. Esto es importante porque la utilización de esos periodos puede introducir sesgos a la hora de estudiar los fenómenos arqueológicos. Este problema tiene una significación especial cuando confrontamos la relación entre el ser humano y el medio ambiente a través de los recursos vegetales. Así, no es suficiente acotar los muestreos según provengan de la Edad del Cobre o de la Edad del Bronce, porque son categorías inexistentes en la realidad y pueden dar lugar a agrupaciones sesgadas que no tienen en cuenta transformaciones climáticas o de otro tipo, las cuales pueden desarrollarse con límites distintos al de los periodos históricos.

De la misma manera, los grupos culturales son insuficientes para la comprensión de los fenómenos sociales, políticos, y económicos. En nuestro caso introducen elementos de agrupación artificiales que impiden comprobar la relación entre las sociedades humanas y el medio. Un ejemplo de ello es la propia Cultura del Argar, que se desarrolla a lo largo de una gran extensión geográfica, pero en la que conviven diferentes ecosistemas donde se llegaría a soluciones diversas según las condiciones naturales y otros determinantes de carácter social.

Finalmente, es necesario señalar que la selección de estas tres variables en cada asentamiento se ha relacionado con dos problemáticas concretas que hemos tenido que abordar:

- **Muestras actuales vs muestras arqueológicas:** el estudio de las sociedades del pasado requiere de la construcción de modelos actuales con los que poder comparar la información generada a partir del registro arqueológico. Por ello, se ha intentado desarrollar un muestreo lo más amplio posible de plantas en la actualidad, con diferentes especies (cereales y cuando ha sido posible plantas silvestres) y tratamientos agrícolas (regadío/secano),

todas ellas situadas en zonas lo más cercanas posibles a los asentamientos estudiados. Con ello hemos intentado cumplir los siguientes objetivos:

1. Conocer los resultados isotópicos con respecto a manejos de cultivo y condiciones conocidas.

2. Establecer valores locales (medias, mínimos y máximos, rangos y grado de dispersión) para poder comprender los resultados arqueológicos.

3. Disponer de datos indicativos para las distintas áreas de la península ibérica.

El potencial de este estudio por lo tanto es doble porque, además de las implicaciones arqueológicas, aporta una información de interés para el conocimiento de los ecosistemas modernos y de las prácticas agrícolas en la actualidad.

- **Nº de Individuos:** la cuestión del número mínimo de individuos no ha sido resuelta en el plano de la arqueología para el análisis de isótopos estables sobre restos carpológicos. Aunque se han hecho propuestas (Fiorentino *et al.* 2015; Nitsch *et al.* 2015), no existe ningún estudio que plantee una estrategia de muestreo comúnmente aceptada y utilizada. Nosotros hemos desarrollado uno con diferentes niveles de información, siempre limitado por la cantidad de muestras disponibles en los yacimientos que han sido estudiados. Hemos llevado a cabo un muestreo en el que se han tomado entre 20 y 30 semillas, y 15 fragmentos de carbón. Para las muestras actuales, hemos seguido una estrategia diferente: 15 semillas por campo de cultivo, intentando disponer al menos dos campos de una misma zona, y teniendo en cuenta el tratamiento del cultivo u otros elementos de interés. En el caso de las hojas plantas arbóreas, hemos tomado muestras de 10 individuos por cada localización.

2.1.2. Muestreo de plantas arqueológicas

En este trabajo hemos desarrollado un muestreo a lo largo de 13 asentamientos (Tabla 1; Fig. 9 y 10). Tres de ellos tienen niveles cronológicos en el III milenio a.n.e., clasificados como calcolíticos (Marroquies Bajos, Villavieja y Eras del Alcázar); 9, niveles en el II milenio a.n.e., pertenecientes a la Edad del Bronce (Terlinques, Lloma de Betxí, Eras del Alcázar, Cerro del Alcázar, Sevilleja, Peñalosa, Castellón Alto, Cerro del Castillo de Alange y A Fontela); y dos, niveles a lo largo del I milenio a.n.e., en la Edad del Hierro (Castrovite y Cerro de la Cruz). En términos culturales, representan la Edad del Cobre en el sudeste peninsular, la Cultura del Argar, el Bronce valenciano, el Bronce del sudoeste, el Bronce final en Galicia, la Cultura íbera y la Cultura castrexa.

Mientras la mayoría de los yacimientos se localizan en áreas

caracterizadas por un clima semiárido o seco, en los que se ha propuesto la posibilidad del uso del riego (Chapman 1978; Gilman y Thornes 1985b), la inclusión de los asentamientos del noroeste permite tener como referencia, a modo de comparación, los valores de plantas cultivadas en un régimen climático con mayores precipitaciones y, por tanto, donde a priori es innecesario el regadío para el cultivo de cereales. Esto explica la diversidad geográfica del estudio realizado en esta tesis doctoral con relación a los objetivos señalados en la Introducción.

En la Tabla 1 se puede observar el muestreo llevado a cabo en cada uno de estos asentamientos, según las especies tenidas en cuenta. En total, hemos analizado 1693 restos arqueobotánicos, 1343 semillas de cereales, 235 leguminosas y 115 restos de plantas no cultivadas.

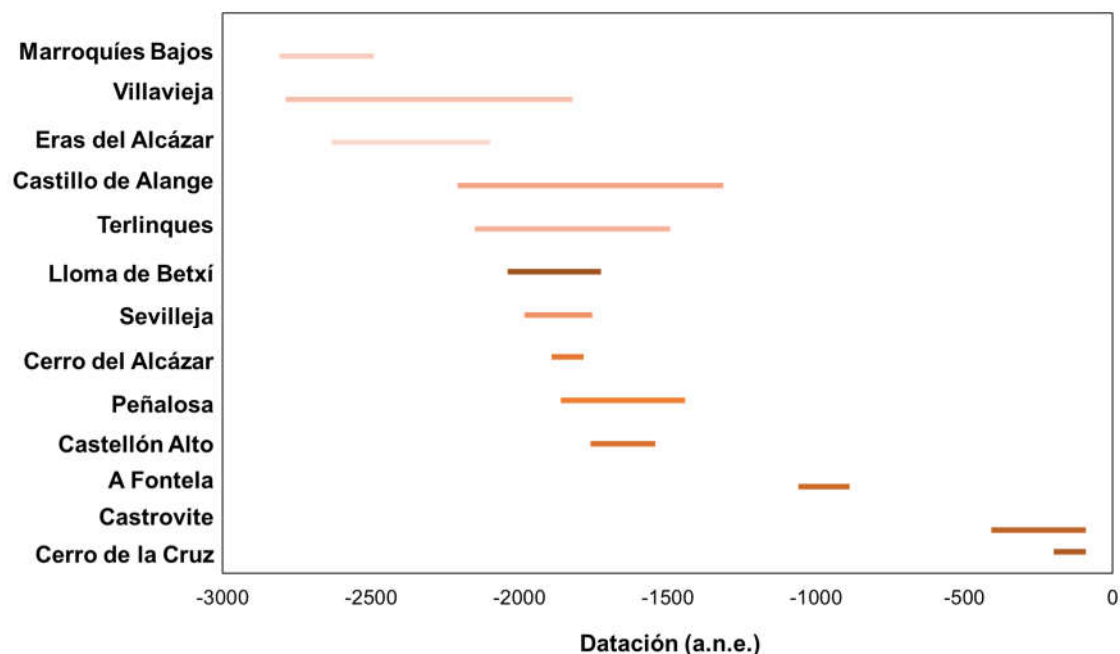


Fig. 9. Cronología de los niveles muestrados en cada uno de los asentamientos.

Yac.	<i>Hordeum vulgare</i> L.	<i>Triticum aestivum/durum</i>	<i>Hordeum vulgare</i> var. <i>nudum</i>	<i>Triticum dicoccum</i>	<i>Triticum cf. spelta</i>	<i>Pisum sativum</i>	<i>Vicia faba</i> var. <i>minor</i>	<i>Pinus halepensis</i>	<i>Quercus ilex-coccifera</i>	<i>Olea europaea</i>
Terlinques	50	125						40		3
Lloma de Betxí	55	55								
Marroquies Bajos	19	20	24							
Villavieja						64				
Peñalosa	252					28				
Sevilleja	28									
Eras del Alcázar		124	122				72			
Cerro del alcázar	25	50	25				25			
Castellón alto	12									
Cerro del castillo de alange	24	75					31		72	
Cerro de la cruz	50					15				
A Fontela		13		20						
Castrovite	50				125					
TOTAL	565	462	171	20	125	107	128	40	72	3
	CEREALES	1343	NO CULTIVADO		115					
	LEGUMINOSAS	235	TOTAL		1693					

Tabla 1. Yacimientos y especies muestreadas en este trabajo, donde se recoge el número total semillas de cereales, leguminosas, las plantas silvestres y el número final de restos arqueobotánicos analizados.

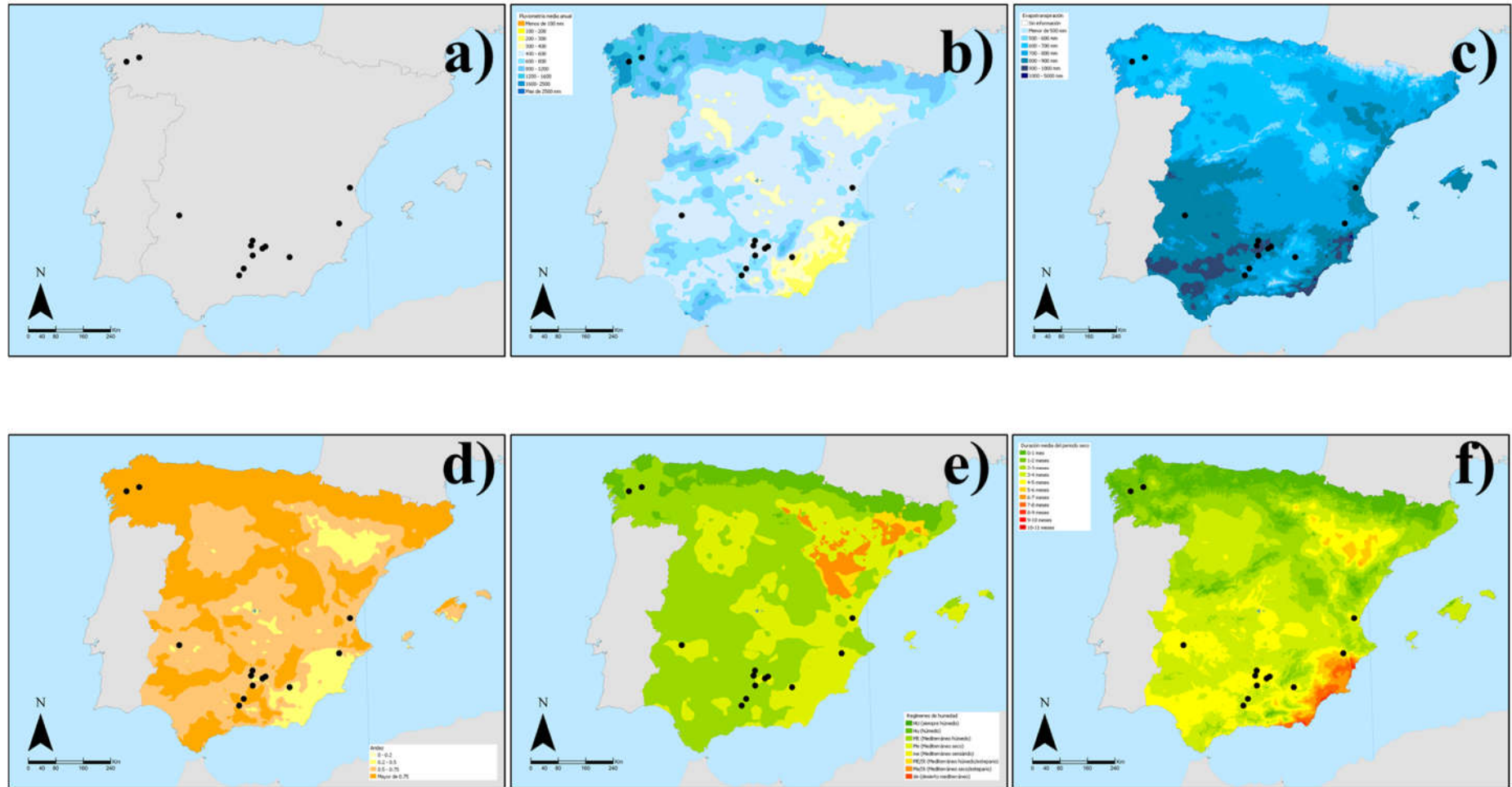


Fig. 10. Localización de los asentamientos estudiados en esta tesis según: a) mapa general; b) pluviometría media anual; c) evapotranspiración; d) índice de aridez; e) humedad; f) duración del periodo seco. Debe tenerse en cuenta que algunos de estos factores pueden variar a una escala más local.

2.1.3. Muestreo de plantas actuales

Como hemos indicado con anterioridad, ha sido realizado un muestreo de plantas modernas en zonas cercanas a los asentamientos estudiados, siempre que ha sido posible (Tablas 2-7). De esta manera, hay cinco áreas de las que hemos obtenido semillas de cereales: el levante peninsular (Villena, Alicante), el altiplano granadino (Galera, Granada), la alta Andalucía (Baños de la Encina y Úbeda, Jaén), el sudoeste peninsular (Badajoz) y Galicia.

Hemos llevado a cabo muestreos en diferentes parcelas, analizando 15 semillas en cada una de ellas excepto en el caso de Galicia, donde se han realizado análisis sobre 9 granos (en este caso cedidos por Andrés Teira Brión). Los muestreos han sido ejecutados mediante un transecto desde el interior de las parcelas hasta el exterior, con el objetivo de tener semillas de diferentes localizaciones al interior de las mismas. En el caso de Villena, además, se han cogido muestras de *Pinus halepensis* para el año 2014, tomando acículas de 10 individuos en dos localizaciones diferentes. Para la georeferencia de todas las parcelas se ha utilizado un GPS Garmin Oregon 550t.

En total, se han analizado 544 muestras, 524 de cereales y 20 individuos de *Pinus halepensis*.

PARCELA	ID	ESPECIE (N)	AÑO	ZONA	RÉGIMEN	COORDENADAS (U.T.M.)		
						X	Y	
1	108	<i>Hordeum</i> sp. (N= 15)	2014	Villena	Regadío	30N	681074	4276440
2	109	<i>Hordeum</i> sp. (N= 15)	2014	Villena	Regadío	30N	684678	4274925
3	110	<i>Triticum</i> sp. (N=15)	2014	Villena	Secano	30N	680994	4273543
4	111	<i>Hordeum</i> sp. (N= 15)	2014	Villena	Secano	30N	684847	4278297
5	112	<i>Hordeum</i> sp. (N= 15)	2014	Villena	Secano	30N	686530	4277568
6	106	<i>Pinus halepensis</i> sp. (N=10)	2014	Villena		30N	683001	4274841
7	107	<i>Pinus halepensis</i> sp. (N=10)	2014	Villena		30N	681039	4273577
8	198	<i>Hordeum</i> sp. (N=15)	2015	Villena	Regadío	30N	681194	4276532

9	199	<i>Hordeum</i> sp. (N=15)	2015	Villena	Secano	30N	680948	4276031
10	200	<i>Triticum</i> sp. (N=15)	2015	Villena	Regadío	30N	684898	4275014
11	201	<i>Hordeum</i> sp. (N=15)	2015	Villena	Secano	30N	686562	4277526
CEREALES		135		NO CULTIVADAS		20	TOTAL	155

Tabla 2. Muestreos para la zona de Villena según número de parcela, número de estudio (ID), especie, año, régimen (secano o regadío) y coordenadas U.T.M.

PARCELA	ID	ESPECIE (N)	AÑO	ZONA	RÉGIMEN	COORDENADAS (U.T.M.)		
						X	Y	
12	85	<i>Hordeum</i> sp. (N= 15)	2014	Castellón Alto	Regadío	30N	540685	4178682
13	86	<i>Hordeum</i> sp. (N= 15)	2014	Castellón Alto	Regadío	30N	540597	4178679
14	88	<i>Triticum</i> sp. (N=15)	2014	Castellón Alto	Secano	30N	539335	4174342
15	197	<i>Hordeum</i> sp. (N= 15)	2015	Castellón Alto	Regadío	30N	540508	4178092
TOTAL		60						

Tabla 3. Muestreos para la zona de Galera, según número de parcela, número de estudio (ID), especie, año, régimen (secano o regadío) y coordenadas U.T.M.

PARCELA	ID	ESPECIE (N)	AÑO	ZONA	RÉGIMEN	COORDENADAS (U.T.M.)		
						X	Y	
16	90	<i>Triticum</i> sp. (N=15)	2014	Baños de la Encina	Secano	30N	438454	4225778
17	91	<i>Hordeum</i> sp. (N= 15)	2014	Baños de la Encina	Secano	30N	437285	4225662
18	92	<i>Hordeum</i> sp. (N= 15)	2014	Baños de la Encina	Secano	30N	437689	4225576
19	202	<i>Hordeum</i> sp. (N= 15)	2015	Baños de la Encina	Secano	30N	435224	4222920
20	203	<i>Hordeum</i> sp. (N= 15)	2015	Baños de la Encina	Secano	30N	435603	4223634
TOTAL		75						

Tabla 4. Muestreos para la zona de Baños de la Encina según número de parcela, número de estudio (ID), especie, año, régimen (secano o regadío) y coordenadas .T.M.

PARCELA	ID	ESPECIE (N)	AÑO	ZONA	RÉGIMEN	COORDENADAS (U.T.M.)		
						X	Y	
21	162	<i>Hordeum</i> sp. (N= 15)	2015	Úbeda	Secano	30N	464474	4207854
22	163	<i>Triticum</i> sp. (N= 15)	2015	Úbeda	Secano	30N	466420	4208234
23	164	<i>Triticum</i> sp. (N= 15)	2015	Úbeda	Secano	30N	473642	4202816
24	165	<i>Hordeum</i> sp. (N= 15)	2015	Úbeda	Secano	30N	468265	4208325
TOTAL		60						

Tabla 5. Muestreos para la zona de Úbeda según número de parcela, número de estudio (ID), especie, año, régimen (secano o regadío) y coordenadas U.T.M.

PARCELA	ID	ESPECIE (N)	AÑO	ZONA	RÉGIMEN	COORDENADAS (U.T.M)	
						X	Y
25	98	<i>Triticum</i> sp. (N= 15)	2014	Alange	Secano	29N	731885 4296614
26	100	<i>Triticum</i> sp. (N= 15)	2014	Alange	Secano	29N	737107 4298171
27	205	<i>Triticum</i> sp. (N= 15)	2015	Alange	Secano	29N	737101 4298172
28	206	<i>Hordeum</i> sp. (N= 15)	2015	Alange	Secano	29N	739028 4301207
29	207	<i>Triticum</i> sp. (N= 15)	2015	Alange	Secano	29N	732027 4296532
TOTAL		75					

Tabla 6. Muestreos para la zona de Alange según número de parcela, número de estudio (ID), especie, año, régimen (secano o regadío) y coordenadas U.T.M.

PARCELA	ID	ESPECIE (N)	AÑO	ZONA	RÉGIMEN	COORDENADAS		
						X	Y	
30	128	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2014	Galicia	Secano	29N	493887	4714311
31	129	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2014	Galicia	Secano	29N	526610	4758668
32	130	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2014	Galicia	Secano	29N	557659	4759264
33	131	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2014	Galicia	Secano	29N	557682	4759225
34	132	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2014	Galicia	Secano	29N	589144	4747643
35	133	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2014	Galicia	Secano	29N	539532	4743304
36	134	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2014	Galicia	Secano	29N	552514	4731993
37	135	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2014	Galicia	Secano	29N	537509	4722901
38	136	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2014	Galicia	Secano	29N	579269	4690660
39	212	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2015	Galicia	Secano	29N	514229	4763448
40	213	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2015	Galicia	Secano	29N	537509	4722901
41	214	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2015	Galicia	Secano	29N	499223	4714532

42	215	<i>Triticum</i> sp. (N=7)	2015	Galicia	Secano	29N	589144	4747643
43	216	<i>Triticum</i> sp. (N=4)	2015	Galicia	Secano	29N	538941	4743699
TOTAL		119						

Tabla 7. Muestras para el área de Galicia, según número de parcela, número de estudio (ID), especie, año, régimen (secano o regadío) y coordenadas U.T.M.

2.2. PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS

2.2.1. Documentación

La recuperación de la cultura material, por la naturaleza del registro, es una actividad de carácter destructivo. Esto tiene como consecuencia que sea necesario documentar de manera precisa las diferentes fases que componen el estudio de la misma, desde los trabajos de excavación hasta todos aquellos procesos que se lleven a cabo con posterioridad. Este carácter destructivo también es propio de los análisis de isótopos estables sobre macrorrestos vegetales. Por ello, las muestras analizadas han sido previamente documentadas. Con este objetivo, hemos seguido principalmente dos pasos:

- a) Medición de los **índices biométricos**: los rasgos morfométricos de las semillas aportan información sobre la evolución de las especies y las prácticas agrícolas, además de permitir reconstruir indicadores como el peso o el volumen (Ferrio Díaz *et al.* 2004; Fiorentino *et al.* 2012). Para ello, siempre que ha sido posible, hemos medido los índices biométricos (Buxó 1997).
- b) **Fotografiado**: Hemos realizado un submuestreo para el fotografiado de algunas de las semillas analizadas. Los criterios seguidos han sido el nivel de conservación y el interés de cada una de las muestras. Para esto se ha utilizado una lupa binocular Leica Wild M8, con un objetivo de 0,5 X y oculares de 10X. El software asociado ha sido LAS Interactive Mesarument Module V.4.

Además, también hemos fotografiado las gramíneas actuales, usando una Cámara Nikon D3000.

c) **Base de datos**. Hemos creado una base de datos compuesta por un total de 24 campos:

- La forma de ordenar los muestreos ha sido utilizando los contextos de origen como referencia. Éstos están formados por un número determinado de individuos agrupados en las labores de excavación, los cuales han recibido una denominación según el sistema utilizado en cada uno de los asentamientos (**Identificación**).
- Esos muestreos contextuales han recibido un número (**Nº de estudio**), y cada uno de los individuos un subnúmero (**Subnúmero de estudio**).
- La información taxonómica (**especie**)
- La información geográfica (**Coordenadas y Zona**), arqueológica (**Yacimiento y Contexto**) y temporal (**Fase y Datación**).
- Los datos climáticos relevantes para las áreas estudiadas, como las **precipitaciones** y la **temperatura**.
- Los índices biométricos (**largo, ancho y grosor**) y los cálculos derivados de los mismos (**largo/ancho, grosor/ancho y peso**).
- El **régimen de cultivo** cuando es conocido (regadío/secano).
- Los resultados obtenidos ($\delta^{13}\text{C}$) y los valores derivados ($\Delta^{13}\text{C}$ y **WUEi**).
- **Fotografía**, si existe.
- **Referencia bibliográfica** cuando se trata de muestras ya publicadas.

2.2.2. Preparación de las muestras

Para la preparación de las muestras se ha seguido un protocolo de laboratorio dividido en dos partes: el proceso de homogeneizado y la aplicación de pretratamientos.

- **Homogeneización:** Los restos arqueobotánicos estudiados se encontraban en estado de carbonización en todos los casos. Por el contrario, las plantas actuales fueron secadas a una temperatura de 65°C durante 48 h.

Para la homogeneización de cada una de las semillas arqueológicas se utilizó un mortero de ágata. En el caso de los restos vegetales actuales, se han usado microcontenedores con bolas de tungsteno y un molino MM301 de la marca Retsch (Fig. 11).

- **Pretratamiento:** la bibliografía especializada ha puesto de manifiesto la importancia de los pretratamientos en los análisis de isótopos estables. No existe un único protocolo, ni en cuanto a los pretratamientos a utilizar ni sobre la influencia que los diferentes métodos pueden tener sobre los resultados obtenidos (Vaiglova *et al.* 2014).

En nuestro caso, los yacimientos de Sevilleja y de Peñalosa situados en suelos relativamente ácidos, no han recibido ningún tipo de pretratamiento (Mora-González 2012). En el resto de yacimientos estudiados, y con el objetivo de eliminar posibles residuos de carbonatos en los restos arqueológicos, se procedió a atacar las muestras con 37% HCl entre 12 y 14 horas (Hedges y Stern 1984).

2.2.3. Análisis de las muestras

Tanto en el caso de las plantas modernas como arqueológicas, cada una de las muestras ha sido analizada individualmente. Sobre las mismas se han realizado dos análisis, con excepción de los asentamientos de Peñalosa y Cerro de Plaza de Armas de Sevilleja (Mora-González 2012).

Los análisis se llevaron a cabo en el Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC-UGR, Granada). Para ello se utilizó un analizador elemental Carlo Elba NA1500 (Milán, Italia), conectado online con un espectrómetro de masas (EA-IRMS) Delta Plus XL (ThermoQuest, Bremen, Alemania) (Fig. 12 y 13). La composición isotópica en δ valores per mil:

$$\delta = \left(\frac{R_{muestra}}{R_{patrón}} - 1 \right) * 1000$$

donde R= $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ para $\delta^{13}\text{C}$

Para este estudio se utilizaron 2 patrones internos de valores -30,63‰ y -11,65‰ (V-PDB). La precisión es de 0,1‰. El valor de referencia para las medidas es V-PDB (Vienna-PDB).



Fig. 11. Molino de bolas utilizado en este trabajo.



Fig. 12. Analizador elemental Carlo Erba NA1500 (Milan, Italia), utilizado en este trabajo.

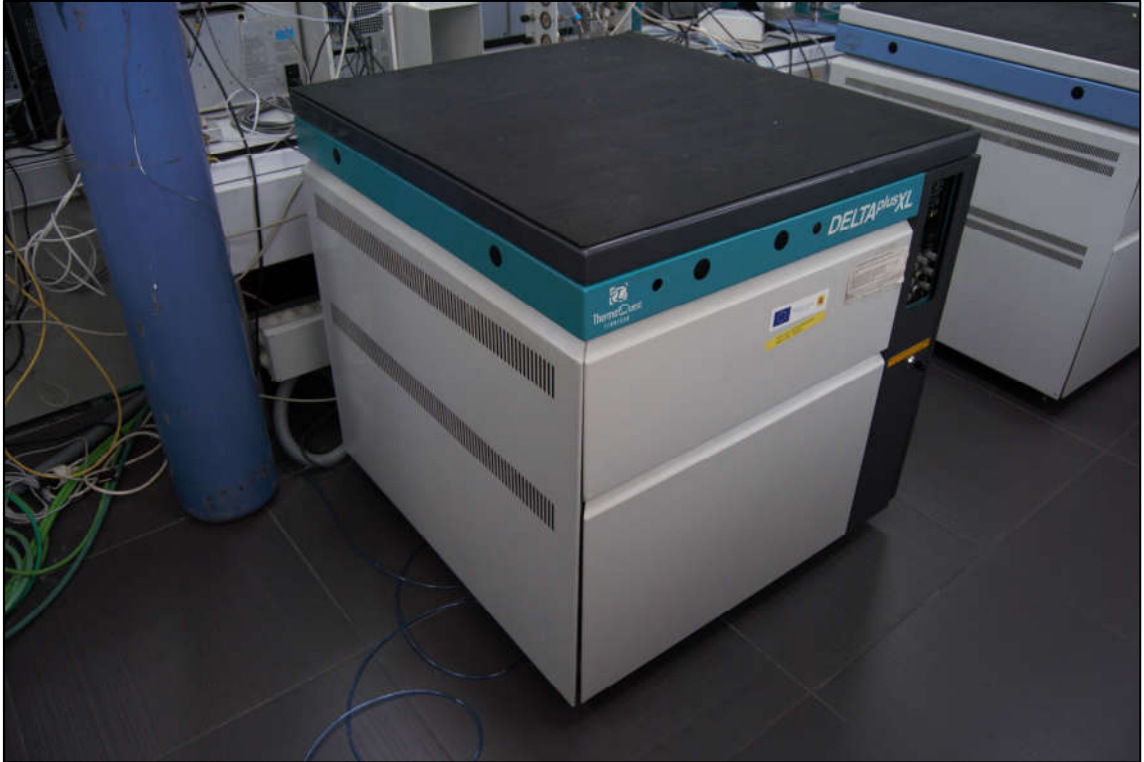


Fig. 13. Espectómetro de masas (EA-IRMS) Delta Plus XL (ThermoQuest, Bremen, Alemania), utilizado en este trabajo.

2.3. PROCESAMIENTO DE LOS RESULTADOS

Los resultados de composición isotópica ($\delta^{13}\text{C}$) obtenidos requieren ser procesados para poder desarrollar interpretaciones sobre el registro arqueológico. Esto depende de varios factores, como la $\delta^{13}\text{C}$ en la atmósfera, los cambios en el CO_2 o el efecto del fuego en los restos antracológicos.

Como hemos señalado en el capítulo de Introducción, la composición isotópica del CO_2 ha cambiado principalmente desde la Revolución industrial (Keeling *et al.* 1979; Tans y Mook 1980; McCarroll y Loader 2004). Con el objetivo de eliminar este sesgo hemos calculado la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) usando la ecuación (Farquhar *et al.* 1982; Farquhar y Richards 1984):

$$\Delta^{13}\text{C} = \frac{(\delta^{13}\text{C}_{\text{atm}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{muestra}})}{(1 + \delta^{13}\text{C}_{\text{muestra}}/1000)}$$

Donde $\delta^{13}\text{C}_{\text{atm}}$ es la composición isotópica del CO_2 y $\delta^{13}\text{C}_{\text{muestra}}$ es la composición isotópica del carbono en las muestras. $\delta^{13}\text{C}_{\text{atm}}$ para el periodo arqueológico ha sido obtenida de AIRCO2_LOESS system³ (Leuenberger *et al.* 1992b; Indermühle *et al.* 1999; Ferrio Díaz *et al.* 2005). En el caso de las plantas modernas, hemos utilizado los valores de CIBA (Centro de Investigaciones de la Baja Atmósfera⁴).

Además de $\delta^{13}\text{C}_{\text{atm}}$, hemos de tener en cuenta los cambios producidos en la concentración de CO_2 . Para ello hemos calculado la eficiencia intrínseca en el uso del agua (en inglés intrinsic Water Use Efficiency, WUE_i) (Farquhar *et al.* 1982; Farquhar *et al.* 1989):

$$\text{WUE}_i = \frac{A}{G} = \frac{C_a (1 - C_i/C_a)}{1,6}$$

Donde A es el ratio de fotosíntesis neta, G es la conductancia estomática, C_i es la concentración de CO_2 en el espacio intercelular y C_a es la cantidad de CO_2 atmosférico (≈ 278 p.p.m. en el pasado vs ≈ 397 -400 p.p.m. en la actualidad)⁵.

Finalmente, diferentes estudios han demostrado que la señal isotópica del carbono no está afectada por la acción del fuego en el caso de las semillas de cereales y leguminosas (Marino y DeNiro 1987; Araus *et al.* 1997; Caracuta *et al.* 2015; Nitsch *et al.* 2015) o para los restos de *Quercus ilex* (Aguilera *et al.* 2009; Aguilera *et al.* 2011). Por el contrario, se ha subrayado el impacto sobre la madera de *Pinus halepensis*. Hemos obtenido la señal original ($\delta^{13}\text{C}_w$) siguiendo la ecuación de Ferrio *et al.* 2006a:

$$\delta^{13}\text{C}_w = 0,706 * \delta^{13}\text{C}_{ch} + 0,031 * \%C_{ch} - 8,07$$

Donde $\delta^{13}\text{C}_{ch}$ es la composición isotópica del carbono en el resto antracológico y $\%C_{ch}$ la concentración de carbono en el mismo.

³ http://web.udl.es/usuaris/x3845331/AIRCO2_LOESS.xls

⁴ <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/dv/iadv/index.php?code=cib>

⁵ Ed Dlugokencky and Pieter Tans, NOAA/ESRL (www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/)

2.3.1. Modelos

En la bibliografía se han propuesto modelos para la interpretación de los resultados de composición isotópica del carbono ($\delta^{13}C$), basados en el análisis de plantas modernas, ya sea cultivadas bajo condiciones de secano y regadío (Araus *et al.* 1997; Flohr *et al.* 2011; Wallace *et al.* 2013; Bogaard *et al.* 2016; Styring *et al.* 2016) o para plantas silvestres (Ferrio Díaz *et al.* 2006a; Aguilera *et al.* 2009; Aguilera *et al.* 2011; Drake *et al.* 2012; Masi *et al.* 2013a; Masi *et al.* 2013b). Estos modelos han permitido establecer un gradiente de carácter global, que debe combinarse con análisis locales para establecer los niveles que definen las plantas de regadío y de secano en ecosistemas concretos.

A lo largo del presente trabajo utilizaremos estos modelos, relacionando el análisis de los valores obtenidos con:

1. Los estudios arqueobotánicos llevados a cabo en los asentamientos.
2. El estado del conocimiento sobre las prácticas agrícolas de las distintas formaciones económico-sociales.
3. Los valores existentes en otros asentamientos contemporáneos, para lo cual hemos incorporado datos ya publicados. Estos proceden de la literatura existente en relación con el arco mediterráneo y Centroeuropa, incluyendo la península ibérica (Tablas 8 y 9).
4. Los valores obtenidos para las plantas actuales analizadas.

De esta manera, desarrollaremos un modelo propio basado en diferentes evidencias para interpretar nuestros resultados.

2.3.2. Análisis estadístico

Para los análisis estadísticos se ha utilizado el programa SPSS 17.0 y 22.0 (IBM). Los paquetes usados serán señalados a lo largo del texto.

2.3.3. Herramientas informáticas

Para la redacción de la tesis doctoral, la base de datos y la elaboración de gráficas y tablas hemos utilizado el paquete Office 2016 (Microsoft).

Para la bibliografía hemos usado el gestor bibliográfico Endnote X7 (Thomson Reuters).

Para el tratamiento de imágenes, hemos trabajado con el programa GIMP 2.8.16.

Finalmente, para la elaboración de los mapas hemos usado el programa ArcGis 10.2 (Esri Inc.), y la Infraestructura de Datos Espaciales de la Junta de Andalucía, la Generalitat Valenciana y la Xunta de Galicia.

Nº	Yacimiento	X	Y	Z	<i>Hordeum Vulgare</i> L	<i>Hordeum vulgare nudum.</i>	<i>Triticum aestivum/ durum</i>	<i>Pinus halepensis</i>	<i>Quercus ilex/coccifera</i>	<i>Vicia faba</i>	Fuente
1	Abric de la Falguera	434511	4250464	825			11	2	9		(Aguilera <i>et al.</i> , 2011)
2	Almoína	445670	4349148	17	12		18	11	8		(Aguilera <i>et al.</i> , 2011)
3	Alt de Benimaquia	467732	4260249	220				6	14		(Aguilera <i>et al.</i> , 2011)
4	Arbocer	418916	4262813	460	2						(Aguilera <i>et al.</i> , 2011)
5	Arenal de la Costa	431976	4260472	382	5						(Aguilera <i>et al.</i> , 2011)
6	Bastida	422382	4260559	734	10		10	8	13		(Aguilera <i>et al.</i> , 2011)
7	Bóbila Madurell	637260	4575578	180	2		2				(Araus y Buxó, 1993)
8	Cabezo de la Cruz	420442	4570276	600					9		(Aguilera <i>et al.</i> , 2009)
9	Campos	331336	4116531	110		2	2			1	(Araus <i>et al.</i> , 1997)
10	Can Roqueta II	639771	4575626	173					12		(Aguilera <i>et al.</i> , 2009)
11	Can Tintorer	634218	4558863	10	1						(Araus y Buxó, 1993)
12	Castellet de Bernabé	429446	4367036	450	10		10				(Aguilera <i>et al.</i> , 2011)
13	Castellón Alto	257593	4147210	900	2	2	2				(Araus <i>et al.</i> , 1997)
14	Cerro de la Virgen	260216	4146023	920	2	5	4			3	(Araus <i>et al.</i> , 1997)

15	Ciutat de Lleida	497491	4579832	220	26		18	68		(Ferro Díaz <i>et al.</i> , 2006a, Ferro Díaz <i>et al.</i> , 2006b)
16	Colata (MTV)	438115	4264861	197			10	2	9	(Aguilera <i>et al.</i> , 2011)
17	Cova 120	661092	4669381	460	1		4			(Araus y Buxó, 1993)
18	Cova de l'Or	445073	4262591	650	5		5	11	10	(Aguilera <i>et al.</i> , 2011)
19	Cova de Sta Maira	450263	4255899	600	1		1			(Aguilera <i>et al.</i> , 2011)
20	Cuesta del Negro	184022	4122999	950	1		2			(Araus <i>et al.</i> , 1997)
21	Cueva del Toro	83067	4168592	1800	2	3	6		2	(Araus <i>et al.</i> , 1997)
22	El Malagón	264328	4134800	1100	1	2	3		1	(Araus <i>et al.</i> , 1997)
23	El Vilot de Montagut	490802	4580948	250	6		6	17		(Ferro Díaz <i>et al.</i> , 2006a, Ferro Díaz <i>et al.</i> , 2006b)
24	Els Vilars	513387	4576514	302	6		5	8	19	(Aguilera <i>et al.</i> , 2009, Ferro Díaz <i>et al.</i> , 2006a, Ferro Díaz <i>et al.</i> , 2006b)
25	Empúries	714270	4660794	10	2		2			(Araus y Buxó, 1993)
26	Faldetes	421532	4262787	400				10	9	(Aguilera <i>et al.</i> , 2011)

27	Fuente Amarga	254971	4148397	860	5	2	2		1	(Araus <i>et al.</i> , 1997)
28	Horta Vella	441409	4355838	99			4	20	19	(Aguilera <i>et al.</i> , 2011)
29	Institut Manlleu	644933	4651258	470	2		1			(Araus y Buxó, 1993)
30	L'Esquerda	647550	4604659	448			3			(Araus y Buxó, 1993)
31	La Draga	668766	4659562	172	1		1			(Araus y Buxó, 1993)
32	Las Pilas	330225	4105454	50		2	1		1	(Araus <i>et al.</i> , 1997)
33	Les Jovades	441537	4255958	440	4		4			(Aguilera <i>et al.</i> , 2011)
34	Lloma de Betxí	437927	4351426	89	10		10	10	10	(Aguilera <i>et al.</i> , 2011)
35	Los Castillejos	108541	4126178	900			125 ⁶			(Aguilera <i>et al.</i> , 2008)
36	Los Millares	256634	4051726	240	2	2	1		3	(Araus <i>et al.</i> , 1997)
37	Los Palacios	170749	4278060	640	3		3			(Araus <i>et al.</i> , 1997)
38	Los Villares	363819	4354588	800					12	(Aguilera <i>et al.</i> , 2009)
39	Margalef	822202	4582546	250	12		2			(Ferrio Díaz <i>et al.</i> , 2006b)
40	Mas Castellar	678817	4554265	117					14	(Aguilera <i>et al.</i> , 2009)
41	Mas d'Is	443251	4251507	580				12	10	(Aguilera <i>et al.</i> , 2011)

⁶ En el artículo citado (Aguilera *et al.* 2008), se especifica un total de 125 muestras de trigo y cebada, pero no el número que corresponde a cada una de dichas especies. Por tanto, lo contabilizamos en el total de muestras al final de esta tabla, pero no lo hacemos en los resultados totales de ninguna de las especies posibles.

42	Masada de Ratón	484091	4570968	130	2		1	24	(Ferrio Díaz <i>et al.</i> , 2006a, Ferrio Díaz <i>et al.</i> , 2006b)
43	C. Mediona	572858	4570205	325	2		1		(Araus y Buxó, 1993)
44	Minferri	503349	4572062	240	4		4	5	(Ferrio Díaz <i>et al.</i> , 2006a, Ferrio Díaz <i>et al.</i> , 2006b)
45	Mola d'Agres	438063	4258203	791	10		13		(Aguilera <i>et al.</i> , 2011)
46	Molí d'Espígol	552646	4585574	305				10	(Aguilera <i>et al.</i> , 2009)
47	Montou	664623	4695016	270	4		4		(Araus y Buxó, 1993)
48	Motilla de las Cañas	81206	4335708	613	1		1		(Araus <i>et al.</i> , 1997)
49	Motilla del Azuer	179654	4325513	640	1	1	3		(Araus <i>et al.</i> , 1997)
50	Olèrdola	584712	4559231	289				6	(Aguilera <i>et al.</i> , 2009)
51	Peñalosa	159747	4224025	350	2	1	1		1 (Araus <i>et al.</i> , 1997)
52	Plansallosa	661118	4668271	280	1				(Araus y Buxó, 1993)
53	Puente Tablas	159540	4155089	440	2		1		(Araus <i>et al.</i> , 1997)
54	Puig de Sant Andreu	718647	4653148	22				14	(Aguilera <i>et al.</i> , 2009)
55	Roques del Sarró	497492	4580942	195			2	11	(Ferrio Díaz <i>et al.</i> , 2006a, Ferrio Díaz <i>et al.</i> , 2006b)

56	Sant Jaume	440537	4464620	165				10	(Aguilera <i>et al.</i> , 2009)	
57	Sitges UAB	638139	4573374	82	2	1			(Araus y Buxó, 1993)	
58	St Vicenç Enclar	572548	4682350	1120	2	1			(Araus y Buxó, 1993)	
59	Tos Pelat	443124	4354716	90	4	10	10	9	(Aguilera <i>et al.</i> , 2011)	
60	Tossal de les Tenalles	826187	4587175	280	2	12			(Ferro Díaz <i>et al.</i> , 2006b)	
61	Tozal de los Regallos	466512	4572138	317	2		28		(Ferro Díaz <i>et al.</i> , 2006a, Ferro Díaz <i>et al.</i> , 2006b)	
62	Turó de la Font de la Canya	588000	4564821	214				20	(Aguilera <i>et al.</i> , 2009)	
63	Ullastret	718647	4653148	53	2	3			(Araus y Buxó, 1993)	
64	Vincamet	483256	4572080	110			8		(Ferro Díaz <i>et al.</i> , 2006a)	
TOTAL (CEREALES)		537			179	22	211	271	246	13
TOTAL (NO CULTIVADO)		517								
TOTAL		1067								

Tabla 8. Muestras analizadas para el caso del estado español, según asentamiento, coordenadas, especies y fuente.

PAIS ACTUAL	ARQUEOLÓGICAS	ACTUALES	REFERENCIA
Alemania	x	x	(Bogaard <i>et al.</i> 2013; Nitsch <i>et al.</i> 2015)
Bulgaria	x		(Bogaard <i>et al.</i> 2013)
Dinamarca	x	x	(Nitsch <i>et al.</i> 2015; Bogaard <i>et al.</i> 2013)
			(Araus y Buxó 1993; Araus <i>et al.</i> 1997; Ferrio Díaz <i>et al.</i> 2006a; Aguilera <i>et al.</i> 2009; Aguilera <i>et al.</i> 2011; Wallace <i>et al.</i> 2013; Bogaard <i>et al.</i> 2016; Lillios <i>et al.</i> 2016; Mora-González <i>et al.</i> 2016)
España	x	x	(Nitsch <i>et al.</i> 2015; Bogaard <i>et al.</i> 2016; Aguilera <i>et al.</i> 2017)
Francia	x	x	(Heaton <i>et al.</i> 2009; Bogaard <i>et al.</i> 2013; Wallace <i>et al.</i> 2013)
Grecia	x	x	(Bogaard <i>et al.</i> 2013)
Hungría	x		(Caracuta <i>et al.</i> 2012)
Italia	x		(Wallace <i>et al.</i> 2015)
Iraq	x		
Jordania	x	x	(Stokes <i>et al.</i> 2011; Wallace <i>et al.</i> 2015)
Marruecos		x	(Styring <i>et al.</i> 2016)
Palestina	x		(Caracuta <i>et al.</i> 2015)
Portugal	x	x	(Drake <i>et al.</i> 2012; Lillios <i>et al.</i> 2016)
Reino Unido	x	x	(Lightfoot y Stevens 2012; Bogaard <i>et al.</i> 2013)
			(Araus <i>et al.</i> 1999; Fiorentino y Caracuta 2007; Fiorentino <i>et al.</i> 2008; Fiorentino <i>et al.</i> 2012; Wallace <i>et al.</i> 2013; Araus <i>et al.</i> 2014; Wallace <i>et al.</i> 2015)
Siria	x	x	(Masi <i>et al.</i> 2013a; Masi <i>et al.</i> 2013b; Masi <i>et al.</i> 2014; Wallace <i>et al.</i> 2015)
Turqía	x	x	

Tabla 9. Países actuales de Europa y la cuenca del Mediterráneo de donde provienen los datos isotópicos publicados para plantas arqueológicas o actuales citados a lo largo de esta tesis doctoral.

“Los materialistas, se nos dice, reconocen algo que es impensable e incognoscible: la cosa en sí, la materia fuera de la experiencia, fuera de nuestro conocimiento... tras los datos directos de los sentidos admiten algo más, un fetiche, un ídolo, un absoluto, una fuente de metafísica, un alter ego de la religión...”

(V.I. Lenin, *Materialismo y Empirio-Criticismo*)

3. RESULTADOS

Los asentamientos estudiados en esta tesis doctoral pertenecen a ámbitos geográficos, cronológicos, culturales y climáticos diferentes. Para ordenar la exposición de los resultados, hemos optado por seguir un criterio que vincula áreas de localización y delimitaciones cronológicas. De esta manera, los hemos agrupado en cuatro zonas: levante (Terlinques, Lloma de Betxi), alta Andalucía (Marroquíes Bajos, Villavieja, Eras del Alcázar, Cerro del Alcázar, Cerro de Plaza de Armas de Sevilleja, Peñalosa, Castellón Alto, Cerro de la Cruz), sudoeste (Cerro del Castillo de Alange) y noroeste (A Fontela, Castrovite). Dentro de cada una de las áreas hemos seguido un criterio cronológico, poniendo en primer lugar aquellos asentamientos con cronologías más antiguas y posteriormente los más recientes.

3.1. TERLINQUES⁷

3.1.1. Contexto arqueológico y medioambiental

Terlinques se localiza en el municipio de Villena (Fig. 14) (MGRS 30SXH8028749, 520 m.s.n.m) en la provincial de Alicante. El asentamiento se sitúa cerca de una llanura que en el pasado estuvo inundada por una laguna endorreica, donde la irrigación es practicada en la actualidad.

La región en la que se sitúa es el Alto Vinalopó, caracterizada hoy en día por suelos aluviales en las zonas de llanura, mientras que en las áreas de montaña nos encontramos con suelos calcáreos de baja capacidad agríola (Forteza *et al.* 1995; Machado *et al.* 2009).

El clima es de tipo mesomediterráneo semiárido con características continentales. Las temperaturas medias anuales se sitúan entre 13°C y 17°C, con un rango térmico elevado (15°C) (Matarredona 1983). El ciclo anual se caracteriza por inviernos fríos con veranos cálidos. En la actualidad las precipitaciones se corresponden con un ombroclima semiárido, alcanzándose precipitaciones medias anuales de entre 200 y 350 mm. La lluvia se concentra en primavera, con una media de 169 mm entre enero y agosto, y 63 mm durante los meses de abril y mayo (Forteza *et al.* 1995; Alonso 1996).

⁷ Una parte de la información presentada en referencia al yacimiento de Terlinques en esta tesis doctoral, tanto en el

capítulo de Resultados como en el de Discusión (4.1.2.1.) ha sido previamente publicada en Mora-González *et al.* 2016.

La vegetación es dominada por *Pinus halepensis*, *Quercus ilex*, *Pistacia lentiscus* y un nivel asociado con matorrales (Matarredona 1983; Machado *et al.* 2009).

Aunque existen dos campañas previas (1969 y 1970), los trabajos de excavación se han desarrollado principalmente durante las últimas décadas (1997-2011) (Jover Maestre y López Padilla 2016). Fruto de éstos se han documentado tres grandes fases: Fase I (2140-1930 cal. A.N.E.), Fase II (1930-1750 cal. A.N.E.) y Fase III (1750-1500 cal. A.N.E.) (Jover Maestre *et al.* 2014).

Desde un punto de vista general, podría decirse que Terlinques es el resultado del desarrollo de un proyecto político a finales del III milenio a.n.e. en el levante peninsular (Jover Maestre y López Padilla 2004; Jover Maestre *et al.* 2014; Jover Maestre y López Padilla 2016). De esta manera, se observa una transformación de las estrategias de ocupación de la tierra que se apoya en una redistribución de la misma y de la explotación de los recursos localizados en el territorio, así como en una institucionalización de la propiedad (Jover Maestre 1999).

Las Fases I y II se caracterizan por la presencia de dos grandes casas. Más concretamente, en la Fase I la Unidad Habitacional I se conforma por espacios de desarrollo de actividades diversas como la producción textil o la preparación de alimentos (Jover Maestre *et al.* 2001; Machado *et al.* 2009; Jover Maestre y López Padilla 2016).

Uno de estos espacios aparece dividido por un muro construido con madera. En este área se documentaron cuatro sacos de esparto, tres de ellos usados para guardar el grano y uno utilizado para almacenar excrementos animales que podrían haber sido usados como abono (Machado *et al.* 2009; Jover Maestre y López Padilla 2016). Esto demuestra la importancia de la producción agrícola y de la explotación de la tierra, actividad a la que parecen estar dirigidos la mayoría de

asentamientos documentados en la zona (Jover Maestre y López Padilla 2016).

Los restos arqueológicos muestran un incremento en la inversión de trabajo en relación con la construcción de estructuras más sólidas, las cuales son mantenidas y transformadas a lo largo del tiempo (alrededor de 700 años en este caso). Dicha transformación se acentúa a partir de 1750 cal. A.N.E., con una reestructuración del espacio y una reorganización de las actividades productivas: las grandes unidades habitacionales son reemplazadas por estructuras de tamaño más reducido donde solo se documentan actividades reproductivas (Jover Maestre *et al.* 2001; Jover Maestre 2013; Jover Maestre *et al.* 2014; Jover Maestre y López Padilla 2016). Paralelamente se observa un aumento de la población en otros asentamientos (De Pedro 2005).

El territorio en el que se desarrolla este proceso histórico estaría muy determinado por la presencia de la laguna. Los estudios antracológicos llevados a cabo en el asentamiento muestran un clima relativamente árido a finales del III milenio a.n.e., con el predominio de *Pinus halepensis* (Machado *et al.* 2009). Este hecho no sería un impedimento para el desarrollo de la agricultura, como demuestran los abundantes restos de cereales ya referidos. Los trabajos carpológicos han señalado que esto podría deberse al uso del riego, como la existencia de algunas especies adventicias (*Phalaris arundinacia* y *Persicaria maculosa*) podría sugerir (Precioso Arévalo y Rivera 1999).

3.1.2. Muestreo

El muestreo llevado a cabo en el asentamiento de Terlinques se circunscribe principalmente a la Unidad Habitacional I (Tabla 10; Fig. 15 y 16). Hemos tomado restos carpológicos en 7 puntos de muestreo (25 semillas en cada uno de ellos). Las especies analizadas han sido *Triticum aestivum/durum* (N=125) y *Hordeum vulgare* L. (N=50). Además, y por

comparación, hemos recogido muestras antracológicas de *Pinus halepensis* (de las tres fases documentadas en el asentamiento) y *Olea europaea*.

Como ya hemos indicado, los cereales se encontraban almacenados en sacos de esparto dentro de la Unidad Habitacional I, tratándose de un espacio donde se desarrollaban actividades productivas y reproductivas (Jover Maestre *et al.* 2001; Jover Maestre *et al.* 2014; Jover Maestre y López Padilla 2016).

Por otro lado, hemos llevado a cabo un muestreo de plantas actuales en los alrededores del yacimiento (Fig. 14). Éste ha consistido en un total de nueve parcelas cultivadas con gramíneas (N=135, años 2014 y 2015) y dos localizaciones distintas para *Pinus halepensis* (N=20, año 2014).

Del total de los cereales, siete parcelas serían de cebada (N=105) y dos de trigo (N=30). Finalmente, cuatro campos serían de regadío (N=60) y cinco de secano (N=75).

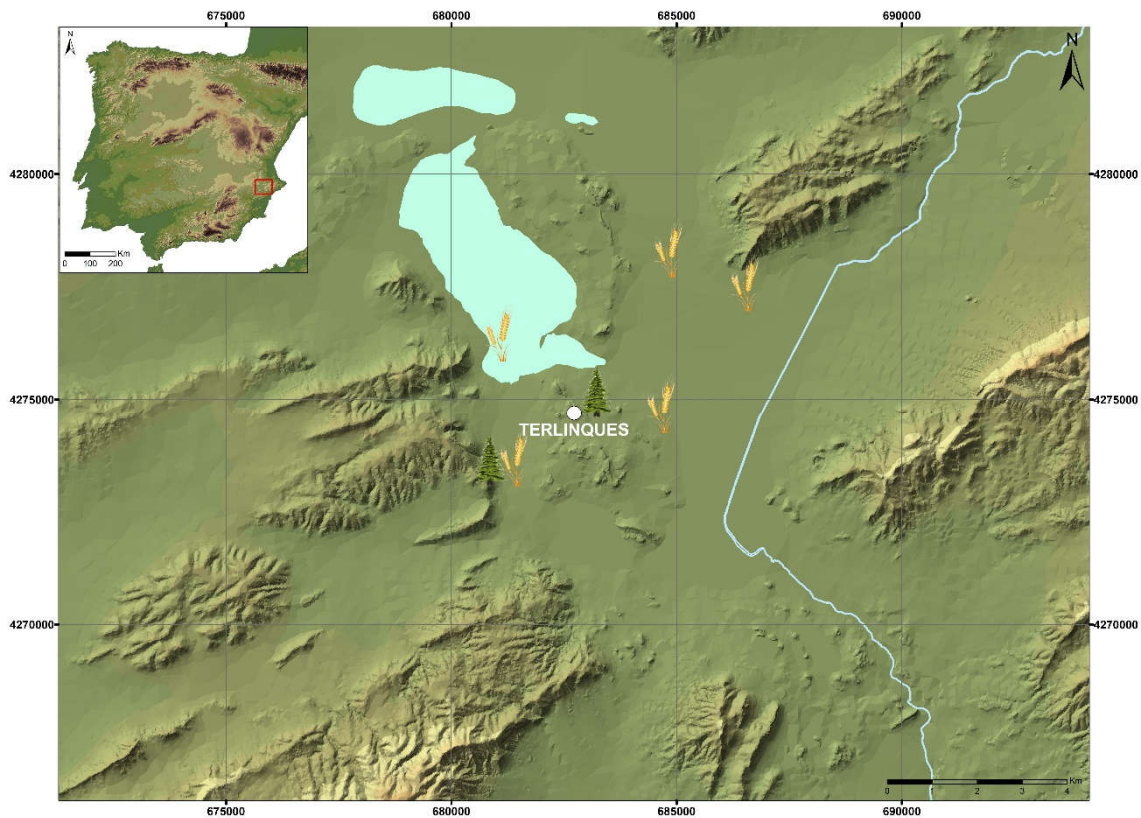


Fig. 14. Mapa con la localización del asentamiento de Terlinques (Villena, Alicante). Se indican los límites de la Laguna de Villena (actualmente desecada) y los puntos de muestreo de las semillas modernas (años 2014 y 2015), marcados con espigas de cereal para el trigo y la cebada y con árboles para el pino.

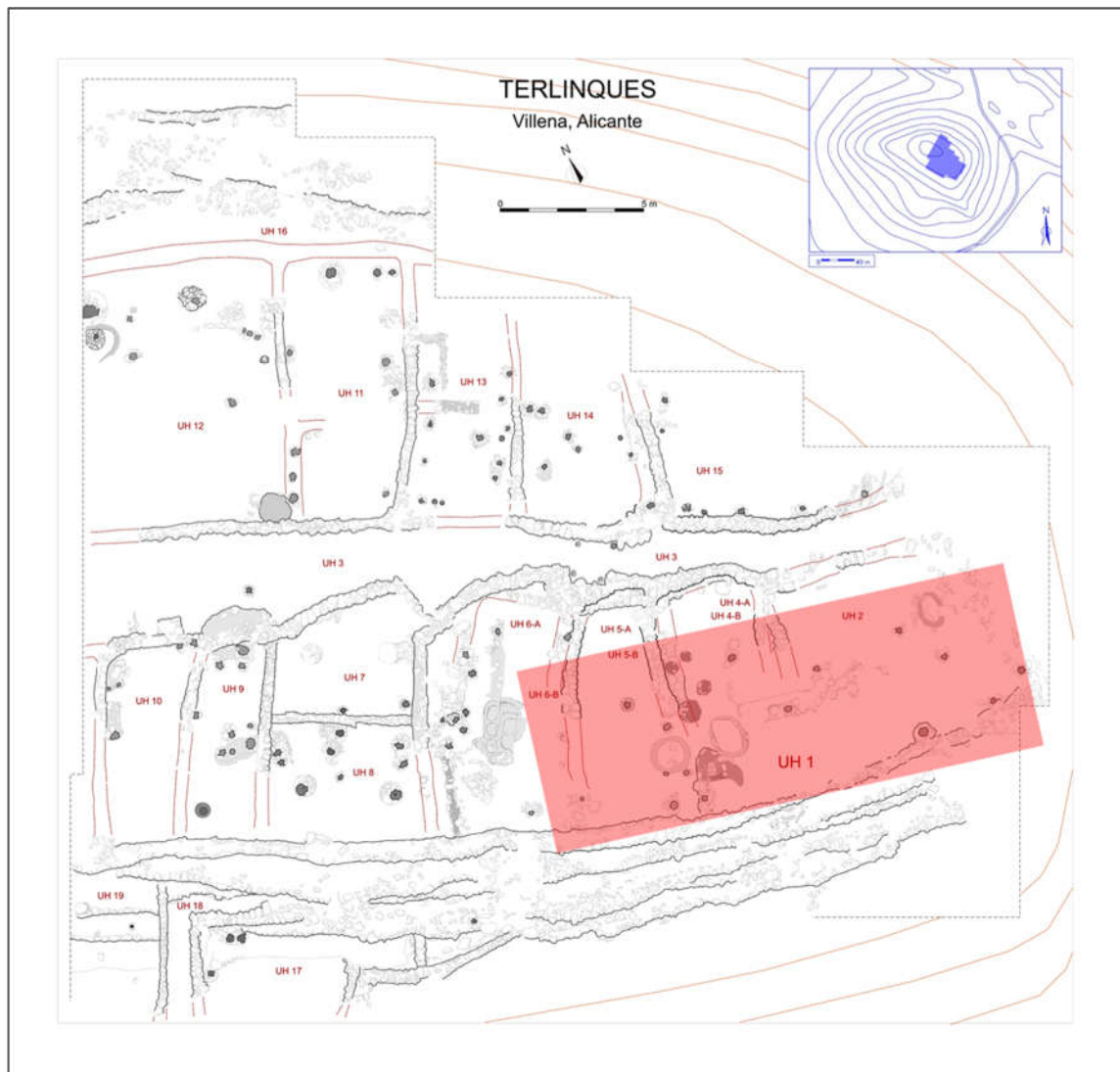


Fig. 15. Planimetría del asentamiento de Terlinques, donde se señala, en rojo la superficie aproximada de la Unidad Habitacional I (Imagen modificada a partir de Jover Maestre y López Padilla 2016).

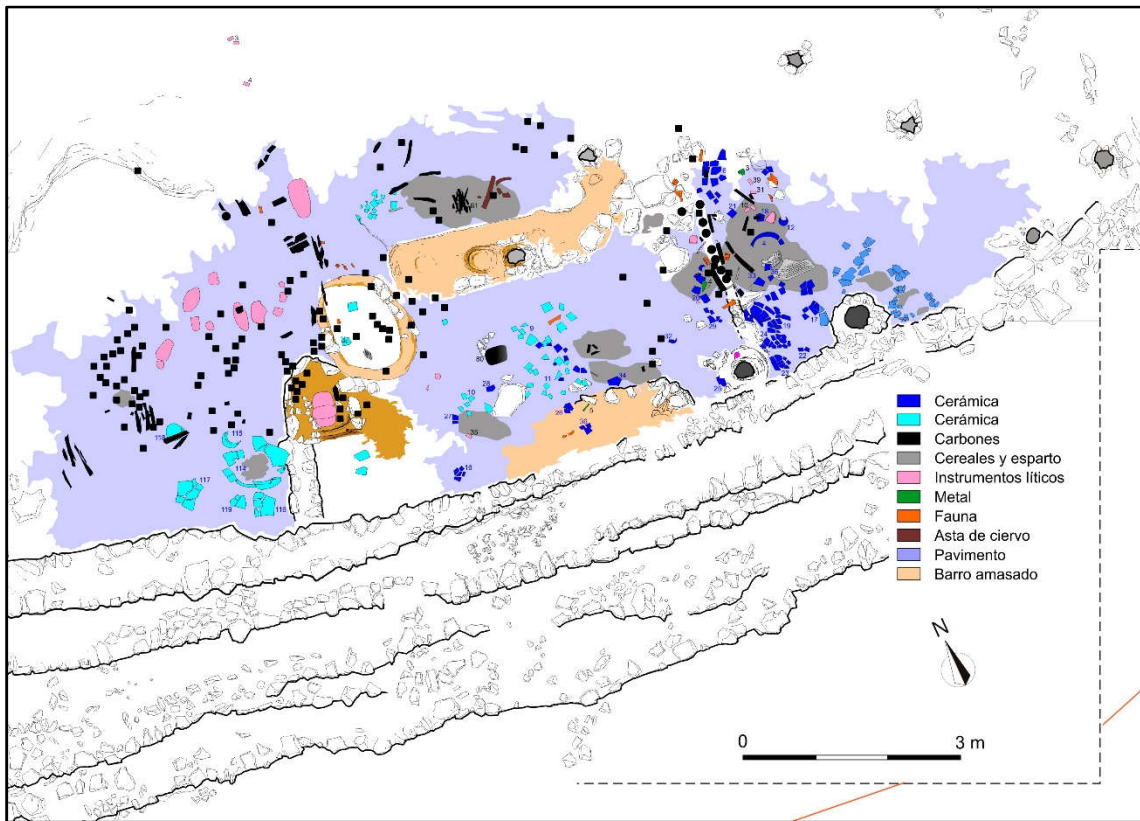


Fig. 16. Planimetría de la Unidad Habitacional I donde se señala la localización de diferentes elementos de la cultura material hallada en el asentamiento de Terlinques, entre los cuáles se encuentran los restos arqueobotánicos (cereales y carbonos) (Jover Maestre y López Padilla 2016).

ID	ESPECIE (N)	DATACIÓN	CONTEXTO
6	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=25)	2140-1930	Unidad Habitacional I
7	<i>Hordeum vulgare</i> L. (N=25)	2140-1930	Unidad Habitacional I
8	<i>Hordeum vulgare</i> L. (N=25)	2140-1930	Unidad Habitacional I
9	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=25)	2140-1930	Unidad Habitacional I
10	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=25)	2140-1930	Unidad Habitacional I
11	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=25)	2140-1930	Unidad Habitacional I
12	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=25)	2140-1930	Unidad Habitacional I
72	<i>Pinus halepensis</i> (N=15)	2140-1930	Unidad Habitacional I
73	<i>Pinus halepensis</i> (N=15)	2140-1930	Unidad Habitacional I
75	<i>Olea europaea</i> L. (N=3)	2140-1930	Unidad Habitacional I
76	<i>Pinus halepensis</i> (N=4)	1930-1750	Unidad Habitacional I
77	<i>Pinus halepensis</i> (N=6)	1750-1500	Corredor central
TOTAL	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N= 125)	<i>Hordeum vulgare</i> L. (N=50)	<i>Pinu halepensis</i> (N= 40) <i>Olea europaea</i> (N= 3)

Tabla 10. Muestreo realizado en el asentamiento de Terlinques según número de estudio (ID), especies, datación (cal. A.N.E.) y contexto arqueológico.

3.1.3. Resultados

a) Análisis de la composición isotópica del carbono ($\delta^{13}C$)

Los resultados están recogidos en las Tablas 11, 35 y 36, y Fig. 17, 18, 67 (a y b) y 68. Los valores del total de las muestras arqueológicas (N=218) se encuentran entre -24,91 y -21,19 ‰ (V-PDB), con una media $\delta^{13}C$ de -23,05 ‰ (SD=0,70). Para la Fase I hemos obtenido una media general de -23,02 ‰ (SD=0,69), con un rango entre -24,91 y -21,19 ‰. Para la Fase II es de -23,34 ‰ (SD=0,83), con un rango entre -24,09 y

-22,60 ‰. Finalmente, para la Fase III este valor es -23,73 ‰ (SD=0,53), entre -24,27 y -22,82 ‰ (Fig. 11).

La media de $\delta^{13}C$ para las muestras de cereales es -22,93 ‰. Las semillas de *H. vulgare* L. presentan un valor medio de -23,12 ‰, relativamente similar al de los restos de *T. aestivum/durum* (-22,86 ‰).

Las muestras antracológicas tienen un valor medio de -23,52 ‰ (SD=0,48), entre -24,33 y -22,52 ‰. Los restos de *P. halepensis* muestran un valor de -23,56 ‰ (Tabla 11) y los carbones de *Olea europaea*, -23,02 ‰.

Para las plantas modernas (año 2014 y 2015, N=155), las hojas de *P. halepensis* hemos obtenido un valor medio de -25,23 ‰. En los cereales éste es de -23,65 ‰, -24,06 ‰ (SD=1,88) para el trigo (N=30) y -23,54 ‰ (SD=1,80) para las muestras de cebada (N=105).

En el caso de las semillas provenientes de campos irrigados

(N=60), la media para la composición isotópica del carbono es -25,42 ‰ (SD=0,90), -25,69‰ para el trigo y -25,33‰ para la cebada (Tabla 35 y 36). En las muestras de secano, ésta es de -22,42‰ y -22,19 ‰ para el trigo y la cebada respectivamente. El valor medio para el conjunto de los cereales de secano es de -22,23‰ (SD=0,90), con un rango comprendido entre -25,08 y -20,58‰.

ESPECIE	DATACIÓN		$\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ (SD)	$\Delta^{13}\text{C}\text{‰}$ (SD)	WUEi (SD)	$\delta^{13}\text{C}$ (CO ₂)
<i>Triticum aestivum/durum</i>	2140-1930	Media	-22,86 (0,63)	16,89 (0,66)	78 (5)	-6,36
(N=125)	(cal. A.N.E.)	Rango	-24,67 a -21,19	15,15-18,77	63-91	
<i>Hordeum vulgare</i> L.	2140-1930	Media	-23,12 (0,80)	17,16 (0,83)	76 (6)	-6,36
(N=50)	(cal. A.N.E.)	Rango	-24,91 a -21,69	15,67-19,02	61-87	
<i>Pinus halepensis</i>	2140-1930	Media	-23,56 (0,42)	17,61 (0,44)	72 (3)	-6,36
(N=30)	(cal. A.N.E.)	Rango	-24,33 a -22,52	16,53-18,42	66-80	
<i>Olea europaea</i> L	2140-1930	Media	-23,02 (0,19)	17,05 (0,20)	77 (2)	-6,36
(N=3)	(cal. A.N.E.)	Rango	-23,19 a -22,81	16,84-17,23	75 a 78	
<i>Pinus halepensis</i>	1930-1750	Media	-23,34 (0,83)	17,35 (0,86)	74 (7)	-6,40
(N=4)	(cal. A.N.E.)	Rango	-24,09 a -22,60	16,57-18,12	68-80	
<i>Pinus halepensis</i>	1750-1500	Media	-23,73 (0,53)	17,72 (0,55)	71 (4)	-6,43
(N=6)	(cal. A.N.E.)	Rango	-24,27 a -22,82	16,77-18,28	67-79	
<i>Pinus halepensis</i>	PRESENTE	Media	-26,27 (1,36)	18,15 (1,43)	97 (16)	-8,6
(N=10)	(2014)	Rango	-28,62 a -24,65	16,45-20,61	70-116	
<i>Pinus halepensis</i>	PRESENTE	Media	-24,19 (0,53)	15,98 (0,55)	121 (6)	-8,6
(N=10)	(2014)	Rango	-25,00 a -23,33	15,08-16,83	112-131	
<i>Hordeum</i> sp.	PRESENTE	Media	-24,47 (0,67)	16,27 (0,70)	118 (8)	-8,6
(N=15)	(2014)	Rango	-25,70 a -23,58	15,34-17,55	104-128	

<i>Hordeum sp.</i>	PRESENTE	<i>Media</i>	-25,80 (0,92)	17,66 (0,96)	103 (11)	-8,6
(N=15)	(2014)	<i>Rango</i>	-28,00 a -24,46	16,25-19,95	77-118	
<i>Hordeum sp.</i>	PRESENTE	<i>Media</i>	-22,07 (0,79)	13,78 (0,82)	145 (9)	-8,6
(N=15)	(2014)	<i>Rango</i>	-23,80 a -20,81	12,47-15,57	125-160	
<i>Hordeum sp.</i>	PRESENTE	<i>Media</i>	-21,47 (0,33)	13,15 (0,34)	152 (4)	-8,6
(N=15)	(2014)	<i>Rango</i>	-22,06 a -20,98	12,64-13,77	145-158	
<i>Hordeum sp.</i>	PRESENTE	<i>Media</i>	-25,72 (0,61)	17,57 (0,64)	104 (7)	-8,6
(N=15)	(2015)	<i>Rango</i>	-26,57 a -24,88	16,69-18,46	94-114	
<i>Hordeum sp.</i>	PRESENTE	<i>Media</i>	-22,14 (0,44)	13,85 (0,45)	145 (5)	-8,6
(N=15)	(2015)	<i>Rango</i>	-23,20 a -21,58	13,26-14,95	133-152	
<i>Hordeum sp.</i>	PRESENTE	<i>Media</i>	-23,07 (0,90)	14,81 (0,93)	134 (10)	-8,6
(N=15)	(2015)	<i>Rango</i>	-25,08 a -21,61	13,30-16,90	111-151	
<i>Triticum sp.</i>	PRESENTE	<i>Media</i>	-22,42 (1,06)	14,14 (1,10)	141 (12)	-8,6
(N=15)	(2014)	<i>Rango</i>	-23,79 a -20,58	12,23-15,56	126-162	
<i>Triticum sp.</i>	PRESENTE	<i>Media</i>	-25,69 (0,65)	17,55 (0,68)	104 (8)	-8,6
(N=15)	(2015)	<i>Rango</i>	-26,94 a -24,66	16,47-18,85	90-116	

Tabla 11. Muestras estudiadas, especies, datación, composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$), discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$), eficiencia en el uso del agua (WUEi) y composición isotópica del CO_2 atmosférico ($\delta^{13}\text{C}$). Las muestras modernas aparecen ordenadas por parcelas.

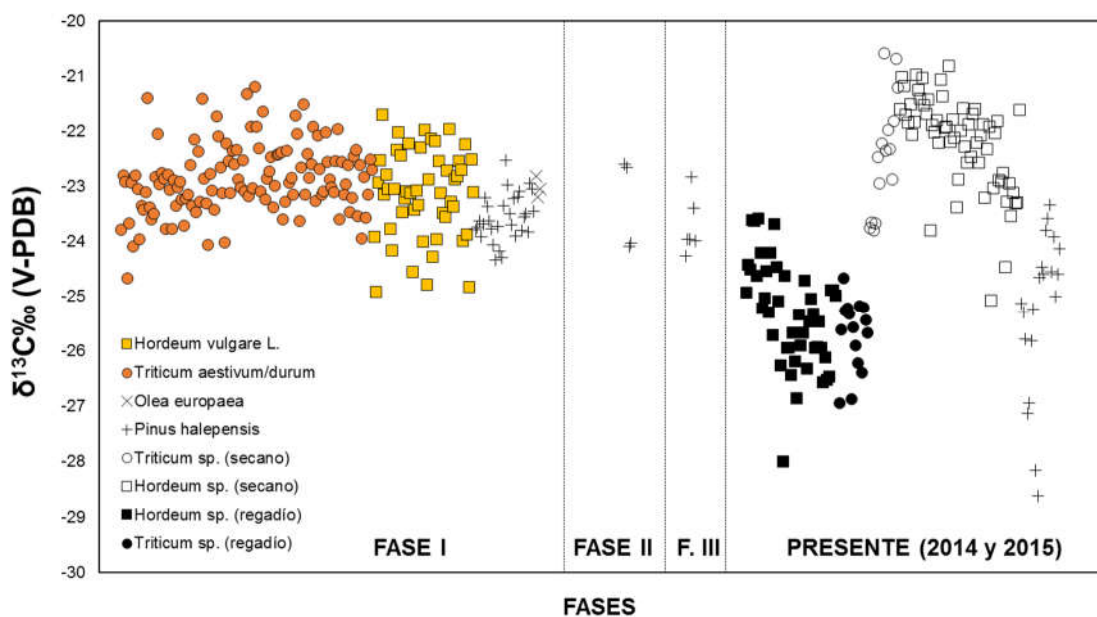


Fig. 17. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento de Terlinques (Villena, Alicante).

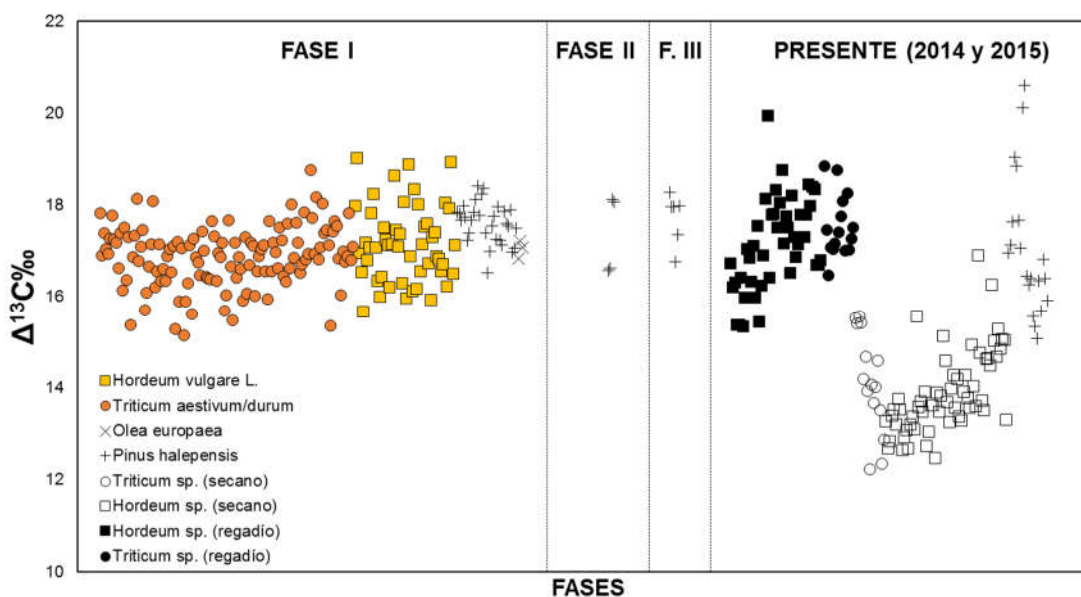


Fig. 18. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento de Terlinques (Villena, Alicante).

b) Análisis de discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}C$)

La media general para la $\Delta^{13}C$ (N=218) es de 17,08 ‰ (SD=0,72), con rango entre 15,15 and 19,02 ‰. Para las muestras de la Fase I la media es 17,06 ‰ (SD=0,72), con rango entre 15,15 y 19,02 ‰. Para la Fase II, 17,35 ‰ (SD=0,86), entre 16,57 y 18,12 ‰. Finalmente, la Fase III presenta un valor de 17,72 ‰ (SD=0,55), entre 16,77 y 18,28 ‰ (Fig. 17, 67 a y b).

En las muestras de cereales la media general es de 16,96 ‰ (Tabla 11), siendo 17,16 ‰ para los restos de *H. vulgare* L. y 16,89 ‰ para *T. aestivum/durum* (Tabla 11).

Los restos antracológicos presentan una media general de 17,56 ‰ (SD=0,50), entre 16,53 y 18,42 ‰. Para las muestras de *P. halepensis* ésta ha sido de 17,60 ‰ y para los restos de *Olea europaea*, 17,05 ‰ (Tabla 11).

En el caso de las muestras modernas, las acículas de *P. halepensis* presentan un valor medio de 17,07 ‰. En los cereales ésta es de 15,42 ‰, 15,84 ‰ (SD=1,95) para el trigo y 15,30 ‰ (SD=1,88) para las muestras de cebada.

En las semillas provenientes de campos irrigados, la media de la discriminación isotópica del carbono es 17,26 ‰ (SD=0,94), 17,55 ‰ para el trigo y 17,17 ‰ para la cebada (Tabla 11). En el caso de las muestras de secano, la media para el trigo es de 14,14 ‰ y la de la cebada 13,90 ‰. Este valor para el conjunto de los cereales de secano es de 13,95 (SD=0,94), con un rango comprendido entre 12,23 y 16,90 ‰ (Tabla 36).

c) Eficiencia en el uso del agua (WUEi)

Hemos calculado el valor de la eficiencia en el uso del agua para cada una de las muestras (WUEi, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$). La media total ha sido de 76 (SD=6), entre 61 y 91 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. En la Fase I es 76 (SD=6), entre 61 y 91 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. En la Fase II, 74 (SD=7), entre 68 y 80. Finalmente, en la Fase III 71 (SD=4), entre 67 y 79 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ (Fig. 68).

Para los restos de carbones le media es de 73 (SD= 4), con valores comprendidos entre 66 y 80 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. Teniendo en cuenta cada una de las especies, los restos de *P. halepensis* muestran un valor de 72 y *Olea europaea* de 77 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. Los cereales presentan una media de 77, siendo de 78 para *T. aestivum/durum* y de 76 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ para *H. vulgare*.

En el caso de las muestras modernas las acículas de *P. halepensis* presentan un valor medio de 109 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. Para los cereales es de 127, 123 para el trigo y 129 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ con respecto a las muestras de cebada.

En el caso de las semillas provenientes de campos irrigados, la media para el WUEi es 107 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$, 104 para el trigo y 108 para la cebada (Tablas 11 y 35). Con respecto a las semillas de secano, la media para el trigo es de 141 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ y la de la cebada 144 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. Para el conjunto de los cereales de secano ésta es de 144 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ (STD=10), con un rango comprendido entre 111 y 162 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$.

3.2. LLOMA DE BETXÍ

3.2.1. Contexto arqueológico y medioambiental

Localizado en el levante peninsular, el yacimiento de la Lloma de Betxí (UTM 30N 71420, 437840) se sitúa en una loma de suave elevación (89 m.s.n.m), con una orientación noroeste-sudeste (De Pedro 1998, 2015) (Fig. 19).

El asentamiento se encuentra en un entorno caracterizado por una vegetación aun hoy en día abundante, en la zona de la Vallesa del Mandor, donde dominan los pinos carrascos conviviendo con carrascas degradadas, lentiscas y màquias, junto a extensiones de cultivo en regadío (De Pedro 1998; Ferrer García 2015).

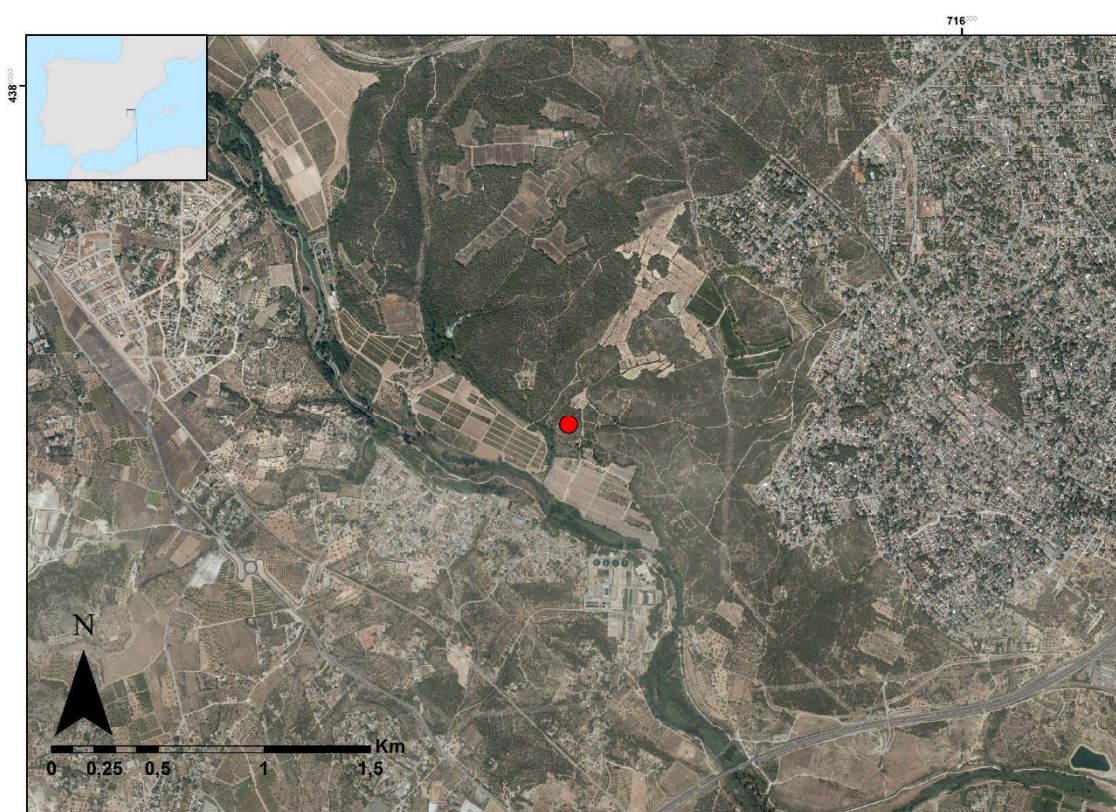


Fig. 19. Mapa con la localización del asentamiento de la Lloma de Betxí.

El regimen climático actual se caracteriza por precipitaciones con un máximo en otoño, un segundo máximo, pero con menor incidencia, en primavera, y un verano seco. Se trata de un clima semiárido, con un regimen de precipitaciones por debajo de los 350 mm anuales. En cuanto a

la temperatura, la media anual es de unos 16 °C, con máximas de 24°C y mínimas de 9 °C⁸ (De Pedro 1998; Ferrer García 2015).

A nivel geológico nos encontramos niveles estratigráficos formados por sedimentos marinos y litorales, aflorando

⁸ <http://www.paterna.es/es/servicios/medio-ambiente/la-vallesa/barrancos-climatologia-y-unidades-medioambientales.html>

areniscas, arcillas y margas. A su vez la erosión ha generado un paisaje de cerros, valles y vaguadas.

Los estudios de potencialidad agrícola muestran dos unidades de suelos claramente diferenciados: de una parte, una llanura aluvial en torno al río Turia, situada al sur del yacimiento. Estos suelos son de tipo fluvisol calcáreo, con una capacidad de uso elevada. De otra, al noreste del asentamiento se desarrolla un sustrato de calizas y margas, con un bajo nivel de uso (De Pedro 1998; Ferrer García 2015).

La investigación llevada a cabo en el yacimiento nos ofrece la visión de un asentamiento ocupado entre el 2030 y el 1500 a.n.e. Se han documentado dos niveles de ocupación, con un conjunto de materiales localizados en varios contextos bien definidos, a través de los cuales se entiende el desarrollo de la vida en este poblado levantino: las Habitaciones I y II, a lo que se suma el corredor oeste; los cortes en las laderas este, oeste y sur; y la Habitación III, situada en el sector norte (De Pedro 1998; De Pedro *et al.* 2015). Las características tanto de los materiales como del emplazamiento sugieren un asentamiento situado en relación al potencial agrícola e hídrico de las tierras circundantes (De Pedro 1998).

En el yacimiento se define una gran área central, que podría haber servido como zona de almacenaje, mientras que en otros espacios se desarrollarían actividades tanto productivas como reproductivas, destacando la existencia de varias cisternas (De Pedro 1998, 2015). No hay que pensar en un lugar central dentro de un marco político y territorial más amplio, sino en un asentamiento donde habitaría un grupo reducido. Esto, además, es coherente con la inexistencia de una cultura material que pudiera inducirnos a pensar en lo contrario (De Pedro 1998).

Los estudios antracológicos han subrayado la existencia de una vegetación formada por carrascales y lentiscales, en convivencia con plantas de ripisilva asociadas a los márgenes del río Turia (Grau Almero 1998; Carrión Marco y Grau Almero

2015). La explotación del territorio estaría determinada, en consecuencia, por el desarrollo de prácticas agrícolas y ganaderas bien documentadas en el asentamiento, junto a una explotación del medio boscoso, reflejada en la importancia de la fauna silvestre (De Pedro 1998; Sarrión Montaña 1998; Tormo Cuñat 2015).

En este contexto, los estudios carpológicos han puesto de manifiesto la existencia de una agricultura variada, dominada por los cereales (cebada y trigo), seguidos por algunos fragmentos de habas, y restos de labores de recolección como bellotas o pepitas de uva (Pérez Jordá 1998, 2015). Se ha señalado que las leguminosas se desarrollarían en zonas de huerta, irrigadas, atendiendo a la exigencia hídrica de cultivos como las habas o los guisantes. Por el contrario, para los cereales se ha propuesto que las malas hierbas apuntarían a una agricultura en régimen de secano, apareciendo no obstante plantas que podrían asociarse al régimen de regadío (Pérez Jordá 1998, 2015). Sin embargo, la entidad de los restos y el efecto de las prácticas agrícolas ha hecho que los propios investigadores subrayen los límites de esta propuesta, sin que pueda descartarse la existencia de regadío también para las especies cereales (De Pedro 1998).

3.2.2. Muestreo

En el asentamiento de la Loma de Betxí hemos realizado un muestreo de cereales con un total de 110 muestras de *Triticum aestivum/durum* (N=55) y *Hordeum vulgare* L. (N=55) (Pérez Jordá 1998). Éstas provienen de dos contextos habitacionales (Habitación I y Habitación III) y de tres niveles estratigráficos distintos (Nivel I, Capa 4 y Capa 6) (De Pedro 1998). Cada uno de dichos niveles tiene dataciones

radiocarbónicas específicas (Tabla 12) (De Pedro 2015)⁹.

ID	MUESTRA	ESPECIE	CONTEXTO	NIVEL	DATACIÓN (cal. A.N.E.)
78	LL 11/B12-2	Triticum aestivum/durum (N=20)	Habitación I	Nivel I	1750/1735
79	LL/AB 28-29/1	Hordeum vulgare L. (N=20)	Habitación III	Capa 4	2030-1770
80	B/31-32/13	Hordeum vulgare L. (N=15)	Habitación III	Capa 6	1975
81	B/31-32/13	Triticum aestivum/durum (N=15)	Habitación III	Capa 6	1975
82	B/30/14	Hordeum vulgare L. (N=20)	Habitación III	Capa 6	1975
83	A/30/5	Triticum aestivum/durum (N=20)	Habitación III	Capa 6	1975

Tabla 12. Muestreo realizado en el asentamiento de la Lloma de Betxí, según el número de estudio (ID), la denominación de la muestra durante los trabajos de excavación, especies (con número de muestras), contexto arqueológico, nivel estratigráfico y datación radiocarbónica.

⁹ Hay que señalar que, para el caso de la contextualización de la muestra 79 (Veáse Tabla 12), aunque la datación es correcta, no se corresponden con su situación estratigráfica (comentario personal María Jesús de Pedro Michó). En

cualquier caso, y a falta de nuevas excavaciones que puedan aclarar esta cuestión, utilizaremos las fechas publicadas hasta el momento.

3.2.3. Resultados

Hemos agrupado los resultados según las especies y los niveles estratigráficos (Tabla 13; Fig. 20, 21, 69 y 70). Para las muestras de *Triticum aestivum/durum* hemos obtenido una media general $\delta^{13}\text{C}$ de $-22,66\text{‰}$ (SD=0,55), con un rango comprendido entre $-23,83$ y $-21,70\text{‰}$. Esto se corresponde con un diferencial para la atmósfera de la época ($\Delta^{13}\text{C}$) de $16,65\text{‰}$, entre $15,63$ y $17,89\text{‰}$. En el caso de *Hordeum vulgare* L. la media $\delta^{13}\text{C}$ es de $-23,11$ (SD=0,75), con rango entre $-24,82$ y $-21,24$; los valores $\Delta^{13}\text{C}$ son de $17,13\text{‰}$, entre $15,19$ y $18,89\text{‰}$.

Finalmente, si consideramos la cantidad de CO_2 atmosférico en el pasado (≈ 278) los resultados de WUEi son de 80 y $76 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ para el trigo y la cebada respectivamente.

Especie (N)	Datación	Nivel estratigráfico	$\delta^{13}\text{C}\%$ (S.D) [rango]	$\Delta^{13}\text{C}$ (S.D) [rango]	WUEi (S.D) [rango]	$\delta^{13}\text{C}_{\text{atm}}$ ‰
<i>Triticum aestivum/durum.</i> (20)	1750/1735	Nivel I	-22,22 (0,40) [-23,25 a - 21,70]	16,17 (0,42) [15,63- 17,24]	83 (3) [75-87]	-6,41
<i>Hordeum vulgare L.</i> (20)	2030-1770	Capa 4	-23,76 (0,48) [-24,82 a - 23,04]	17,79 (0,50) [17,04- 18,89]	71 (4) [62-77]	-6,39
<i>Hordeum vulgare L.</i> (35)	1975	Capa 6	-22,73 (0,61) [-23,87 a - 21,24]	16,74 (0,64) [15,19- 17,92]	79 (5) [70-91]	-6,37
<i>Triticum aestivum/durum</i> (35)	1975	Capa 6	-22,92 (0,46) [-23,83 a - 21,84]	16,93 (0,48) [15,82- 17,89]	77 (4) [70-86]	-6,37

Tabla 13. Resultados obtenidos en el asentamiento de la Lloma de Betxí según especies, datación, nivel estratigráfico, composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}\%$), discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$), eficiencia en el uso del agua (WUEi) y composición isotópica del carbono del CO_2 atmosférico. Para todas las muestras, la concentración de CO_2 atmosférico es de ≈ 278 p.p.m.

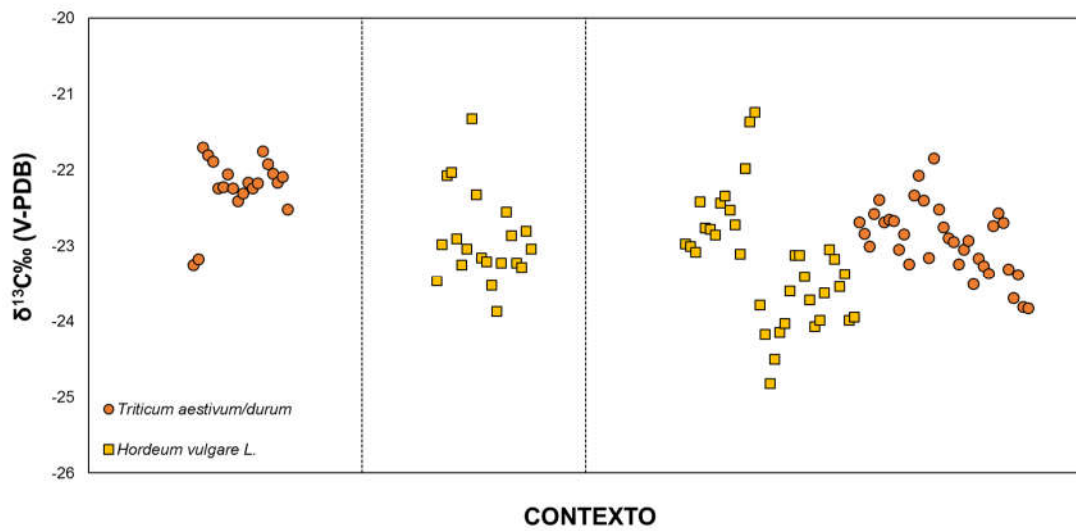


Fig. 20 Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento de la Loma de Betxí (Paterna, Valencia).

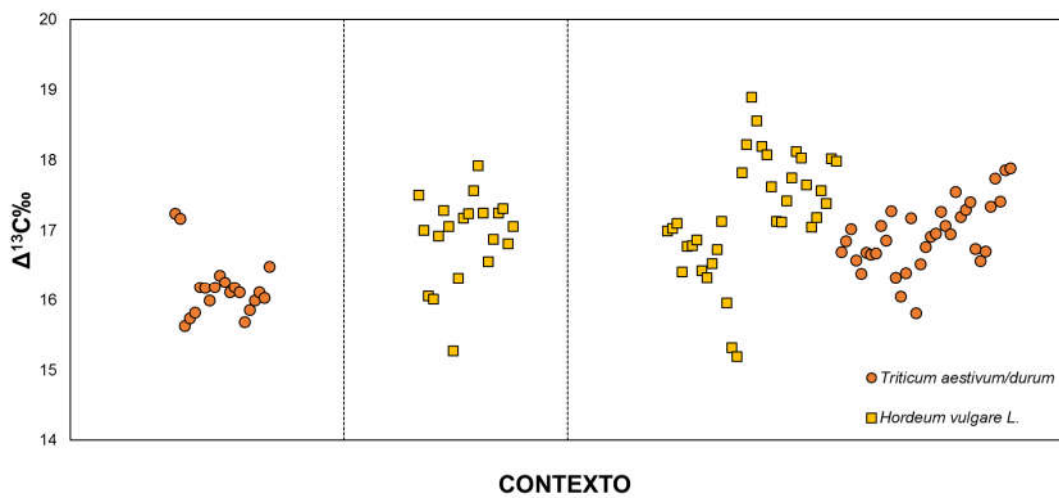


Fig. 21. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento de la Loma de Betxí (Paterna, Valencia).

3.3. MARROQUÍES BAJOS

3.3.1. Contexto arqueológico y medioambiental

Situada en la actual ciudad de Jaén, la Zona Arqueológica de Marroquíes Bajos (Fig. 22) (UTM 30N 430704 4181913, \approx 500 m.s.n.m.) es uno de los ejemplos de recintos de foso que proliferan por el resto de la península ibérica y de Europa (Thorpe 2001; Parkinson y Duffly 2007; Márquez Romero 2013; Aranda Jiménez *et al.* 2017). Con 113 hectáreas de extensión, en el sitio se han documentado hasta 18 fases de ocupación que van desde el III milenio a.n.e. hasta la actualidad (Zafra de la Torre *et al.* 1999; Zafra de la Torre *et al.* 2003; Sánchez *et al.* 2005).

La zona se caracteriza por un ombroclima seco, con precipitaciones medias entre 350 y 600 mm, concentradas entre primavera y otoño. Las temperaturas van desde los 12 °C en el mes más frío hasta los 34 °C en el más cálido (Montes Moya 2014).

Situado en el valle del Guadalquivir, nos encontramos ante una geología formada por arcillas, margas y clastos, con un desarrollo edáfico de Fluvisoles, Regosoles y Cambisoles, siendo explotados por su potencial agrícola desde tiempos prehistóricos.

El asentamiento se constituye a través de la agregación de unidades sociales básicas, las *unidades domésticas*, que se relacionan entre sí en un marco social donde los roles quedarían asignados por cuestiones

de género, de edad y procedencia (Zafra de la Torre *et al.* 1999; Zafra de la Torre *et al.* 2003). Estas unidades domésticas se materializan en los complejos domésticos. En su estudio se han documentado las transformaciones en cuanto a disposición, tamaño y técnicas constructivas a lo largo de del tiempo, las cuales reflejan un proceso de institucionalización de los grupos familiares y de las diferencias entre los mismos (Zafra de la Torre *et al.* 1999; Zafra de la Torre *et al.* 2003).

De igual modo, se señala la existencia de una asignación de tierras al menos desde la fase ZAMB4 (2125-1975 a.n.e.), siendo fruto de la descentralización de la producción económica. De esta manera, la estructuración sería consecuencia de un proceso histórico visible en las fases de colonización, concentración poblacional, intensificación agraria y dispersión documentadas en los trabajos arqueológicos (Zafra de la Torre *et al.* 1999; Zafra de la Torre *et al.* 2003).

En este caso la intensificación agrícola vendría vertebrada por la utilización del regadío, con una agricultura intensiva que fijaría las poblaciones al territorio. Las estructuras circulares que rodean al asentamiento (hasta seis fosos) jugarían un papel defensivo y otro económico, todo ello enmarcado en una significación simbólica expresada por el uso del círculo (Fig. 23) (Zafra de la Torre *et al.* 1999; Zafra de la Torre *et al.* 2003; Sánchez *et al.* 2005; Aranda Jiménez *et al.* 2017).

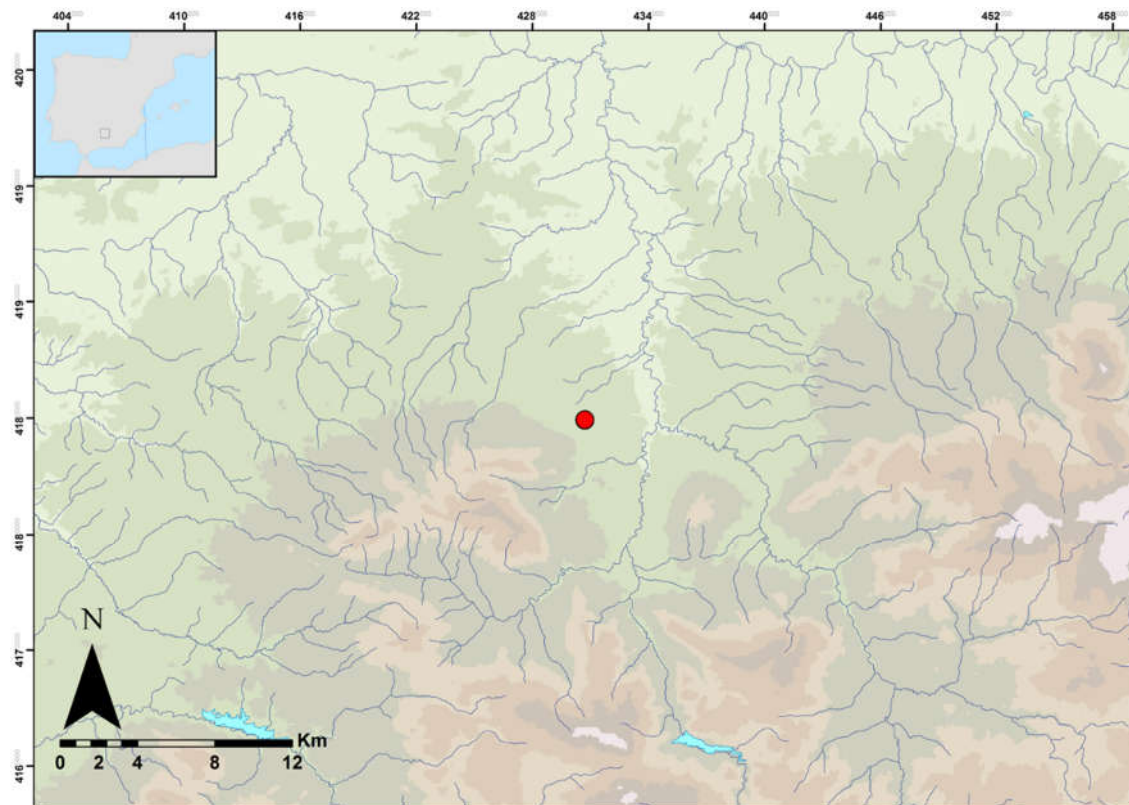


Fig. 22. Mapa con la localización del asentamiento de Marroquíes Bajos (Jaén) (círculo rojo).

3.3.2. Muestreo

La enorme extensión y complejidad del asentamiento de Marroquíes Bajos, unido a la heterogeneidad de las excavaciones llevadas a cabo nos obliga a centrarnos en algunas muestras que representan solo una parte de las potencialidades que este asentamiento tiene (Zafra de la Torre *et al.* 1999; Zafra de la Torre *et al.* 2003; Sánchez *et al.* 2005).

Los materiales estudiados en esta tesis doctoral (Montes Moya 2014) se concentran en cronologías que varían entre 2800 y 2500 a.n.e. aproximadamente, es decir, en las primeras fases del asentamiento

(ZAMB I y II aproximadamente) (Zafra de la Torre *et al.* 1999; Zafra de la Torre *et al.* 2003; Sánchez *et al.* 2005; Rodríguez-Ariza 2011). A nivel espacial, las muestras provienen de las Parcelas C y D (Montes Moya 2014).

Hemos analizado muestras pertenecientes a tres especies (*Hordeum vulgare* L., *Hordeum vulgare* var. *nudum* y *Triticum aestivum/durum*), provenientes de distintos puntos de muestreo (Tabla 14). La mayoría de éstos incluyen un número reducido de restos debido a la dificultad para disponer de una mayor cantidad de semillas en cada uno de los contextos.

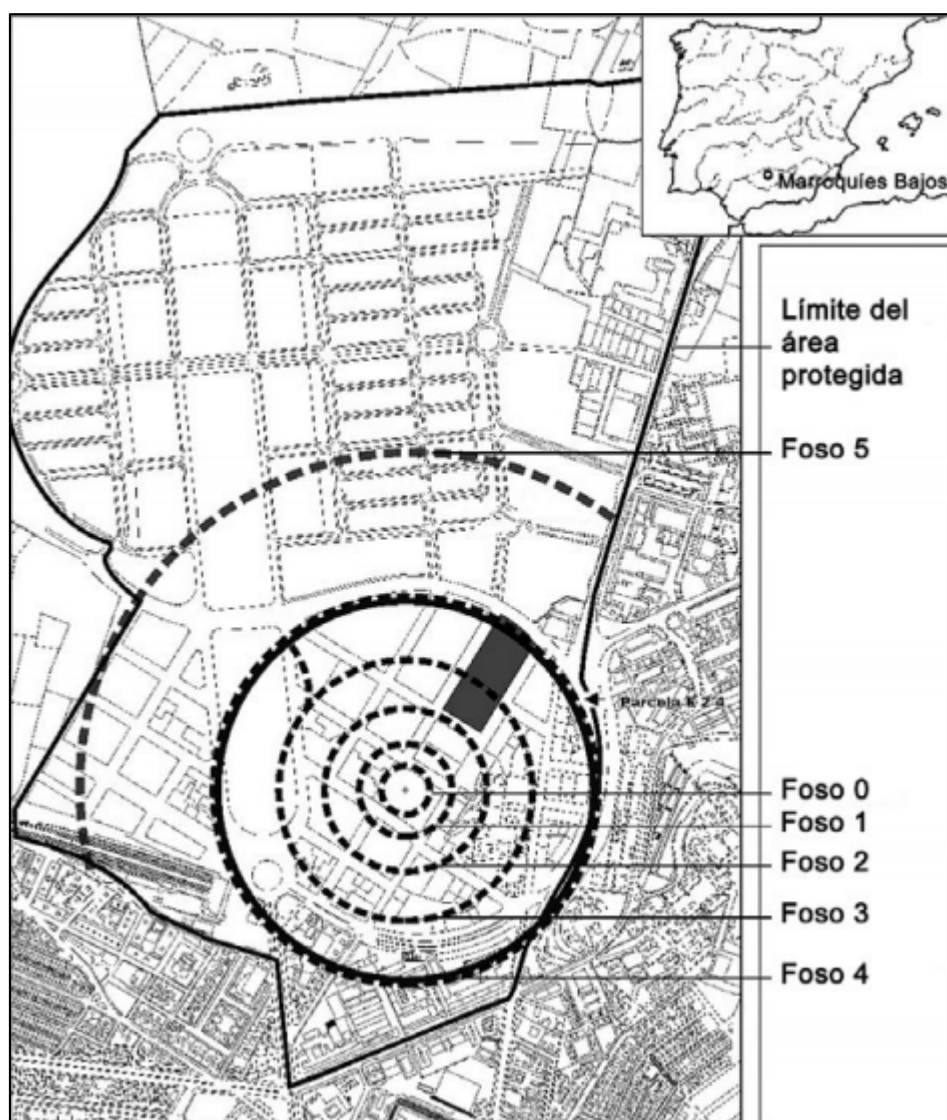


Fig. 23. Trazado hipotético de los seis fosos de Marroquíes Bajos (Jaén) con la localización del solar de la Ciudad de la Justicia en gris oscuro (Aranda Jiménez *et al.* 2017).

3.3.3. Resultados

Debido a la cantidad de muestras en los diferentes contextos (pertenecientes a las Parcelas C y D) (Tabla 14) y al hecho de ser casi contemporáneos entre sí y, por tanto, escasamente diferenciados en el tiempo, hemos decidido presentar los resultados según parcelas y especies (Tablas 15 y 37, Fig. 24, 25, 71 y 72).

Los valores obtenidos para la composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) son de $-22,73\text{‰}$ (SD=0,98) para las muestras de *Triticum aestivum/durum*, -

$23,56\text{‰}$ (SD=0,64) para las semillas de *Hordeum vulgare* L. y $-24,00\text{‰}$ (SD= 0,95) en el caso de *Hordeum vulgare* var. *nudum*. Teniendo en cuenta los cambios en la composición isotópica del CO_2 atmosférico los valores son de $16,77\text{‰}$, $17,63\text{‰}$ y $18,09\text{‰}$ respectivamente.

Finalmente, para el WUEi ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) la media ha sido de 79 para el *Triticum aestivum/durum*, 72 para *Hordeum vulgare* L. y 68 en el caso de *Hordeum vulgare* var. *nudum*.

ID	ESPECIE	DATACIÓN	PARCELA	CONTEXTO
173	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=6)	2800-2500	C	UE 5
174	<i>Hordeum vulgare</i> L. (N=2)	2800-2500	C	UE 5
177	<i>Hordeum vulgare</i> var. <i>nudum</i> (N=2)	2800-2500	C	UE 7
179	<i>Hordeum vulgare</i> var <i>nudum</i> (N=2)	2800-2500	C	UE 8
180	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=2)	2800-2500	C	UE 11
181	<i>Hordeum vulgare</i> L. (N=1)	2800-2500	C	UE 11
182	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=1)	2800-2500	D	E 17, XII
183	<i>Hordeum vulgare</i> L.(N=3)	2800-2500	D	E 17, XII
184	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=4)	2800-2500	D	E17, XIII
185	<i>Hordeum vulgare</i> L. (N=1)	2800-2500	D	E17, XIII
186	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=6)	2800-2500	D	E17, XIV
187	<i>Hordeum vulgare</i> L. (N=10)	2800-2500	D	E17, XIV

188	<i>Hordeum vulgare</i> var. <i>nudum</i> (N=10)	2800-2500	D	E17, XIV
189	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=1)	2800-2500	D	E17, XV
190	<i>Hordeum vulgare</i> L. (N=2)	2800-2500	D	E17, XV
191	<i>Hordeum vulgare</i> var <i>nudum</i> (N=10)	2800-2500	D	E17, XV
TOTAL		<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=20)	<i>Hordeum vugare</i> var. <i>nudum</i> (N= 24)	<i>Hordeum vulgare</i> L. (N=19)

Tabla 14. Muestreos realizados en el asentamiento de Marroquíes Bajos según número de estudio (ID), especie (número de muestras), datación, parcela y contexto (nivel estratigráfico).

PARCELA	ESPECIE (N)	$\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ (S.D) [rango]	$\Delta^{13}\text{C}$ (S.D) [rango]	WUEi (S.D) [rango]
Parcela C	<i>Triticum aestivum/durum</i> (8)	-22,16 (0,60) [-22,92 a -21,29]	16,18 (0,62) [15,28-16,97]	83 (5) [77-90]
	<i>Hordeum vulgare</i> L. (3)	-23,34 (1,56) [-24,88 a -21,77]	17,41 (1,62) [15,77-19,01]	74 (12) [61-86]
	<i>Hordeum vulgare var. nudum</i> (4)	-24,93 (0,97) [-26,31 a -24,06]	19,07 (1,02) [18,15-20,51]	61 (8) [50-68]
	<i>Hordeum vulgare</i> L. (16)	-23,60 (0,39) [-24,29 a -22,86]	17,67 (0,41) [16,90-18,40]	72 (3) [66-78]
Parcela D	<i>Hordeum vulgare var. nudum</i> (20)	-23,81 (0,86) [-25,83 a -22,47]	17,90 (0,89) [16,50-20,01]	70 (7) [54-81]
	<i>Triticum aestivum/durum</i> (12)	-23,11 (1,02) [-24,23 a -21,42]	17,17 (1,06) [15,41-18,75]	76 (8) [63-89]

Tabla 15. Resultados de las muestras pertenecientes al yacimiento de Marroquíes Bajos, según Parcela, especie (número de muestras), composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}\text{‰}$), discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$), eficiencia en el uso del agua (WUEi). Para todas las muestras, la composición isotópica del carbono y la concentración del CO_2 atmosférico es de -6,34y ≈ 278 p.p.m. respectivamente.

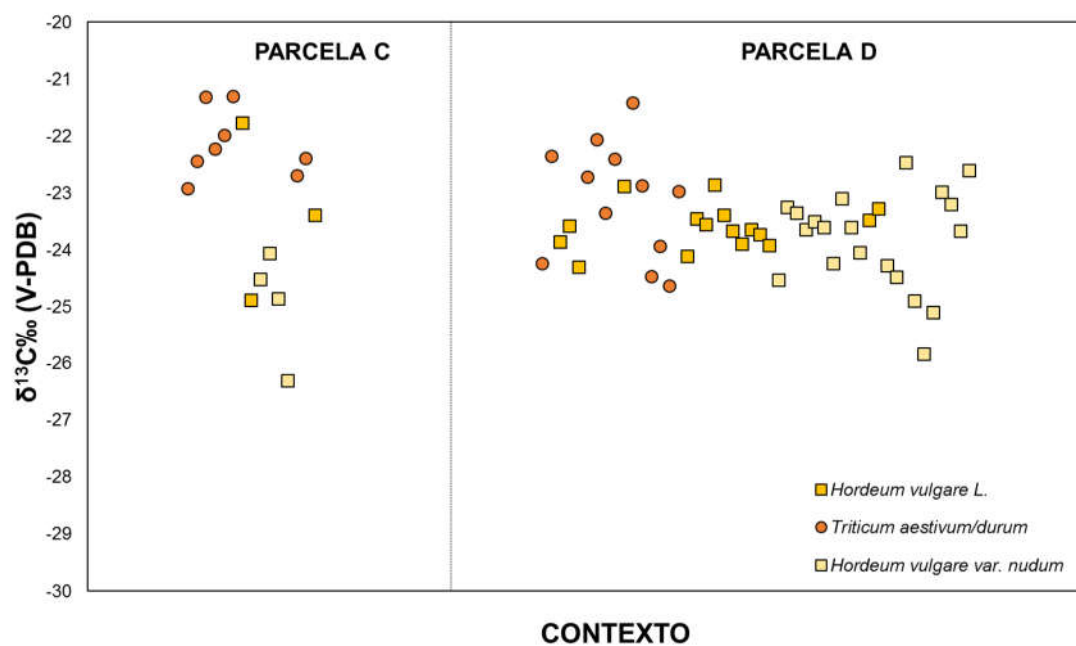


Fig. 24. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento de Marroquíes Bajos (Jaén).

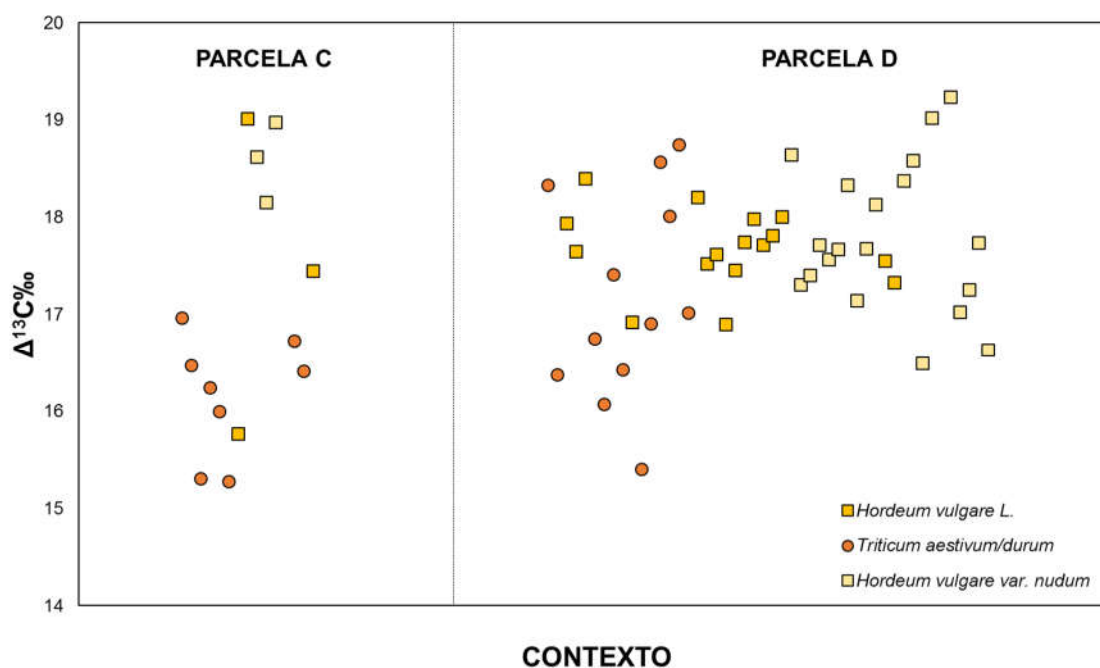


Fig. 25. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento de Marroquíes Bajos (Jaén).

3.4. VILLAVIEJA (ALGARINEJO, GRANADA)

3.4.1. Contexto arqueológico y medioambiental

Localizado en el Poniente granadino, el asentamiento de Villavieja (Fig.26) (UTM 30N 391226 4124352, 690 m.s.n.m.) se sitúa en un entorno que comunica las campiñas cordobesas, las tierras de Málaga y la depresión de Granada, en el curso medio-alto del río Genil (Morgado *et al.* 2013).

El yacimiento se encuentra en una zona de contacto de materiales geológicos diversos. Convergen, por un lado, los materiales del Trías de Antequera constituidos por arcillas, limos, yeso y sales junto a afloramientos puntuales de rocas ofíticas. Por otro lado, se presentan las series jurásicas del Subbético Medio e Interno, con abundantes afloramientos de sílex. Por último, aparecen rocas sedimentarias del Mioceno, como son las calcarenitas sobre las que se asienta el propio asentamiento (Morgado *et al.* 2013).

Su localización se sitúa entre los pisos termo y mesomediterráneo, con un régimen pluviométrico muy concentrado y una fuerte sequía durante los meses de verano. Las temperaturas son muy altas durante el estío, mientras que puede haber heladas en invierno.

La vegetación potencial es de *Quercus ilex*, seguida de *Quercus coccifera*, *Juniperus Oxyedrus*, *Rhamnus alaternus*, *Clematis flammula* o *Lonicera etrusca*. Esto se completa con especies hidrófilas asociadas a cursos de agua, como *el Tamarix*, *Salix neotricha*, *S. purpurea*, *Populus alba* o *Ulmeto minoris*.

Las primeras intervenciones arqueológicas han permitido establecer la

secuencia de ocupación de este enclave amurallado. Se han documentado dos grandes fases: Villavieja I y Villavieja II, que se desarrollan a lo largo del III milenio a.n.e., registrándose un periodo de abandono entre ambas (Morgado *et al.* 2013; Gallego Fernández 2014).

Villavieja I ha sido datada entre el ≈ 2800 -2500 a.n.e, siendo el momento de ocupación más antiguo hasta el momento, durante el cual se construye la gran muralla que circunda a todo el poblado (Morgado *et al.* 2013). Esta fase se caracteriza por material arqueológico propio del desarrollo pleno de la Edad del Cobre en estas tierras del interior, y que se dilata hasta el Horizonte campaniforme. Además, coincide con una intensa ocupación de este enclave topográfico.

Por otro lado, la segunda fase, Villavieja II, se desarrolla cronológicamente entre el ≈ 2400 y 2000 a.n.e., con cambios en la cultura material, una remodelación de la muralla preexistente y una ocupación distinta del asentamiento.

La ocupación de este asentamiento se ha puesto en relación con una fuerte antropización del medio circundante que, en un primer momento, se expresa en una estrategia de aclaración del bosque de encinar, en paralelo al desarrollo de prácticas ganaderas y agrícolas, como el polen de *cerealia* vendría a indicar (Gallego Fernández 2014). Las condiciones de aridez irían agravándose a lo largo del III milenio a.n.e., hecho observable en la desaparición de las especies de ripisilva como el fresno, a la misma vez que se documenta el máximo de ocupación del asentamiento y de las prácticas agrícolas (ca. 2536 a.n.e.). Con posterioridad se observa una cierta recuperación tanto de las especies más hidrófilas como del bosque de encinar (Gallego Fernández 2014).

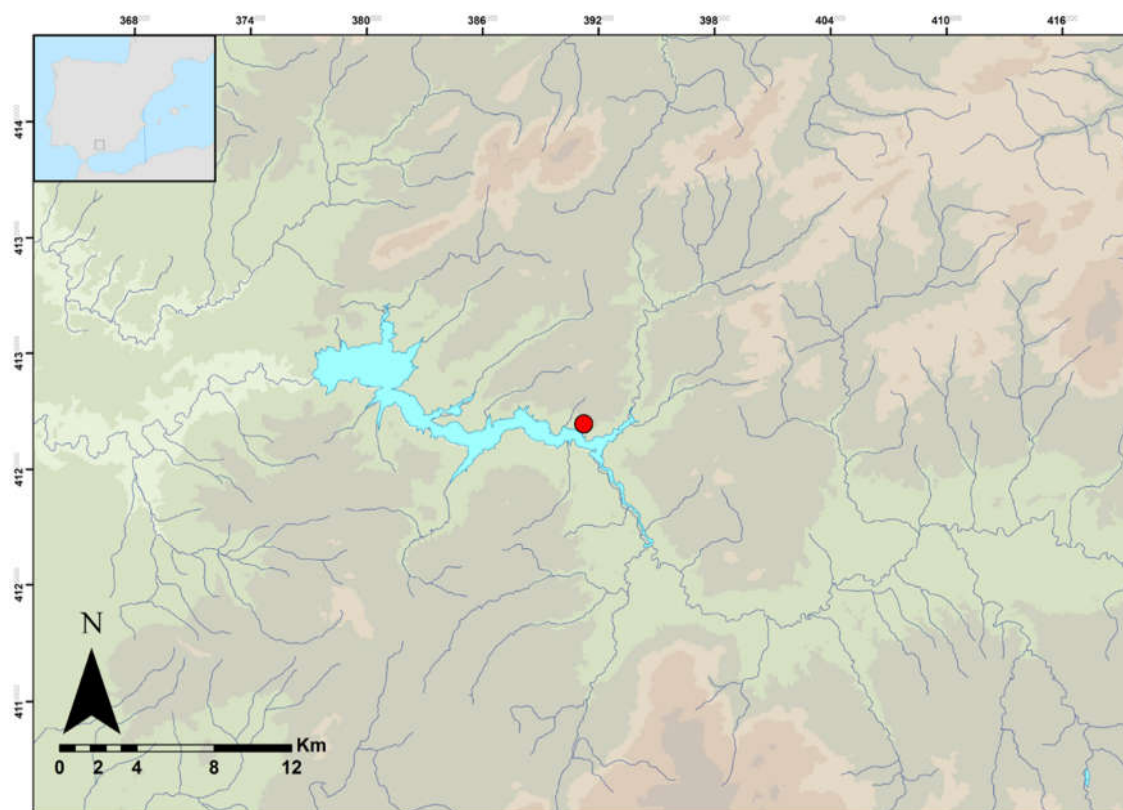


Fig. 26. Mapa con la localización del asentamiento de Villavieja (Algarinejo, Granada) (círculo rojo).

Como hemos señalado, las prácticas agrícolas y ganaderas serán una constante a lo largo de toda la ocupación. Uno de los elementos singulares que ha ofrecido las intervenciones arqueológicas hasta la fecha realizadas es el gran número de semillas carbonizadas que se han podido recuperar en todas las unidades estratigráficas definidas, destacando la cantidad de leguminosas aparecidas en el registro.

3.4.2. Muestreo

Hemos llevado a cabo un muestreo de *Pisum sativum* en tres momentos distintos en la historia del asentamiento, datados a lo largo del III milenio a.n.e: 2624-2536, 2536-2409 y 2409-2107 cal. A.N.E. (Tabla 16). Aun inéditas, las semillas han sido identificadas por la Dra. Eva Montes Moya.

ID	ESPECIE (N)	DATACIÓN	CONT.	$\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ (S.D) [rango]	$\Delta^{13}\text{C}\text{‰}$ (S.D) [rango]	WUEi (S.D) [rango]
233	<i>Pisum sativum</i> (N=14)	2107-2409	UE 005b	-25,77 (0,42) [-26,71 a -25,05]	19,95 (0,44) [19,19-20,93]	54 (3) [47-60]
234	<i>Pisum sativum</i> (N= 25)	2409-2536	UE 7.1	-25,35 (1,04) [-26,99 a -23,11]	19,52 (1,08) [17,18-21,23]	58 (8) [44-76]
235	<i>Pisum sativum</i> (N= 25)	2536-2624	UE 7.2	-23,65 (0,74) [-25,09 a -22,37]	17,74 (0,77) [16,41-19,24]	71 (6) [60-81]
TOTAL		<i>Pisum sativum</i> (N=64)				

Tabla 16. Muestreo realizado en el asentamiento de Villavieja según número de estudio (ID), especie (número de muestras), datación, contexto y resultados obtenidos.

3.4.3. Resultados

Los resultados obtenidos se recogen la Tabla 16 y las Fig. 27, 28 y 73.

La composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) del total de las semillas estudiadas es $-24,78\text{‰}$ (SD=1,23), con un rango comprendido entre $-26,99$ y $-22,37\text{‰}$.

Esto supone un valor medio con respecto a la atmósfera de la época de $18,92\text{‰}$ (SD=1,28) con rango entre $16,41$ y $21,23\text{‰}$. Finalmente, si tenemos en cuenta los cambios en la cantidad de CO_2 atmosférico, obtenemos un rango entre 44 y $81 \mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ para el WUEi, con un valor medio de 62 (SD=10).

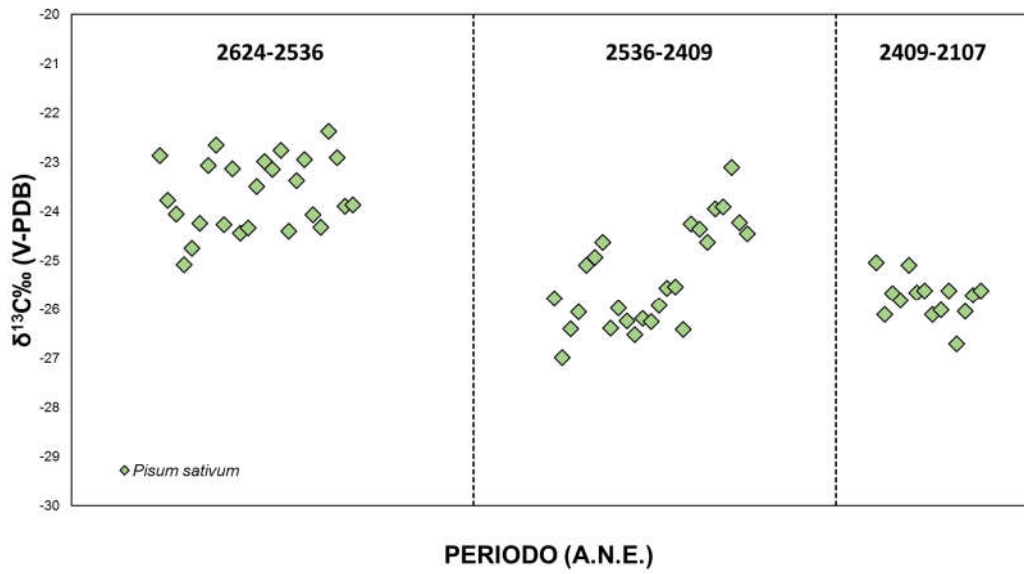


Fig. 27. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento de Villavieja (Algarinejo, Granada).

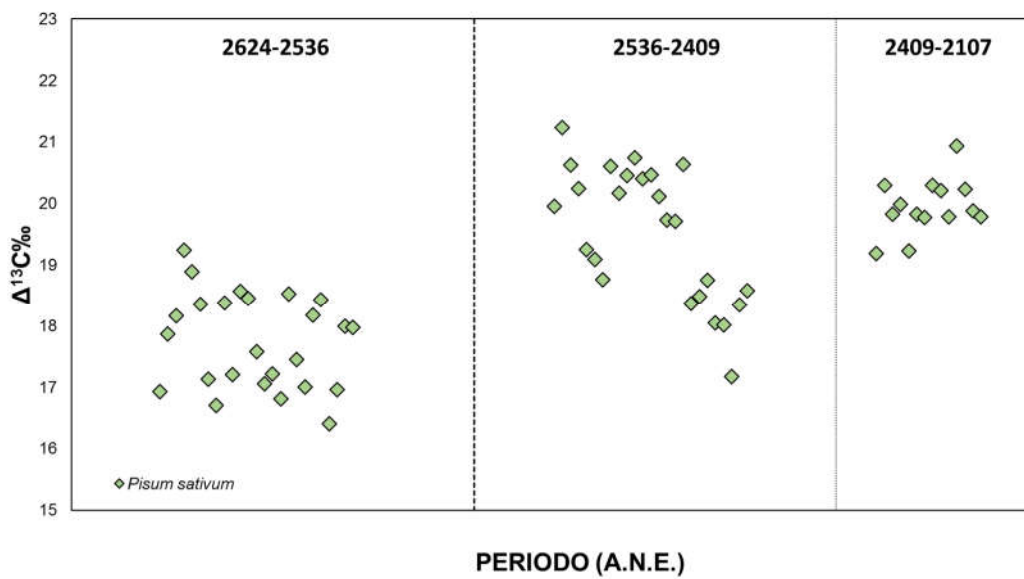


Fig. 28. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento de Villavieja (Algarinejo, Granada).

3.5. LA COMARCA DE LA LOMA

Los asentamientos de Eras del Alcázar y Cerro del Alcázar se localizan en la comarca de la Loma (Fig. 29). Situada en la provincia de Jaén, se desarrolla sobre un suelo de materiales terciarios salpicado por toda una serie de ondulaciones en el terreno. El área queda enmarcada, de un lado, por los ríos Guadalimar y Guadalquivir. De otro, queda rodeada por Sierra Morena hacia el norte, Sierra Mágina al sur, y las sierras de Cazorla y Segura al este (Lizcano Prestel *et al.* 2009; Montes 2011; Rodríguez-Ariza 2011).

Ambos asentamientos se sitúan en el piso bioclimático mediterráneo inferior,

caracterizado por un IT de 333 y un ombroclima seco, entre 350-600 mm (Rodríguez-Ariza 2011).

A nivel edafológico dominan los Cambisoles y Regosoles, con antiguos Luvisoles erosionados completando el paisaje (Rodríguez-Ariza 2011). Aunque se trata de un territorio altamente antropizado, con un marcado carácter agrícola en el que abunda el cultivo del olivo, la vegetación se caracteriza, potencialmente, por el dominio de la encina, seguida de la serie de lentiscares y coscojas y, en zonas con mayores niveles de humedad, especies como el madroño (Rodríguez-Ariza 2011).

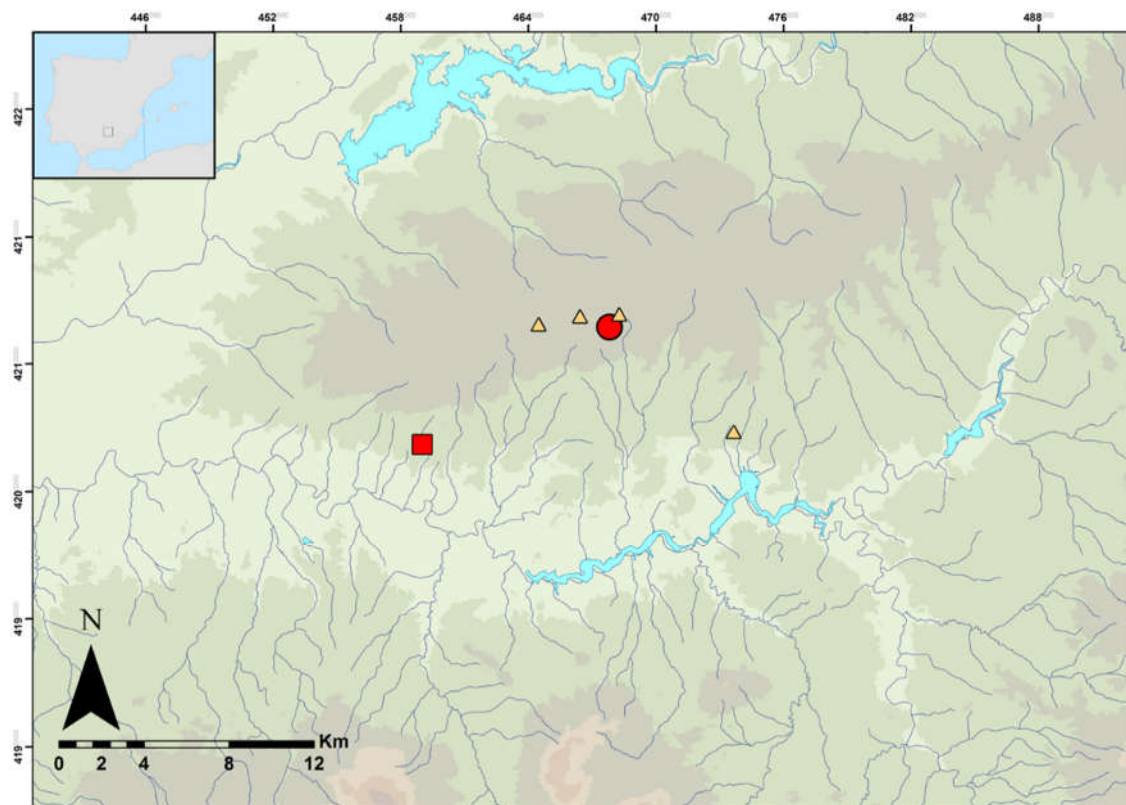


Fig. 29. Mapa con la localización de los asentamientos de Eras del Alcázar (Úbeda, Jaén) (círculo rojo) y Cerro del Alcázar (Baeza, Jaén) (cuadrado rojo). Los triángulos amarillos indican los muestreos actuales (año 2015).

3.5.1. Eras del Alcázar (Úbeda)

3.5.1.1. Contexto arqueológico

El yacimiento de las Eras del Alcázar (Fig. 29) (UTM 30N 467815 4207728, 683 m.s.n.m.), con una delimitación de unos 62.000 m², se localiza en el límite meridional del casco urbano de Úbeda (Jaén), situado sobre un espolón de forma alargada con una orientación norte-sur (Lizcano Prestel *et al.* 2009).

Las excavaciones han puesto de manifiesto la existencia de una ocupación ininterrumpida desde el IV hasta mediados del II milenio a.n.e., pudiéndose identificar las transformaciones en cuanto a técnicas constructivas, características de la cultura material y disposición espacial de los restos arqueológicos (Fig. 30) (Lizcano Prestel *et al.* 2009; Nocete *et al.* 2010).

Los primeros momentos de ocupación se caracterizan por estructuras de plantas circulares excavadas en el sustrato de arenisca, con una serie de cambios en las áreas de habitación y producción en el que se suceden fosas que van cortando los niveles anteriores. En el III milenio a.n.e este hábitat semisubterráneo es sustituido por grandes cabañas circulares (Lizcano Prestel *et al.* 2009; Nocete *et al.* 2010).

A través del desarrollo de una investigación de carácter interdisciplinar se ha podido establecer la existencia de un modelo agrario con explotación de recursos cercanos al asentamiento que queda plenamente establecido a finales del IV milenio a.n.e., con una agricultura basada en cereales y leguminosas en un entorno de pinos y abedules. Conviviría la agricultura con el desarrollo de actividades cinegéticas (Montes 2011; Rodríguez-Ariza 2011).

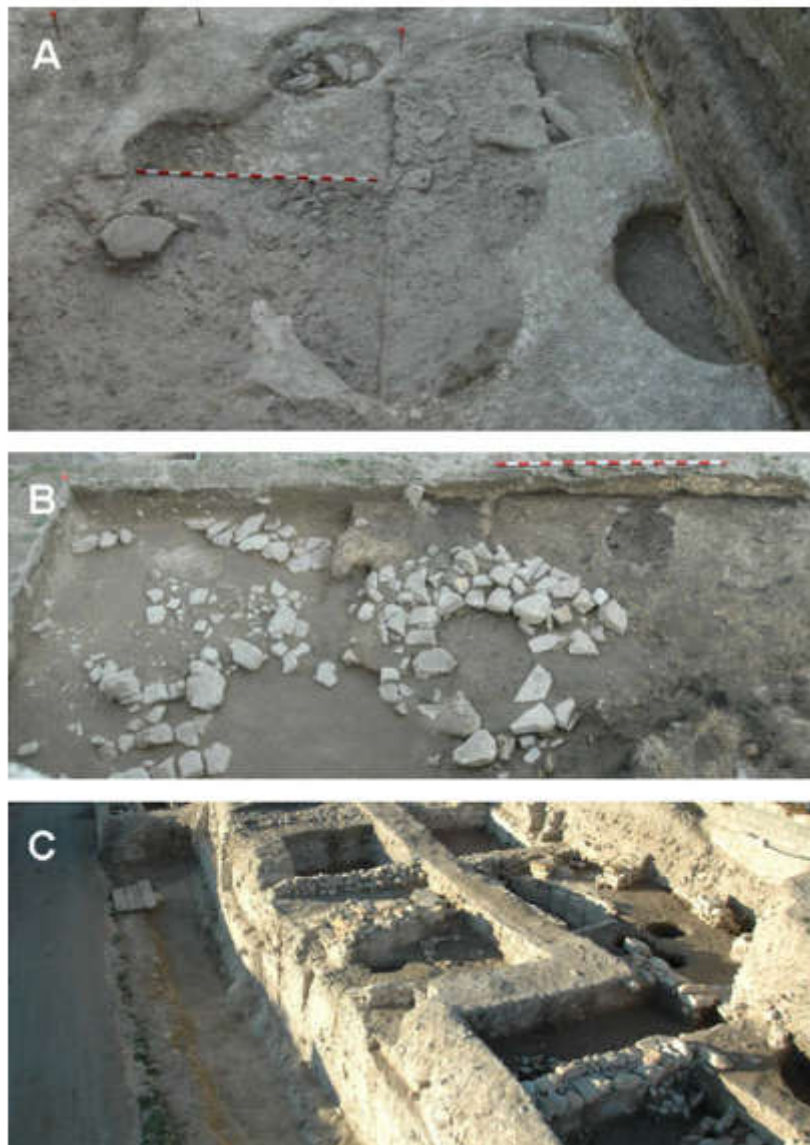


Fig. 30. Proceso constructivo observado en Úbeda a lo largo del III milenio: 3000 a.n.e. (a), 2200 (b) y 2000 (c) (Nocete *et al.* 2010)

En este periodo, como hemos señalado, nos encontramos con un entramado de estructuras circulares, excavadas en el subsuelo, con alzados de tapial. De tamaño reducido, en estas unidades habitacionales convivirían diferentes actividades de producción y reproducción. La disposición de estos contextos se caracterizaría por la horizontalidad, con la existencia de un sistema defensivo en la pendiente (Lizcano Prestel *et al.* 2009; Nocete *et al.* 2010).

A lo largo del III milenio se consolida el modelo descrito con anterioridad. Una intensificación de la producción agrícola se desarrolla en paralelo a un proceso de deforestación, en el que los niveles arbóreos pasan de un 70 a un 30 %. A la vez, se observa la consolidación del encinar y de la ganadería del cerdo. Por último, la explotación de recursos supera el marco local al que se circunscribía el período anterior (Lizcano Prestel *et al.* 2009; Nocete *et al.* 2010).

Se da paso a la construcción de viviendas circulares pero exentas, de mayor tamaño, con una división de actividades más claramente definida. Como en el anterior caso, domina la horizontalidad, prevaleciendo el sistema defensivo y con la posible existencia de una necrópolis.

A comienzos del II milenio se observa una degradación del entorno del asentamiento visible en una reducción aun mayor de la masa arbórea, la configuración de un paisaje vegetal de carácter xerófilo, que tendría razones antrópicas y climáticas (Fuentes *et al.* 2007; Rodríguez-Ariza 2011).

En este momento el asentamiento se enmarca en unas redes políticas y económicas claramente superadoras del marco local, con la existencia de productos intercontinentales (el marfil), la reducción de la explotación de materias primas y la producción manufacturera local, el desarrollo de una producción textil aún mayor, y cambios en la agricultura. Puede comprobarse la existencia de una división del trabajo con alcance regional (Lizcano Prestel *et al.* 2009; Nocete *et al.* 2010).

A partir de este momento se documenta una reordenación del espacio con cambios claramente constatables. Dominan las unidades habitacionales rectangulares, construidas con tapial y zócalos, donde se observa una división espacial del trabajo más marcada que en las etapas anteriores. Además, aparecen diferencias en cuanto a la relación con la producción y el consumo en los espacios domésticos, realacionados con una intensificación de la agricultura, sugiriéndose, a su vez, la consolidación de la propiedad privada de la tierra (Nocete *et al.* 2010). Los enterramientos aparecen ahora bajo las unidades habitacionales (Lizcano Prestel *et al.* 2009; Nocete *et al.* 2010).

Los análisis carpológicos indican el desarrollo de una agricultura basada principalmente en cereales y leguminosas. Aparecen, entre otros, restos de *Hordeum vulgare* var. *nudum*, *Triticum aestivum/durum*, *Triticum dicocum* así *Vicia faba* var. *min.*, *Pisum sativum*, *Vicia ervilia* y *Lathyrus sativum/Lathyrus cicera*

(Montes 2011). Esto sugiere una producción agrícola diversificada con gran presencia de leguminosas, que va intensificándose a lo largo del tiempo. Es un hecho interesante además que las dimensiones medias de las habas varíen a lo largo del tiempo, incrementándose desde un menor tamaño en los contextos más antiguos. Para explicar estos cambios se ha propuesto el uso del regadío, dada la posibilidad de que fueran cultivadas en régimen de huerto (Montes 2011).

3.5.1.2. Muestreo

El muestreo en el yacimiento de Eras del Alcázar nos permite tener una lectura diacrónica desde el III al II milenio a.n.e. en la Alta Andalucía. Se trata de uno de los únicos estudios existentes que cubre un periodo de este tipo (Aguilera *et al.* 2008). Hemos seleccionado tres especies: *Triticum aestivum/durum*, *Hordeum vulgare* var. *nudum* y *Vicia faba* var. *minor*. (Montes 2011; Montes Moya 2014) (Tabla 17).

Por comparación, hemos realizado un muestreo de plantas actuales en un total de cuatro parcelas, dos de ellas de *Triticum* sp. y dos de *Hordeum* sp. Todas las semillas (N=60) fueron cultivadas en condiciones de secano y recogidas en el año 2015 (Tabla 19 y 35).

ID	ESPECIE (N)	DATACIÓN	CONTEXTO
137	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=24)	2757/2778	Niveles erosivos sobre suelo de ocupación
138	<i>Hordeum vulgare var. nudum</i> (N=24)	2757/2778	Niveles erosivos sobre suelo de ocupación
139	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=25)	2400/2700	Contenedores
140	<i>Hordeum vulgare var. nudum</i> (N=24)	2400/2700	Contenedores
141	<i>Vicia faba var. minor</i> (N=23)	2400/2700	Niveles erosivos sobre suelos de ocupación
142	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=25)	2360	Fosas
143	<i>Hordeum vulgare var. nudum</i> (N=25)	2360	Fosas
144	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=25)	1976	Suelos de ocupación
145	<i>Hordeum vulgare var. nudum</i> (N=24)	1976	Suelos de ocupación
146	<i>Vicia faba var. minor</i> (N=24)	2221	Suelos de ocupación
147	<i>Hordeum vulgare var. nudum</i> (N=25)	2106/2221	Derrumbe
148	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=25)	1927	Suelo de ocupación
149	<i>Vicia faba var. minor</i> (N=25)	1831	Suelo de ocupación
TOTAL	<i>Hordeum vulgare var. nudum</i> (N=122)	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=124)	<i>Vicia faba var. minor</i> (N=72)

Tabla 17. Muestreo realizado en el asentamiento de Eras del Alcázar, según número de estudio (ID), especie (número de muestras), datación y contexto. Nótese el marco temporal muestreado.

3.5.1.3. Resultados

a) Análisis de la composición isotópica del carbono ($\delta^{13}C$)

Los resultados obtenidos para el asentamiento de Eras del Alcázar se recogen en las Tablas 18 y 19 y en las Fig. 31, 32, 74 y 77. La media para la composición isotópica del carbono ($\delta^{13}C$) de los cereales del periodo entre 2800 y 2400 a.n.e. es de -21,35 (SD=1,13), con un rango comprendido entre -24,36 y -19,15. Para 2400-2200, ésta es de -24,31 (SD=1,24), entre -26,96 y -22,06‰. Finalmente, entre el 2200 y 1800 a.n.e. el valor medio es de -23,23 (SD=0,91), con un rango de dispersión comprendido entre -25,16 y -20,13‰.

Las semillas de leguminosas para 2800-2400 arrojan valores de -23,00 (STD=0,80), entre -25,73 y -21,90. Para el 2400-2200, la media obtenida es de -21,96 (SD=1,12), entre -23,85 y -19,92. Finalmente, para el periodo 2200-1800 ésta es de -22,93 (SD=1,01), entre -24,88 y -20,65‰.

Los cereales muestreados en la actualidad (2015) presentan una media de -24,99 (SD=0,82) con un rango comprendido entre -27,05 y -22,70‰. En el caso del trigo ésta es de -24,64 (SD=0,54), entre -25,85 y -22,83‰. En cuanto a la cebada, el valor medio ha sido de -25,34 (SD=0,90), entre -27,05 y -22,70‰.

b) Análisis de discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}C$)

Los cereales del periodo entre 2800 y 2400 presentan una media para la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}C$) de 15,35 (SD=1,17), con un rango comprendido entre 13,07 y 18,48‰. En 2400-2000, ésta es de 18,43 (SD=1,29), entre 16,08 y 21,20‰. Finalmente, entre el 2200 y 1800 el valor medio es de 17,27 (SD=0,94), con un rango de dispersión comprendido entre 14,03 y 19,27‰.

Las semillas de leguminosas para 2800-2400 presentan un valor medio de 17,06 (SD=0,84), entre 15,92 y 19,91‰. Para el 2400-2200, éste es de 15,99 (SD=1,16), entre 13,86 y 17,94‰. Finalmente, para el periodo 2200-1800 la media es de 16,92 (SD=1,05), entre 14,55 y 18,95‰.

Los cereales cultivados en el año 2015 presentan valores comprendidos entre 14,43 y 18,96‰, con una media de 16,82. Para el trigo ésta es de 16,45 (SD=0,56), entre 14,56 y 17,71‰. En cuanto a la cebada, el valor medio ha sido de 17,18 (SD=0,94), entre 14,43 y 18,96‰.

c) Eficiencia en el uso del agua (WUEi)

Entre 2800 y 2400 a.n.e., el valor medio para la Eficiencia en el Uso del Agua (WUEi) ha sido de 90 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ (SD=9), con un rango comprendido entre 66 y 107 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. Entre 2400-2000, la media ha sido de 66 (SD=10), entre 45 y 84 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. Finalmente, entre el 2200 y 1800 las muestras han presentado un valor medio de 75 (SD=7), con un rango de dispersión comprendido entre 59 y 100 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$.

En el periodo de 2800-2400 las semillas de leguminosas presentan una media de 76 (SD=6), entre 54 y 85 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. Para el 2400-2200, ésta ha sido de 85 (SD=9), entre 70 y 101 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. Finalmente, para el periodo 2200-1800, el rango está comprendido entre 62 y 96, con una media de 78 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$.

En el caso de las muestras actuales (año 2015) los valores están comprendidos entre 89 y 139, con una media de 112 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. En el caso del trigo este rango se sitúa entre 103 y 137, con una media de 116 (SD=6). Finalmente, para la cebada, el valor medio ha sido de 108 (SD=10), entre 89 y 139 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$.

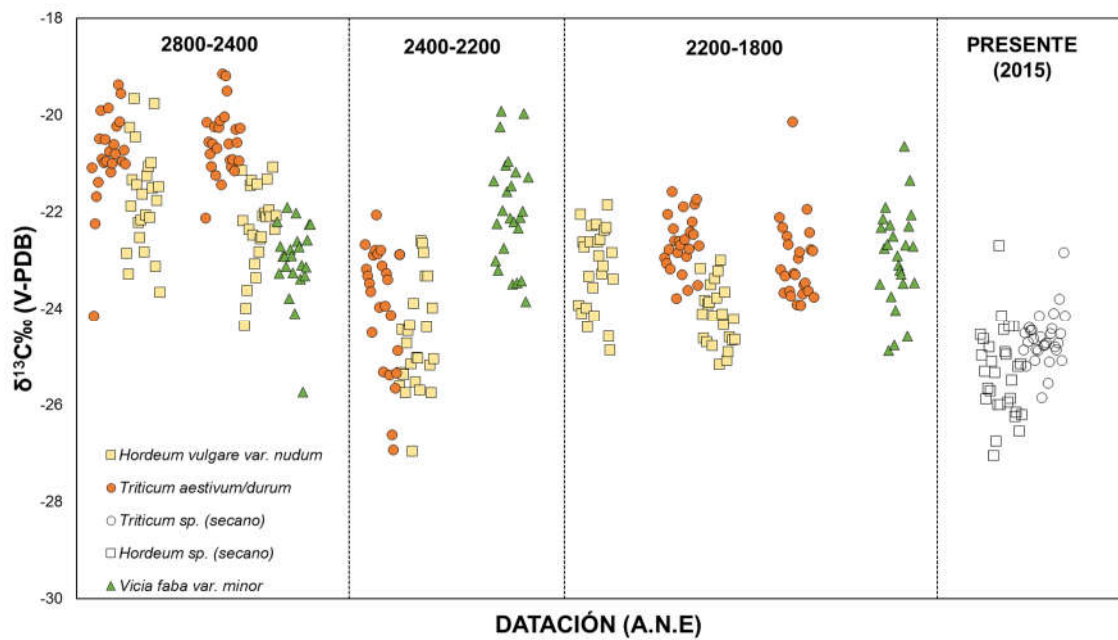


Fig. 31. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento de Eras del Alcázar (Úbeda, Jaén).

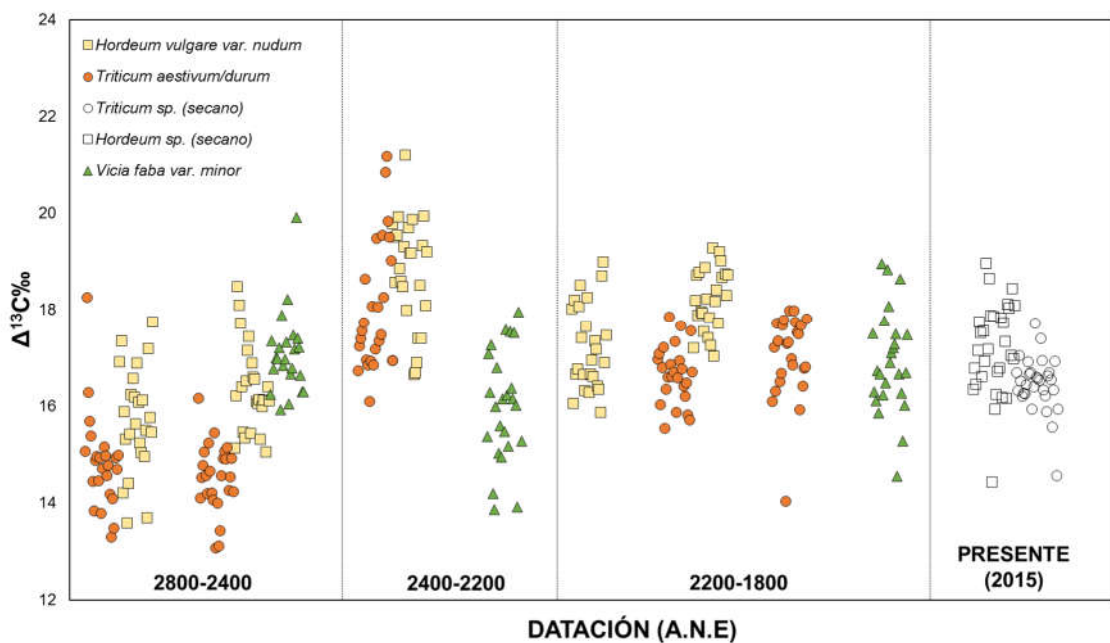


Fig. 32. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento de Eras del Alcázar (Úbeda, Jaén).

ESPECIE (N)	DATACIÓN (cal. A.N.E.)	$\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ (S.D) [rango]	$\Delta^{13}\text{C}$ (S.D) [rango]	WUEi (S.D) [rango]	$\delta^{13}\text{C}_{\text{atm}}\text{‰}$
<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=24)	2757/2778	-20,85 (0,96) [-24,15 a -19,38]	14,82 (0,99) [13,29-18,25]	94 (8) [67-105]	-6,34
<i>Hordeum vulgare var. nudum</i> (N=24)	2757/2778	-21,72 (1,05) [-23,65 a -19,65]	15,72 (1,09) [13,58-17,73]	87 (8) [71-103]	-6,34
<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=25)	2400/2700	-20,55 (0,68) [-22,13 a -19,15]	14,52 (0,70) [13,07-16,16]	96 (5) [83-107]	-6,33
<i>Hordeum vulgare var. nudum</i> (N=24)	2400/2700	-22,32 (0,88) [-24,36 a -21,07]	16,36 (0,91) [15,05- 18,48]	82 (7) [66-92]	-6,33
<i>Vicia faba var. minor</i> (N=23)	2400/2700	-23,00 (0,80) [-25,73 a -21,90]	17,06 (0,84) [15,92-19,91]	76 (6) [54-85]	-6,33
<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=25)	2360	-23,96 (1,29) [-26,93 a -22,06]	18,06 (1,35) [16,08-21,17]	69 (10) [45-84]	-6,33
<i>Hordeum vulgare var. nudum</i> (N=25)	2360	-24,65 (1,10) [-26,96 a -22,59]	18,79 (1,14) [16,64-21,20]	63 (9) [45-80]	-6,33
<i>Vicia faba var. minor</i> (N=24)	2221	-21,96 (1,12) [-23,85 a -19,92]	15,99 (1,16) [13,86-17,94]	85 (9) [70-101]	-6,33

<i>Hordeum vulgare</i> var. <i>nudum</i> (N=25)	2106/2221	-23,15 (0,85) [-24,86 a -21,85]	17,20 (0,88) [15,86- 18,99]	75 (7) [62-86]	-6,34
<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=25)	1976	-22,65 (0,58) [-23,78 a -21,58]	16,66 (0,60) [15,54-17,84]	80 (5) [70-88]	-6,37
<i>Hordeum vulgare</i> var. <i>nudum</i> (N=24)	1976	-24,14 (0,62) [-25,16 a -23,00]	18,21 (0,65) [17,02-19,27]	68 (5) [59-77]	-6,37
<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=25)	1927	-23,02 (0,83) [-23,93 a -20,13]	17,03 (0,87) [14,03-17,98]	77 (7) [69-100]	-6,38
<i>Vicia faba</i> var. <i>minor</i> (N=25)	1831	-22,93 (1,01) [-24,88 a -20,65]	16,92 (1,05) [14,55-18,95]	78 (8) [62-96]	-6,40

Tabla 18. Resultados obtenidos en el asentamiento de Eras del Alcázar según especies, datación, composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}\%$), discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$), eficiencia en el uso del agua (WUEi) y composición isotópica del carbono del CO_2 atmosférico. Para todas las muestras, la concentración de CO_2 atmosférico es de ≈ 278 p.p.m.

PARCELA	ID	ESPECIE (N)	$\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ (S.D) [rango]	$\Delta^{13}\text{C}$ (S.D) [rango]	WUEi (S.D) [rango]
21	162	<i>Hordeum sp.</i> (N=15)	-25,36 (1,03) [-27,05 a -22,70]	17,20 (1,08) [14,43-18,96]	108 (12) [89-139]
22	163	<i>Triticum sp.</i> (N=15)	-24,76 (0,41) [-25,85 a -24,15]	16,57 (0,42) [15,94-17,71]	115 (5) [103-122]
23	164	<i>Triticum sp.</i> (N=15)	-24,53 (0,64) [-25,55 a -22,83]	16,33 (0,67) [14,56-17,39]	118 (7) [106-137]
24	165	<i>Hordeum sp.</i> (N=15)	-25,33 (0,79) [-26,54 a -24,14]	17,17 (0,83) [15,93- 18,43]	109 (9) [95-122]
TOTAL			-24,99 (0,82) [-27,05 a -22,70]	16,82 (0,85) [14,43-18,96]	112 (9) [89-139]

Tabla 19. Resultados obtenidos para las plantas actuales (2015) analizadas en el entorno del asentamiento de Eras del Alcázar según parcela, especie, composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}\text{‰}$), discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$), eficiencia en el uso del agua (WUEi) y composición isotópica del carbono del CO_2 atmosférico. Para todas las muestras, la $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ y concentración de CO_2 atmosférico es de -8,6 y ≈ 399 p.p.m. respectivamente.

3.5.2. Cerro del Alcázar (Baeza)

3.5.2.1. Contexto arqueológico

El asentamiento del Cerro del Alcázar (Fig. 29) (UTM 30N 459009 4202219, 750 m.s.n.m.) se localiza en Baeza (Jaén), sobre un espolón en la zona meridional del municipio, suponiendo un lugar con características defensivas y de control del territorio, como ocurre con Eras del Alcázar (Zafra 1991; Zafra y Pérez-Bareas 1992, 1993).

Las excavaciones arqueológicas han puesto de manifiesto una larga ocupación humana desde el II milenio hasta la Edad Media, interrumpida por momentos de hiatus (Zafra 1991; Zafra y Pérez-Bareas 1992, 1993). En este trabajo hemos analizado las muestras correspondientes a dos de las cuatro fases de ocupación datadas entre el 2000 y 1800 a.n.e. (Montes 2011; Montes Moya 2014).

A lo largo de esas fases se observa una evolución en cuanto a los materiales constructivos, la organización de los espacios productivos y reproductivos y la entidad de la cultura material hallada. La Fase I se caracteriza por construcciones con material perecedero, contrastando con la Fase II, donde los muros de mampostería construidos transversalmente a la pendiente delimitan nuevos espacios. Ésta termina con un nivel de destrucción generalizado visible en los derrumbes de muros y en una capa de restos carpológicos y ceniza (Zafra 1991; Zafra y Pérez-Bareas 1992, 1993).

En la Fase III vemos una reorganización del espacio, con la construcción de plataformas para las terrazas artificiales y la existencia de múltiples espacios bien delimitados y caracterizados por una cultura material que nos está definiendo procesos productivos y reproductivos específicos.

Por último, nos encontramos con la Fase IV, muy afectada por los procesos

postdeposicionales (Zafra 1991; Zafra y Pérez-Bareas 1992, 1993).

Al contrario que en el caso anterior, la representación de especies es menor. Prácticamente todas ellas corresponden a las Fases II y III, con un escaso número de datos para el resto. Cabe destacar que, de un lado, las leguminosas son escasas en las fases estudiadas; por otro, se documenta un proceso de incremento en la presencia de *Hordeum vulgare* L. desde la Fase II, donde domina el *Triticum aestivum/durum*, hasta la Fase III (Montes 2011).

3.5.2.2. Muestreo

Para el asentamiento del Cerro del Alcázar (Baeza, Jaén) hemos seleccionado un total cuatro especies, correspondientes a las fases II y III del asentamiento (Zafra 1991; Zafra y Pérez-Bareas 1992, 1993): *Hordeum vulgare* L., *Triticum aestivum/durum*, *Hordeum vulgare* var. *nudum* y *Triticum dicoccum* (Montes 2011; Montes Moya 2014) (Tabla 20).

ID	ESPECIE (N)	DATACIÓN	FASE	CONTEXTO
157	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=25)	1793	II	Derrumbe
158	<i>Hordeum vulgare</i> var. <i>nudum</i> (N=25)	1887/1833	III	Derrumbe
159	<i>Hordeum vulgare</i> L. (N=25)	1887/1833	III	Derrumbe
160	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=25)	1887/1833	III	Derrumbe
161	<i>Vicia faba</i> var. <i>minor</i> (N=25)	1887/1833	III	Suelo de ocupación
TOTAL	<i>Hordeum vulgare</i> L. (N=25)	<i>Hordeum vulgare</i> var. <i>nudum</i> (N=25)	<i>Triticum</i> <i>aestivum/durum</i> (N= 50)	<i>Vicia faba</i> var. <i>minor</i> (N=25)

Tabla 20. Muestras realizadas en el asentamiento del Cerro del Alcázar según número de estudio (ID), especie (número de muestras), datación, fase y contexto.

3.5.2.3. Resultados

Los valores medios de $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ para las muestras de cereales del Cerro del Alcázar han sido de -22,47 (SD= 0,69), entre -24,26 y -20,94‰. Para $\Delta^{13}\text{C}\text{‰}$ la media es de 16,44, con un rango entre 14,86 y 18,31‰. Según el cálculo del WUEi, la media ha sido de 81 (SD=5), entre 67 y 93 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ (Tabla 21; Fig. 33, 34 y 75-77).

ESPECIE (N)	FASE	$\delta^{13}\text{C}\%$ (S.D) [rango]	$\Delta^{13}\text{C}$ (S.D) [rango]	WUEi (S.D) [rango]	$\delta^{13}\text{C}_{\text{atm}}\%$
<i>Triticum aestivum/durum</i> (25)	Fase II	-22,24 (0,60) [-23,12 a -21,05]	16,19 (0,62) [14,95-17,10]	83 (5) [76-93]	-6,41
<i>Hordeum vulgare</i> L. (25)	Fase III	-22,88 (0,66) [-24,26 a -21,69]	16,87 (0,69) [15,64-18,31]	78 (5) [67-87]	-6,39
<i>Triticum aestivum/durum</i> (25)	Fase III	-22,29 (0,57) [-23,62 a -21,32]	16,26 (0,59) [15,26-17,65]	83 (5) [72-90]	-6,39
<i>Hordeum vulgare</i> <i>var. nudum</i> (25)	Fase III	-22,46 (0,75) [-24,03 a -20,94]	16,44 (0,78) [14,86-18,07]	81 (6) [69-93]	-6,39
<i>Vicia faba</i> var. <i>minor</i> (25)	Fase III	-22,28 (0,74) [-23,92 a -21,06]	16,26 (0,77) [14,98-17,96]	83 (6) [69-92]	-6,39

Tabla 21. Valores medios para las muestras arqueológicas analizadas en el Cerro del Alcázar (Baeza, Jaén) de acuerdo con las especies estudiadas (número de muestras), la fase de pertenencia, los valores de composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$), de discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$), eficiencia en el uso del agua (WUEi) y composición isotópica del carbono atmosférico ($\delta^{13}\text{C}_{\text{atm}}$). Para todas las muestras, la concentración de CO_2 (p.p.m.) es de ≈ 278 .

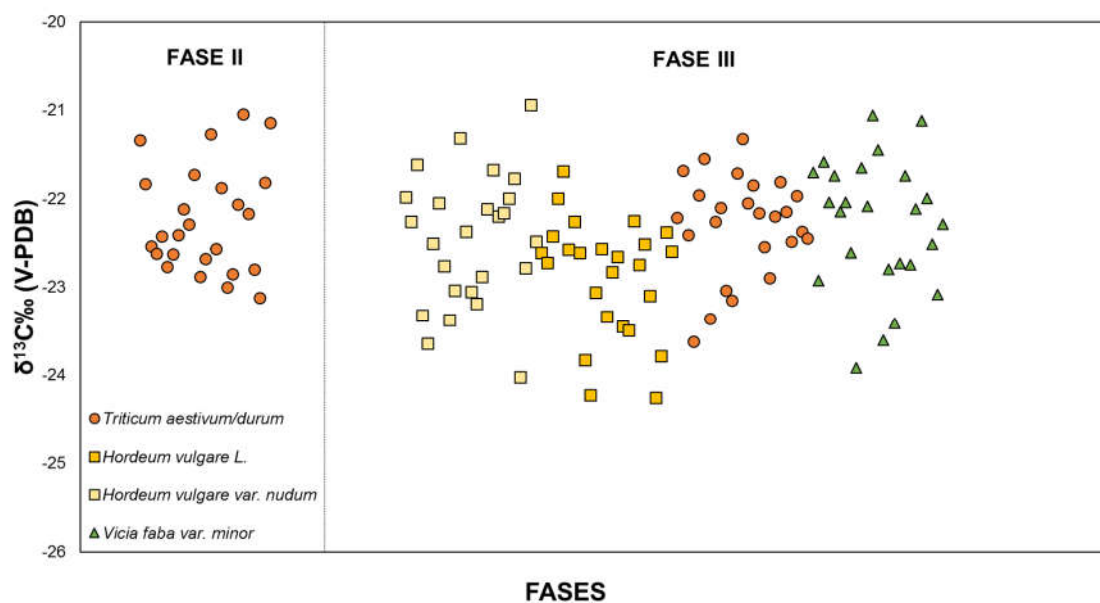


Fig. 33. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento del Cerro del Alcázar (Baeza, Jaén).

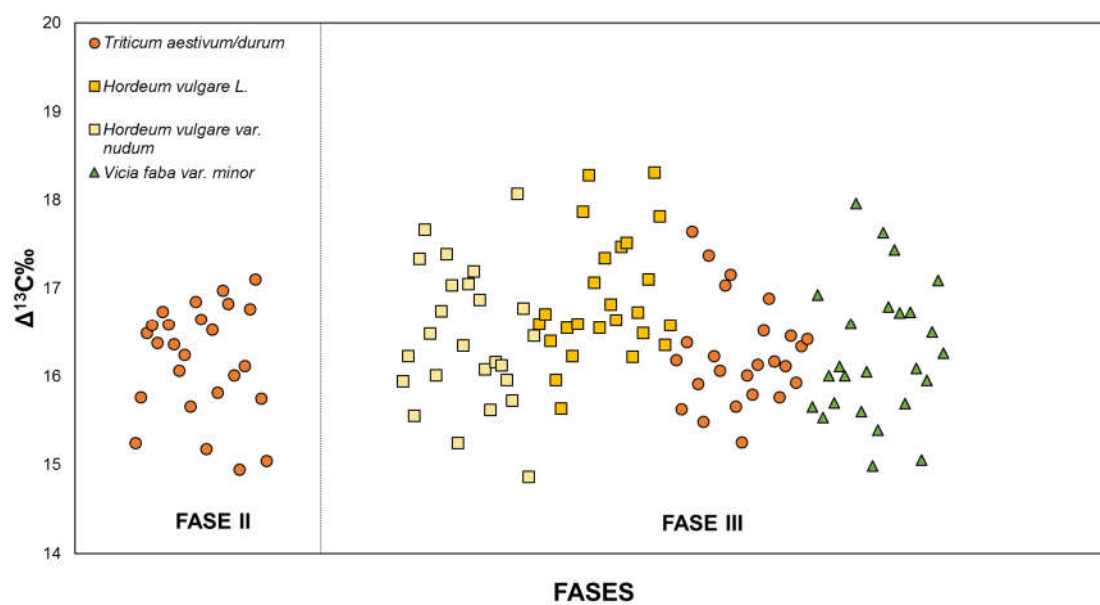


Fig. 34. Gráfica de dispersión donde se muestran los resultados obtenidos para la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento del Cerro del Alcázar (Baeza, Jaén).

3.6. CERRO DE PLAZA DE ARMAS DE SEVILLEJA (ESPELUY, JAÉN)

3.6.1. Contexto arqueológico y medioambiental

El Cerro de la Plaza de Armas de Sevilleja (Fig. 35) (UTM 30N 426046 4210557, 256 m.s.n.m.) se sitúa en el término municipal de Espeluy (Jaén), en el margen derecho del río Guadalquivir. Su ocupación se data entre 1973-1764 cal. BC (3544 +/- 34 BP, CNA). La elevación presenta forma de espolón amesetado, localizada sobre una terraza del citado río en un vado natural entre las poblaciones de Mengibar y Andújar (Contreras Cortés *et al.* 1987; Contreras Cortés *et al.* 2004).

A nivel climático, las precipitaciones en la zona se caracterizan por una media de 300-500 mm anuales, con temperaturas de 17,4°C.

Los trabajos, realizados en 1985 muestran una ocupación del lugar desde época Neolítica, con tres fases de ocupación documentadas en la parte más alta de la ladera (Corte 1). En los cortes 1, 2 y 4 se encontraron restos de época íbero-romana, mientras que las evidencias relacionadas con la Edad del Bronce se hallaron en los corte 1, 2 y 3 (Contreras Cortés *et al.* 1987).

Como en el caso anterior, estamos ante un asentamiento que presenta las características de la Cultura del Argar: ocupación del cerro a través de aterrazamientos artificiales, con múltiples fases constructivas. Tanto las condiciones geográficas del lugar como los restos de cultura material encontrados (dientes de hoz, vasijas, azuelas, carporrestos, etcétera) han hecho pensar en una estrategia agroganadera como principal ocupación económica del yacimiento, dentro de un marco territorial con asentamientos especializados y

jerarquizados (Contreras Cortés *et al.* 1987; Contreras Cortés 2000; Contreras Cortés *et al.* 2004; Lull *et al.* 2010).

3.6.2. Muestreo

Hemos seleccionado un conjunto de 28 semillas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) que fueron encontradas junto a un recipiente cerámico en el Corte 1 (Tabla 22) (Contreras Cortés *et al.* 1987; Buxó 1991; Mora-González 2012).

3.6.3. Resultados

Los resultados quedan recogidos en la Tabla 22 y en las Figuras 36, 37, 77-79. La media obtenida para las muestras del Cerro de Plaza de Armas de Sevilleja es de -24,60 (SD=0,64) con rango entre -25,90 y -23,03‰. Esto se corresponde con un diferencial para la época de 18,67‰, con rango entre 17,03 y 20,02‰. Finalmente, el cálculo del WUE_i indica una media de 64, con rango entre 54 y 77 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. A modo de comparación podemos contar con los resultados obtenidos para las plantas actuales en el asentamiento de Peñalosa.

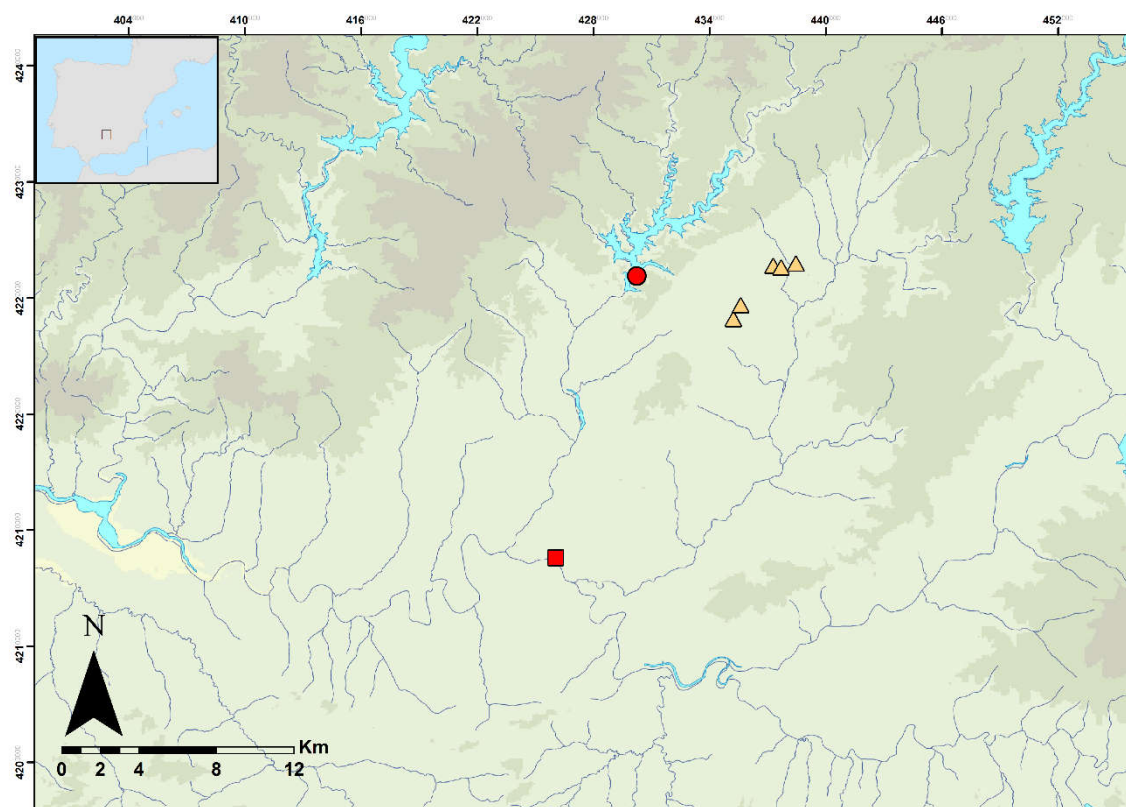


Fig. 35. Mapa con la localización de los asentamientos de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén) (Círculo rojo) y Cerro de Plaza de Armas de Sevilleja (Espeluy, Jaén) (cuadrado rojo). Nótese los embalses artificiales (áreas azules) construidas en el siglo XX. Los triángulos indican las muestras del presente (años 2014 y 2015).

ID	ESPECIE (N)	DATACIÓN	CONT.	$\delta^{13}\text{C}\%$ (S.D) [rango]	$\Delta^{13}\text{C}\%$ (S.D) [rango]	WUEi (S.D) [rango]
1605	<i>Hordeum vulgare</i> L. (N=28)	1973-1764	Corte 1	-24,60 (0,64) [-25,90 a -23,03]	18,67 (0,67) [17,03-20,02]	64 (5) [54-77]

Tabla 22. Resultados obtenidos en el yacimiento de Plaza de Armas de Sevilleja (Espeluy, Jaén) según número de estudio (ID), especie (número de muestras), datación, contexto, composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}\%$), discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}\%$) y eficiencia en el uso del agua (WUEi). La $\delta^{13}\text{C}\%$ del CO_2 atmosférico para la época es de -6,39 y la cantidad de CO_2 es de ≈ 278 p.p.m.

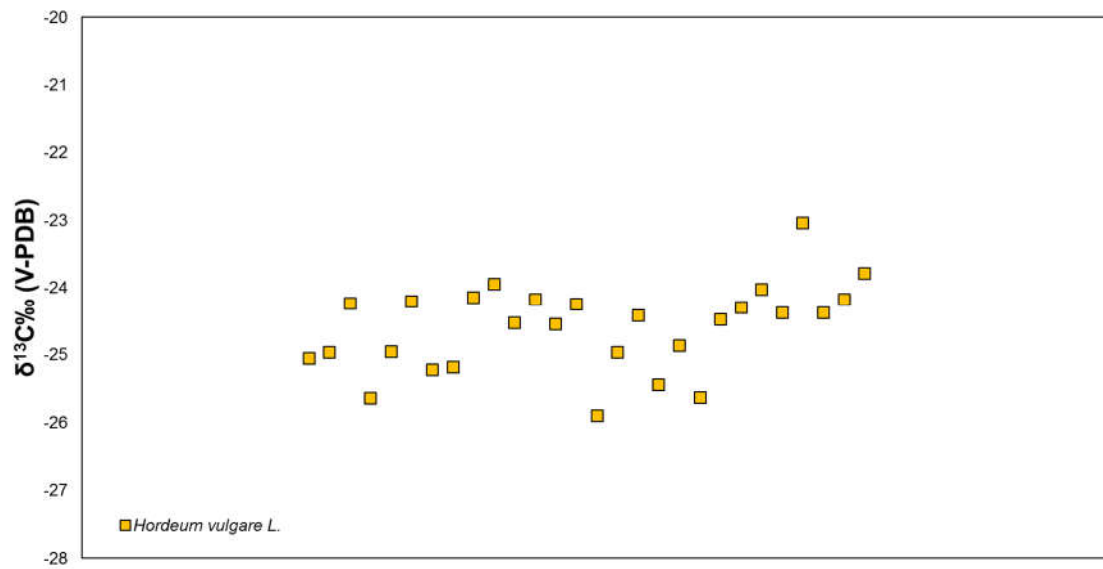


Fig. 36. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento de Cerro de Plaza de Armas de Sevilleja (Espeluy, Jaén).

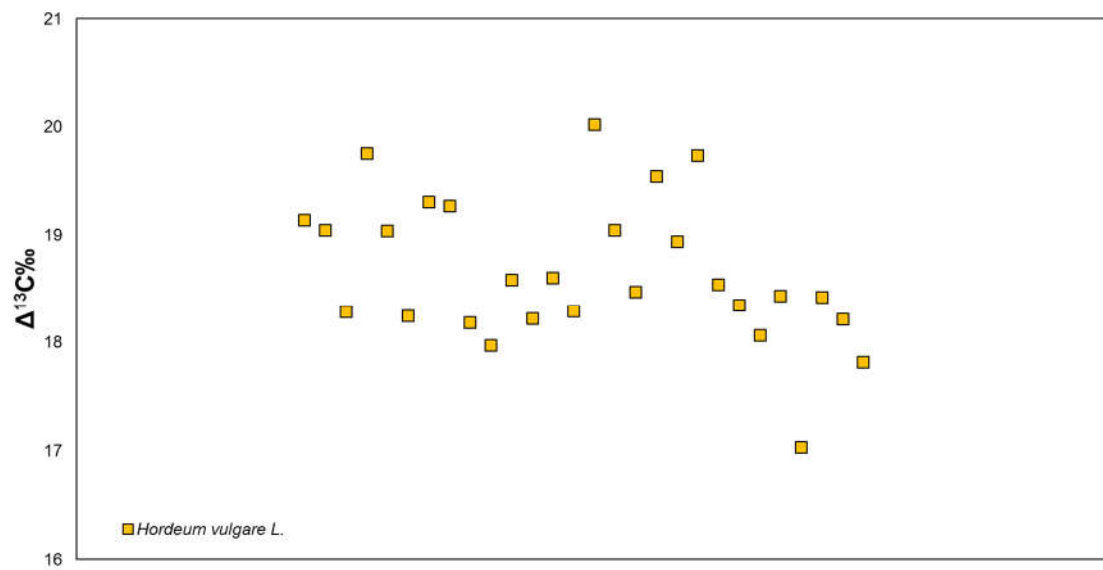


Fig. 37. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento de Cerro de Plaza de Armas de Sevilleja (Espeluy, Jaén).

3.7. PEÑALOSA (BAÑOS DE LA ENCINA, JAÉN)

3.7.1. Contexto arqueológico y medioambiental

Peñalosa (UTM 30N 430486 4225190), situado en el embalse del río Rumblar (Fig. 35), es un asentamiento de gran interés no solamente por su localización en Sierra Morena y su papel en el mundo argárico en relación con la explotación del mineral sino también por la calidad de la información disponible, siendo uno de los yacimientos que han proporcionado un registro más rico para el conocimiento de la Edad del Bronce en el sudeste peninsular (Contreras Cortés 2000; Contreras Cortés y Cámara Serrano 2002; Contreras Cortés *et al.* 2005; Alarcón García 2010; Contreras Cortés *et al.* 2014).

La zona donde se localiza el yacimiento se caracteriza por un clima mediterráneo seco, con gran amplitud térmica y veranos especialmente secos. Las precipitaciones medias anuales se sitúan entre 500 y 700, con una lluvia útil entre 200 y 400 mm (Jaramillo 2005).

A nivel geológico se han identificado toda una serie de suelos clasificados según los parámetros no jerárquicos de la FAO: Fluvisoles (suelos aluviales), Litosoles, Arenosoles (suelos arenosos), Phaeozems (brunisems), Cambisoles (suelos empardecidos) y Luvisoles (suelos lavados), aunque predominan los Regosoles (también conocidos como Entisoles) (Jaramillo 2005).

En relación con las series vegetales, el asentamiento se sitúa en una zona dominada por encinares y en menor medida alcornocales. Además, también se encuentran especies asociadas a pisos termomediterráneos (Rodríguez Ariza 1992; Rodríguez Ariza 2000a).

Adscrito a la Cultura del Argar, está formado por Unidades Habitacionales (U.H.) rectangulares o pseudorectangulares que se extienden a lo largo de un cerro aprovechando las curvas de nivel del mismo. Así, su urbanismo adquiere una morfología en la que se pueden distinguir tres terrazas (Inferior, Media y Superior) y una zona alta o Acrópolis (Fig. 38) (Contreras Cortés 2000; Contreras Cortés *et al.* 2001; Contreras Cortés y Cámara Serrano 2002; Contreras Cortés *et al.* 2005; Alarcón García 2010; Contreras Cortés *et al.* 2014).

La cantidad de cereales y restos botánicos recuperados en relación con cada uno de los contextos habitacionales señala la importancia de la agricultura y las condiciones locales para el desarrollo de la misma en este asentamiento (Arnanz 1991; Peña Chocarro 2000a, b). Así, además de aprovecharse el entorno del río Rumblar (hoy bajo el embalse) se podrían estar explotando otras áreas cercanas (Arnanz 1991; Lull *et al.* 2010). Las especies más comunes son el trigo, la cebada y las leguminosas, aunque aparecen otras de plantas como el lino o la lavanda (Arnanz 1991; Peña Chocarro 2000a, b).

Los restos de fauna también sugieren la importancia de la ganadería en la zona (Contreras Cortés 2000; Sanz Bretón y Morales Muñiz 2000). En general, el poblado parece organizarse con relación a la explotación de diferentes recursos a lo largo del territorio, algo consistente con las paleopatologías documentadas, que sugieren una gran movilidad de la población (Contreras Cortés *et al.* 1995; Cámara Serrano *et al.* 1996; Contreras Cortés 2000; Alarcón García 2010; Alarcón García y Mora González 2014).

3.7.2. Muestreo

Para la realización de este trabajo hemos analizado plantas arqueológicas y actuales (años 2014 y 2015). Los restos arqueobotánicos consisten en un total de 280 muestras de semillas carbonizadas (*Hordeum vulgare* L., cebada, y *Pisum sativum*, guisantes) provenientes de nueve puntos de muestreo (Arnanz 1991; Mora-González 2012): éstos se corresponden con las U.H. III y IV, en la Terraza Inferior, y VI, en la Terraza Media (Fig. 39-41) (Contreras Cortés 2000; Alarcón García 2010).

En cada uno de estos conjuntos habitacionales se desarrollan actividades

productivas y reproductivas, reflejándose en la existencia de una cultura material que demuestra la convivencia de las distintas actividades. Concretamente, las semillas analizadas en este trabajo se relacionan con el consumo de alimentos, siendo halladas en suelos de ocupación, en contenedores cerámicos o asociadas a estructuras de molienda. A nivel cronológico todas las muestras se sitúan en la Fase IIIA, datada entre 1850 to 1450 cal. A.N.E. (Contreras Cortés 2000; Contreras Cortés *et al.* 2014).

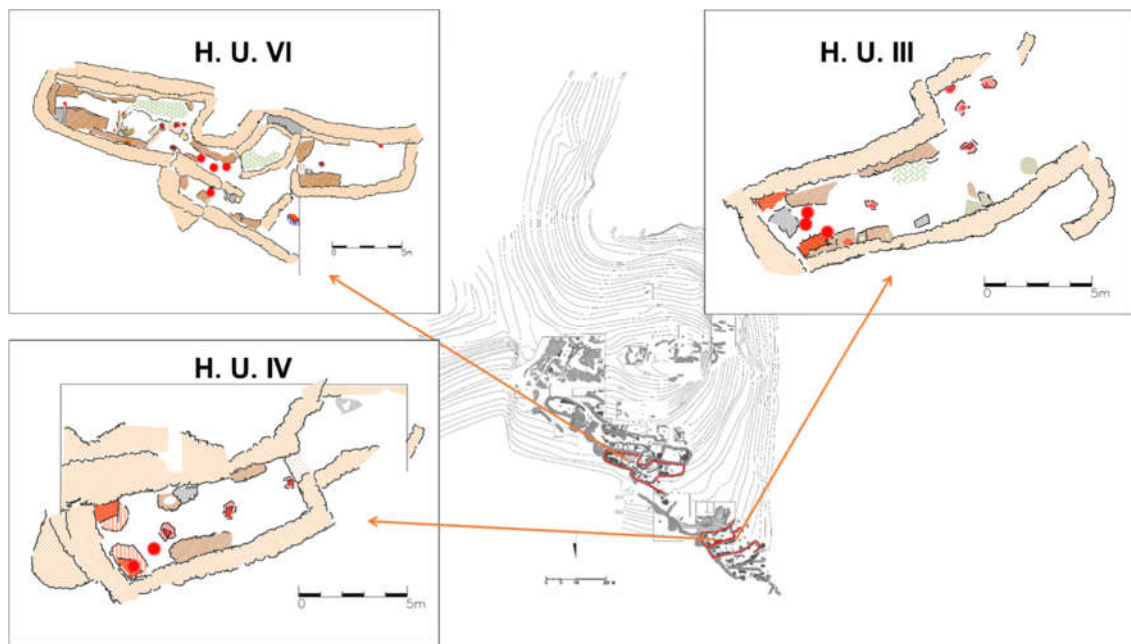


Fig. 38. Vista área del asentamiento de Peñalosa y localización de cada de las Unidades Habitacionales muestreadas.

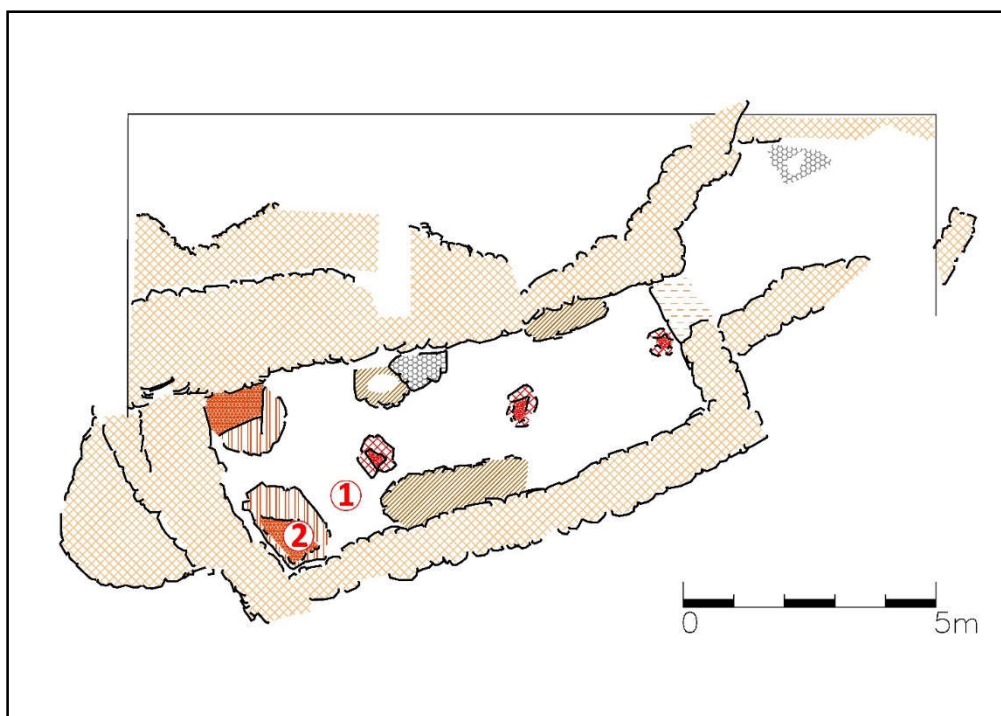


Fig. 39. Planimetría de la Unidad de Habitación IV, donde puede verse el lugar en el que se recogieron las muestras 14304 (1) y 14581 (2) (Mora-González 2012).

En lo referente a las plantas actuales, hemos realizado un muestreo de cereales de secano (trigo y cebada) cultivados en parcelas (cinco, N= 75) situadas en el entorno de Baños de la Encina (por tanto, en un área cercana al asentamiento y con condiciones climáticas similares) durante los años 2014 y 2015 (Tablas 23, 24 y 35; Fig. 35).

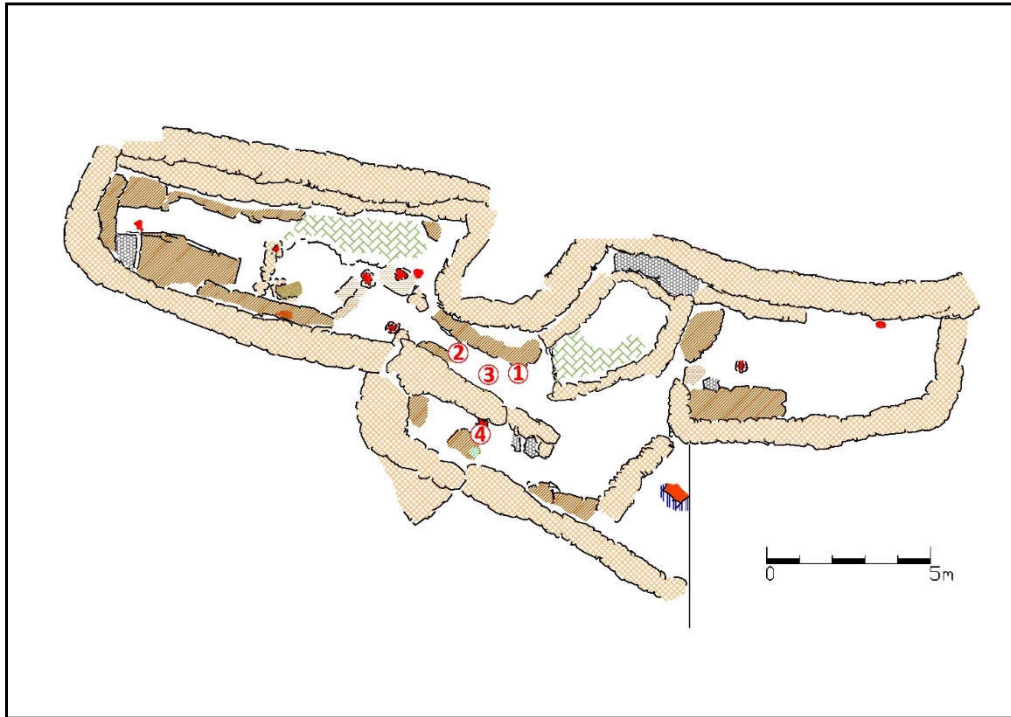


Fig. 40. Planimetría donde puede verse la Unidad de Habitación VI y la localización de las muestras 15064-1 (1), 15074-1 (2), 15076 (3) y 15510 (4) (Mora-González 2012).

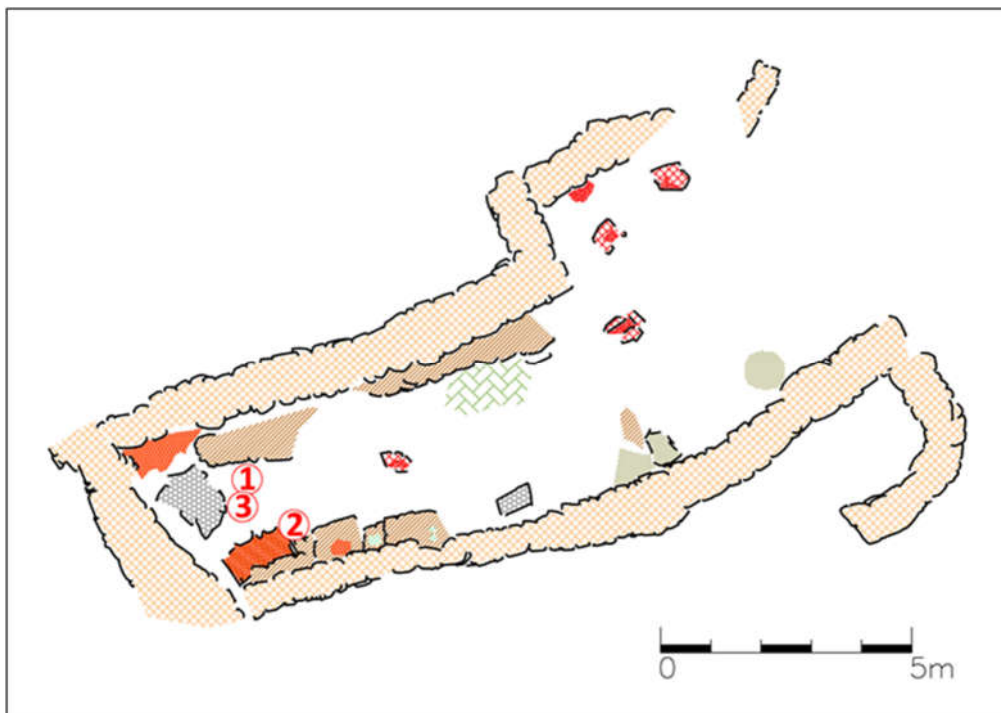


Fig. 41. Planimetría de la Unidad de Habitación III donde se observan las muestras 20083 (1), 20095 y 20095-LEG (2) y 20183 (3) (Mora-González 2012).

PUNTO DE MUESTREO	ID	ESPECIE (N=28)	$\delta^{13}\text{C}\%$ (S.D) [rango]	$\Delta^{13}\text{C}$ (S.D) [rango]	WUEi (S.D) [rango]
1	14304	<i>Hordeum vulgare</i> L.	-24,08 (0,67) [-25,18 a -22,82]	18,08 (0,70) [16,77-19,23]	69 (5) [60-79]
2	14581	<i>Hordeum vulgare</i> L.	-24,04 (0,87) [-26,02 a -22,73]	18,04 (0,91) [16,68-20,11]	69 (7) [53-80]
3	15064-1	<i>Hordeum vulgare</i> L.	-25,38 (0,42) [-26,46 a -24,62]	19,45 (0,44) [18,65-20,57]	58 (3) [49-64]
4	15074-1	<i>Hordeum vulgare</i> L.	-25,44 (0,58) [-26,62 a -24,31]	19,51 (0,61) [18,33-20,75]	58 (5) [48-67]
5	15076	<i>Hordeum vulgare</i> L.	-25,52 (0,71) [-26,96 a -24,16]	19,59 (0,74) [18,17-21,09]	57 (6) [45-68]
6	15510	<i>Hordeum vulgare</i> L.	-25,37 (0,72) [-26,64 a -23,53]	19,43 (0,75) [17,51-20,77]	58 (6) [48-73]
7	20083	<i>Hordeum vulgare</i> L.	-24,37 (0,62) [-25,70 a -23,19]	18,39 (0,65) [17,16-19,78]	66 (5) [56-76]
8.1	20095	<i>Hordeum vulgare</i> L.	-24,24 (0,72) [-25,84 a -22,55]	18,25 (0,75) [16,49-19,92]	67 (6) [54-81]
8.2	20095-LEG	<i>Pisum sativum</i> L.	-24,40 (0,95) [-26,19 a -22,43]	18,42 (0,99) [16,37-20,29]	66 (8) [52-82]
9	20183	<i>Hordeum vulgare</i> L.	-24,40 (0,89) [-25,59 a -21,79]	18,42 (0,93) [15,70-19,66]	66 (7) [56-87]
TOTAL (cereales)			-24,76 (0,92) [-26,96 a -21,79]	18,79 (0,96) [15,70-21,09]	63 (7) [45-87]
TOTAL			-24,72 (0,93) [-26,96 a -21,79]	18,76 (0,97) [15,70-21,09]	63 (7) [45-87]

Tabla 23. Valores obtenidos para las muestras arqueológicas (1850-1450 cal. A.N.E.) analizadas en el asentamiento de Peñalosa, de acuerdo con el punto de muestreo, el número de estudio (ID), la especie (número de muestras), la composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$), la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) y la eficiencia en el uso del agua (WUEi). Para todas las muestras la concentración de CO_2 (p.p.m.) ha sido de ≈ 278 y la composición isotópica del carbono en el CO_2 ($\delta^{13}\text{C}_{\text{atm}}\%$) es -6,43‰.

PARCELA	ID	MUESTRAS (N=15)	AÑO	$\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ (S.D) [rango]	$\Delta^{13}\text{C}$ (S.D) [rango]	WUEi (S.D) [rango]
16	90	Triticum sp. (N=15)	2014	-25,10 (0,65) [-25,87 a -23,47]	16,92 (0,67) [15,23-17,73]	111 (7) [102-129]
17	91	Hordeum sp. (N=15)	2014	-25,28 (0,53) [-26,00 a -24,21]	17,11 (0,55) [15,99-17,86]	109 (6) [100-121]
18	92	Hordeum sp. (N=15)	2014	-25,17 (0,43) [-26,09 a -24,42]	17,00 (0,45) [16,22-17,96]	110 (5) [99-118]
19	202	Hordeum sp. (N=15)	2015	-26,28 (0,78) [-27,41 a -24,92]	18,15 (0,82) [16,74-19,34]	98 (9) [85-113]
20	203	Hordeum sp. (N=15)	2015	-25,31 (0,70) [-26,67 a -24,33]	17,14 (0,73) [16,12-18,56]	109 (8) [93-120]
TOTAL				-25,43 (0,75) [-27,41 a -23,47]	17,27 (0,78) [15,23-19,34]	107 (9) [85-129]

Tabla 24. Valores obtenidos para las plantas actuales analizadas en este estudio, de acuerdo con la parcela, la especie (número de muestras), año, composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$), discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) y eficiencia en el uso del agua (WUEi). Para todas las muestras la composición isotópica del carbono del CO_2 ($\delta^{13}\text{C}_{\text{atm}}\text{‰}$) es de -8.6‰ y la concentración de CO_2 (p.p.m.) es ≈ 397 y ≈ 399 para los años 2014 y 2015 respectivamente.

3.7.3. Resultados

Los valores para $\delta^{13}\text{C}$ obtenidos en las muestras de *Hordeum vulgare L.* están comprendidos entre -26,96 y -21,79‰ (V-PDB), con un valor medio de -24,76‰ (SD=0,92). Las leguminosas (*Pisum sativum L.*) también presentan un rango amplio, entre -26,19 y -22,43‰, con una media de -24,40‰ (SD=0,95). En total, este valor ha sido de -24,72‰ (SD=0,93). Por el contrario, esta variación es menor en el caso de las muestras modernas, tanto cultivadas en el 2014 (-25,18‰, SD=0,53), como en el 2015 (-25,79‰, SD=0,88) (Fig. 42; Tablas 23-25 y 35).

El valor medio de la cebada arqueológica para $\Delta^{13}\text{C}$ ha sido de 18,79‰ (15,70 a 21,09‰). Sin embargo, las muestras actuales presentan valores más bajos (17,01 y 17,65‰ para los años 2014 y 2015 respectivamente) (Fig. 43).

Si tomamos como referencia el WUEi ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), para las muestras arqueológicas el valor medio se sitúa en torno a 63 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ (SD=7) frente a los resultados obtenidos para la cebada y el trigo en la actualidad: 106 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ (SD=9) y 111 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ (SD=7) respectivamente. Esto indicaría una ratio de estrés por falta de agua de un $\approx 70\%$ más alto en el presente que en el pasado (Fig. 80).

TERRAZA	U.H.	$\delta^{13}\text{C}\%$ (S.D) [rango]	$\Delta^{13}\text{C}$ (S.D) [rango]	WUEi (S.D) [rango]
INFERIOR	III	-24,34 (0,74) [-25,84 a -21,79]	18,35 (0,78) [15,70-19,92]	66 (6) [54-87]
	IV	-24,06 (0,77) [-26,02 a -22,73]	18,06 (0,80) [16,68-20,11]	69 (6) [53-79]
MEDIA	VI	-25,43 (0,61) [-26,96 a -23,53]	19,49 (0,64) [17,51-21,09]	58 (5) [45-73]

Tabla 25. Valores obtenidos para las muestras arqueológicas (cereales) analizadas en el asentamiento Peñalosa, según la Unidad Habitacional (H.U) y la Terraza, la composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$), la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$), *eficiencia intrínseca en el uso del agua* (WUEi). Para todas las muestras la concentración de CO_2 (ppm) ha sido de ≈ 278 y la composición isotópica del carbono del CO_2 ($\delta^{13}\text{C}_{\text{atm}}\%$) es -6,43.

Cuando los resultados se agrupan de acuerdo con los distintos contextos, el valor medio de $\Delta^{13}\text{C}$ para la Terraza Inferior es de 18,24 a 18,42‰ para cereales y leguminosas respectivamente, mientras que para la Terraza Media el valor ha sido de 19,49‰ (Tabla 25; Fig. 77,79 y 81). En relación con el WUEi, los resultados serían

de 58 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ para la Terra Media vs. 67 y 66 (cereales y guisantes respectivamente) para la Terraza Inferior (Fig. 80).

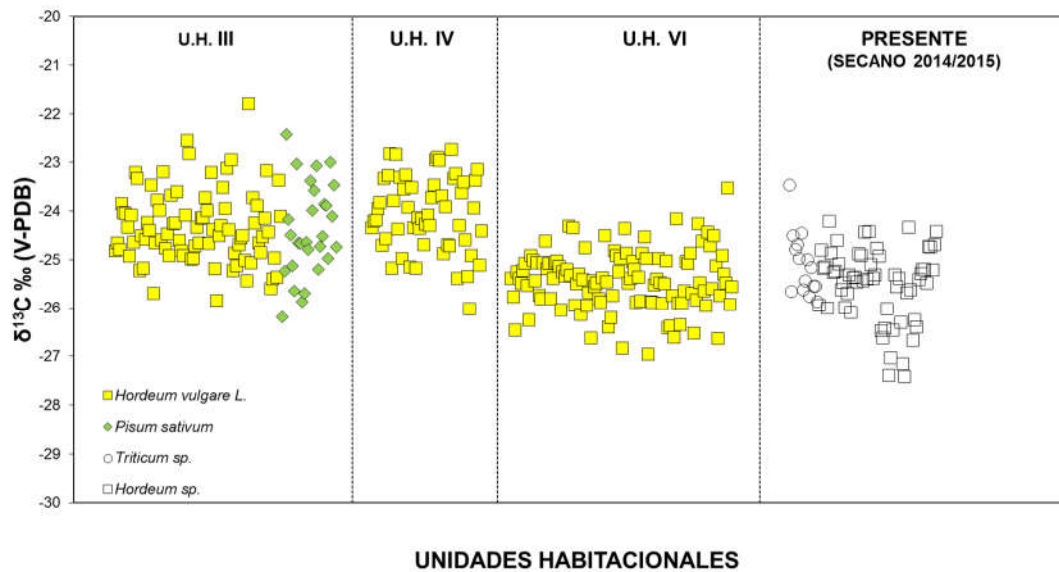


Fig. 42. Gráfica de dispersión con los resultados de composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén).

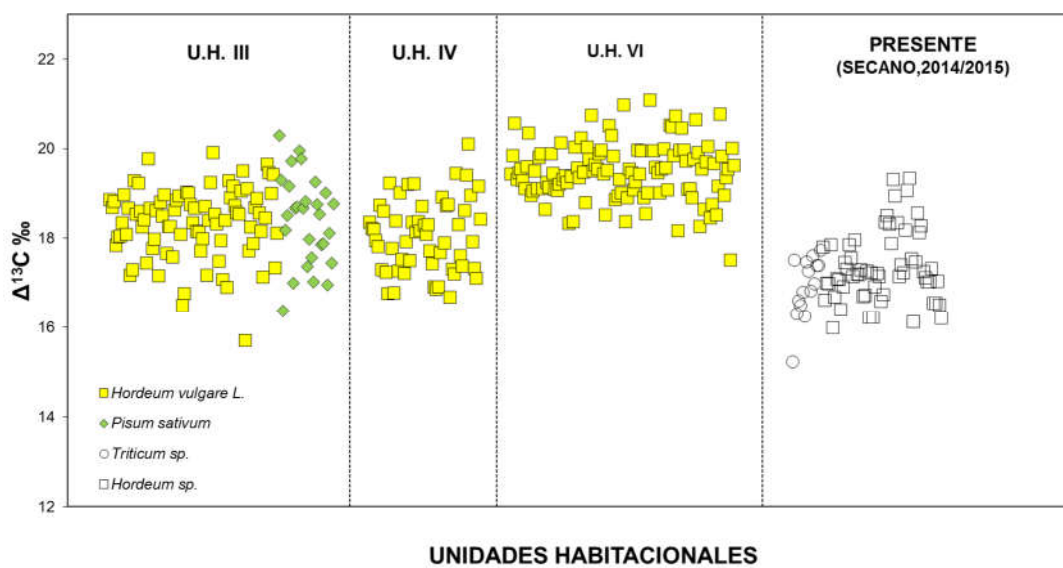


Fig. 43. Gráfica de dispersión con los resultados de discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén).

3.8. CASTELLÓN ALTO (GALERA, GRANADA)

3.8.1. Contexto arqueológico y medioambiental

El yacimiento de Castellón Alto (Fig. 44) (UTM 30N 538374 4177273, 900 m.s.n.m.) se sitúa en el Altiplano granadino, en la comarca de Baza-Huéscar, a la izquierda del río Galera. A nivel geológico el asentamiento se enclava en un cerro caracterizado por yesos, margas y areniscas. En la comarca se observa una serie de sierras que se alternan con vegas, recorriendo un paisaje caracterizado por la aridez

(Rodríguez Ariza 1992; Moreno Onorato y Haro Navarro 2008).

El régimen pluviométrico hace que no se superen los 350 mm, pudiéndose caracterizar como un clima semiárido. Con temperaturas medias entre 12 y 15° C, encontramos inviernos muy fríos y veranos muy calurosos (Rodríguez Ariza 1992).

Las grandes unidades de suelos son los Fluvisoles en el fondo de los valles, cuya potencialidad depende de la humedad y, por tanto, del regadío; y, por otro lado, Regosoles calcáreos (Rodríguez Ariza 1992).

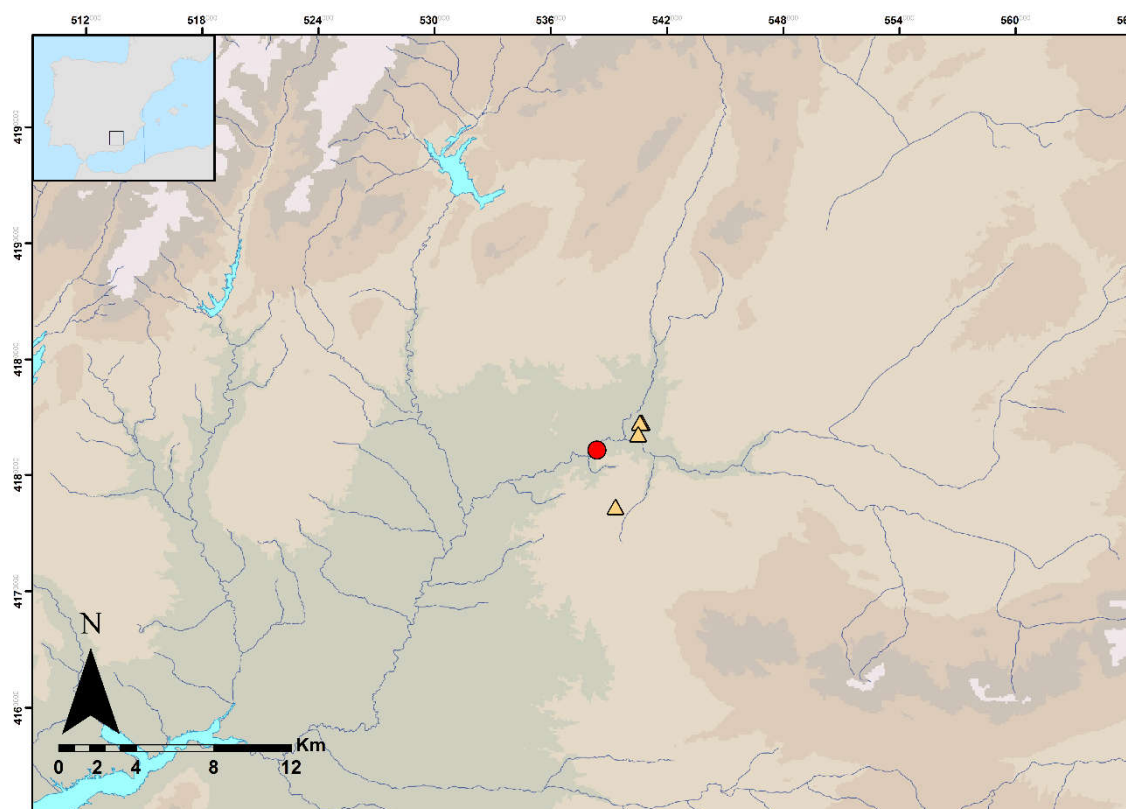


Fig. 44. Mapa con la localización del asentamiento de Castellón Alto (Galera, Granada). Los triángulos amarillos indican los muestreos realizados en la actualidad (años 2014 y 2015).

La vegetación actual se caracteriza por tres pisos mediterráneos (meso, supra y oromediterráneo). En el primero dominan el *Quercus Coccifera*, con pinos, espino y otros arbustos mediterráneos; en el segundo, bosques de encinas, sabinas, enebros, alcornoques y quejigos; por último, pinares con enebros y sabinas (Rodríguez Ariza 1992; Rodríguez Ariza y Ruiz Sánchez 1995).

La cultura material que conforma el registro arqueológico permite enmarcar a este yacimiento en la Cultura del Argar, con cronologías entre el 1750 y 1550 a.n.e.¹⁰, y hasta tres fases de ocupación bien diferenciadas (Molina *et al.* 2000; Rodríguez-Ariza *et al.* 2000; Molina y Cámara Serrano 2004; Molina González y Cámara Serrano 2009).

El asentamiento se construye sobre tres terrazas naturales, aprovechando la orografía del propio cerro: sobre ellas discurren unidades habitacionales rectangulares, con espacios bien definidos en su interior que reflejan una división de las actividades productivas y reproductivas (Moreno Onorato y Haro Navarro 2008). Además, es de interés para la realización de este trabajo señalar que en la Terraza Superior se localiza una cisterna (Molina y Cámara Serrano 2004; Moreno Onorato y Haro Navarro 2008; Molina González y Cámara Serrano 2009).

Las prácticas agrícolas documentadas para el asentamiento de Castellón Alto señalan un predominio de la agricultura cerealística, complementada con estrategias de recolección de especies diversas (Buxó 1997; Rovira 2007). El *Triticum aestivum/durum* es dominante, en general, dentro el asentamiento, seguido de las muestras de *Hordeum vulgare* L. Por otro lado, el cultivo del lino aparece también documentado en el asentamiento (Rovira 2007). Esta última especie podría indicar la utilización de algún tipo de estrategias de irrigación, sugiriéndose el aprovechamiento de los márgenes de los ríos (Rovira 2007).

3.8.2. Muestreo

La enorme riqueza de restos vegetales en Castellón Alto y su localización geográfica lo convierten en un asentamiento de enorme interés para un estudio de este tipo (Buxó 1997; Rovira 2007). En esta tesis doctoral hemos hecho una aproximación al registro mediante el análisis de muestras de *Hordeum vulgare* L., provenientes de la Terraza Superior, contextualizadas en la Fase I (Tabla 26).

Por otro lado, hemos realizado un muestreo de plantas actuales (años 2014 y 2015). En total se han analizado semillas provenientes de cuatro parcelas (N=60). De ellas, tres se corresponden con cebada (*Hordeum* sp.) cultivadas en régimen de regadío y una con trigo (*Triticum* sp.) de secano (Fig. 44).

¹⁰ Comentario personal del Dr. Fernando Molina

ID	CONTEXTO	ESPECIE (N)	DATACIÓN	$\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ (S.D) [rango]	$\Delta^{13}\text{C}$ (S.D) [rango]	WUEi (S.D) [rango]
166	Corte 2, Terraza Superior	<i>Hordeum vulgare</i> L. (N=12)	1750-1550 (A.N.E.)	-23,49 (1,04) [-25,15 a -21,86]	17,47 (1,08) [15,78-19,20]	73 (8) [60-86]
85	Parcela 12	<i>Hordeum</i> sp. (N=15)	2014	-24,95 (0,76) [-25,94 a -22,93]	16,77 (0,79) [14,66-17,80]	112 (9) [101-135]
86	Parcela 13	<i>Hordeum</i> sp. (N=15)	2014	-25,45 (0,56) [-26,58 a -24,59]	17,29 (0,58) [16,39-18,47]	107 (6) [94-117]
88	Parcela 14	<i>Triticum</i> sp. (N=15)	2014	-22,03 (0,36) [-22,71 a -21,47]	13,74 (0,38) [13,15-14,44]	146 (4) [138-152]
197	Parcela 15	<i>Hordeum</i> sp. (N=15)	2015	-24,75 (0,37) [-25,49 a -24,18]	16,56 (0,38) [15,96-17,33]	115 (4) [107-122]

Tabla 26. Muestreo y valores obtenidos para el asentamiento de Castellón Alto, según número de estudio (ID), contexto, especie (número de muestras), datación, composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$), discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) y eficiencia en el uso del agua (WUEi). La cantidad de CO_2 atmosférico (p.p.m.) es de ≈ 278 para las muestras arqueológicas, ≈ 397 y ≈ 399 para las plantas actuales (2014 y 2015 respectivamente). La composición isotópica del carbono del CO_2 ($\delta^{13}\text{C}_{\text{atm}}$) es de $-6,43\text{‰}$ en el pasado y $-8,6\text{‰}$ en el presente.

3.8.3. Resultados

Los resultados obtenidos se recogen en las Tablas 26 y 35 y en las Fig. 45, 46, 82 y 83.

Los valores para la composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) en las semillas arqueológicas son de $-23,49\text{‰}$, con rango entre $-25,15$ y $-21,86\text{‰}$. Esto supone una media de $17,47\text{‰}$, entre $15,78$ y $19,20$ con respecto a $\delta^{13}\text{C}$ de la atmósfera de la época ($-6,43\text{‰}$). Finalmente, la eficiencia en el uso del agua (WUEi) es de 73 , entre 60 y 86 $\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$.

En el caso de las plantas cultivadas en la actualidad (años 2014 y 2015), el trigo, de secano, presenta un valor medio de $-22,03\text{‰}$, que teniendo en cuenta los cambios atmosféricos, nos daría cifras de $13,74\text{‰}$ ($\Delta^{13}\text{C}$) y 146 $\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ (WUEi).

Por otro lado, el valor medio para las muestras de cebada, todas provenientes de parcelas de regadío, es de $-25,05$ ($\text{SD}=0,64$) entre $-26,58$ y $22,93\text{‰}$, lo que supone unos resultados para la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) de $16,88$ ($0,67$), entre $14,66$ y $18,47\text{‰}$. Finalmente, la eficiencia en el uso del agua (WUEi) presenta valores de 111 ($\text{SD}=7$), entre 94 y 135 $\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$.

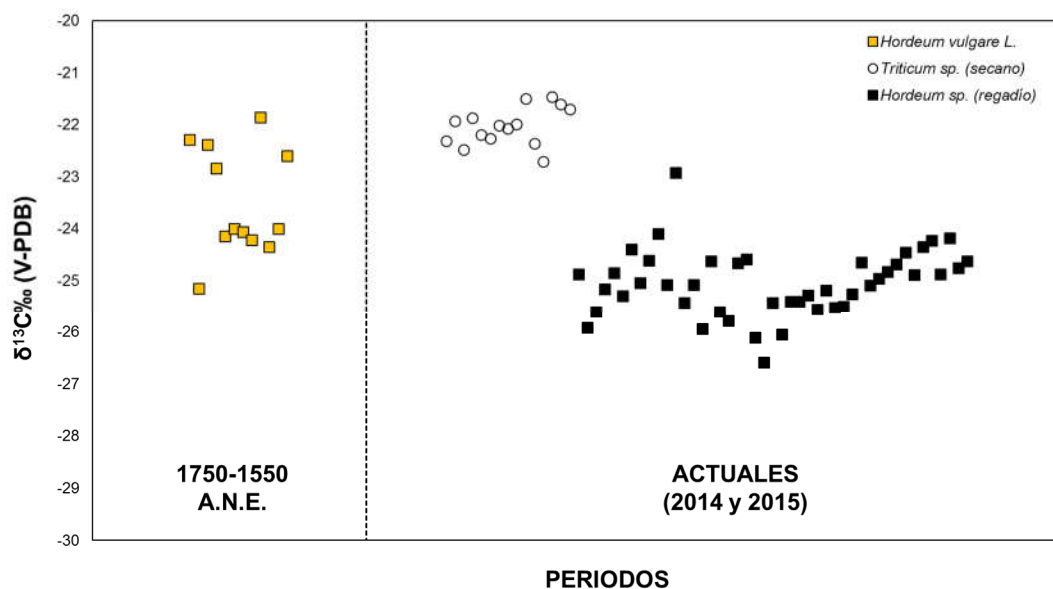


Fig. 45. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento de Castellón Alto (Galera, Granada).

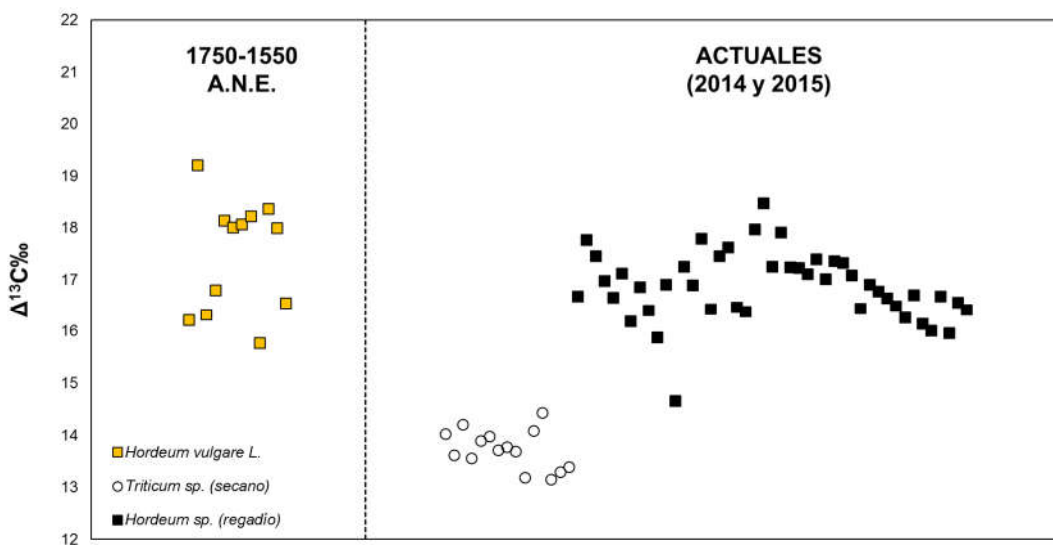


Fig. 46. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento de Castellón Alto (Galera, Granada).

3.9.CERRO DE LA CRUZ (ALMEDINILLA, CÓRDOBA)

3.9.1. Contexto arqueológico y medioambiental

El Cerro de la Cruz (Fig. 47) (UTM 30N 404421, 4143963, 952 m.s.n.m) se localiza en la depresión de Priego-Alcaudete, sobre una elevación al sur de la misma que, aunque no forma parte de ella, si de su paisaje. Esta depresión se sitúa en la cabecera del río Guadajoz y, a la vez, constituye la parte oriental del interfluvio Genil-Guadajoz (Zamora 2010).

Formada por rocas calizas, dicha depresión adquiere una forma compleja, con numerosas elevaciones (sierra de los Leones, sierra de los Judíos, sierra de Albayate), a través de la red hidrográfica que la va definiendo: el río Saldo y el río Almedinilla, ambos subsidiarios del río Guadajoz. Los suelos dominantes en esta área son Inceptisoles vertisoles y Entisoles. Para el caso del asentamiento, los más recurrentes son precisamente los últimos, menos productivos en cuanto a su potencial agrícola (Zamora 2010).

A nivel climático el área donde se localiza el asentamiento se caracteriza por un clima mediterráneo subtropical, con una temperatura media anual inferior a los 16-19°C y un régimen de precipitaciones situadas entre 550-950 mm, aunque se enmarca, de manera más general en un clima mediterráneo subcontinental semihúmedo (Zamora 2010).

La vegetación actual, con un entorno fuertemente antropizado, se caracteriza por las encinas y acebuches en las zonas de menor altitud, quejigas en el fondo de los valles y en las laderas orientadas hacia el norte, matorrales en las zonas con una degradación de las especies anteriores, matas espinosas en alturas superiores a 1200 m.s.n.m. y especies de ripisilva en los cursos de agua (Zamora 2010).

En esta área se encuentran múltiples asentamientos datados en el Ibérico Pleno (S. V-IV a.n.e.) e Ibérico Final (S. III y I a.n.e.). El yacimiento se localiza en un cerro con una pendiente suave por el sur y el este, y fuertemente escarpado por el norte y oeste. La superficie ocupada en época ibérica sería de unos 4,7 Ha (Quesada Sanz *et al.* 2010).

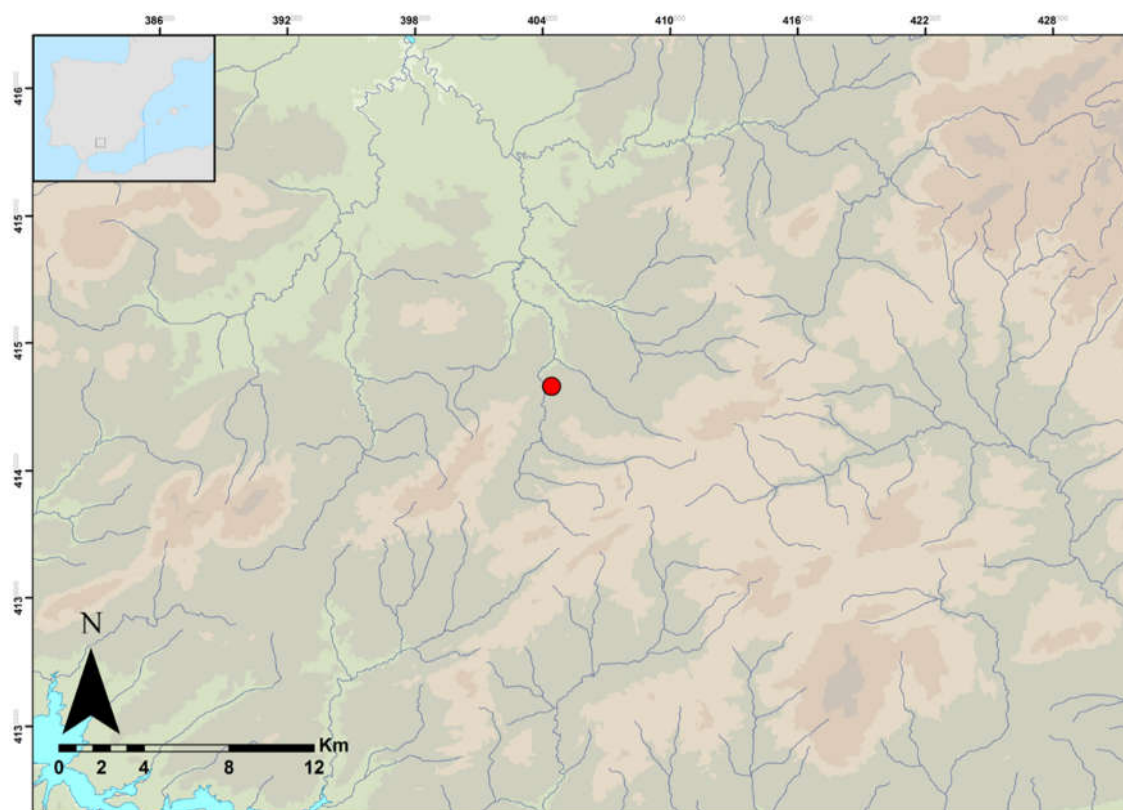


Fig. 47. Mapa con la localización del asentamiento del Cerro de la Cruz (Almedinilla, Córdoba) (círculo rojo).

El asentamiento, amurallado y construido aprovechando las condiciones naturales de defensa que ofrece el terreno, presenta una planta con calles y manzanas bien definidas, tratándose posiblemente de una ocupación monofásica (190-100 a.n.e).

Los restos constructivos muestran un patrón con muros de tapial bien contruidos sobre zócalos de piedra, hecho que se repite en las estructuras a lo largo de todo el asentamiento. Como hemos dicho, para la construcción de los espacios (sean viviendas, zonas de almacenamiento y producción o lugares de paso) se aprovechan las características naturales del terreno, dándose una búsqueda de soluciones que le imprimen un carácter irregular y con constantes remodelaciones (Quesada Sanz *et al.* 2010).

Las distintas estructuras se distribuyen sobre el cerro a través de

aterrazamientos, mediante rellenos de piedra y tierra y con la construcción de muros de contención paralelos a las curvas de nivel del mismo. Las viviendas tendrían sotáños o semisotáños y segundas plantas en muchos de los casos. Además, aparecen aljibes de tipo helenístico, posiblemente en relación con las espacios de habitación (Quesada Sanz *et al.* 2010).

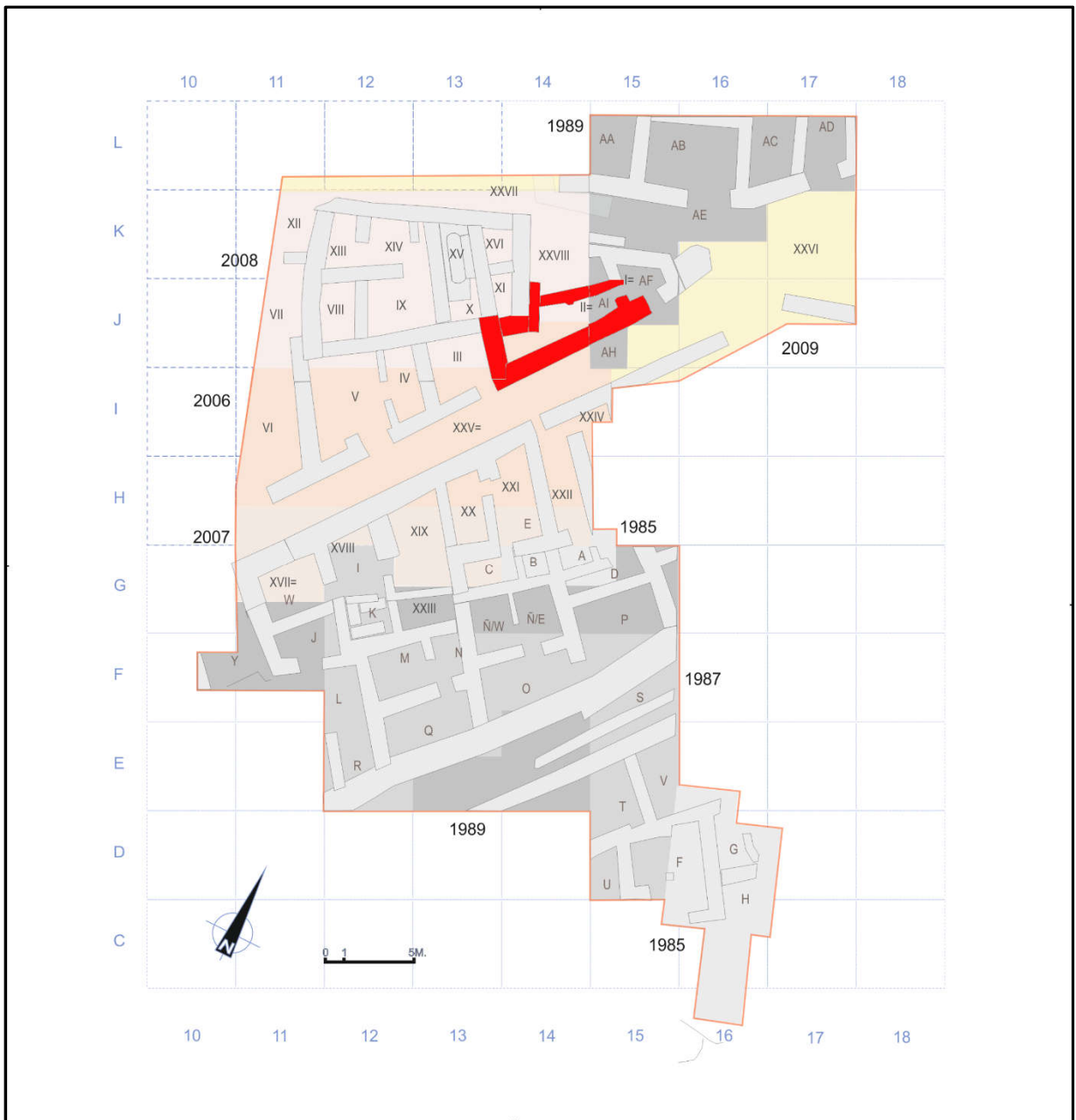
La vida del poblado estaría relacionada con prácticas ganaderas y agrícolas, como indican los estudios arqueofaunísticos y arqueobotánicos (Muñiz Jaén y Quesada Sanz 2010; Quesada Sanz *et al.* 2010). Existiría una cabaña ganadera principalmente ovicaprina, a la vez que son dominantes el cultivo de cereales, leguminosas y vid. Dichas prácticas, y a pesar de la corta ocupación del poblado, irán determinando la evolución del entorno vegetal, con un incremento de la cobertura

hortícola y herbácea (Quesada Sanz *et al.* 2010).

3.9.2. Muestreo

Para este asentamiento hemos realizado un muestreo basado en dos especies: *Hordeum vulgare* L. y *Vicia faba*

var. *minor*. Todas ellas provienen de una zona de almacenaje donde se encontraron múltiples ánforas (Tabla 27; Fig. 48) (Muñiz Jaén y Quesada Sanz 2010). Las muestras han sido estudiadas por la Dra. Eva Montes Moya (Inédito).



ID	ESPECIE (N)	DATACIÓN	CONTEXTO
192	<i>Hordeum vulgare</i> L. (N=25)	190-100	Ánfora 6
193	<i>Hordeum vulgare</i> L. (N= 25)	190-100	Ánfora 12
194	<i>Vicia faba</i> var. <i>minor</i> (N= 15)	190-100	Ánfora 12
TOTAL		<i>Hordeum vulgare</i> L. (N=50)	<i>Vicia faba</i> var. <i>minor</i> (N=15)

Tabla 27. Muestreo realizado en el asentamiento del Cerro de la Cruz según número de estudio (ID), especie (Número de muestras), datación (cal. A.N.E.) y contexto.

3.9.3. Resultados

Los valores medios de $\delta^{13}\text{C}\%$ para las muestras de cereales del Cerro de la Cruz han sido de -23,69 (SD=0,66), entre -25,54 y -22,44%. Para $\Delta^{13}\text{C}\%$ la media es de 17,67, con un rango entre

16,36 y 19,60‰; en el caso del WUEi, la media ha obtenida ha sido de 72 (SD=5), entre 57 y 82 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ (Tabla 28; Fig. 49, 50, 84 y 85).

Las muestras de haba presentan un valor medio de -23,14 (SD= 0,96), con un diferencial para la época de 17,09‰ y un resultado para WUEi 76 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$.

ESPECIE (N)	ÁNFORA	$\delta^{13}\text{C}\%$ (S.D) [rango]	$\Delta^{13}\text{C}$ (S.D) [rango]	WUEi (S.D) [rango]
<i>Hordeum vulgare</i> L. (25)	6	-23,98 (0,62) [-25,54 a -23,01]	17,98 (0,64) [16,96-19,60]	69 (5) [57-77]
<i>Hordeum vulgare</i> L. (25)	12	-23,40 (0,57) [-25,01 a -22,44]	17,37 (0,59) [16,36-19,04]	74 (5) [61-82]
<i>Vicia faba</i> var. <i>minor</i> (15)	12	-23,14 (0,96) [-24,59 a -20,80]	17,09 (1,00) [14,67-18,60]	76 (8) [65-95]

Tabla 28. Valores medios para las muestras arqueológicas analizadas en el Cerro de la Cruz (Almedinilla, Córdoba), de acuerdo con las especies estudiadas (número de muestras), la fase de pertenencia, los valores de composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$), discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) y eficiencia en el uso del agua (WUEi). Para todas las muestras, la $\delta^{13}\text{C}$ y la concentración de CO_2 atmosférico es -6,44‰ y ≈ 278 p.p.m. respectivamente.

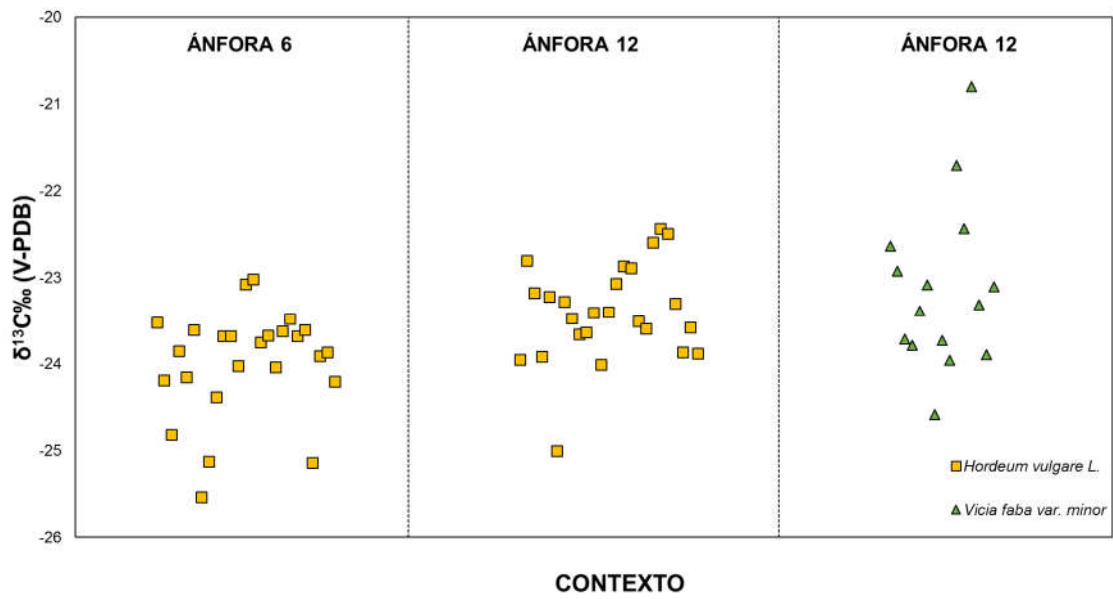


Fig. 49. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento del Cerro de la Cruz (Almedinilla, Córdoba).

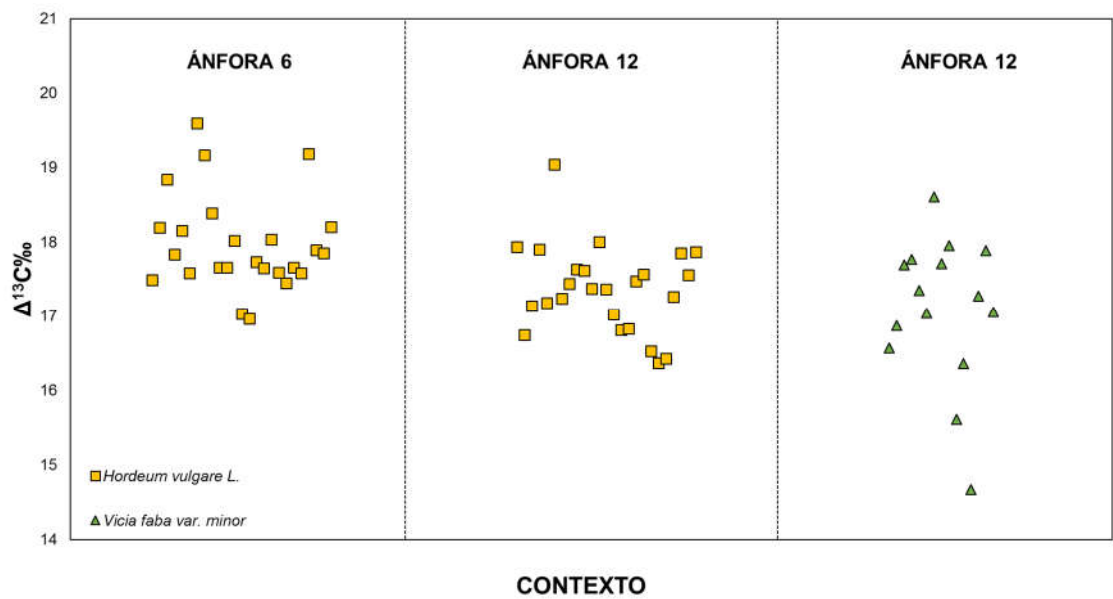


Fig. 50. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento del Cerro de la Cruz (Almedinilla, Córdoba).

3.10. CERRO DEL CASTILLO DE ALANGE (ALANGE, BADAJOZ)¹¹

3.10.1. Contexto arqueológico y medioambiental

El Cerro del Castillo de Alange (Fig. 51) (UTM 29N 737714 4296524, ≈355 m.s.n.m.) se localiza en un lugar de transición entre las vegas altas y bajas del río Guadiana. Desde una perspectiva global, nos encontramos ante un entorno con un perfil llano que va ganando en pendiente, con dos zonas bien diferenciadas: una cota superior a los 400 m.s.n.m, donde encontramos la Sierra de Peñas Blancas (655 m.s.n.m.) o Castillo de Alange (485 m.s.n.m.), y cotas inferiores, con pendientes suaves y pequeños ríos no encajonados relacionados con tierras de labor (Duque Espino 2004; Pavón Soldevila y Duque Espino 2014b).

A nivel geológico se trata de un territorio caracterizado por sedimentos básicos, con calizas miocenas y carboníferas, y sedimentos miocenos calcáreos. La litología es definida por un entorno de granitos, pizarras y algunas calizas. El asentamiento se localiza en una zona de contacto entre tres áreas metamórficas: Tierra de Barros, con suelos franco-arcillosos base para el desarrollo de una agricultura de secano; Guadiana, caracterizado por suelos francos, muy aptos para el cultivo con regadío; y el conjunto granítico emeritense, con suelos francoarenosos, aptos para espacios adhesados (Pavón Soldevila 1998).

El yacimiento se sitúa en el piso bioclimático mesomediterráneo, caracterizado por una Temperatura Media Anual de entre 13 y 17°C, con unas mínimas de entre -1 y -4°C, y unas máximas entre 9 y 14°C. Esto hace que el índice de termocidad sea de 210 a 350. La helada es posible entre los meses de octubre y abril, con una pluviometría propia de un ombroclima seco, con una Precipitación Media Anual de

entre 350 y 600 mm (Grau Almero *et al.* 1998).

El asentamiento se encuadra en el sector biogeográfico mariánico-manchiquense, en el subsector de Tierra de Barros. La vegetación se caracteriza por *Quercus Ilex ssp.rotundifolia*, estando cercano al subsector silicícola de la Serena-Pedroches (Grau Almero *et al.* 1998; Duque Espino 2004).

Desde un punto de vista arqueológico, el yacimiento tiene tres horizontes de ocupación bien diferenciados, definidos a partir de las excavaciones en el corte 5 de la Solana y en los cortes 2 y 3 de la Umbría: el Horizonte Epicalcolítico, el Horizonte Bronce-Pleno, y el Horizonte de Bronce Tardío-Final I (Pavón Soldevila 1998)

El Horizonte Epicalcolítico se corresponde con la Fase Solana I y la transición entre la Fase Solana I y II, hacia el Bronce Pleno; el Horizonte de Bronce Pleno se define por las Fases Solana IIA y IIB. Ésta última vendría a coincidir con las Fases Umbría IA y IB, encuadradas en el Bronce del Suroeste II; por último, el Horizonte de Bronce Tardío-Final I, caracterizado por la Fase Umbría II (Pavón Soldevila 1998).

Los estudios arqueobotánicos que se han realizado muestran un paleopaisaje caracterizado por una flora que puede ordenarse en tres grupos: especies forestales, especies de ripisilva, y plantas silvestres relacionadas con prados y cultivos (Grau Almero *et al.* 1998; Duque Espino 2004). Esta flora reflejaría la presencia de un encinar, ya degradado, que viene siendo sustituido por matorrales desde el Epicalcolítico. Dicho proceso sería consecuencia de un aumento de la explotación ganadera, lo que favorecería la formación de entornos adhesados, aunque durante el II milenio a.n.e. la incidencia del ser humano sobre el medio sería limitada,

¹¹ Una parte de la información presentada en referencia al yacimiento de Cerro del Castillo de Alange en esta tesis doctoral, tanto en el capítulo de Resultados como en el de

Discusión (4.1.2.11) ha sido previamente publicado en Mora-González *et al.* en prensa.

existiendo un paisaje en mosaico (Grau Almero *et al.* 1998; Duque Espino 2004).

En cuanto a la producción agrícola, a lo largo de toda la secuencia aparecen reflejados cereales en su mayoría, junto a algunas leguminosas. El trigo desnudo predomina sobre las cebadas desnudas y vestidas en una proporción de un 62% a un 38% en los niveles epicalcolíticos. Cronológicamente, continúa apareciendo el trigo, siendo destacable el hallazgo de una estructura, identificada como un granero, con grandes cantidades de semillas de esta especie limpias y almacenadas (Pavón Soldevila *et al.* 2010; Pavón Soldevila y Duque Espino 2014b), datada en torno al 1650 cal. A.N.E. Además, es el único cereal conservado en los niveles de Bronce Tardío (Grau Almero *et al.* 1998).

El arado, aunque no se hayan encontrado pruebas directas de su utilización, podría permitir una agricultura extensiva de cereal que complementase a los cultivos que aprovechan las tierras más húmedas cercanas, donde incluso podrían ponerse en práctica sistemas de regadío (Grau Almero *et al.* 1998; Mora-González *et al.* e.p.).

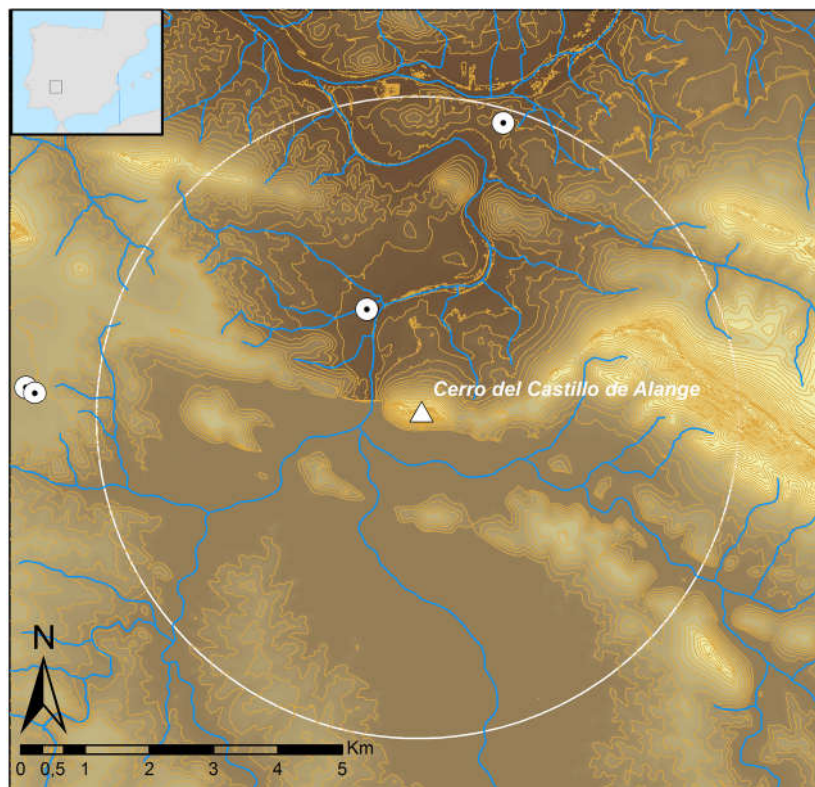


Fig. 51. Mapa con la localización del asentamiento del Cerro del Castillo de Alange, con delimitación del territorio comprendido en 5km a la redonda y la situación de los muestreos actuales llevados a cabo (años 2014 y 2015).

3.10.2. Muestreo

El material usado en este estudio (N= 202) proviene de los niveles III, V, VI y VII del Corte 5 de la Solana (Fases Solana I y Solana I-II, 2200-2000 A.N.E., sin fechas de ^{14}C); niveles II (Fase Umbría II, 1381-1321 cal. A.N.E., Beta-68667 3080 \pm 90 BP), III, IV y IVb (Fase Umbría Ib, 1875-1785 cal. A.N.E., Beta-68668 3.520 \pm 70 BP), V y VI (Fase Umbría Ia, 1936 cal. A.N.E. , Beta-68669 3.600 \pm 80 BP) del corte 3 de la Umbría (Pavón Soldevila 1995; Pavón Soldevila y Duque Espino 2014b); y finalmente del corte 9, donde se identificó el granero, que fue abandonado alrededor del 1650 cal. A.N.E. (Beta-228897, 3.360 \pm 50 BP) (Pavón Soldevila *et al.* 2010) (Tabla 29).

Por otro lado, hemos realizado un muestreo de *Triticum* sp. y *Hordeum* sp. durante los años 2014 y 2015, proveniente de cinco parcelas de secano (N=75) situadas en el entorno del asentamiento (Fig. 51).

3.10.3. Resultados

a) Análisis de composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$)

El valor medio $\delta^{13}\text{C}$ para las muestras de cereales del asentamiento del Cerro del Castillo de Alange ha sido de -22,01‰ (SD=0,98), con un rango entre -24,40 y -20,39‰. Las muestras de *Hordeum vulgare* L. arrojan una media de -21,35‰ (SD=0,27), con un rango entre -21,89 y -20,60‰.

Para *Triticum aestivum/durum* estos valores son -22,22 (SD=1,03), entre -24,40 y -20,39‰. En el caso de las semillas de trigo provenientes de cronologías de 2200-2000 A.N.E., vemos una media de -21,58‰ (SD=0,43), con rangos entre -23,02 y -20,84‰; para el 1650 cal. A.N.E., vemos un valor de -22,93‰ (SD=0,96), con rangos entre -24,40 y -20,53‰; por último, para cronologías de entre 1381-1321 cal. A.N.E., vemos una media de -22,15‰ (SD=1,11),

con un rango entre -24,06 y -20,39‰ (Tablas 30, 31, 35 y 38; Fig.52).

Las habas tienen una media total de -22,59‰ (SD=1,62), entre -26,25 y -20,49‰, siendo para 2200-2000 de -21,36‰ (SD=0,54), entre -22,17 y -20,70‰, y de -22,89‰ (SD=1,66), entre -26,25 y -20,49 para 1381-1321 cal. A.N.E.

Las muestras de *Quercus ilex-coccifera* presentan valores medios de -24,90‰ (SD=0,85), con un rango entre -27,18 y -23,17‰. Para el 2200-2000, la media es de -24,54‰ (SD=0,58) con rango entre -25,72 y -23,49‰; para 1936 cal. A.N.E., -25,14‰ (SD=1,15), entre -27,18 y -23,17‰; para 1875-1785, -24,67‰ (SD=0,70), entre -26,21 y -23,73‰; finalmente, para 1381-1321, -25,32‰ (SD=0,59), con valores entre -26,01 y 24,04‰.

Las muestras de cereales actuales (años 2014 y 2015, N=75) presentan una media de -24,15 (SD=0,86), con rango entre -26,42 y -22,52‰; para las semillas de *Hordeum* sp. la media es de -25,39 (SD=0,50) con rango entre -26,42 y -24,74‰; las muestras de *Triticum* sp. presentan un valor medio de -23,84‰, con rango entre -25,35 y -22,52; finalmente, para el trigo cultivado en el año 2014, la media obtenida de -23,79 (SD=0,68) con rango entre -24,86 y -22,52‰, mientras que para el año 2015 estos valores son de -23,90 (SD=0,55) entre -25,35 y -22,89‰.

b) Análisis de discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$)

En cuanto a la discriminación isotópica ($\Delta^{13}\text{C}$), el valor medio para los cereales estudiados ha sido de 15,96‰ (SD=1), con un rango entre 14,20‰ y 18,42‰.

Las muestras de *Hordeum vulgare* L. arrojan una media de 15,33‰ (SD=0,28), con un rango entre 14,55‰ y 15,89‰, mientras que para *Triticum aestivum/durum* es de 16,16‰ (SD=1,06), entre 14,20 y 18,42‰.

ID	ESPECIE (N)	DATACIÓN	FASE	CONTEXTO	CAPA
1	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N= 25)	2200-2000	Solana I	Corte 5	Nivel VII
2	<i>Hordeum vulgare L.</i> (N= 24)	2200-2000	Solana I	Corte 5	Nivel VII
3	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N= 25)	1381-1321	Umbría II	Corte 3	Nivel II
4	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N= 25)	1650	Solana IIB	Corte 9	UE 59b
14	<i>Quercus ilex/coccifera</i> (N=15)	1381-1321	Umbría II	Corte 3	Nivel II
16	<i>Quercus ilex/coccifera</i> (N=2)	1875-1785	Umbría Ib	Corte 3	Nivel III
17	<i>Quercus ilex/coccifera</i> (N=15)	1875-1785	Umbría Ib	Corte 3	Nivel IV
25	<i>Quercus ilex/coccifera</i> (N=10)	1936	Umbría Ia	Corte 3	Nivel V
31	<i>Quercus ilex/coccifera</i> (N=10)	1936	Umbría Ia	Corte 3	Nivel VI
37	<i>Quercus ilex/coccifera</i> (N=3)	2200-2000	Solana IIa	Corte 5	Nivel III
39	<i>Quercus ilex/coccifera</i> (N=3)	2200-2000	Solana I/II	Corte 5	Nivel V
40	<i>Quercus ilex/coccifera</i> (N=5)	2200-2000	Solana I	Corte 5	Nivel VI
42	<i>Quercus ilex/coccifera</i> (N=9)	2200-2000	Solana I	Corte 5	Nivel VII
70	<i>Vicia faba var. minor</i> (N=6)	2200-2000	Solana I	Corte 5	Nivel VII
71	<i>Vicia faba var. minor</i> (N=25)	1381-1321	Umbría II	Corte 3	Nivel II
TOTAL	<i>Hordeum vulgare L.</i> (N=24)	<i>Vicia faba var. minor</i> (N=31)	<i>Quercus ilex/coccifera</i> (N= 72)	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=75)	

Tabla 29. Muestreo realizado en el asentamiento del Cerro del Castillo de Alange según número de estudio (ID), especie (Número de muestras), datación (cal. A.N.E.), fase, corte y nivel.

Las semillas de trigo provenientes de cronologías de 2200-2000 A.N.E. muestran una media de 15,57‰ (SD= 0,44), con rangos entre 14,79‰ y 17,06‰; para el 1650 cal. A.N.E., vemos 16,88‰ (SD= 0,99), con rangos entre 14,40‰ y 18,42‰; por último, para cronologías de entre 1381-1321 cal. A.N.E., vemos un valor medio de 16,02‰ (SD=1,16), con un rango entre 14,20‰ y 18,02‰ (Tablas 30, 31 y 35; Fig. 53).

Las habas presentan una media de 16,51‰ (SD=1,67), entre 14,30 y 20,30‰, siendo para 2200-2000 de 15,34‰ (SD=0,56), entre 14,65 y 16,18‰, y de 16,80‰ (SD=1,73), entre 14,30 y 20,30‰ para 1381-1321.

Las muestras de *Quercus ilex-coccifera* tienen valores medios de 18,97‰ (SD= 0,88), con un rango entre 17,19 y 21,38‰. Para el 2200-2000, la media es de 18,65‰ (SD=0,60) con rango entre 17,55 y 19,88‰; para 1936, 19,24‰ (SD= 1,21), entre 17,19 y 21,38‰; para 1875-1785, 18,73‰ (SD= 0,73), entre 17,75 y 20,34‰; finalmente, para 1381-1321, 19,33‰ (SD= 0,62), con valores entre 17,99 y 20,05‰.

ESPECIE (N)	CRONOLOGÍA (A.N.E.)	$\delta^{13}\text{C}_{\text{‰}}$ (S.D) [rango]	$\Delta^{13}\text{C}$ (S.D) [rango]	WUEi (S.D) [rango]	CO_2 ($\delta^{13}\text{C}_{\text{atm}}_{\text{‰}}$)
<i>Triticum aestivum/durum</i> (25)	2200-2000	-21,58 (0,43) [-23,02 a -20,84]	15,57 (0,44) [14,79-17,06]	88 (3) [76-94]	-6,35
<i>Hordeum vulgare</i> L. (24)	2200-2000	-21,35 (0,27) [-21,89 a -20,60]	15,33 (0,28) [14,55-15,89]	90 (2) [85-96]	-6,35
<i>Triticum aestivum/durum</i> (25)	1650	-22,93 (0,96) [-24,40 a -20,53]	16,88 (0,99) [14,40-18,42]	78 (8) [66-97]	-6,43
<i>Triticum aestivum/durum</i> (25)	1381-1321	-22,15 (1,11) [-24,06 a -20,39]	16,02 (1,16) [14,20-18,02]	84 (9) [69-98]	-6,48
<i>Vicia faba</i> var. <i>minor</i> (6)	2200-2000	-21,36 (0,54) [-22,17 a -20,70]	15,34 (0,56) [14,65-16,18]	90 (4) [83-95]	-6,35
<i>Vicia faba</i> var. <i>minor</i> (25)	1381-1321	-22,89 (1,66) [-26,25 a -20,49]	16,80 (1,73) [14,30-20,30]	78 (13) [51-98]	-6,48
<i>Quercus ilex-coccifera</i> (20)	2200-2000	-24,54 (0,58) [-25,72 a -23,49]	18,65 (0,60) [17,55-19,88]	64 (5) [55-73]	-6,35
<i>Quercus ilex-coccifera</i> (20)	1936	-25,14 (1,15) [-27,18 a -23,17]	19,24 (1,21) [17,19-21,38]	60 (9) [43-75]	-6,38
<i>Quercus ilex-coccifera</i> (17)	1875-1785	-24,67 (0,70) [-26,21 a -23,73]	18,73 (0,73) [17,75-20,34]	64 (6) [51-71]	-6,40

<i>Quercus ilex-coccifera</i> (15)	1381-1321	-25,32 (0,59) [-26,01 a -24,04]	19,33 (0,62) [17,99-20,05]	60 (5) [53-69]	-6,48
---------------------------------------	-----------	------------------------------------	-------------------------------	-------------------	-------

Tabla 30. Resultados obtenidos para las muestras analizadas en el Cerro del Castillo de Alange, según especie (número de muestras), dataciones, composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$), discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) y eficiencia en el uso del agua (WUEi); para todas las muestras la concentración de CO_2 atmosférico es de ≈ 278 p.p.m.

PARCELA	ID	ESPECIE (N=15)	AÑO	$\delta^{13}\text{C}\%$ (S.D) [rango]	$\Delta^{13}\text{C}$ (S.D) [rango]	WUE (S.D) [rango]	CO_2
25	98	<i>Triticum</i> sp. (N=15)	2014	-24,21 (0,50) [-24,86 a - 23,16]	15,99 (0,52) [14,91- 16,67]	121 (6) [113-133]	397
26	100	<i>Triticum</i> sp. (N=15)	2014	-23,37 (0,56) [-24,41 a - 22,52]	15,12 (0,59) [14,24- 16,21]	130 (6) [119-140]	397
27	205	<i>Triticum</i> sp. (N=15)	2015	-23,87 (0,63) [-25,35 a - 23,01]	15,65 (0,66) [14,75- 17,18]	125 (7) [108-135]	399
28	206	<i>Hordeum</i> sp. (N=15)	2015	-25,39 (0,50) [-26,42 a - 24,74]	17,23 (0,52) [16,55- 18,31]	108 (6) [96-115]	399
29	207	<i>Triticum</i> sp. (N=15)	2015	-23,92 (0,49) [-24,54 a - 22,89]	15,70 (0,51) [14,63- 16,34]	125 (6) [118-137]	399
TOTAL				-24,15 (0,86) [-26,42 a - 22,52]	15,94 (0,90) [14,24- 18,31]	122 (10) [96-140]	

Tabla 31. Valores obtenidos para las muestras actuales (2014 y 2015), de acuerdo con la identificación de las parcelas, especie (número de muestras), año, composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$), discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$), y eficiencia en el uso del agua (WUEi); para todas las muestras la composición isotópica del carbono del CO_2 ($\delta^{13}\text{C}_{\text{atm}}\%$) es -8.6‰.

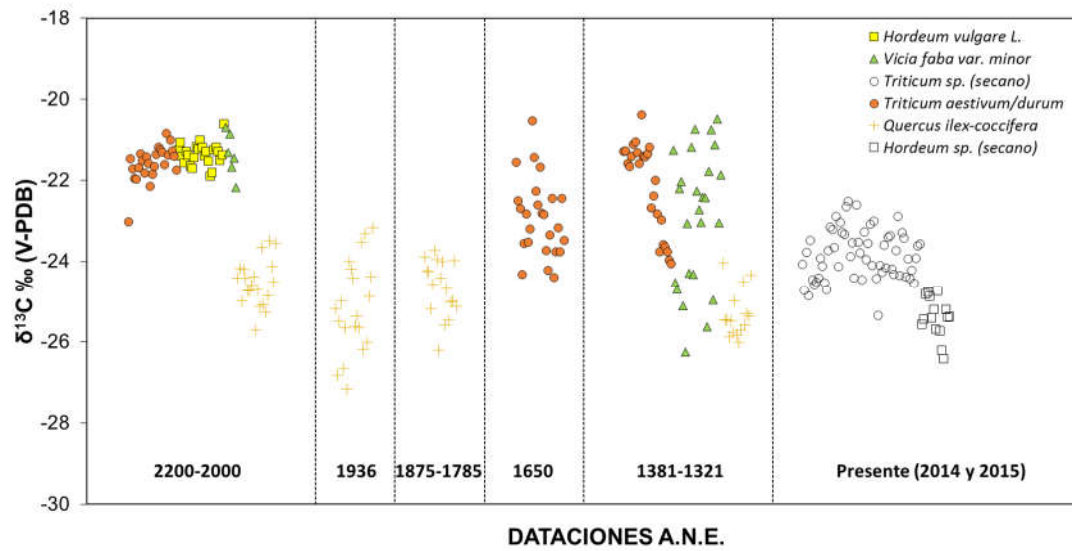


Fig. 52. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento del Cerro del Castillo de Alange (Alange, Badajoz).

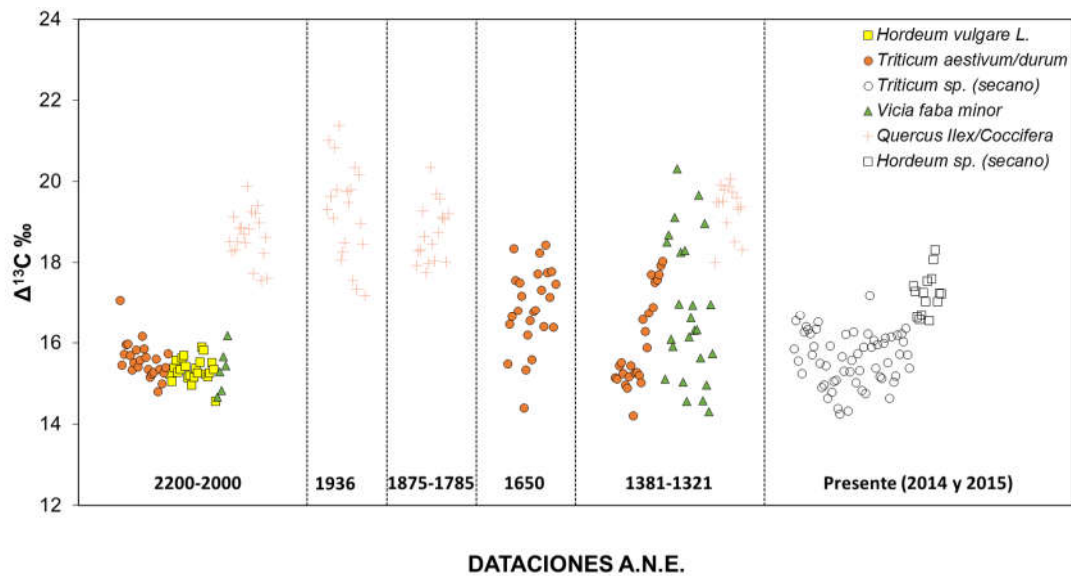


Fig. 53. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento del Cerro del Castillo de Alange (Alange, Badajoz).

Las muestras de cereales actuales presentan un valor medio de 15,94‰ (SD= 0,90), con un mínimo y un máximo de 14,24 y 18,31‰; para las semillas de *Hordeum* sp. la media es de 17,23 (SD= 0,52) entre 16,55 y 18,31‰; las muestras de *Triticum* sp. presentan una media de 15,61‰, con un rango comprendido entre 14,24 y 17,18‰; finalmente, para el trigo cultivado en el año 2014, ésta es de 15,56 (SD= 0,70) con rango entre 14,24 y 16,67‰, mientras que para el año 2015 el valor medio es de 15,67 (SD=0,58) entre 14,63 y 17,18‰.

c) *Eficiencia en el uso del agua (WUEi)*

En cuanto a la eficiencia en el uso del agua (WUEi) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), el valor medio para los cereales estudiados ha sido de 85 (SD=8), con un rango entre 66 y 98 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. Las muestras de *Hordeum vulgare* L. arrojan una media de 90 (SD=2), con un rango entre 85 y 96 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. En el caso de *Triticum aestivum/durum*, estos valores son de 83 (SD=8), entre 66 y 98 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. Las semillas de trigo provenientes de cronologías de 2200-2000 muestran una media de 88 (SD=3), con rangos entre 76 y 94 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$; para el 1650 cal. A.N.E., vemos 78 (SD=8), con rangos entre 66 y 97; por último, para cronologías de

entre 1381-1321 cal. A.N.E., vemos 84 (SD= 9), con un rango entre 69 y 98 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ (Tablas 30, 31 y 35; Fig. 86).

Las habas presentan una media total de 81 (SD=13), entre 51 y 98 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$, siendo para 2200-2000 de 90 (SD=4), entre 83 y 95, y de 78 (SD=13), entre 51 y 98 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ para 1381-1321.

Las muestras de *Quercus ilex-coccifera* presentan valores medios de 62 (SD= 7), con un rango entre 43 y 75 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. Para el 2200-2000, la media es de 64 (SD=5) con rango entre 55 y 73 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$; para 1936, 60 (SD=9), entre 43 y 75 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$; para 1875-1785, 64 (SD= 6), entre 51 y 71 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$; finalmente, para 1381-1321, 59 (SD= 5), con valores entre 53 y 69 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$.

Los cereales actuales presentan un valor medio de 122 (SD= 10), con un mínimo y un máximo de 96 y 140 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$; para las semillas de *Hordeum* sp. la media es de 108 (SD=6) entre 96 y 115 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$; las muestras de *Triticum* sp. presentan una media de 125 con un rango comprendido entre 108 y 140 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$; finalmente, para el trigo cultivado en el año 2014, ésta es de 126 (SD= 8), con rango entre 113 y 140, mientras que estos valores son de 125 (SD=6) con rango entre 108 y 137 para el año 2015.

3.11. A FONTELA

3.11.1. Contexto arqueológico y medioambiental

El yacimiento de A Fontela (Fig. 54) (UTM 29N 589974 4747402, 502 m.s.n.m.) se sitúa en el municio de Palas de Rei, en la comarca de A Ulloa (Lugo, Galicia).

Localizada en el nacimiento del río Ulla, encontramos una zona rodeada por las sierras de Ligonde al noreste, las sierras de Careón y de Farelo al oeste y los montes de Vacaloura al sureste.

La comarca se caracteriza por un clima oceánico, con unas precipitaciones medias de ≈ 1300 mm anuales y unas temperaturas medias de 12°C .

A nivel arqueológico, los contextos de las muestras estudiadas se encuentra aún inéditos exceptuando algunas referencias publicadas (Tereso *et al.* 2016). Forman parte de un yacimiento más amplio a nivel cronológico y espacial en el que se incluyen los sitios de A Pataqueria, A Fontela y Vilamerelle, con estructuras datadas desde el período calcolítico hasta el presente (Teira Brión 2013; Martín-Seijo *et al.* 2015). Se trata de un asentamiento al aire libre formado por estructuras negativas, con un foso circular y varias fosas de 1,3 - 1,8 m de diámetro y hasta 0,4 m de profundidad donde se han hallado restos materiales y conjuntos de cereales, datadas entre 1050 y 895 cal. A.N.E. (Fig. 55, 56 a y b) (Tereso *et al.* 2016).

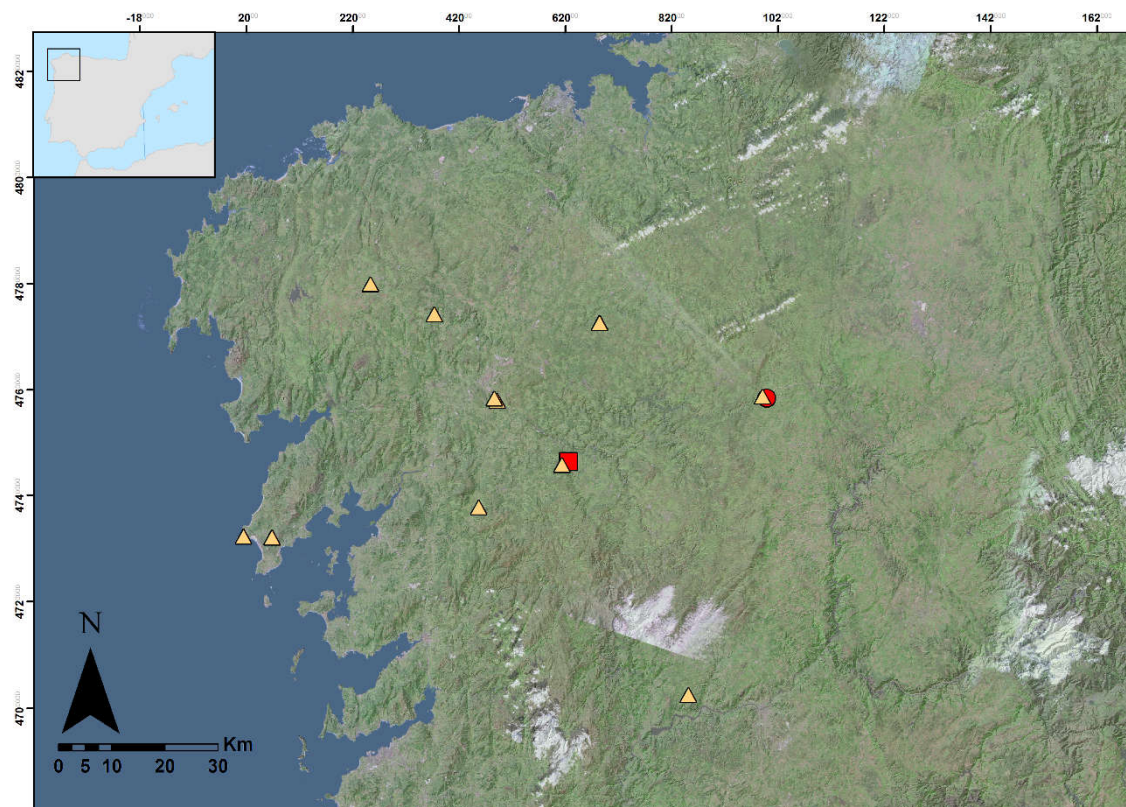


Fig. 54. Mapa con la localización de los yacimientos de A Fontela (círculo rojo) y Castrovite (cuadrado rojo). Los triángulos amarillos representan las parcelas modernas muestreadas (años 2014 y 2015).

3.11.2. Muestreo

En el asentamiento de A Fontela hemos realizado un muestreo de dos especies (*Triticum dicoccum* y *Triticum aestivum/durum*) para un momento concreto en la vida del asentamiento, obtenidas todas ellas por flotación (Tabla 32; Fig. 55, 56a y b). Las semillas han sido estudiadas por Andrés Teira Brión.

Por comparación, se ha llevado a cabo una selección de semillas de trigo cultivadas en la actualidad (años 2014 y 2015), correspondientes a diferentes localizaciones en Galicia (Fig. 54). Del total (N=119), dos de las parcelas muestreadas (N=16) se localizan en el entorno del asentamiento.



Fig. 55. Plano de localización de la zona muestreada en el asentamiento de A Fontela (señalado en rojo).

Las estructuras sombreadas en color gris pertenecen al Bronce Final (Imagen creada por Andrés Teira Brión a partir de la información facilitada por Lorena Vidal Caeiro, de la empresa Zeta Arqueoloxía S.L.).



Fig. 56 (a y b). Fotografías del contexto muestreado en A Fontela (MO19) (Imagen facilitada por Lorena Vidal Caeiro, de la empresa Zeta Arqueoloxía S.L.)

3.11.3. Resultados

Los valores obtenidos se recogen en la Tabla 32 y en las Fig. 57, 58 y 87. La media para la composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) en el asentamiento de A Fontela ha sido de $-23,57$ (SD=0,80), con rango entre $-25,28$ y $-21,40\%$. Teniendo en cuenta el valor de $\delta^{13}\text{C}$ para el CO_2 atmosférico de la época ($-6,52\%$), ésta ha sido de $17,47$ (SD=0,83) con rango entre $15,21$ y $19,24\%$. Finalmente, las muestras presentan valores medios de WUEi de 73 (SD= 6), con un rango comprendido entre 60 y $91 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$.

Los cereales modernos muestreados en Galicia presentan una media de $-25,43$

(SD= 1,38) con rango entre $-29,49$ y $-22,61\%$. Para la discriminación isotópica del carbono, los resultados son $17,27$ (SD=1,44) entre $14,34$ y $21,53\%$. De esta manera, el WUEi es de 107 (SD=16) entre 60 y $140 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$.

Teniendo en cuenta las muestras de las parcelas relacionadas con el asentamiento, los valores han sido de $-26,04$ (SD=1,69), entre $-29,49$ y $-23,96\%$, lo que equivale a $17,91\%$ (SD=1,77), con un rango comprendido entre $15,73$ y $21,53\%$. El resultado obtenido para el WUEi ha sido de 100 (SD= 19) entre 60 y $124 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$.

ID	ESPECIE (N)	DATACIÓN (cal. A.N.E.)	$\delta^{13}\text{C}\%$ (S.D) [rango]	$\Delta^{13}\text{C}$ (S.D) [rango]	WUEi (S.D) [rango]
209	<i>Triticum dicoccum</i> (N=20)	1050-895	$-23,66$ (0,66) [-25,28 a -22,58]	$17,55$ (0,69) [16,44-19,24]	73 (5) [60-81]
210	<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=13)	1050-895	$-23,45$ (0,99) [-25,02 a -21,40]	$17,34$ (1,03) [15,21-18,97]	74 (8) [62-91]
132	<i>Triticum</i> sp. (9)	Presente (2014)	$-24,84$ (0,55) [-25,44 a -23,96]	$16,65$ (0,57) [15,73-17,28]	114 (6) [107-124]
215	<i>Triticum</i> sp. (7)	Presente (2015)	$-27,59$ (1,32) [-29,49 a -26,38]	$19,53$ (1,39) [18,26-21,53]	82 (15) [60-96]

Tabla 32. Resultados obtenidos para el asentamiento de A Fontela, según número de estudio (ID), especie (número de muestras), datación, composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$), discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) y WUEi (eficiencia en el uso del agua). La $\delta^{13}\text{C}$ de la atmósfera es de $-6,52$ y $-8,6\%$ para las muestras arqueológicas y actuales respectivamente. La concentración de CO_2 es de ≈ 278 p.p.m para el pasado, ≈ 397 p.p.m en el año 2014 y ≈ 399 p.p.m. en el año 2015.

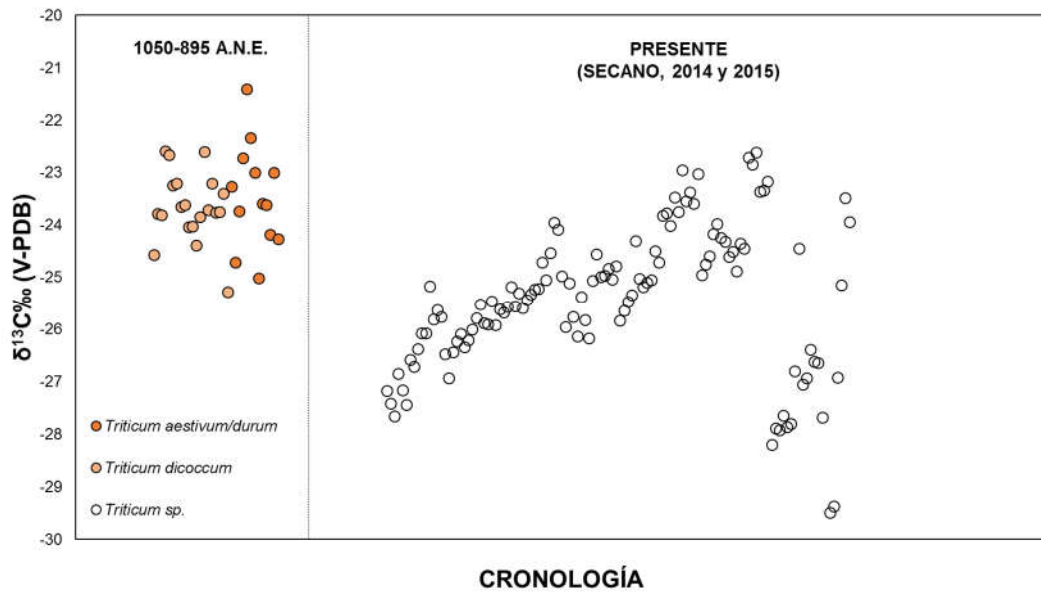


Fig. 57. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento de A Fontela (Palas de Rei, Lugo).

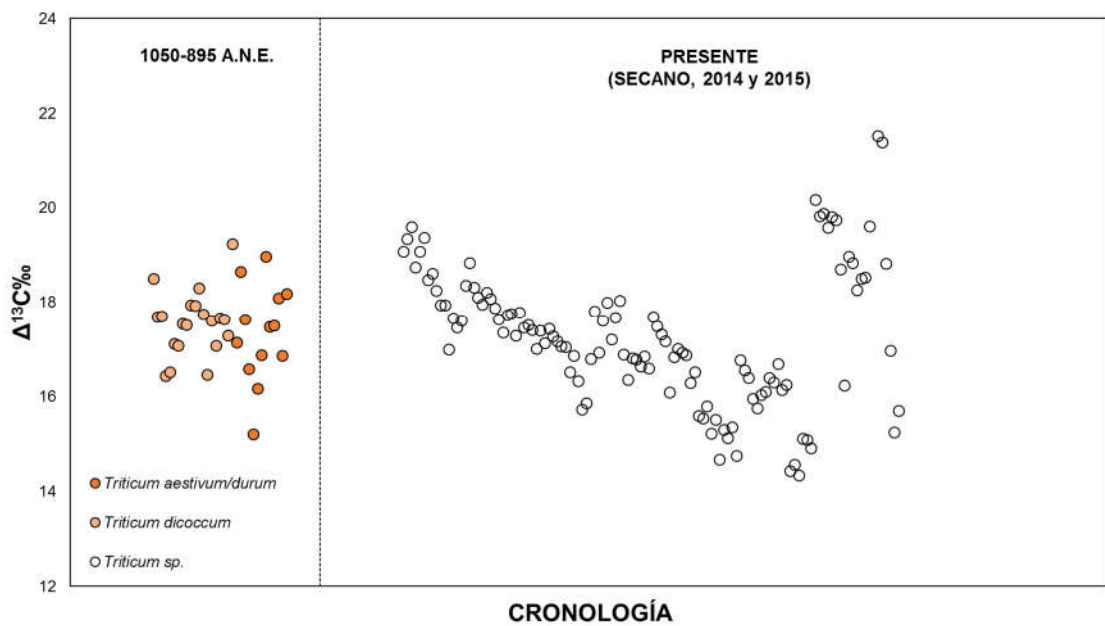


Fig. 58. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento de A Fontela (Palas de Rei, Lugo).

3.12. CASTROVITE (A ESTRADA, PONTEVEDRA)

3.12.1. Contexto arqueológico y ambiental

El yacimiento de Castrovite (Fig. 54) (UTM 29N 553683 4732690, 368 m.s.n.m.) se localiza en el curso medio del río Ulla, al norte del municipio de A Estrada (Pontevedra) (Rey Castiñeira *et al.* 2011).

A nivel general la zona pertenece al macizo hespérico. Más en concreto, en este municipio vemos tres grandes conjuntos de materiales: rocas graníticas al sur, rocas migmáticas, esquistos y granitos de anatexia, intercalándose diques de cuarzo, en las zonas centro y norte del municipio; por último depósitos aluviales detríticos, conformados principalmente por gravas y arenas, en torno al río Ulla (Miramontes Carballada 2000).

Los suelos que dominan son los Leptsoles o la secuencia Regosoles-Cambisoles-Gleysoles. Los Leptsoles son suelos poco evolucionados, con un horizonte de materia orgánica directamente desarrollado sobre la roca madre, y poco aptos para soportar una cobertura vegetal más allá de pinar de repoblación o tojarbrezal. Los Regosoles presentan un perfil más desarrollado y son dominantes en las zonas de ladera y llanuras no encharcadas (Miramontes Carballada 2000).

En este municipio domina un clima Templado Marítimo, con una Temperatura

Media Anual que oscila entre los 12 y 16°C, con valores en el mes más frío entre 6 y 10°C, y en el mes más cálido entre 16 y 22°C. Las precipitaciones medias anuales varían entre 1300 y 2000 mm, distribuidos a lo largo del año de manera más o menos uniforme, con un periodo seco inexistente o muy corto (Miramontes Carballada 2000).

El asentamiento fue excavado en el año 1986, siendo intervenida una superficie de unos 55 m² (Fig. 59 y 60). Presenta un único recinto, amurallado, con una ocupación donde se privilegia la visibilidad y las características defensivas, desarrollándose entre los siglos VIII y I a.n.e. principalmente (Carballo Arceo 1998; Rey Castiñeira *et al.* 2011).

El registro palinológico y antracológico de Castrovite ha puesto de manifiesto la existencia de un paisaje abierto y un bosque formado principalmente por *Quercus sp.*, *Alnus sp.*, *Corylus avellan* y *Castanea sp.*, con una explotación forestal gestionada para la elaboración de manufacturas y que se transforma relativamente a lo largo del tiempo (Martín Seijo y Carballo Arceo 2010; Rey Castiñeira *et al.* 2011).

En la terraza inferior se habría definido un espacio correspondiente a estructuras de almacenaje que quedaron selladas bajo los depósitos de pavimentación y nivelación del terreno, preservándose un importante conjunto de semillas (Rey Castiñeira *et al.* 2011)



Fig. 59. Superposición de ortofotografía y planimetría del asentamiento de Castrovite (Rey Castiñeira *et al.* 2011).



Fig. 60. Detalle de superposición de la ortografía y planimetría del asentamiento de Castrovite, con la localización de los sondeos realizados (Rey Castiñeira *et al.* 2011).

Los análisis carpológicos ponen de manifiesto una agricultura rica en cereales, apareciendo especies diversas como el *Panicum miliaceum*, *Triticum aestivum/durum*, *Triticum dicoccum*, *Triticum monococcum*, *Triticum cf. spelta* y *Hordeum vulgare* L., aprovechándose no solamente el grano sino también otras partes de las plantas (Carballo Arceo 1998; Rey Castiñeira *et al.* 2011; Teira-Brión *et al.* 2016). También destaca el consumo de leguminosas (*Vicia faba* y *Pisum sativum*) y de frutos como la bellota (*Quercus* sp.) (Rey Castiñeira *et al.* 2011).

3.12.2. Muestreo

Las semillas provenientes de Castrovite responden a dos especies: *Hordeum vulgare* L. y *Triticum cf. spelta* (Tabla 33) (Rey Castiñeira *et al.* 2011; Teira-Brión *et al.* 2016). Además, se ha llevado a cabo un muestreo de cereales modernos (ver epígrafe anterior, A Fontela). Del total de muestras (N=119), una parcela (N=9) se relaciona con el yacimiento de Castrovite (Fig. 54).

3.12.3. Resultados

Los resultados obtenidos para el yacimiento de Castrovite quedan recogidos en la Tabla 34 y en las Figuras 61, 62, 88 y 89.

En el siglo IV a.n.e, la media de la $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ para las muestras de *Hordeum vulgare* L. ha sido de -24,68 (SD=0,86), con rango entre -26,21 y -23,12‰. Para *Triticum cf. spelta*, hemos obtenido un valor medio de -23,53 (SD=0,73), con un rango

comprendido entre -25,86 y -21,80‰.

En el caso de los cereales del Siglo II a.n.e, la media de *Hordeum vulgare* L. ha sido de -25,58 (SD=0,49), con rango entre -26,60 y -24,83‰, mientras que para *Triticum cf. spelta*, los valores han sido de -23,57 (SD=1,02), con rango entre -25,22 y -21,86‰.

Teniendo en cuenta la $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ del CO_2 atmosférico, las muestras de *Hordeum vulgare* L. del Siglo IV a.n.e. presentan un valor medio de 18,67 (SD=0,90), con rango entre 17,05 y 20,27‰, y los cereales de *Triticum cf. spelta*, 17,47 (SD=0,77) con rango entre 15,67 y 19,91‰.

Para el Siglo II a.n.e., las semillas de *Hordeum vulgare* L. presentan valores de 19,64 (SD=0,51), con rango entre 18,86 y 20,71‰, mientras que el *Triticum cf. spelta* 17,54‰ (SD=1,07), entre 15,77 y 19,27‰.

Finalmente, la eficiencia en el uso del agua (WUEi) para las muestras del Siglo IV a.n.e. ha sido de 64 (SD=7), entre 52 y 77 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ para *Hordeum vulgare* L., mientras que para *Triticum cf. spelta* estos valores han sido de 73 (SD= 6) entre 55 y 87 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$.

Para el siglo II a.n.e., los resultados han sido de 57 (SD=4), entre 48 y 63 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ para la cebada y 73 (SD=8), entre 59 y 86 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ para el trigo.

En el caso de la parcela muestreada en el año 2014, los valores han sido de -25,12‰ (SD=0,43) para la composición isotópica del carbono, 16,95‰ (SD=0,45) para la $\Delta^{13}\text{C}$, y 110 (SD=5) $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ para la eficiencia en el uso del agua (WUEi).

ID	ESPECIE (N)	DATACIÓN (A.N.E)	CONTEXTO	CAPA
150	<i>Triticum cf. spelta</i> (N=25)	S. II	E24	5
151	<i>Hordeum vulgare</i> L. (N=25)	S. II	E24	5
152	<i>Triticum cf. spelta</i> (N=25)	S. IV	E24	9
153	<i>Triticum cf. spelta</i> (N=25)	S. IV	E25	5
154	<i>Hordeum vulgare</i> L. (N=25)	S. IV	E25	5
155	<i>Triticum cf. spelta</i> (N=25)	S. IV	E27	5
156	<i>Triticum cf. spelta</i> (N=25)	S. IV	F24	5
TOTAL	<i>Triticum cf. spelta</i> (N= 125)		<i>Hordeum vulgare</i> L. (N=50)	

Tabla 33. Muestreo realizado en el asentamiento de Castrovite, según número de estudio (ID), especie (número de muestras), datación, contexto y nivel estratigráfico (Capa).

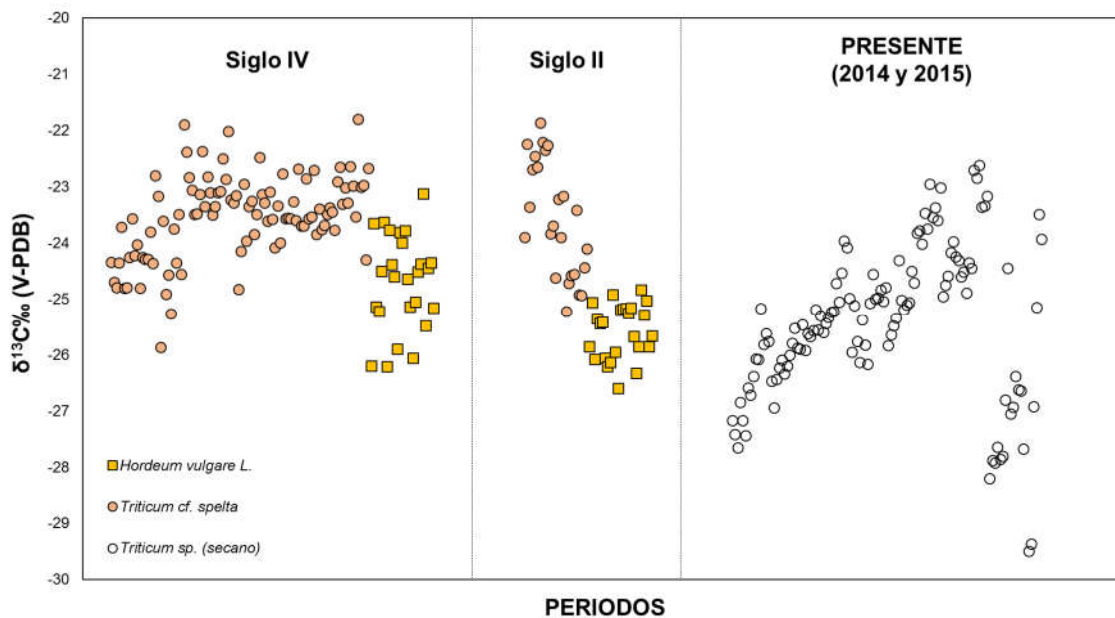


Fig. 61. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento de Castrovite (A Estrada, Pontevedra).

ESPECIE (N)	DATACIÓN	CONTEXTO	$\delta^{13}\text{C}\%$ (S.D) [rango]	$\Delta^{13}\text{C}$ (S.D) [rango]	WUE (S.D) [rango]
<i>Hordeum vulgare L.</i> (25)	S. II	E24	-25,58 (0,49) [-26,60 a -24,83]	19,64 (0,51) [18,86-20,71]	57 (4) [48-63]
<i>Triticum cf. spelta</i> (25)	S. II	E24	-23,57 (1,02) [-25,22 a -21,86]	17,54 (1,07) [15,77-19,27]	73 (8) [59-86]
<i>Hordeum vulgare L.</i> (25)	S. IV	E25	-24,68 (0,86) [-26,21 a -23,12]	18,67 (0,90) [17,05-20,27]	64 (7) [52-77]
<i>Triticum cf. spelta</i> (25)	S. IV	E24	-24,29 (0,66) [-25,86 a -22,80]	18,26 (0,69) [16,71 a 19,91]	67 (5) [55-79]
<i>Triticum cf. spelta</i> (25)	S. IV	E25	-23,17 (0,70) [-24,83 a -21,89]	17,09 (0,72) [15,77 a 18,82]	76 (6) [63-86]
<i>Triticum cf. spelta</i> (25)	S. IV	E27	-23,44 (0,43) [- 24,14 a -22,48]	17,37 (0,45) [16,37 a 18,11]	74 (3) [68-82]
<i>Triticum cf. spelta</i> (25)	S. IV	F24	-23,22 (0,52) [-24,30 a -21,80]	17,15 (0,54) [15,67-18,27]	76 (4) [67-87]
<i>Triticum sp.</i> (9)	Presente (2014)		-25,12 (0,43) [-25,84 a -24,55]	16,95 (0,45) [16,35-17,70]	110 (5) [102-117]

Tabla 34. Valores medios para las muestras arqueológicas analizadas en el Castrovite (A Estrada, Lugo) de acuerdo con las especies estudiadas (número de muestras), la datación, el contexto, los valores de composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$), de discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) y de la eficiencia en el uso del agua (WUEi); la concentración de CO_2 (p.p.m.) es de ≈ 278 y ≈ 397 para las muestras arqueológicas y modernas respectivamente; la $\delta^{13}\text{C}$ del CO_2 atmosférico es -6,44 para el siglo II, -6,47‰ para el siglo IV a.n.e. y -8,6‰ para el presente.

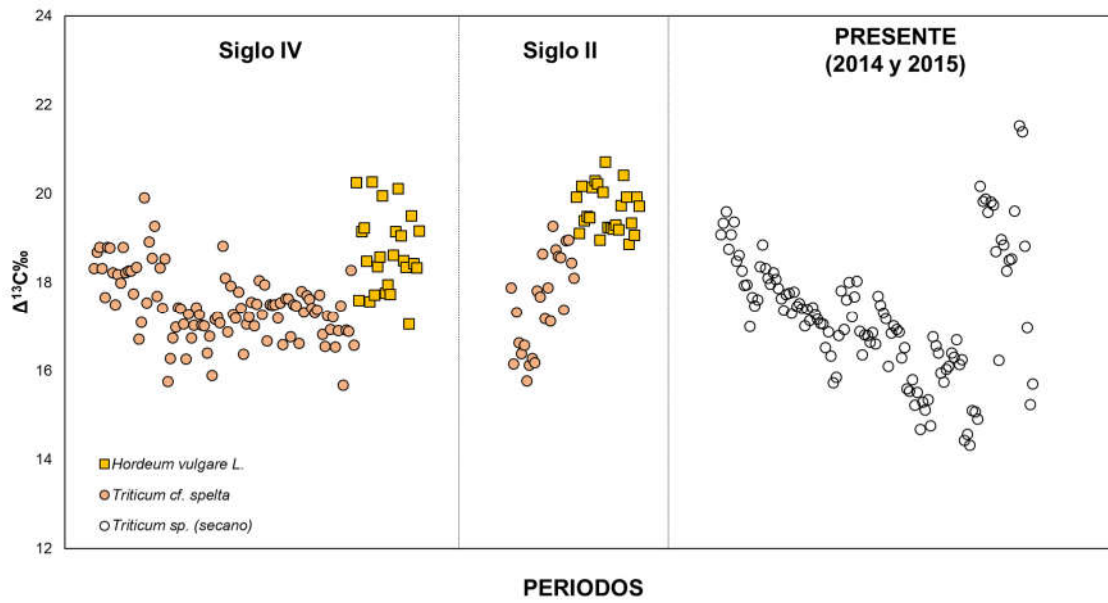


Fig. 62. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) de las muestras analizadas en el asentamiento de Castrovite (A Estrada, Pontevedra).

“Toda la historia de la sociedad humana, hasta el día, es una historia de lucha de clases”

(K. Marx y F. Engels, *El Manifiesto Comunista*)

4. DISCUSIÓN

4.1. IRRIGACIÓN VS SECANO EN EL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL

4.1.1. Las plantas actuales: un modelo de referencia

La arqueología, por la naturaleza de su objeto de estudio, requiere de la construcción de referentes actuales con los que poder comparar la cultura material generada por las sociedades del pasado. En este sentido, la realización del muestreo de cereales actuales (años 2014 y 2015) cultivados en el entorno de los asentamientos arqueológico nos ha permitido profundizar en tres cuestiones:

- el grado de diferencia entre los valores isotópicos de las distintas especies de cereales (en este caso, trigo y cebada).
- el desarrollo de un modelo para el estudio de la irrigación y el secano en el pasado, basado en los resultados del presente como referencia.
- la relación existente entre los valores hallados, combinando para ello diferentes parámetros: la parcela de cultivo, la región y sus características climáticas y, finalmente, la aplicación de regadío o secano (Tabla 35).

a) *Las relaciones entre especies de cereales*

Desde la bibliografía se ha insistido en la existencia de diferencias de resistencia a la sequía entre el trigo y la cebada (Araus *et al.* 1997; Anyia *et al.* 2007; Wallace *et al.* 2013). Éstas darían lugar a valores $\delta^{13}\text{C}$ distintos para cada una de las especies cultivadas bajo unas condiciones ambientales similares: la cebada tendería a discriminar más y a mostrar un menor WUEi que el trigo (Araus *et al.* 1997; Anyia *et al.* 2007; Tambussi *et al.* 2007; Wallace *et al.* 2013). Los valores obtenidos en este estudio nos obligan a matizar las diferencias que se han señalado por la bibliografía para su aplicación a la interpretación del registro arqueológico.

En el caso de Terlinques, la discriminación media $\Delta^{13}\text{C}$ para la cebada cultivada en condiciones de secano es de 13,90‰, ligeramente menor que para el trigo (14,14‰). Lo mismo ocurre cuando analizamos las muestras irrigadas, siendo de 17,17 vs 17,55‰ respectivamente.

En Castellón Alto no podemos comparar directamente los valores de los cereales muestreados en la zona en tanto solo disponemos de cebada cultivada en regadío y trigo en secano. Por el contrario, podemos usar como referencia los resultados anteriormente expuestos para Terlinques, ya que este asentamiento también se sitúa en una zona caracterizada por un clima semiárido. En ambos casos las medias de las semillas de secano se sitúan entre 13 y 15‰, mientras que las de regadío lo hacen entre 16 y 18‰, ya sean de trigo o de cebada.

En la Alta Andalucía, donde nos encontramos con un clima más húmedo que en el caso anterior, observamos que tanto para Peñalosa como para Eras del Alcázar (La Loma) las medias también son

relativamente similares entre especies, con diferencias que se sitúan entre 0,4 y 0,7‰: 16,92‰ vs 17,35‰ en el primer caso y 16,45 vs 17,18‰ en el segundo para el trigo y la cebada respectivamente. No obstante, es necesario señalar que tanto los valores medios como los máximos serían superiores para la cebada en ambos casos.

En las muestras estudiadas para la zona de El Cerro del Castillo de Alange, donde solamente tenemos cereal de secano, el trigo presenta medias de 15,61‰ frente a 17,23‰ para la cebada. Esto significa que, al contrario que en los otros asentamientos, aquí si encontramos diferencias más acusadas entre las especies aunque menores que las presentadas por Wallace *et al.* (2013) para la zona de Borja, hecho que en nuestro caso podría ponerse en relación con el cultivo en lugares con características hídricas distintas (Araus *et al.* 1997).

Finalmente, los datos publicados por Araus *et al.* (1997) para los asentamientos del sudeste también indican coincidencia entre los valores para el trigo y la cebada cultivadas en régimen de secano (15,06 y 15,19‰ respectivamente); por el contrario, las diferencias entre trigo irrigado (16,93) y cebada (18,72) son mayores, aunque hay que subrayar que en el último caso se trata solamente de una muestra, debiendo utilizarse este dato con cautela (Araus *et al.* 1997).

En consecuencia, a la hora de interpretar los valores del pasado es necesario tener en cuenta que las diferencias no deben ser tan altas como las que se han señalado por parte de la literatura. En este sentido, la propuesta de Araus *et al.* (1997) sobre las diferencias entre trigo y cebada (0,5‰) parece ser la más coherente a la hora de poder interpretar el registro arqueológico estudiados en esta tesis.

b) *Regadío vs secano: un modelo basado en el WUEi*

Los análisis llevados a cabo permiten establecer un modelo teórico de límite entre plantas cultivadas con o sin déficit hídrico basado en la eficiencia en el uso del agua (WUEi). Una metodología similar ha sido utilizada para la interpretación de los resultados obtenidos en los asentamientos arqueológicos publicados en la bibliografía, pero en esos casos mediante el uso de $\Delta^{13}\text{C}$ (Araus *et al.* 1997; Wallace *et al.* 2013).

Araus *et al.* (1997), a través de análisis de cultivos en el sudeste peninsular, y comparando con otras áreas de clima mediterráneo, propusieron unos valores de 17,5‰ y 18‰ como límite para la existencia de regadío en el trigo y la cebada respectivamente. Del mismo modo, Wallace *et al.* (2013) plantearon un gradiente que incluía niveles diferentes para trigo, cebada y leguminosas (Fig. 63).

Por otro lado, Stokes *et al.* (2011) y Flohr *et al.* (2011) han incidido en la existencia de valores distintos con relación a los posibles niveles de irrigación, mostrándose que los incrementos en la $\Delta^{13}\text{C}$ son mayores cuando se comparan cultivos de secano con granos irrigados de forma parcial que cuando se tienen en cuenta niveles de irrigación más cercanos al punto óptimo (Fig.64).

Los datos obtenidos por nosotros son coherentes con estos modelos. Las medias de $\Delta^{13}\text{C}$ en regadío tanto para el trigo como para la cebada no se sitúan por debajo de 16‰ en ningún caso. Sin embargo, las muestras actuales de secano en nuestro estudio presentan valores medios para ambientes aridos comprendidos entre 13 y 15‰ mientras que, para el caso del sudoeste, algo más húmedo, estas medias en el trigo cultivado en secano se localizan también por debajo de 16‰.

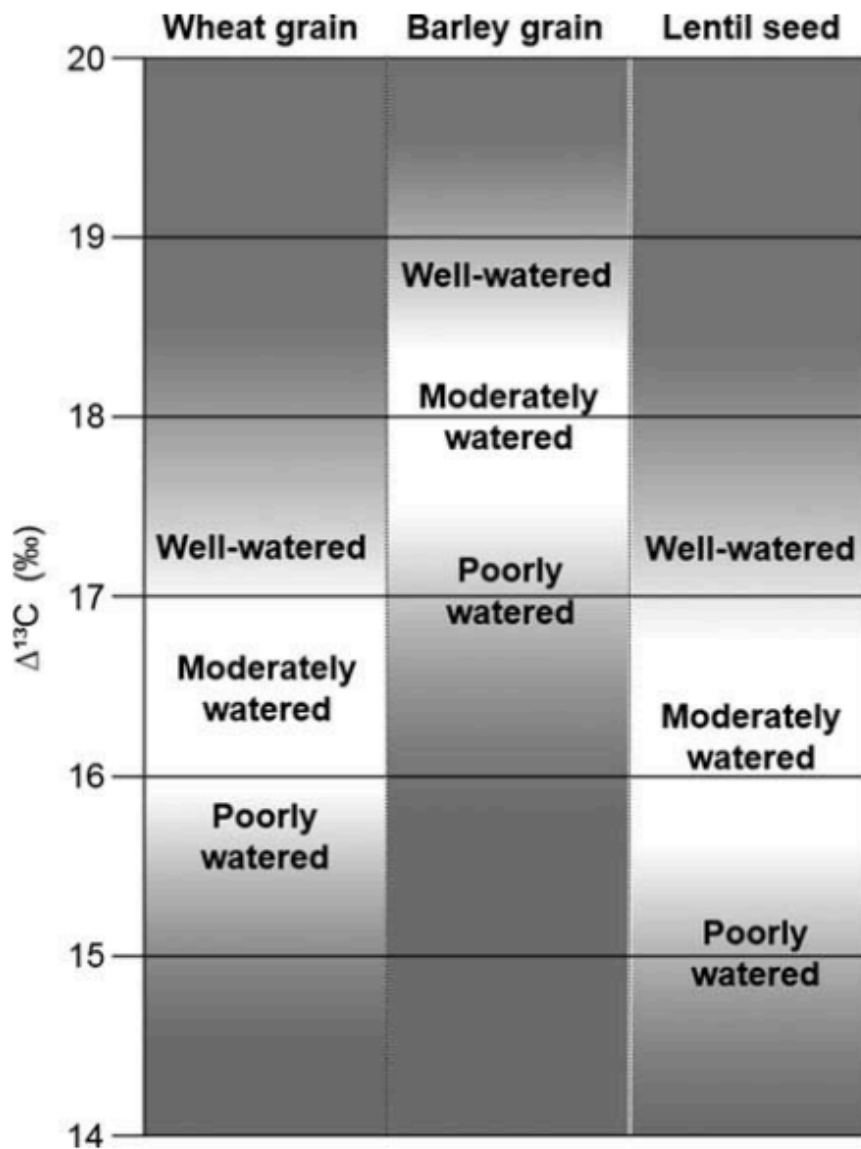


Fig. 63. Diagrama propuesto por Wallace et al. (2013), el cual incluye los valores planteados por Araus et al. (1997) para el trigo (17,5‰) y la cebada (18‰).

Por otro lado, en el caso del Alto Guadalquivir los valores medios son mayores para el secano, tanto en el caso de Peñalosa como de Eras del Alcázar, situándose entre 16 y 18‰ (a excepción de un caso, con un valor medio de 18,15‰).

Finalmente, en el noroeste el rango nos indica unas medias muy variables, propias del muestreo en una zona muy amplia influida por distintas corrientes climáticas (Martínez Cortizas y Pérez Alberti 1999).

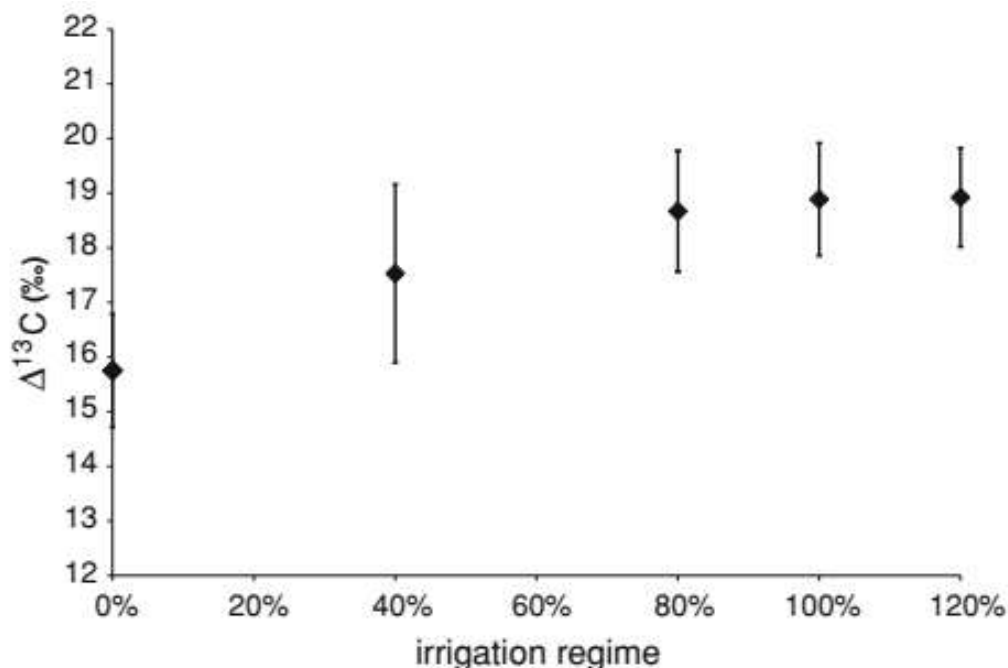


Fig. 64. Relación entre los resultados para la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) y el régimen hídrico para granos de cebada cultivados en la actualidad, según Flohr et al. (2011).

Por tanto, nuestros datos de cereales actuales, como cabía esperar, muestran una relación con el régimen hídrico. Sin embargo, al comparar las gramíneas cultivadas en el pasado con una atmósfera cuya concentración y composición isotópica del CO_2 eran diferentes, es necesario tener en cuenta como afectan cada uno de estos parámetros (Leuenberger *et al.* 1992a; Indermuhle *et al.* 1999). Se ha sugerido que dichos cambios podrían influir en la $\Delta^{13}\text{C}$, registrándose un cambio en la discriminación independiente de las condiciones ambientales (Schubert y Jahren 2012).

Así, un aumento de la discriminación en la actualidad podría indicar, a priori, un aumento aparente de la humedad. Por el contrario, los cambios en los valores isotópicos no se deberían en este caso a una apertura de los estomas como respuesta a un ambiente más húmedo, sino a la influencia de los parámetros antes citados (Schubert y Jahren 2012).

En este contexto, es necesario ser cautos a la hora de comparar $\Delta^{13}\text{C}$ en muestras cultivadas en el pasado y en el presente, cuando las concentraciones de CO_2 son distintas, ya que no tener en cuenta estas transformaciones podría hacer que dichos parámetros estuvieran enmascarando las condiciones hídricas reales. Por el contrario, el uso del WUE_i nos indicaría de una forma directa los cambios en las tasas de estrés hídrico en las zonas estudiadas, al considerarse tanto las diferencias de concentración como de composición isotópica entre el pasado y el presente.

Tomando la propuesta de Wallace *et al.* (2013) y un valor para la concentración de CO_2 de ≈ 384 (años 2006-2009) como referencia, hemos calculado un gradiente a partir de la fórmula desarrollada por Farquar *et al.* (1989). De la misma manera, hemos utilizado los valores obtenidos por Araus *et al.* (1997) para marcar un límite hipotético entre regadío y secano en el sudeste de la península ibérica (17,5‰ para el trigo y 18‰ para la cebada), usando la concentración de CO_2 correspondiente al año 1994 (≈ 358 p.p.m.) dando como

resultado $90 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ para la cebada y $95 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ para el trigo.

Con el fin de incrementar el rigor en este tipo de estudios (comprobar el uso de regadío), hemos partido de una postura conservadora. Si bien es muy posible que valores inferiores a $120 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ en WUE_i puedan ser consecuencia del uso del riego, especialmente en contextos áridos como el sur de la península ibérica, hemos corregido dichos valores en la cebada con los resultados más bajos en WUE_i obtenidos en las plantas de secano muestreadas por nosotros. De esta manera, un posible límite se situaría en torno a $85 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. En consecuencia, y para mantener la relación entre ambas especies (con una diferencia de $5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ según los cálculos realizados), hemos situado el límite del trigo en $90 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. Esto nos permite proponer un horizonte entre condiciones de secano y condiciones de regadío o de mayor cantidad de agua disponible en $85 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ para el caso de la cebada y $90 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ para el caso del trigo. Teniendo en cuenta, además, que en la mayoría de los casos hemos obtenido medias relativamente similares para ambas especies, se podría situar un límite general para los cereales en torno a $85 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$, de manera que, en cualquier caso, y como ya hemos señalado, estaríamos siendo conservadores

con las conclusiones a las que podemos llegar (Fig. 65 y 66).

En cuanto a los valores de leguminosas, Araus *et al.* (1997) obtuvieron un valor de 14,91‰ para una muestra de haba de secano cultivada en 1994, mientras que para las semillas de regadío la media fue de 16,67‰ (con rango entre 16,01 y 17,92‰). En el caso de Wallace *et al.* (2013), se propone 15‰ como límite inferior para señalar déficit hídrico, 16‰ para marcar condiciones hídricas moderadas y 17‰ para buenas condiciones de cultivo. Tomando ambas referencias, el límite teórico de WUE_i para las leguminosas se podría situar entre 100 y $105 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. Como en el caso de los cereales, tomamos el límite inferior.

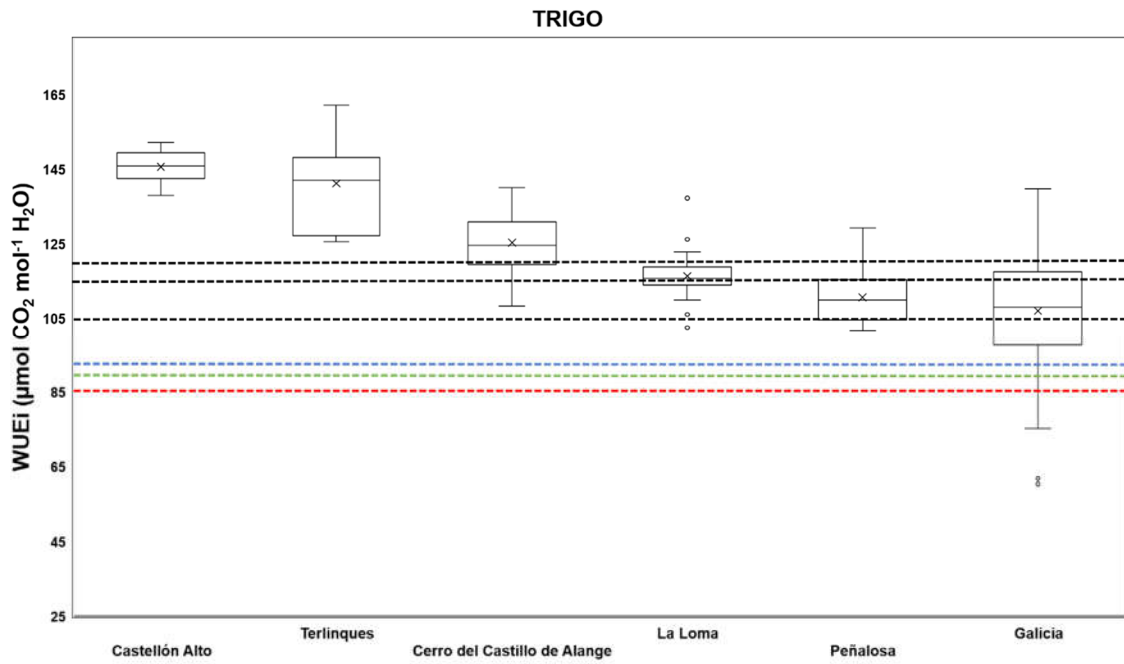


Fig. 65. Gráfico de barras con los resultados para la eficiencia en el uso del agua (WUEi) de las muestras actuales (años 2014 y 2015) cultivadas en condiciones de secano, según el asentamiento o área de estudio. Se señalan los límites para condiciones de cultivo calculados a partir de Wallace *et al.* (2013) (línea negra) y Araus *et al.* (1997) (línea azul); la línea verde indica el valor obtenido por nosotros para trigo irrigado/sin estrés hídrico; finalmente la línea roja señala dicho nivel para el conjunto de los cereales.

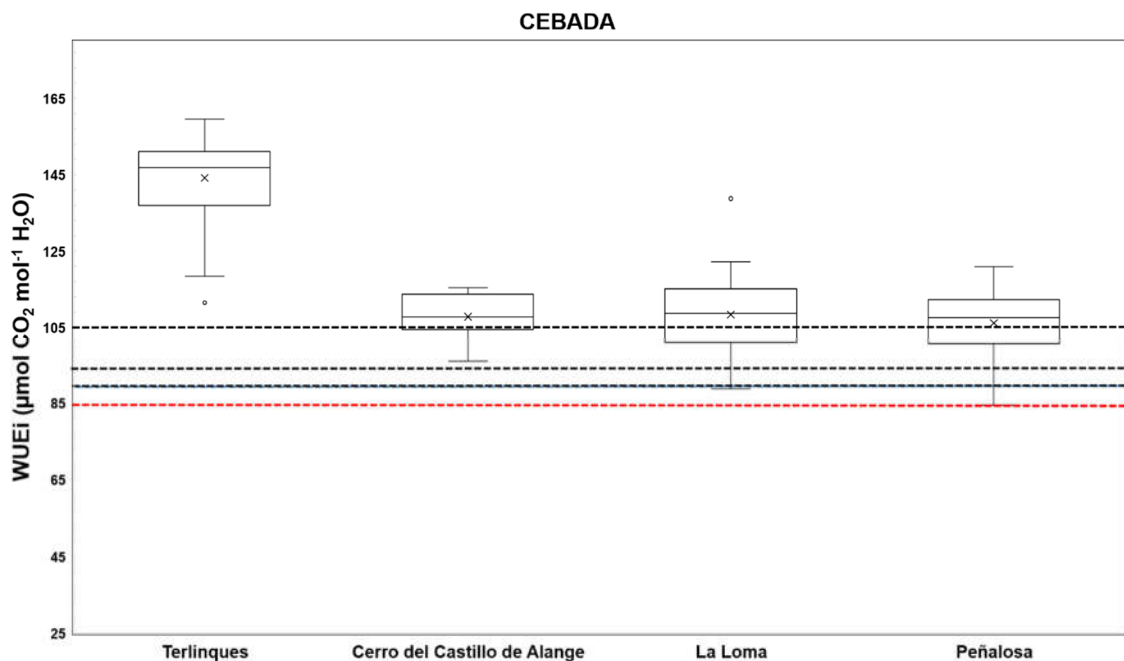


Fig. 66. Gráfico de barras con los resultados para la eficiencia en el uso del agua (WUEi) de las muestras actuales (años 2014 y 2015) cultivadas en condiciones de secano, según el asentamiento o área de estudio. Se señalan los límites para condiciones de cultivo calculados a partir de Wallace *et al.* (2013) (línea negra) y Araus *et al.* (1997) (línea azul) (Nótese la coincidencia entre ambas); finalmente la línea roja señala el nivel para la cebada irrigada/sin estrés hídrico.

c) *Cultivos, parcelas y cosechas: hacia un modelo arqueológico*

La bibliografía ha prestado una escasa atención al problema de las diferencias de los valores obtenidos en relación a las cosechas anuales (hecho importante en el clima mediterráneo por su irregularidad) o a la dispersión del cultivo a lo largo del territorio (hecho que viene determinado por fenómenos como la estructura de tenencia y propiedad o las formas de explotación de la tierra) (Heaton *et al.* 2009; Flohr *et al.* 2011; Fiorentino *et al.* 2012; Lightfoot y Stevens 2012).

Estas cuestiones son de gran interés cuando se afronta la interpretación del registro arqueológico, en tanto se desconoce el origen de las semillas que estudiamos en los contextos de excavación: ¿son el producto de una misma cosecha? ¿proviene de una misma parcela? ¿responden a un cultivo local o son la consecuencia del establecimiento de redes de intercambio?

Heaton *et al.* (2009), en un estudio basado en plantas modernas, mostraron rangos de 1,3‰ para cultivos situados a una distancia de alrededor de 10 km, ≈2‰ para 35 km, y ≈3‰ para distancias mayores. Flohr *et al.* (2011) encontraron rangos de ≈5‰ para campos irrigados y de secano, mientras que Stokes *et al.* (2011) de ≈7‰; Wallace *et al.* (2013) presentaron rangos de ≈3,5‰ para Borja (noreste de la península ibérica, años 2006 - 2008), similar al publicado por Araus *et al.* (1997) para cultivos del año 1994 en el sudeste.

En los análisis realizados en cereales cultivados dentro de este estudio solamente hemos encontrado rangos menores a 1‰ en dos parcelas del muestreo llevado a cabo en el noroeste (Galicia). Aproximadamente la mitad de las parcelas estudiadas se sitúan entre 1 y 2‰; diez, presentan rangos entre 2 y 3‰; finalmente, un total de ocho parcelas se sitúan por encima de 3‰ y sólo una supera el valor de 4‰.

Si las agrupamos por zonas (teniendo en cuenta ambos años de muestreo, 2014 y 2015) para el asentamiento de Castellón Alto este valor se sitúa entre

5,32‰ (año 2014) y 1,37‰ (año 2015, donde solamente se pudo muestrear una parcela); el Cerro del Castillo de Alange arroja medias de 2,43 y 3,68‰; en Galicia, donde se ha muestreado un ámbito más amplio, el rango es de 4,91‰ y 7,19‰ para 2014 y 2015 respectivamente; los valores en Peñalosa se encuentran entre 2,73 y 3,22‰; en Terlinques, los rangos son de 7,72‰ para 2014 y 5,59‰ para 2015; finalmente, en Eras del Alcázar (solamente muestreado en 2015) esta cifra es de 4,53‰.

Como puede observarse, los rangos son mayores cuando se incluyen muestras de secano y regadío. Por el contrario, estos valores se reducen a la mitad cuando solamente se tienen en cuenta las muestras irrigadas o de secano, es decir, cuando su cultivo es homogéneo.

Este hecho es interesante ya que permite sugerir cuáles podrían ser las prácticas agrícolas dentro de los asentamientos estudiados. Cuando los rangos se sitúan por debajo de 3,5 o 4‰ posiblemente hablemos de muestras cultivadas bajo condiciones homogéneas, pudiendo aun así, pertenecer a campos de cultivo o distintas.

Por el contrario, los rangos que se sitúan por encima de 4‰ podrían relacionarse con tres posibilidades: la primera, el desarrollo de prácticas de cultivo que incluirían irrigación y secano; la segunda, el cultivo de parcelas distintas influidas por condiciones ambientales heterogéneas; en tercer lugar, la pertenencia a cosechas anuales diferentes.

En la mayoría de los casos, con muestreos de cereales actuales realizados junto a los asentamientos arqueológicos, se estarían documentando rangos que se explicarían por la primera posibilidad, con la excepción de Eras del Alcázar (valores que se deben a una sólo de las parcelas estudiadas, mientras las tres restantes se corresponden con la tendencia descrita) y sobre todo Galicia, donde es la dispersión geográfica la que explicaría la variabilidad encontrada.

PARCELA	ID	ASENTAMIENTO	ESPECIE	AÑO	$\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ (STD)	$\Delta^{13}\text{C}\text{‰}$ (STD)	WUEi (STD)
1	108	Terlinques	<i>Hordeum</i> <i>sp.</i> (N=15)	2014	-24,47 (0,67) [-25,70 a -23,58]	16,27 (0,70) [15,34-17,55]	118 (8) [104-128]
2	109	Terlinques	<i>Hordeum</i> <i>sp.</i> (N=15)	2014	-25,80 (0,92) [-28,00 a -24,46]	17,66 (0,96) [16,25-19,95]	103 (11) [77-118]
3	110	Terlinques	<i>Triticum sp.</i> (N=15)	2014	-22,42 (1,06) [-23,79 a -20,58]	14,14 (1,10) [12,23-15,56]	141 (12) [126-162]
4	111	Terlinques	<i>Hordeum</i> <i>sp.</i> (N=15)	2014	-21,47 (0,33) [-22,06 a -20,98]	13,15 (0,34) [12,64-13,77]	152 (4) [145-158]
5	112	Terlinques	<i>Hordeum</i> <i>sp.</i> (N=15)	2014	-22,07 (0,79) [-23,80 a -20,81]	13,78 (0,82) [12,47-15,57]	145 (9) [125-160]
8	198	Terlinques	<i>Hordeum</i> <i>sp.</i> (N=15)	2015	-25,72 (0,61) [-26,57 a -24,88]	17,57 (0,64) [16,69-18,46]	104 (7) [94-114]
9	199	Terlinques	<i>Hordeum</i> <i>sp.</i> (N=15)	2015	-22,14 (0,44) [-23,20 a -21,58]	13,85 (0,45) [13,26-14,95]	145 (5) [133-152]
10	200	Terlinques	<i>Triticum sp.</i> (N=15)	2015	-25,69 (0,65) [-26,94 a -24,66]	17,55 (0,68) [16,47-18,85]	104 (8) [90-116]
11	201	Terlinques	<i>Hordeum</i> <i>sp.</i> (N=15)	2015	-23,07 (0,90) [-25,08 a -21,61]	14,81 (0,93) [13,30-16,90]	134 (10) [111-151]
12	85	Castellón Alto	<i>Hordeum</i> <i>sp.</i> (N=15)	2014	-24,95 (0,76) [22,93 a -25,94]	16,77 (0,79) [14,66-17,80]	112 (9) [101-135]

13	86	Castellón Alto	<i>Hordeum sp.</i> (N=15)	2014	-25,45 (0,56) [-26,58 a -24,59]	17,29 (0,58) [16,39-18,47]	107 (6) [94-117]
14	88	Castellón Alto	<i>Triticum sp.</i> (N=15)	2014	-22,03 (0,36) [-22,71 a -21,47]	13,74 (0,38) [13,15-14,44]	146 (4) [138-152]
15	197	Castellón Alto	<i>Hordeum sp.</i> (N=15)	2015	-24,75 (0,37) [-25,49 a -24,18]	16,56 (0,38) [15,96-17,33]	115 (4) [107-122]
16	90	Peñalosa	<i>Triticum sp.</i> (N=15)	2014	-25,10 (0,65) [-25,87 a -23,47]	16,92 (0,67) [15,23-17,73]	111 (7) [102-129]
17	91	Peñalosa	<i>Hordeum sp.</i> (N=15)	2014	-25,27 (0,52) [-26,00 a -24,21]	17,11 (0,55) [15,99-17,86]	109 (6) [100-121]
18	92	Peñalosa	<i>Hordeum sp.</i> (N=15)	2014	-25,17 (0,43) [-26,09 a -24,42]	17,00 (0,45) [16,22-17,96]	110 (5) [99-118]
19	202	Peñalosa	<i>Hordeum sp.</i> (N=15)	2015	-26,28 (0,78) [-27,41 a -24,92]	18,15 (0,82) [16,74-19,34]	98 (9) [85-113]
20	203	Peñalosa	<i>Hordeum sp.</i> (N=15)	2015	-25,31 (0,70) [-26,67 a -24,33]	17,14 (0,73) [16,12-18,56]	109 (8) [93-120]
21	162	Eras del Alcázar	<i>Hordeum sp.</i> (N=15)	2015	-25,36 (1,03) [-27,05 a -22,70]	17,20 (1,08) [14,43-18,96]	108 (12) [89-139]
22	163	Eras del Alcázar	<i>Triticum sp.</i> (N=15)	2015	-24,76 (0,41) [-25,85 a -24,15]	16,57 (0,42) [15,94-17,71]	115 (5) [103-122]
23	164	Eras del Alcázar	<i>Triticum sp.</i> (N=15)	2015	-24,53 (0,64) [-25,55 a -22,83]	16,33 (0,67) [14,56-17,39]	118 (7) [106-137]
24	165	Eras del Alcázar	<i>Hordeum sp.</i> (N=15)	2015	-25,33 (0,79) [-26,54 a -24,14]	17,17 (0,83) [15,93- 18,43]	109 (9) [95-122]

25	98	Cerro del Castillo de Alange	<i>Triticum</i> sp. (N=15)	2014	-24,21 (0,50) [-24,86 a -23,16]	15,99 (0,52) [14,91-16,67]	121 (6) [113-133]
26	100	Cerro del Castillo de Alange	<i>Triticum</i> sp. (N=15)	2014	-23,37 (0,56) [-24,41 a -22,52]	15,12 (0,59) [14,24-16,21]	130 (6) [119-140]
27	205	Cerro del Castillo de Alange	<i>Triticum</i> sp. (N=15)	2015	-23,87 (0,63) [-25,35 a -23,01]	15,65 (0,66) [14,75-17,18]	125 (7) [108-135]
28	206	Cerro del Castillo de Alange	<i>Hordeum</i> sp. (N=15)	2015	-25,39 (0,50) [-26,42 a -24,74]	17,23 (0,52) [16,55- 18,31]	108 (6) [96-115]
29	207	Cerro del Castillo de Alange	<i>Triticum</i> sp. (N=15)	2015	-23,92 (0,49) [-24,54 a -22,89]	15,70 (0,51) [14,63 -16,34]	125 (6) [118-137]
30	128	Galicia	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2014	-27,04 (0,43) [-27,65 a -26,38]	18,95 (0,45) [18,26-19,60]	88 (5) [81-96]
31	129	Galicia	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2014	-26,04 (0,53) [-26,94 a -25,17]	17,91 (0,55) [17,00-18,85]	100 (6) [90-110]
32	130	Galicia	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2014	-26,00 (0,25) [-26,34 a -25,52]	17,86 (0,27) [17,36-18,22]	100 (3) [96-106]
33	131	Galicia	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2014	-25,54 (0,21) [-25,92 a -25,18]	17,38 (0,22) [17,01-17,78]	106 (2) [101-110]
34	132	Galicia	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2014	-24,84 (0,55) [-25,44 a -23,96]	16,65 (0,57) [15,73-17,28]	114 (6) [107-124]
35	133	Galicia	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2014	-25,60 (0,47) [-26,17 a -24,98]	17,44 (0,49) [16,80-18,04]	105 (5) [98-112]
36	134	Galicia	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2014	-25,12 (0,43) [-25,84 a -24,55]	16,95 (0,45) [16,35-17,70]	110 (5) [102-117]

37	135	Galicia	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2014	-24,78 (0,49) [-25,34 a -23,82]	16,59 (0,51) [15,60-17,17]	114 (6) [108-125]
38	136	Galicia	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2014	-23,50 (0,35) [-24,02 a -22,94]	15,25 (0,36) [14,68-15,79]	129 (4) [123-135]
39	212	Galicia	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2015	-24,45 (0,31) [-24,95 a -23,97]	16,25 (0,32) [15,75-16,77]	119 (4) [113-124]
40	213	Galicia	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2015	-23,52 (0,83) [-24,88 a -22,61]	15,28 (0,86) [14,34-16,70]	129 (10) [114-140]
41	214	Galicia	<i>Triticum</i> sp. (N=9)	2015	-27,29 (1,16) [-28,20 a -24,44]	19,21 (1,21) [16,24-20,17]	86 (13) [75-119]
42	215	Galicia	<i>Triticum</i> sp. (N=7)	2015	-27,59 (1,32) [-29,49 a -26,38]	19,53 (1,39) [18,26-21,53]	82 (15) [60-96]
43	216	Galicia	<i>Triticum</i> sp. (N=4)	2015	-24,87 (1,53) [-26,92 a -23,49]	16,69 (1,60) [15,24-18,83]	114 (18) [90-130]

Tabla 35. Valores obtenidos para las muestras actuales (años 2014 y 2015) analizadas en esta tesis, según parcela, número de estudio (ID), especie (con número de muestras), año, composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$), discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) y eficiencia del uso del agua (WUEi).

4.1.2. Asentamientos

Los modelos desarrollados a partir de los datos proporcionados por el análisis de las plantas actuales y de las propuestas existentes en la bibliografía, nos permiten ahora afrontar la interpretación de los resultados obtenidos en cada uno de los asentamientos.

4.1.2.1. Terlinques

Los estudios antracológicos llevados a cabo en el yacimiento de Terlinques señalan que hacia el final del III milenio a.n.e. el ambiente era relativamente seco (Machado *et al.* 2009). Esto es coherente con numerosas publicaciones que indicarían una degradación climática en el sudoeste de Europa desde el Medio Holoceno (Carrión *et al.* 2010a; Carrión *et al.* 2010b; Yanes *et al.* 2011; Aranbarri *et al.* 2014; Santisteban *et al.* 2016). Prado *et al.* (2013) obtuvieron una curva paleoclimática de alta resolución de los últimos 250.000 años en los travertinos de Alicun (Granada), donde, en la primera mitad del Holoceno, los datos isotópicos de oxígeno señalan importantes episodios húmedos, el último de ellos sobre el ≈ 3.400 a.n.e. A continuación se encuentra un periodo más seco, continuo y estable que duró varios miles de años. Del mismo modo, investigaciones en sedimentos lacustres señalan la existencia de una fase árida (Gonzalez Samperiz *et al.* 2008; Morellon *et al.* 2009), con algunos lagos completamente secos en torno al 4000-3000 a.n.e., aunque posteriormente los niveles aumentan, en torno al 1000 a.n.e. (Martín-Puertas *et al.* 2009; Martín Puertas *et al.* 2010)

Sin embargo, los valores isotópicos obtenidos en las semillas analizadas (≈ 2.100 a 1.500 a.n.e.) no señalan unas condiciones áridas en su desarrollo (Fig. 17,18, 67 a y b, y 68). La media $\Delta^{13}\text{C}$, en torno a 17‰ , es mayor que para los cereales de secano estudiados en el presente ($\approx 14\text{‰}$, años 2014

y 2015). Adicionalmente, los valores de $\Delta^{13}\text{C}$ de las muestras arqueológicas (15 a 19‰) son menos variables que los presentados por los cereales modernos (entre ≈ 12 y $\approx 20\text{‰}$), pero con un rango relativamente similar al de las muestras irrigadas (15 a 20‰). Esto podría sugerir una influencia antrópica basada en el uso del regadío, usándose el complejo lacustre como fuente de agua.

Consecuentemente, las estrategias de subsistencia durante la Edad del Bronce en este área podrían haber estado fuertemente influenciadas por un clima seco, hecho compensado por la existencia del complejo lagunar (Fig. 14) y el posible uso del regadío. Precioso-Arévalo y Rivera (1999) ya habían sugerido que los cereales se habían cultivado bajo condiciones hídricas favorables, poniéndose en relación tanto con la existencia de una mayor humedad ambiental a nivel edáfico gracias a la existencia del propio complejo lagunar como con el posible desarrollo de estrategias de irrigación. Además esto ya ha sido propuesta para asentamientos del sudeste de la península ibérica, al menos en el caso de las leguminosas y quizás para los cereales (Araus *et al.* 1997; Aguilera *et al.* 2008). Por tanto, el desarrollo de prácticas de irrigación podría ser coherente con los resultados obtenidos.

PLANTAS	ÉPOCA		$\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ (V-PDB)	$\Delta^{13}\text{C}\text{‰}$	WUEi
Cereal ($n=175$)	Arqueológico	Media	-22,93 (0,69)	16,96 (0,72)	77 (6)
		Rango	-24,91 a -21,19	15,15-19,02	61-91
Pino ($n=40$)	Arqueológico	Media	-23,56 (0,48)	17,60 (0,50)	72 (4)
		Rango	-24,33 a -22,52	16,53-18,42	66-80
Cereal de secano ($n=75$)	Actual	Media	-22,23 (0,90)	13,95 (0,94)	144 (10)
		Rango	-25,08 a -20,58	12,23-16,90	111-162
Cereal de regadío ($n=60$)	Actual	Media	-25,42 (0,90)	17,26 (0,94)	107 (10)
		Rango	-28,00 a -23,58	15,34-19,95	77-128
Pino ($n=20$)	Actual	Media	-25,23 (1,46)	17,07 (1,53)	109 (17)
		Rango	-28,62 a -23,33	15,08-20,61	70-131

Tabla 36. Composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$), discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) y eficiencia en el uso del agua (WUEi) para los cereales arqueológicos y modernos (irrigados y de secano) y las acículas de pino analizados en este estudio. Nótese que WUEi integra $\delta^{13}\text{C}$ y la concentración de CO_2 atmosférico.

Otro indicio podría basarse en que en la Fase I se han observado valores $\Delta^{13}\text{C}$ relativamente similares para las muestras de cereales y restos antracológicos de *P. halepensis* (Fig. 18). Es sabido que las gramíneas y las planta arbóreas de una misma localización tienden a mostrar valores $\Delta^{13}\text{C}$ diferentes, en tanto las primeras se caracterizan por un mayor WUEi, es decir, menor $\Delta^{13}\text{C}$, debido a su vez a un menor desarrollo de las raíces (Stewart *et al.* 1995; Kohn 2010).

Aunque algunos trabajos han sugerido la existencia de un enriquecimiento $\delta^{13}\text{C}$ de los anillo de árboles en comparación con los valores de las hojas (Stewart *et al.* 1995; Brooks *et al.* 1997; Klein *et al.* 2005; Brandes *et al.* 2006; Barnard *et al.* 2007; Brandes 2007; Gressler *et al.* 2009), podemos comparar valores de diferentes

especies en contextos arqueológicos y modernos, comprobando las relaciones entre plantas silvestres y cultivadas desarrolladas bajo condiciones ambientales similares (Ferrio Díaz *et al.* 2005).

Por tanto, tomando como referencia las plantas modernas (años 2014 y 2015) se observa que los cereales de la Edad del Bronce son similares a especies teóricamente menos estresadas como el *P. halepensis* (WUEi: 77 vs 72 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$). Por el contrario los cereales modernos de secano muestran valores WUEi mayores (144 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), de acuerdo con unas condiciones presentes semiáridas para la zona. Solamente las muestras irrigadas tienen resultados similares a los de las acículas de pino (109 vs 107 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$).

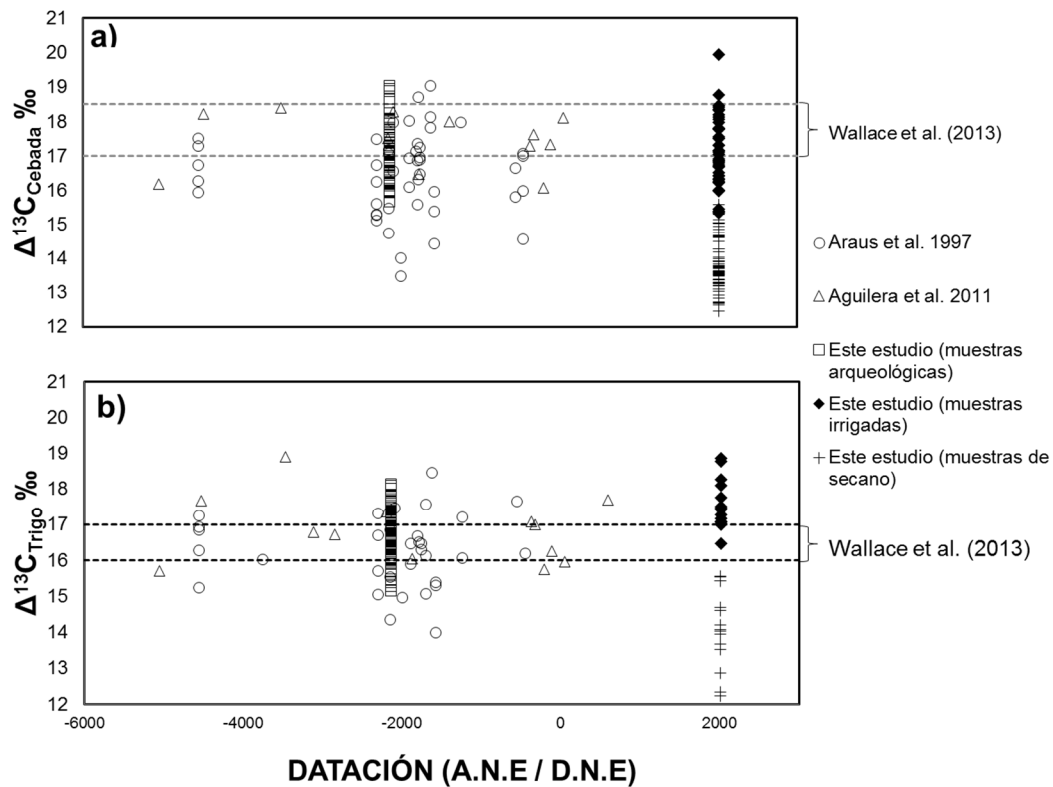


Fig. 67. a y b. Gráfica de dispersión con los resultados para la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) de muestras de cereales analizadas en el sudeste de la península ibérica (cebada y trigo). Las líneas de puntos representan los rangos propuestos por Wallace *et al.* (2013), donde se incluyen los límites señalados por Araus *et al.* (1997).

Además de los rangos obtenidos y de la comparación entre plantas silvestres y cultivadas, nuestros resultados (15 a 19 ‰) están dentro del modelo para muestras irrigadas propuesto por Wallace *et al.* (2013) y parcialmente también en el de Araus *et al.* (1997). Lo mismo ocurre con los cereales

actuales. Adicionalmente, hemos recogido los datos publicados por otros autores para el Levante y el sudeste peninsular (Fig. 67 a y b). En general, estos valores sugerirían que la utilización del riego podría estar mas presente de lo que ha sido considerado.

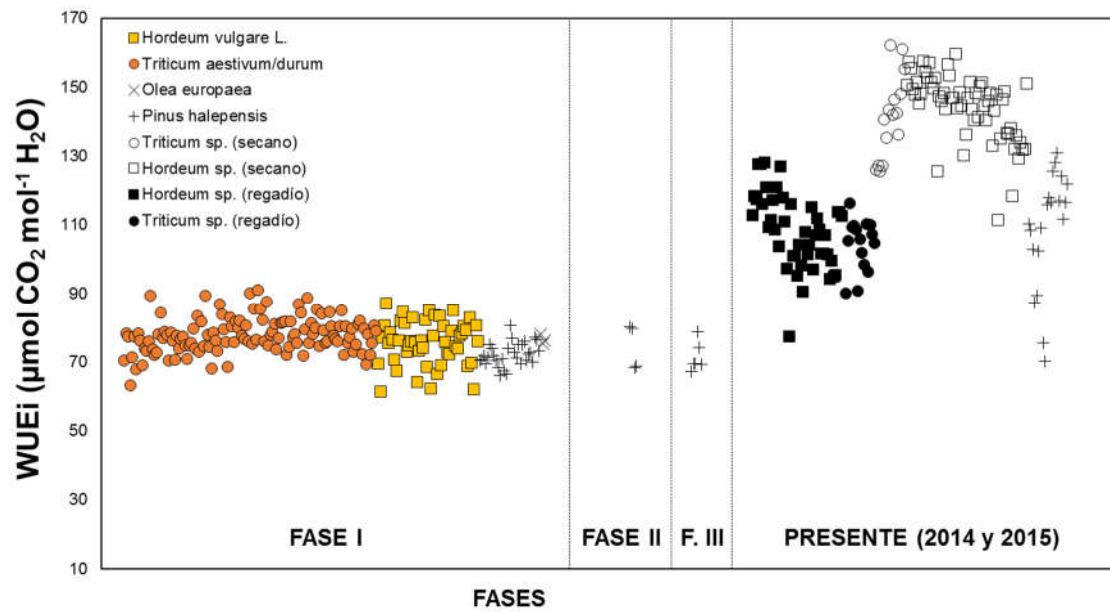


Fig. 68. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la eficiencia del uso del agua (WUEi) de las muestras analizadas en el asentamiento de Terlinques (Villena, Alicante).

De hecho, cuando comparamos los valores de WUEi con el modelo desarrollado por nosotros, observamos que la mayoría de los restos de trigo y cebada se encuentran por debajo del nivel teórico propuesto: $85 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ (Fig. 68). Incluso teniendo en cuenta los límites para cada una de las especies y las diferencias que podrían esperarse, la irrigación aparece como una solución probablemente adoptada en este asentamiento.

4.1.2.2. Lloma de Betxí

Los valores obtenidos para el asentamiento de la Lloma del Betxí provienen de tres momentos distintos a lo largo de la ocupación del asentamiento: 2030-1770 cal. A.N.E.; 1975 cal. A.N.E. y 1750/1735 cal. A.N.E. Esto permite realizar una comparación entre estos horizontes cronológicos con el objetivo de poder valorar posibles cambios en las pautas agrícolas.

Para el Nivel I (1750/1735) solamente hemos podido muestrear semillas de trigo. Los resultados obtenidos, si se tiene en cuenta el $\Delta^{13}\text{C}$, serían indicativos de un cultivo de esta especie bajo condiciones hídricas no limitantes (16,17‰) aunque, si seguimos los modelos antes citados, tampoco parecen desarrollarse en

condiciones de abundancia. Las semillas de la Capa 4 (2030-1770), de cebada, nos sugieren un escenario similar: condiciones hídricas no limitantes (17,79‰). Del mismo modo, al tener en cuenta los cambios en el CO_2 atmosférico las medias se sitúan en torno al límite propuesto por nosotros entre secano y regadío para el trigo ($83 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) pero claramente por debajo para la cebada ($71 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$)

Sin embargo, el contexto más interesante es de la Capa 6 (1975), donde es posible realizar una comparación directa entre ambas especies. De esta manera podemos obtener más datos a la hora de intentar comprender las prácticas agrícolas en este asentamiento.

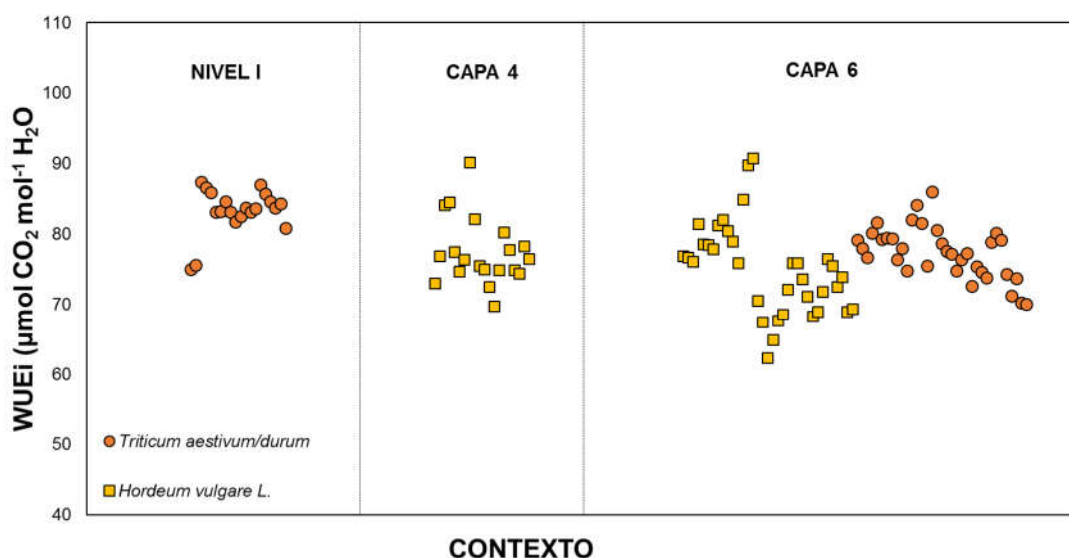


Fig. 69. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la eficiencia del uso del agua (WUEi) de las muestras analizadas en el asentamiento de la Lloma de Betxí (Paterna, Valencia).

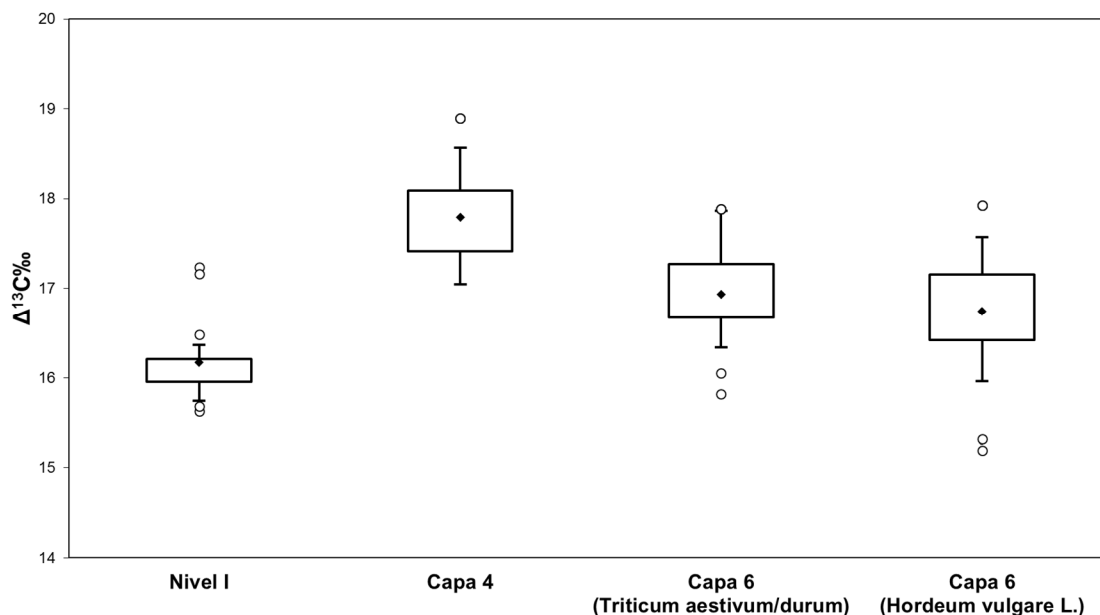


Fig. 70. Diagrama de cajas con los valores medios, mínimos, máximos y los valores atípicos para las muestras de Lloma de Betxí, según nivel estratigráfico y especie. Nótese la coincidencia entre las muestras de trigo y cebada para la capa 6.

En este caso, y a igual que ocurría con el yacimiento de Terlinques (Mora-González *et al.* 2016), la comparación entre especies arroja unas condiciones que, si tenemos en cuenta las diferencias que han señalado la literatura (Araus *et al.* 1997; Anyia *et al.* 2007; Wallace *et al.* 2013), beneficiarían al cultivo del trigo sobre el de la cebada. Incluso partiendo de los resultados obtenidos por nosotros para las plantas actuales, los valores medios serían ligeramente más altas para el trigo (16,74 vs 16,93‰ respectivamente). Esto significaría que se estaría desarrollando una práctica de irrigación o el aprovechamiento de terrenos con mayores potencialidades hídricas. Se favorecería así el cultivo de trigo frente al de la cebada en el caso de la Capa 6, como ha sido propuestos en otras ocasiones (Masi *et al.* 2013a). Los rangos obtenidos (≈ 2 para el trigo y $\approx 2,5$ para la cebada) serían coherentes con esta propuesta, indicando unas condiciones más o menos homogéneas de cultivo de estas plantas.

Si además calculamos el WUEi, las medias en ambos casos se situarían por debajo del límite propuesto, lo que indicaría

que el uso del riego sería una práctica más extendida de lo que a priori podría pensarse, utilizándose, como hemos señalado, de una manera más intensa en el caso del trigo (Fig. 69).

La zona donde se localiza el asentamiento se caracteriza en la actualidad por un clima semiárido. Los estudios paleoclimáticos sugieren una degradación climática a partir del 3.500 a.n.e. aproximadamente, con episodios de aridez en la transición entre el III y II milenio a.n.e (Jalut *et al.* 1997; Jalut *et al.* 2000; Pérez-Obiol *et al.* 2011). Las características ambientales ya llevaron a los investigadores a sugerir la posibilidad del uso del riego, aunque sin descartar el secano (De Pedro 1998; Pérez Jordá 1998; De Pedro y Soler Mayor 2015; Pérez Jordá 2015). En consecuencia, la degradación climática, junto a la acción antrópica, provocarían el desarrollo de prácticas de irrigación para contrarrestar la presión ambiental, como la gestión del agua indicaría, hecho coherente con los estudios botánicos realizados. No obstante, como los valores indican, podría existir un modelo en el que convivirían

cultivos beneficiados por diferentes gradientes de humedad.

4.1.2.3. Marroquies Bajos

Los valores obtenidos para las tres especies estudiadas en el asentamiento de Marroquíes Bajos ($\approx 2800-2500$ a.n.e.) señalan un crecimiento bajo condiciones hídricas moderadas o altas cuando tomamos como referencia el modelo de Wallace *et al.* (2013). Si, además, tenemos en cuenta el WUEi, dichos valores se situarían por debajo del límite propuesto, aunque el rango se extiende por encima del mismo ($\approx 90 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$).

El régimen pluviométrico de la zona de estudio en la actualidad (300-500 mm anuales) no siempre es suficiente para el desarrollo de una agricultura de secano que asegure la obtención de cosechas, a lo que hay que añadir las irregularidades interanuales en las precipitaciones. Así, los resultados obtenidos, junto al hecho de que el trigo sea el que se caracteriza por unos valores más altos ($79 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) podrían ser indicativo de la existencia de un cultivo de secano en un suelo con buenas condiciones hídricas (Araus *et al.* 1997; Wallace *et al.* 2013). Incluso las características del registro (un muestreo en diferentes contextos con pocas muestras para cada uno de ellos) podría tener como consecuencia que estemos analizando semillas que serían el fruto de una mezcla de cosechas cultivadas bajo precipitaciones diferentes: los valores más bajos podrían así deberse a años con una mayor pluviosidad (Heaton *et al.* 2009).

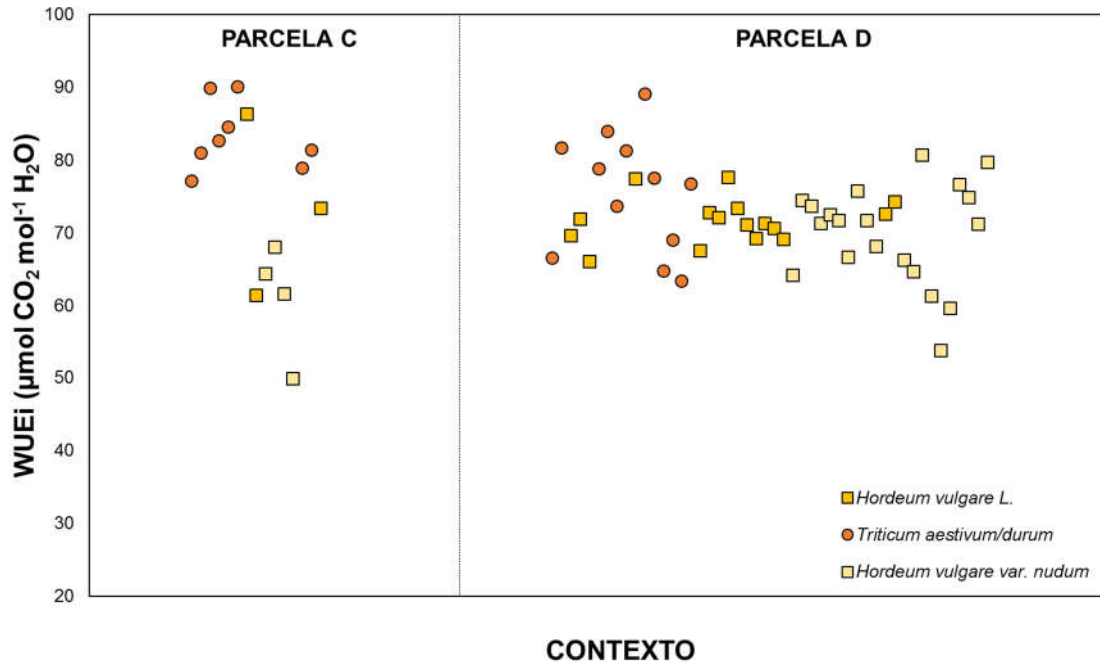


Fig. 71. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para eficiencia en el uso del agua (WUEi) del asentamiento de Marroquíes Bajos (Jaén).

ESPECIE (N)	$\delta^{13}\text{C}\%$ (S.D) [rango]	$\Delta^{13}\text{C}$ (S.D) [rango]	WUEi (S.D) [rango]
<i>Triticum aestivum/durum</i> (N=20)	-22,73 (0,98) [-24,63 a -21,29]	16,77 (1,02) [15,28-18,75]	79 (8) [63-90]
<i>Hordeum vulgare L.</i> (N=19)	-23,56 (0,64) [-24,88 a -21,77]	17,63 (0,66) [15,77-19,01]	72 (5) [61-86]
<i>Hordeum vulgare var. nudum</i> (N=24)	-24,00 (0,95) [-26,31 a -22,47]	18,09 (1,00) [16,50-20,51]	68 (8) [50-81]

Tabla 37. Resultados de las muestras pertenecientes al yacimiento de Marroquíes Bajos, según especie (número de muestras), composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}\%$), discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$), eficiencia en el uso del agua (WUEi). Para todas las muestras, la composición isotópica del carbono y la concentración del CO_2 atmosférico es de $-6,34\text{y} \approx 278$ p.p.m. respectivamente.

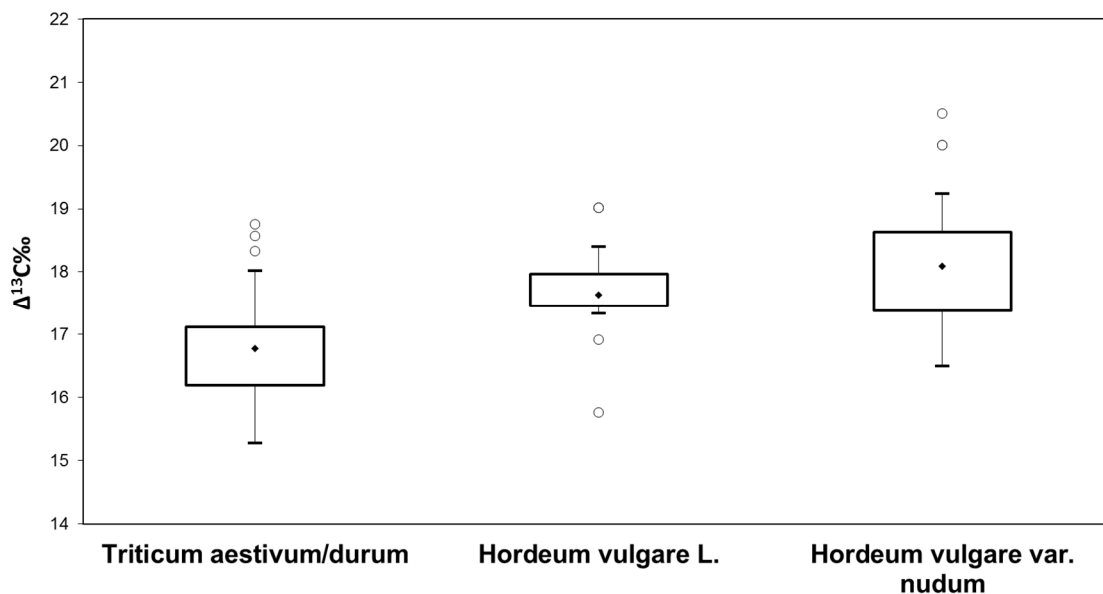


Fig. 72. Diagrama de cajas con los resultados para el asentamiento de Marroquíes Bajos según especies. Nótese los valores de las muestras de *Triticum aestivum/durum* frente a las de *Hordeum* sp.

Otro hecho a tener en cuenta es que los datos corresponden a un periodo (≈ 2800 - 2500 a.n.e.) donde la degradación climática todavía no es tan aguda como posteriormente ha sido indicado por los estudios antracológicos (Rodríguez-Ariza 2011). Esto es coherente con un cultivo agrícola que no necesitaría del uso del riego, al menos de manera extendida, algo que también sería consistente con la existencia de un modelo mixto donde se aprovecharían los diferentes recursos disponibles. Esta propuesta sería compatible, además, con los rangos observados (entre ≈ 3 y $\approx 4\%$), los cuáles podrían sustentar la idea de ese modelo determinado por las condiciones naturales del terreno.

La interpretación sugerida para el asentamiento sitúa, justo en la etapa posterior, un periodo de intensificación agrícola mediante el uso del regadío (Zafra de la Torre *et al.* 1999). Este proceso podría darse en el marco de una degradación climática más agudizada, pero no podemos corroborarlo con las muestras analizadas. En este contexto, los estudios arqueobotánicos han puesto de manifiesto la existencia de un cultivo de leguminosas y de lino en relación

al posible desarrollo de prácticas agrícolas de irrigación, facilitado por la escasa profundidad a la que se encuentra el nivel freático (Rodríguez-Ariza 2011; Montes Moya 2014). Sin embargo, no parece que los cereales se desarrollen en un modelo agrícola de este tipo, al menos de forma generalizada, y siempre teniendo en cuenta las condiciones naturales que presenta el terreno donde se localiza el asentamiento.

4.1.2.4. Villavieja

Los resultados obtenidos para las muestras de *Pisum sativum* en el asentamiento de Villavieja sugieren un cultivo de las leguminosas bajo buenas condiciones hídricas, aunque con cambios a lo largo del tiempo: si tenemos en cuenta el $\Delta^{13}\text{C}$, la media es de 17,74, 19,52 y 19,95‰ para los tres periodos estudiados (2624-2536, 2536-2409 y 2409-2107 cal. A.N.E.). Esto se confirma con el WUEi: 71, 58 y 54 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ respectivamente, por debajo del límite propuesto de 100 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. No obstante, esto significaría que a partir de 2536 cal. A.N.E. las condiciones cambiarían.

Además de las exigencias hídricas que puedan ser características de las leguminosas, debemos tener en cuenta tres factores para explicar estos resultados: la pluviometría del área donde se sitúa el asentamiento, la evolución del clima y la acción antrópica.

Los estudios palinológicos han puesto de manifiesto la evolución de un medio que se encuentra fuertemente antropizado entre el 2700 y 2500 a.n.e., donde se detecta el uso del fuego como herramienta de transformación del mismo, propio del desarrollo de una agricultura de rozas, antropización que continúa entre el 2400 y 2200 (Gallego Fernández 2014).

La pluviometría queda comprendida entre 440 y 600 mm a lo largo de toda la serie estudiada según los análisis palinológicos realizados (Gallego Fernández 2014), proponiéndose una cierta recuperación de la humedad (debido a un aumento de la presencia de plantas hidrófilas) a partir del 2200 a.n.e.

Este escenario debería tener como consecuencia un cultivo bajo condiciones de mayor aridez que las detectadas al analizar las muestras. Por el contrario, incluso teniendo en cuenta los ciclos de crecimiento de estas plantas, diferente al de los cereales

(Ferrio Díaz *et al.* 2005), los resultados se deberían al desarrollo de prácticas agrícolas de irrigación, hecho ya señalado para las leguminosas por la bibliografía (Araus *et al.* 1997).

A su vez, una comparación con el resto de los datos publicados refuerza esta idea: existen análisis de *Pisum Sativum* para los asentamientos de Vaihingen, Azmak (Bogaard *et al.* 2013) y el realizado por nosotros en el yacimiento de Peñalosa. Las medias en el caso de Villavieja son superiores, a partir del 2536 cal. A.N.E. al de Peñalosa (cuyas muestras pertenecen a la Terraza Inferior, es decir, donde la cebada daba resultados más bajos), Vaihingen (17,7‰) y Azmak (17,6‰), (Bogaard *et al.* 2013).

Si, además, comparamos con las habas publicadas para el sudeste peninsular, éstas también son superiores en la mayoría de los casos (Araus *et al.* 1997). Por tanto, a lo largo de la historia del asentamiento se utilizaría el riego para el cultivo de las plantas muestreadas, aunque de una manera más intensificada a partir del ≈ 2500 a.n.e. (Fig. 73).

El hecho de no poder disponer de muestras de cereales para la realización de este estudio imposibilita que podamos pensar en un modelo agrícola más allá de las leguminosas. Desconocemos las condiciones de cultivo para esas otras especies, aunque si comparamos con el caso de Peñalosa, la cebada muestra resultados similares o incluso por encima de los restos de *Pisum sativum*, lo que incidiría en la idea del desarrollo de una agricultura intensiva.

Finalmente, cabe señalar que las prácticas de irrigación serían posibles debido a la existencia de fuentes de agua cercanas que, junto a las pendientes existentes en la zona, facilitarían el desarrollo de este tipo de agricultura (Morgado *et al.* 2013).

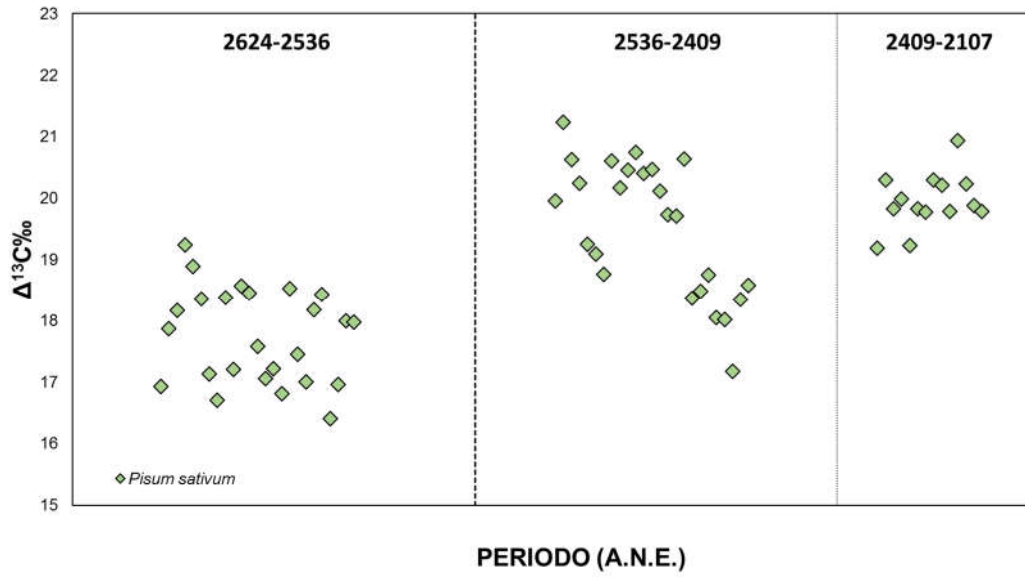


Fig. 73. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la eficiencia en el uso del agua (WUEi) de las muestras analizadas en el asentamiento de Villavieja (Algarinejo, Granada).

4.1.2.5. Eras del Alcázar

Los resultados obtenidos para el asentamiento de Eras del Alcázar señalan dos momentos claramente diferenciados a lo largo del III milenio y comienzos del II milenio a.n.e. Este proceso se da en el marco de una degradación climática (contrastada por los estudios palinológicos y antracológicos realizados en el yacimiento) (Fuentes *et al.* 2007; Rodríguez-Ariza 2011) y de una transformación de las relaciones sociales, económicas y políticas documentadas en el mismo (Nocete *et al.* 2010).

De un lado, las muestras previas al 2400 a.n.e. (\approx 2800-2400 a.n.e.), sugieren una agricultura de secano desarrollada en un medio limitante tanto para las semillas de trigo como de cebada. En ambos casos las medias se sitúan en valores cercanos a los obtenidos para el secano en la actualidad en zonas como Alange (veáse el apartado dedicado al Cerro del Castillo de Alange) o incluso en áreas más áridas como Villena (veáse el apartado dedicado a Terlinques). Además son inferiores a los obtenidos en el yacimiento de Marroquíes Bajos para un rango temporal similar, diferencias que podrían deberse a las condiciones hídricas de la zona de este último, como ya hemos indicado (Rodríguez-Ariza 2011).

Así, observando los datos $\Delta^{13}\text{C}$, solamente una muestra de trigo se sitúa por

encima del límite teórico de 17‰ y dos granos de cebada por encima de 18‰ (Wallace *et al.* 2013). Teniendo en cuenta el WUEi, la comparación entre los valores de las plantas actuales y las de esos primeros momentos del III milenio a.n.e. sugieren condiciones de estrés para las plantas, llegando incluso a solaparse. Solamente tres granos de trigo se sitúan por debajo de 85 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$, mientras que para la cebada el número de muestras es mayor.

Por otro lado, si consideramos los rangos isotópicos, en las muestras más antiguas (\approx 2700) estos son de entre 4 y 5‰ para el trigo y la cebada. En el primer caso, realmente el rango es similar a las semillas de trigo del periodo posterior (2700-2400) excepto por una muestra que presenta un valor más alto que el resto. En el caso de la cebada, si se observa un rango mayor. Esto podría interpretarse como un cultivo de secano que podría provenir de diferentes campos o áreas diversas, con prácticas de mezcla de cosechas o parcelas.

Sin embargo, las leguminosas sí podrían estar desarrollándose en un ambiente de regadío cuando las comparamos con los cereales, hecho que además es compatible con lo sugerido en la bibliografía existente para el marco de la península ibérica (Araus *et al.* 1997; Ferrio Díaz *et al.* 2005) y con los que señalamos en este trabajo.

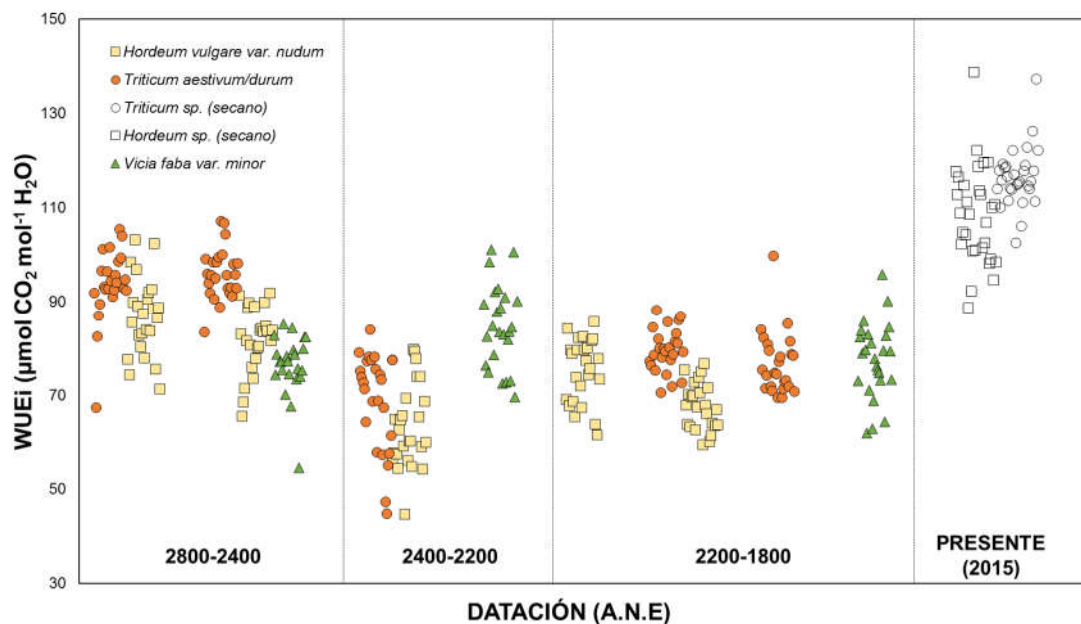


Fig. 74. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la eficiencia del uso del agua (WUEi) de las muestras analizadas en el asentamiento de Eras del Alcázar (Úbeda, Jaén).

Este escenario cambia a partir del 2400 a.n.e. Las muestras del 2360 cal. A.N.E., tanto de trigo como de cebada, contrastan con las más antiguas, existiendo una diferencia en las medias entre 3 y 4 ‰; al contrario que en la etapa anterior, en este caso no hay ninguna muestra de trigo que esté por debajo de 16‰, y solamente 3 muestras de cebada están por debajo de 17‰. En cuanto al WUEi, el 100% de las semillas se sitúa por dentro del límite propuesto de $85 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ en un primer momento, aunque posteriormente este porcentaje es relativamente inferior (Fig. 74).

Los rangos, sin embargo, son similares (entre 4,5 y 5‰), por lo que de nuevo nos encontramos con muestras fruto de la mezcla de campos o cosechas. En este caso parece dominar un régimen de regadío, complementándose las precipitaciones locales.

Por otro lado, destaca el caso de las leguminosas. Al contrario que en el periodo anterior, las semillas de *Vicia faba var. minor* presentan unos valores medios propios de un cultivo en condiciones más secas (15,99‰). Ha sido sugerida la

utilización de la huerta para el cultivo de leguminosas y el secano para los cereales como un modelo agrícola extendido (Araus *et al.* 1997; Buxó 1997; Rovira 2007). Sin embargo, en este asentamiento parece que nos encontramos con la pauta contraria, con el cultivo de las habas en un régimen mixto o con diferente intensidad de regadío.

En cualquier caso, este hecho es indicativo de un cambio en las pautas agrícolas que puede ponerse en relación con una transformación de las relaciones sociales, visible en la materialidad arqueológica del asentamiento (Nocete *et al.* 2010). Además, esto coincide con un proceso en el que se observa, de una parte, una mayor antropización del medio y una intensificación de la explotación agrícola y, de otra, una degradación del clima hacia condiciones más xéricas (Fuentes *et al.* 2007; Rodríguez-Ariza 2011).

Con posterioridad, entre el 2200 y 1800 A.N.E., y en un contexto de consolidación de una estructura social caracterizada por la disolución de los lazos de parentesco más extensos y de la constitución de núcleos familiares desiguales entre sí (Nocete *et al.* 2010),

vamos a tener un comportamiento distinto: puede observarse un modelo en el que la agricultura se desarrollaría en un régimen con una menor intensidad del regadío o donde predomina un modelo mixto en algunos casos. Esto puede observarse en los valores obtenidos para el trigo y la cebada (16,84‰ y 17,69‰ respectivamente, lo que equivaldría a 78 y 72 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$). Aunque el rango ($\approx 5\%$) podría indicar esta diversidad de prácticas, éste es menor cuando observamos cada una de las especies, siendo de ≈ 4 para el trigo y $\approx 3,5$ para la cebada.

De esta forma, no hay que pensar en una agricultura de secano, sino en un contexto donde el regadío seguiría siendo utilizado. De hecho, en ningún caso, y a pesar de encontrarnos en un contexto donde las condiciones ambientales son más secas que con anterioridad, se vuelven a obtener los valores obtenidos para los primeros siglos del III milenio a.n.e. Incluso las leguminosas presentan resultados más altos que en el periodo anterior (2400-2200 a.n.e.). Estas diferencias podrían ser el fruto de los cambios que se observan en la relación

con el uso de la tierra por parte de las unidades familiares, dándose una convivencia entre prácticas diversas (Nocete *et al.* 2010).

Si tenemos en cuenta los datos en un escenario regional, los resultados son relativamente más húmedos que en el Cerro del Alcázar de Baeza, yacimiento contemporáneo y cercano e incluso, en el caso de la cebada, coinciden con los valores medios observados en Peñalosa (Terraza Inferior) y Cerro de Plaza de Armas de Sevilleja, asentamientos ambos donde posiblemente esté usándose el regadío. Esto podría hacernos pensar en la existencia de redes de intercambio y en la centralización de los procesos productivos con el asentamiento de Eras del Alcázar como lugar central. Sin embargo, las diferencias entre las especies y subespecies dominantes en los distintos asentamientos que podrían formar parte de estas relaciones (Buxó 1991; Peña Chocarro 2000a, b; Montes 2011; Montes Moya 2014) nos hacen pensar en una agricultura eminentemente local.

4.1.2.6. Cerro del Alcázar

Los valores obtenidos en el Cerro del Alcázar (1887-1793 cal. A.N.E.) sugieren el desarrollo de prácticas agrícolas mixtas donde parece que el secano tiene una mayor importancia que en otros asentamientos de la región del Alto Guadalquivir (Fig. 76).

Ambas fases (II y III), desarrolladas en un marco temporal relativamente corto, discurren en un periodo en el que los estudios palinológicos y antracológicos han puesto de manifiesto un proceso de degradación climática coherente con el proceso de aridificación más general ya señalado (Fuentes *et al.* 2007; Rodríguez-Ariza 2011). Además de esta evolución climática, el pastoreo y la agricultura serían las ocupaciones que determinarían la configuración del territorio y de la cobertura vegetal (Rodríguez-Ariza 2011).

En las dos fases se muestran resultados relativamente similares para el trigo (16,19‰ y 16,26‰ fases II y III respectivamente). En la Fase III, además, contamos con cuatro especies diferentes, lo que nos permite tener una visión más general para reflexionar sobre el modelo agrícola que se desarrollaría en el asentamiento estudiado.

Como ya hemos indicado, ha sido sugerido por la bibliografía que, debido a las características fisiológicas, especies como el trigo y la cebada muestran valores de discriminación isotópica diferentes bajo unas condiciones de cultivo similares, lo cual permitiría discernir entre prácticas agrícolas (Araus *et al.* 1997; Wallace *et al.*

2013; Masi *et al.* 2014). Sin embargo, el estudio realizado sugiere que estas diferencias pueden ser menores de las indicadas por la literatura.

En nuestro caso, las muestras de trigo (16,26‰) tienen valores medios relativamente similares a la cebada vestida (16,87‰) y desnuda (16,44‰) en la Fase III. Si tomamos como referencia los resultados de WUE_i de las tres especies (83, 78 y 81 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ respectivamente), las medias se situarían en torno al límite propuesto por nosotros para el regadío, pero con algunos valores situados por encima del mismo. Esto significaría que el cultivo se haría bajo condiciones mixtas, aunque los rangos obtenidos (entre ≈ 2 y $\approx 3,5\%$) serían indicativos de unas condiciones más o menos homogéneas, menores a las obtenidas en el caso de Eras del Alcázar, sobre todo en el caso de la cebada. Esto quizás se deba a un uso del riego menos intensivo o, simplemente, a un aprovechamiento de los terrenos más óptimos para el cultivo (Araus *et al.* 1997), hecho que podría explicar las diferencias entre ambos asentamientos.

Por otro lado, los resultados obtenidos para las muestras de *Vicia faba* var. *minor* (16,26‰), son relativamente similares a las habas durante la misma época en Eras del Alcázar (16,92‰), lo que podría indicar un cultivo en condiciones de regadío, algo coherente con el modelo propuesto por nosotros y por lo sugerido en la bibliografía (Araus *et al.* 1997; Ferrio Díaz *et al.* 2005; Rovira 2007).

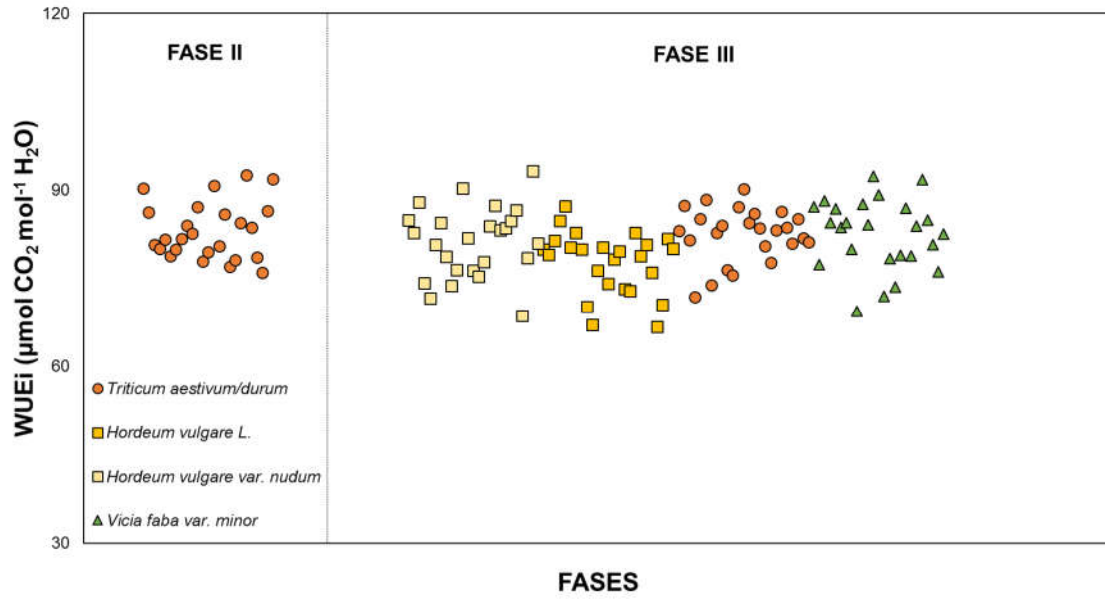


Fig. 75. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la eficiencia en el uso del agua (WUEi) de las muestras analizadas en el asentamiento del Cerro del Alcázar (Baeza, Jaén).

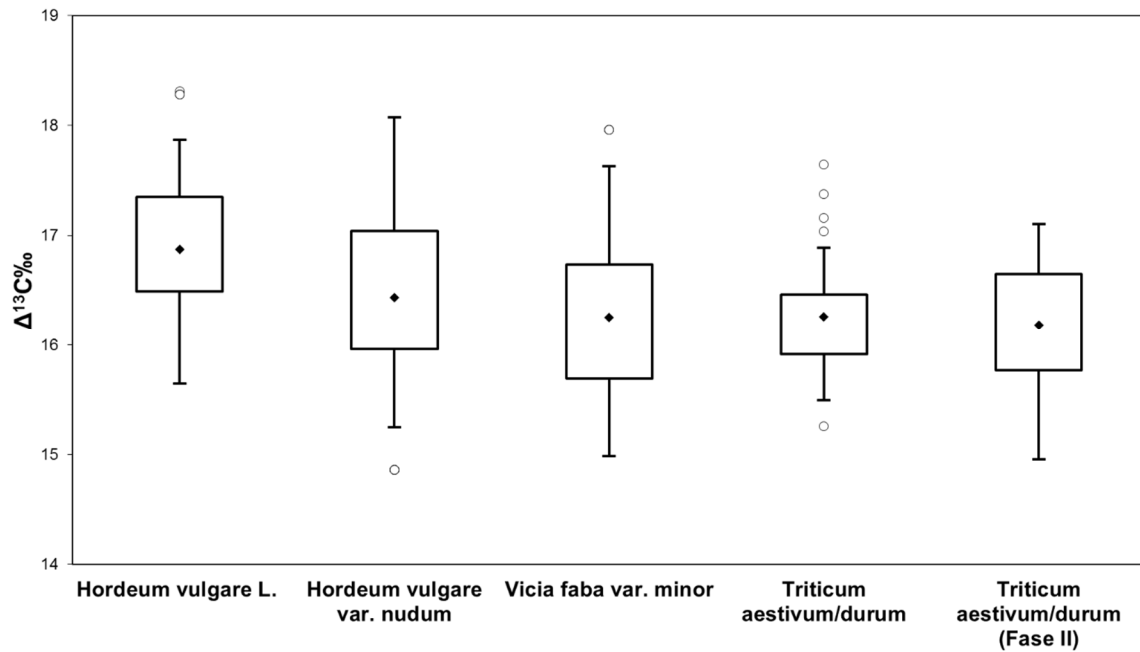


Fig. 76. Diagrama de cajas con los resultados para la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) de las especies estudiadas en el asentamiento de Cerro del Alcázar.

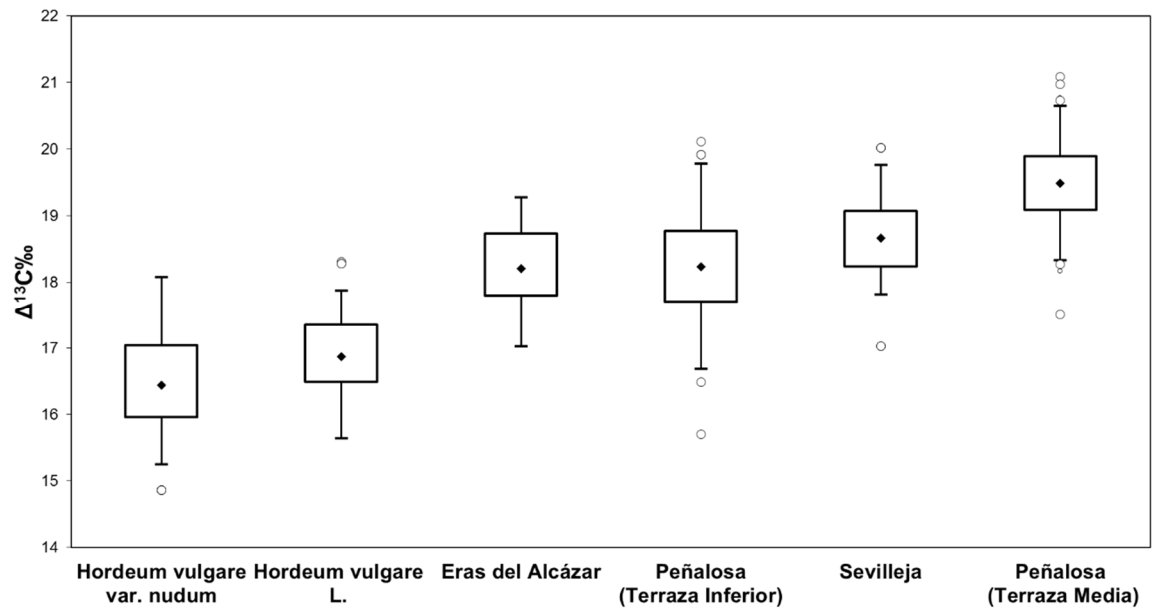


Fig. 77. Diagrama de cajas con los resultados para la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) de las semillas de cebada provenientes de los asentamientos de Peñalosa (por terrazas), Sevilleja, Eras del Alcázar y Cerro del Alcázar.

4.1.2.7. Cerro de plaza de Armas

Los resultados obtenidos en el Cerro de Plaza de Armas de Sevilleja (1973-1764 cal. A.N.E.) señalan unas buenas condiciones hídricas para el desarrollo de las plantas estudiadas ($18,67\%$; $64 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$). El rango ($17,03\text{-}20,02\%$) y la dispersión ($0,67\%$) sugieren cultivos relativamente poco variables, lo cual podría ser indicativo de la pertenencia a un mismo

ciclo anual y a un área con condiciones homogéneas.

Si lo comparamos con el asentamiento de Peñalosa, cercano y relacionado en términos interpretativos, los resultados obtenidos indicarían condiciones similares a algunas de las Unidades Habitacionales del mismo, (U.H. III y IV), pero no a todas. Esto incidiría en la significación de las prácticas agrícolas para poder explicar los resultados hallados.

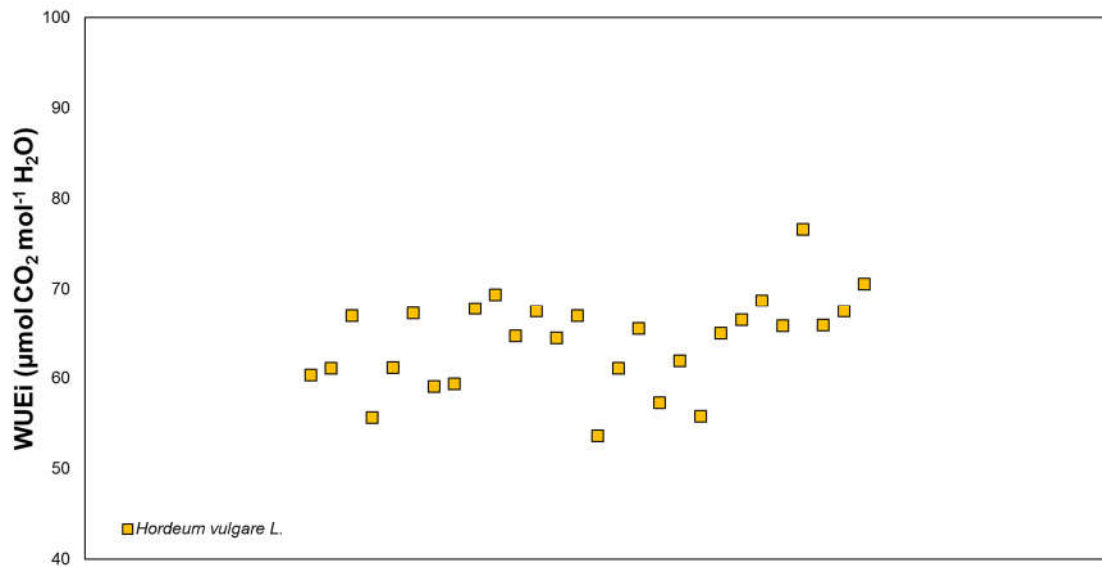


Fig. 78. Gráfica de dispersión con los resultados para la eficiencia en el uso del agua (WUEi) de las muestras analizadas en el asentamiento de Cerro de Plaza de Armas de Sevilleja (Espeluy, Jaén).

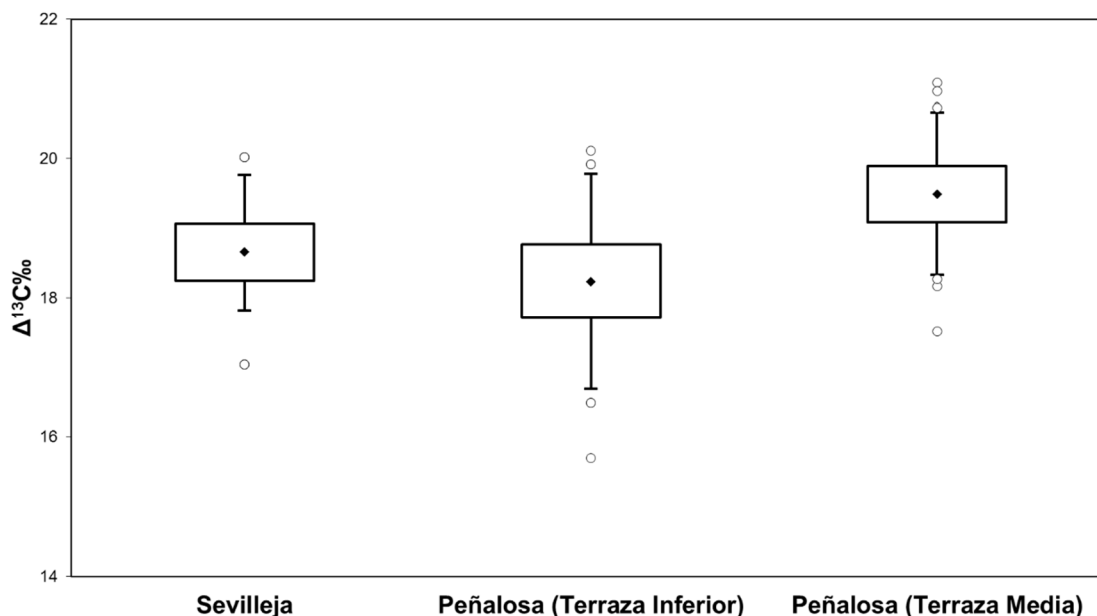


Fig. 79. Diagrama de cajas con los resultados de las semillas de *Hordeum vulgare* L. de los asentamientos de Sevilleja y Peñalosa (terrazas Inferior y Media).

Tradicionalmente el yacimiento del Cerro de Plaza de Armas de Sevilleja se ha interpretado como un asentamiento subsidiario dentro del grupo argárico del Alto Guadalquivir, con carácter agrícola (Contreras Cortés 2000). Esto se debe al dominio de una cultura material relacionada con la producción agrícola y ganadera (Contreras Cortés *et al.* 1987), algo que sería consistente con los modelos propuestos por la bibliografía (Lull *et al.* 2009; Lull *et al.* 2010).

Los resultados en Peñalosa nos podrían llevar a desarrollar una interpretación local para explicar el origen de la producción agrícola (Peña Chocarro 2000a, b), sin descartar por completo la existencia de una red de intercambios de este tipo de productos dentro del territorio citado. Cabe pensar en el caso del Cerro de Plaza de Armas de Sevilleja que también se trataría de una producción de carácter local, debido a las potencialidades que muestra la zona para el cultivo de cereal.

De hecho, es interesante observar que, al igual que en el caso de Peñalosa, nos

encontramos ante unas muestras especialmente ricas que indicarían el uso del riego, y que podrían responder al desarrollo de prácticas sociales y económicas similares dentro de un marco territorial concreto.

Un dato que permite pensar en una agricultura local tanto en el caso de Peñalosa como de Sevilleja son los valores obtenidos para los análisis de isótopos estables del nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$). La media para las muestras de cebada del primero de los asentamientos es de 2,85‰ vs a 1,59‰ para el segundo (Mora-González 2012). Esto significaría que las zonas de cultivo en ambos casos son diferentes y, por tanto, que no existe un intercambio de productos agrícolas o una centralización hacia el interior del valle del Rumbler, al menos según los restos analizados. A esto habría que unir, además, las fechas obtenidas, que sugieren un solapamiento solamente parcial entre los períodos de ocupación de ambos yacimientos.

4.1.2.8. Peñalosa

Los valores $\Delta^{13}\text{C}$ obtenidos para las semillas arqueológicas de Peñalosa están comprendidas en un amplio rango (15,70-21,09‰). Éstos pueden estar influidos por varios factores como la calidad de los suelos, el agua disponible, la topografía, la distribución anual e interanual de las precipitaciones, etcétera (García-Barrón et al., 2013; Vicente-Serrano, 2006). No obstante, la influencia de cada uno de ellos depende en última instancia de la acción humana a través de las técnicas de cultivo desarrolladas, como son la localización de los campos o el uso de irrigación. (Araus et al. 1997; Ferrio Díaz et al. 2005; Aguilera et al. 2008; Mora-González et al. 2016).

Aunque el régimen anual de lluvias puede ser suficiente para el desarrollo de una agricultura de secano en este área, la obtención de cosechas dependerá también de factores como la irregularidad en las lluvias propia del clima mediterráneo. Consecuentemente, ni el cultivo ni la productividad del mismo están siempre asegurados. Teniendo en cuenta esto, los valores de las plantas arqueológicas sugieren o la existencia de un clima mucho más húmedo en el pasado o el desarrollo de prácticas agrícolas que podrían incluir el uso de irrigación o el cultivo de suelos con mayores tasas de humedad.

Como ya hemos indicado a lo largo de esta tesis doctoral, los estudios paleoclimáticos realizados a lo largo de la cuenca del mediterráneo indican una aridificación del clima entre el ≈ 3.500 y ≈ 600 a.n.e. (Heim et al. 1997; Jalut et al. 2000; Jalut et al. 2009; Pérez-Obiol et al. 2011), tendencia que se confirma en estudios palinológicos realizados en el sur peninsular (Fuentes et al. 2007; Martín-Puertas et al. 2008; Martín-Puertas et al. 2009; López Sáez et al. 2014). Este hecho descartaría la existencia de un clima mucho más húmedo que pudiera explicar nuestros resultados. Por tanto, los valores serían consecuencia de la explotación de suelos con mayor contenido hídrico en la ribera del Río Rumberal y del desarrollo de prácticas de irrigación.

Los valores de eficiencia en el uso del agua (WUEi) presentados por las semillas analizadas son similares o incluso menores a los que se han obtenido para plantas de áreas del centro y el norte de Europa (Fig. 80). Del mismo modo, la comparación con otros contextos de la Edad del Bronce del sudeste peninsular señala que las condiciones en Peñalosa son más húmedas que en otros asentamientos muestreados.

Además, nuestros resultados son consistentes con los modelos antes citados: el 80% de los granos de cebada se sitúan por encima de 18‰, límite propuesto por Araus et al. (1997) para la cebada irrigada. Por otro lado, son coherentes con el modelo de Wallace et al. (2013), con un 64% de las muestras sobre 18,5‰. Si, finalmente, tomamos como referencia el modelo desarrollado por nosotros, las muestras se sitúan por debajo del límite sugerido (85 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) indicando, por tanto, uso del regadío.

Los valores isotópicos para las leguminosas también sugieren buenas condiciones de cultivo, de acuerdo con la bibliografía, en la que se ha propuesto el cultivo intensivo para este tipo de especies (Araus et al. 1997; Ferrio Díaz et al. 2005; Aguilera et al. 2008; Wallace et al. 2013). Nuestros datos indican resultados relativamente similares entre guisantes y cereales localizados en el mismo contexto (U.H. III/Terraza Inferior) (18,42 vs. 18,35/18,24‰). Así mismo, los valores son más altos que los publicados por Araus et al. (1997) para *Vicia faba minor* en este mismo asentamiento: 17,40‰. Además, hemos comparado con datos de Vaihingen (Germany) y Azmak (Bulgaria), mostrando valores más bajos (17,7 en el primer caso, 17,6 en el segundo vs. 18,42‰ en nuestro estudio) (Bogaard et al. 2013). Y, como señalábamos para los cereales, los resultados se sitúan por debajo del límite propuesto por nosotros para las leguminosas: 100 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$.

Todo esto sería indicativo del uso de riego para legumbres y cereales, con valores inusuales para el sudeste peninsular,

incluso teniendo en cuenta las diferencias entre los ciclos de crecimiento de las diferentes especies (Fig. 80).

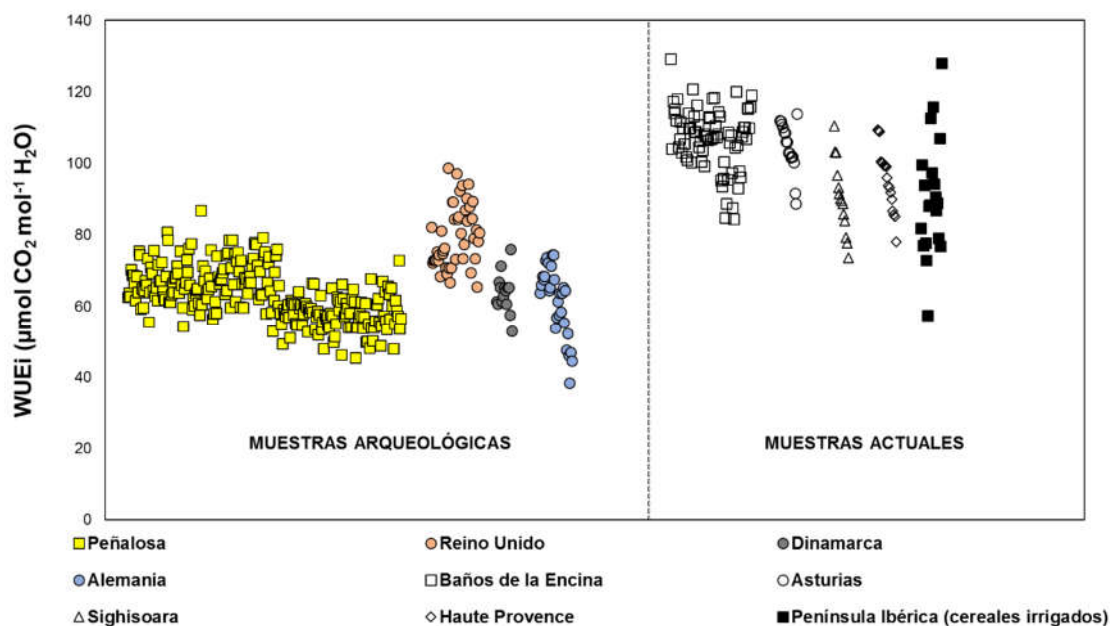


Fig. 80. Gráfico de dispersión con los resultados para la eficiencia en el uso del agua (WUEi) de las muestras de cereales analizadas en el caso Peñalosa (cuadrados amarillos), donde además se recogen resultados publicados en la bibliografía: los círculos naranjas representan datos provenientes de Reino Unido (Lightfoot y Stevens 2012; Bogaard *et al.* 2013), los círculos verdes de Dinamarca, los círculos azules de Alemania (Bogaard *et al.* 2013), los cuadrados blancos representan las muestras actuales cultivadas en secano en el entorno del asentamiento (años 2014 y 2015), los círculos blancos las semillas de Asturias (península ibérica), los rombos blancos muestras de Haute Provence (Francia), los triángulos blancos los cereales de Sighisoara (Rumania) (Bogaard *et al.* 2016), y los cuadrados negros semillas irrigadas de la península ibérica (Araus *et al.* 1997; Wallace *et al.* 2013; Mora-González *et al.* 2016).

Si realizamos un análisis detallado de los valores $\delta^{13}\text{C}$ observamos diferencias estadísticamente significativas entre las terrazas analizadas ($p < 0,001$; Fig. 81). Comparando entre las casas de la misma terraza (U.H. III y IV, Terraza Inferior), también encontramos diferencias ($p=0,034$). Esta variabilidad indica condiciones

heterogéneas durante el crecimiento de las plantas: las muestras de la U.H. VI se desarrollaron bajo una mayor disponibilidad hídrica que en las otras dos casas, aunque en los tres contextos se han encontrado, en general, buenas condiciones de cultivo. ¿Cómo pueden explicarse estos contrastes?

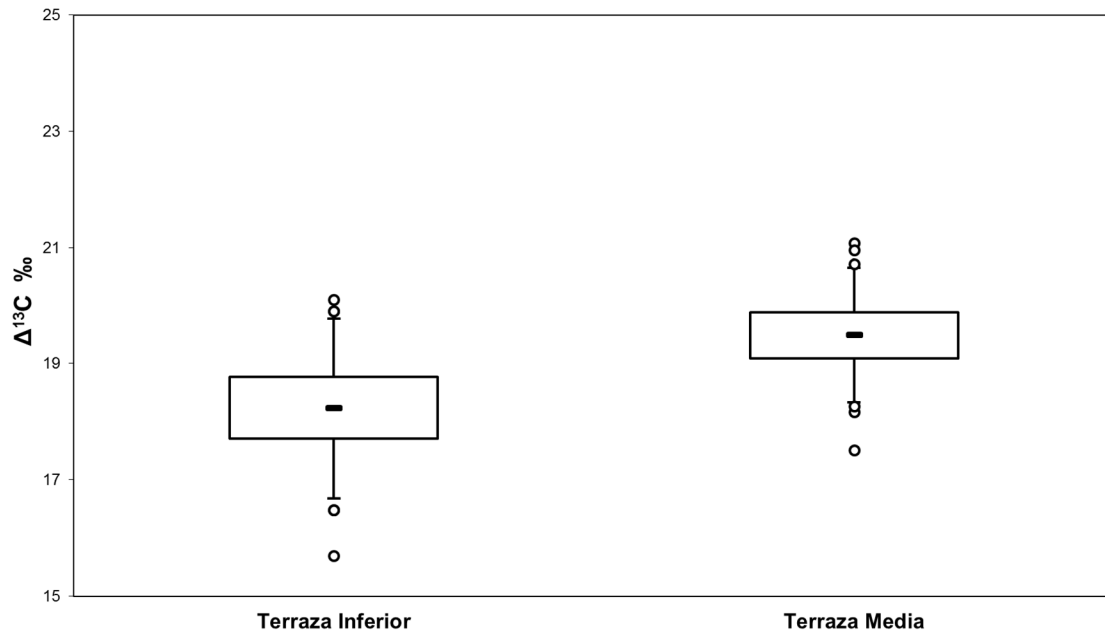


Fig. 81. Diagrama de cajas con los valores para la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) de acuerdo con la localización de las muestras en la Terraza Inferior o Terraza Media.

Las diferencias halladas podrían ser consecuencia, además del uso de irrigación, de la localización de los cultivos en campos con diferentes condiciones o consecuencia de distintas cosechas. De hecho, los rangos obtenidos son compatibles con esta posibilidad, siendo similares para las plantas arqueológicas y para las actuales cultivadas en distintos campos y en diferentes años (15,70 a 21,09‰ vs 15,23 a 19,34‰).

Ya hemos señalado los rangos propuestos en la bibliografía para estudios de plantas cultivadas en la actualidad (Araus *et al.* 1997; Heaton *et al.* 2009; Flohr *et al.* 2011; Wallace *et al.* 2013). En el caso de restos arqueológicos, Lightfoot *et al.* (2012) sugirieron el cultivo de cereales en distintas localizaciones para el asentamiento de Danebury Hillfort (ca. 470-50 a.n.e.) (Jones *et al.* 1984), con un rango de $\approx 4\%$ (V-PDB), menor que el encontrado para Peñalosa ($\approx 5,5\%$ V-PDB). Fiorentino *et al.* (2012) propusieron localizaciones distintas para las muestras halladas en Ebla (1800 a.n.e.), con valores de $\approx 1,5\%$ (V-PDB). Todo esto sería consistente con el cultivo de las semillas de Peñalosa en diferentes campos, teniendo en cuenta además la influencia de cereales de

distintas cosechas (Heaton *et al.* 2009). ¿Cómo se relacionaría este posible cultivo en parcelas diversas con las diferencias contextuales obtenidas?

La arqueología ha desarrollado un gran interés por el estudio de los grupos domésticos como unidades de investigación y análisis para el conocimiento de las sociedades del pasado (Wilk y Rathje 1982; Manzanilla 1986; Sarmiento 1992; Souvatzi 2008; Jover Maestre 2013). Hay que señalar que estos grupos no estarían conformados necesariamente por miembros de la misma familia, sino que podrían incluir individuos vinculados de forma diversa a las unidades domésticas (Bender 1967; Manzanilla 1986; Blanton 1994, 1995), por lo que cabe denominarlos como grupos corresidenciales.

Estos se manifiestan arqueológicamente en zonas domésticas, espacios donde se desarrollan actividades de producción y reproducción, de acuerdo con el conjunto de las relaciones sociales en las que se basan las comunidades estudiadas (Manzanilla 1986). Los espacios domésticos no se refieren solamente a los contextos delimitados como casas, sino que se

extienden y pueden incluir espacios difíciles de percibir en las labores de excavación, como el acceso limitado a parcelas concretas o el derecho al uso de recursos (Rapoport 1990; Santley y Hirth 1993; Flannery 2002; Picornell Gelabert 2009). Por tanto, los grupos domésticos o corresidenciales serían las unidades mínimas de organización de la producción y reproducción social, incluyendo todos aquellos elementos envueltos en los procesos de producción (objetos, tierra y medios de trabajo).

Diferentes ejemplos, tanto históricos como actuales, ilustran la práctica de dividir la tierra o su uso de acuerdo con lazos de parentesco o corresidenciales. Por citar algunos, como los grupos hortícolas Mae-Enga de Nueva Guinea, publicados por M. Meggit (1965) y R. Rappaport (1968), o los ejemplos de Harner (1970) Netting (1982) (Boserup 1965; Netting 1993; Gilman 1997; Earle 2000).

Si aceptamos la premisa de que las Unidades de Habitación puede reflejar lazos de parentesco o, al menos, grupos corresidenciales, los resultados obtenidos serían consecuencia de una configuración del territorio en el que las unidades domésticas tendrían diferente acceso a la tierra, mediante derechos de uso o incluso de propiedad.

Así, el registro arqueológico de Peñalosa sería consistente con un modelo de organización social y económico basado en los grupos corresidenciales, como la aparición recurrente de actividades de

producción y reproducción en los espacios domésticos indicaría (Contreras Cortés 2000). Ello puede verse reflejado en la propia organización de dichos espacios (Alarcón García 2010), en las herramientas encontradas, tales como molinos, dientes de hoz, pesas de telar y objetos relacionados con el trabajo en el metal, propios de actividades diversas (Moreno y Contreras Cortés 2010); y, de la misma manera, en la falta de espacios centralizados en relación a la división del trabajo, en contraste con otras áreas del mundo argárico (Castro Martínez *et al.* 1994; Schubart *et al.* 2001; Risch 2002; Pingel *et al.* 2003; Aranda y Molina González 2005; Lull *et al.* 2010).

Finamente, incluso teniéndose en cuenta la posibilidad, antes señalada, de estar analizando semillas de distintas cosechas (Heaton *et al.* 2009), estaríamos incidiendo de nuevo en la importancia de los lazos familiares o corresidenciales para explicar los resultados obtenidos, como consecuencia de estrategias de gestión de los recursos a lo largo del tiempo.

En conclusión, los datos obtenidos indicarían que, además del uso del riego, sustentado en los valores isotópicos que presentan las semillas analizadas, las diferencias encontradas entre unidades habitacionales responderían a un cultivo relacionado con una organización de la producción basada en los grupos domésticos o corresidenciales.

4.1.2.9. Castellón Alto

Los resultados obtenidos para el yacimiento de Castellón Alto (1750-1550 a.n.e.) son indicativos del uso del riego: 17,47‰, 73 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. Estos pueden compararse con los valores publicados previamente para este asentamiento: 16,40, 16,67 y 17,10‰ en el trigo, la cebada vestida y la cebada desnuda respectivamente (Araus *et al.* 1997).

En el caso de la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$), los valores arqueológicos obtenidos por nosotros serían

superiores, aunque relativamente similares, a los presentados por las semillas de cebada cultivadas en condiciones de regadío: 16,88‰ vs 17,47‰ (plantas actuales y arqueológicas respectivamente). Del mismo modo, son claramente superiores a los obtenidos para los cereales de secano cultivados en esta zona: 13,74‰ para el trigo estudiado por nosotros, 15,06‰ y 15,19‰ según las medias publicadas por Araus *et al.* (1997) para trigo y cebada respectivamente.

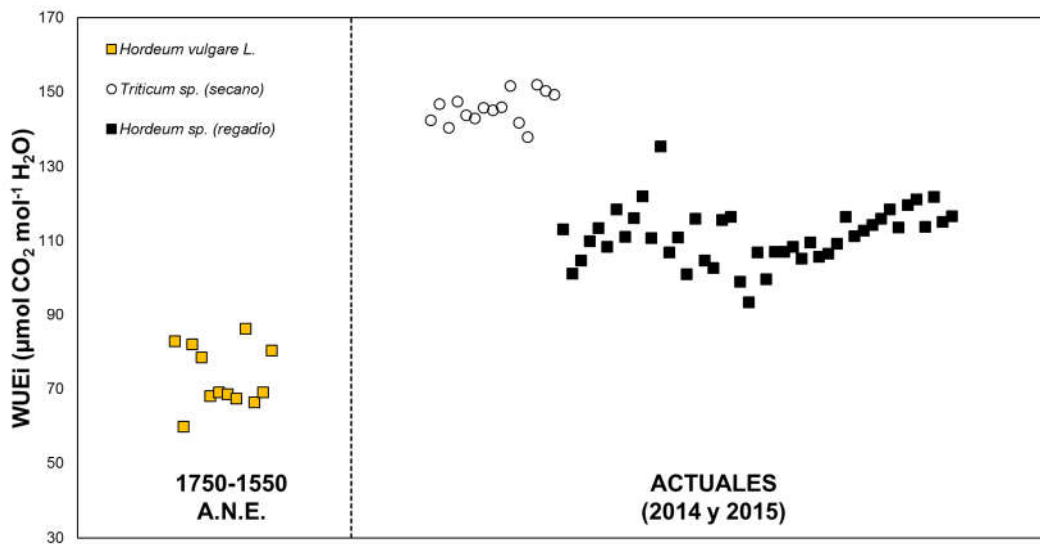


Fig. 82. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la eficiencia en el uso del agua (WUEi) de las muestras analizadas en el asentamiento de Castellón Alto (Galera, Granada).

Si ampliamos la comparación a otras áreas que pueden presentar pluviometrías similares, las medias obtenidas serían superiores o relativamente similares a las presentadas en el caso de Terlinques:

16,96‰ para las semillas arqueológicas (17,16‰ en la cebada), 13,95‰ en los cereales de secano y 17,26‰ en los de regadío.

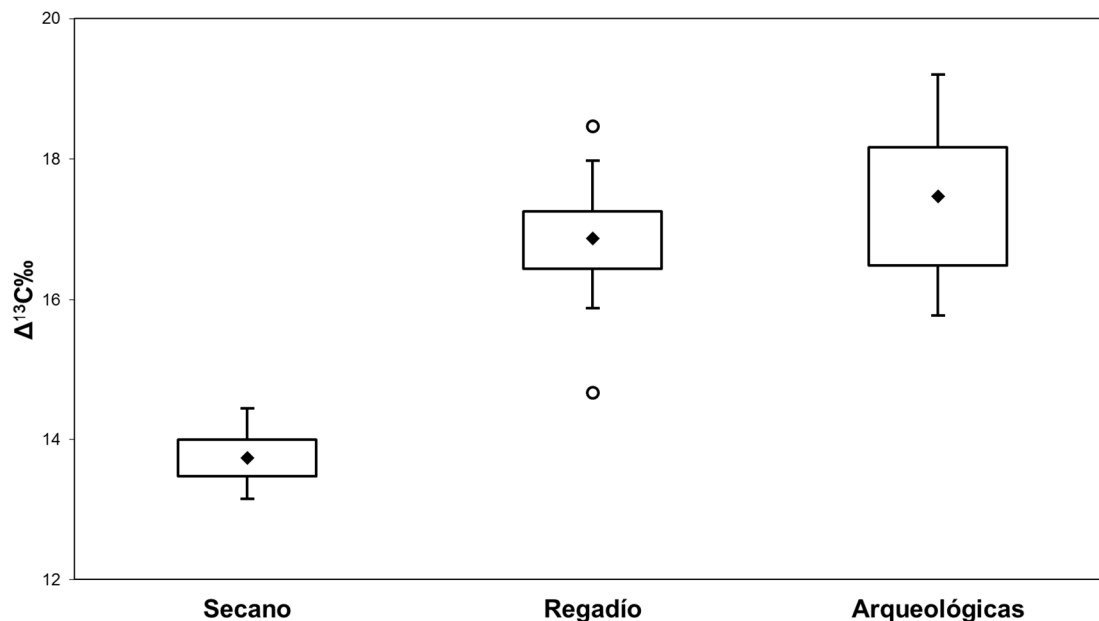


Fig. 83. Diagrama de cajas con los resultados de discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) para las muestras de secano, regadío y arqueológicas del asentamiento de Castellón Alto (Galera, Granada).

La existencia de un clima de carácter semiárido en la actualidad, junto al hecho de que el asentamiento se desarrolla, a su vez, en una fase de aridez que se extiende entre el ≈ 3500 y ≈ 600 a.n.e. (Jalut *et al.* 1997; Martín-Puertas *et al.* 2009; Morellon *et al.* 2009; Pérez-Obiol *et al.* 2011; Aranbarri *et al.* 2014) apoyarían el uso del riego como posible explicación para los resultados obtenidos. Esto podría ser algo generalizado, con solo una semilla por encima del límite propuesto de $85 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. No obstante, como hemos señalado en este apartado, nuestra propuesta es conservadora, y sería de esperar que en zonas especialmente áridas este límite de WUEi indicara buenas condiciones de cultivo incluso con valores mas altos, como la posición de las plantas irrigadas en la actualidad podría sugerir (Fig. 83).

Del mismo modo, el rango ($\approx 3,5\%$) sería coherente con unas condiciones más o menos homogéneas, consecuencia en este caso del uso del riego. Los estudios carpológicos ya indicaban la posibilidad de de la existencia de estrategias de este tipo en el asentamiento, documentándose plantas como el lino, el cual requiere de buenas condiciones hídricas para su desarrollo. En

estos casos se ha sugerido que el cultivo de las especies más exigentes estaría localizado en las vegas de los ríos (Rovira 2007). Por tanto, nuestros datos indicarían que esto podría hacerse extensivo al caso de los cereales, al menos para la cebada.

Finalmente, la existencia de una cisterna en la Terraza Superior del asentamiento sería una evidencia sobre el conocimiento de las técnicas de gestión del agua lo que, unido al resto de indicios, sería compatible con el uso del riego en este enclave (Moreno Onorato y Haro Navarro 2008), aunque es necesario desarrollar análisis que incluyan más especies para comprender mejor el modelo agrícola presente en el yacimiento.

4.1.2.10. Cerro de la Cruz

Los valores obtenidos en el asentamiento del Cerro de la Cruz (S. II a.n.e.) sugieren buenas condiciones hídricas para el desarrollo de las plantas analizadas en el asentamiento: $\Delta^{13}\text{C}$ 17,67‰ para los cereales y 17,09‰ para las leguminosas, lo que equivale a WUEi de 72 y 76 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. Estas condiciones podrían deberse a determinantes climáticos, a la influencia antrópica o a ambos factores.

El asentamiento se localiza en una zona con características pluviométricas suficientes para el desarrollo de cultivos en régimen de secano (550-950 mm anuales), aunque, en tanto clima mediterráneo, se caracteriza por una fuerte irregularidad interanual de las lluvias. Si atendemos a los

datos paleoclimáticos existentes y al periodo en el que se desarrolla la ocupación del asentamiento (S.II a.n.e.), éste discurre en una época de recuperación de tasas pluviométricas cuyo inicio se ha fechado en torno al 600 a.n.e. (Martín-Puertas *et al.* 2008; Martín-Puertas *et al.* 2009). Esto significaría que los resultados podrían obtenerse mediante una agricultura de secano.

Del mismo modo, al comparar los valores obtenidos con asentamientos situados en zonas con mayores tasas pluviométricas pero contemporáneos, como Castrovite (A Estrada, Lugo) (17,67 vs 19,64 ‰), podemos comprobar como los resultados son coherentes con esta propuesta, en un contexto donde el agua no parece ser un factor limitante.

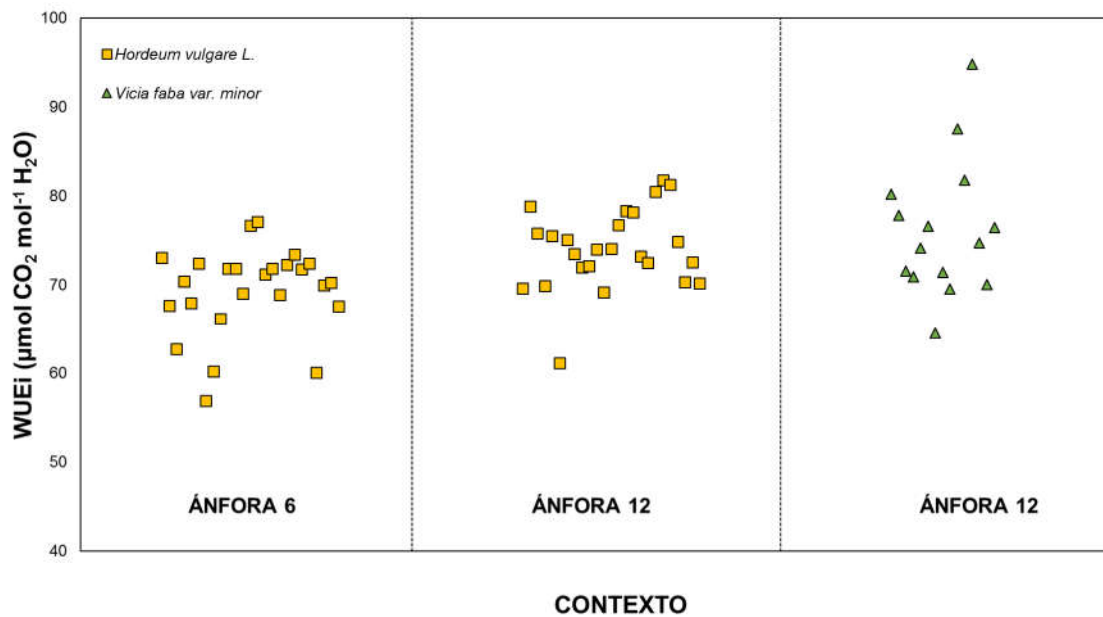


Fig. 84. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la eficiencia en el uso del agua (WUEi) de las muestras analizadas en el asentamiento del Cerro de la Cruz (Almedinilla, Córdoba).

Si atendemos a un análisis contextual (Fig. 49, 50, 84 y 85), podemos sugerir algunas cuestiones sobre el modelo agrícola desarrollado en el asentamiento.

De una parte, cabe destacar que, en el caso de la cebada, ambas ánforas muestran grados de dispersión (0,6‰) y rangos relativamente similares ($\approx 2,5$ ‰). Las medias de las dos ánforas distan aproximadamente 0,6 ‰, entre la cuales hemos encontrado diferencias estadísticamente significativas (T-Student, $< 0,05$).

Como ya hemos señalado, Heaton *et al.* (2009) propusieron diferencias de 0,7‰ en las medias de conjuntos distintos de muestras como límite orientativo para poder indicar un origen geográfico diverso de las plantas estudiadas. En los trabajos llevados a cabo por nosotros en distintos campos de cultivo en zonas cercanas a asentamientos con clima mediterráneo como Peñalosa, Cerro del Castillo de Alange o Terlinques hemos encontrado valores menores a 0,7‰. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos

y las características del contexto, se podría pensar en que nos encontramos ante cultivos distintos según las ánforas estudiadas.

Estas diferencias no parecen deberse a estrategias de cultivo heterogéneas (secano y regadío), sino más bien a una ligera variación espacial propia de la puesta en cultivo de diferentes terrenos. Es decir, esto podría ser indicativo de que cada ánfora es utilizada para el almacenaje de granos provenientes de áreas diversas (campos de cultivo) o, en su lugar, de cosechas distintas. Por el contrario, de una mezcla de las mismas, de campos de cultivo o de tratamientos agrícolas (irrigación y secano) cabría esperar un grado de dispersión más alto, como ha sido propuesto por la bibliografía y hemos indicado con anterioridad (Heaton *et al.* 2009; Flohr *et al.* 2011; Stokes *et al.* 2011; Mora-González *et al.* 2016). Del mismo modo, de provenir del mismo campo podría esperarse no encontrar diferencias significativas. No obstante, esto es algo que solamente podemos sugerir

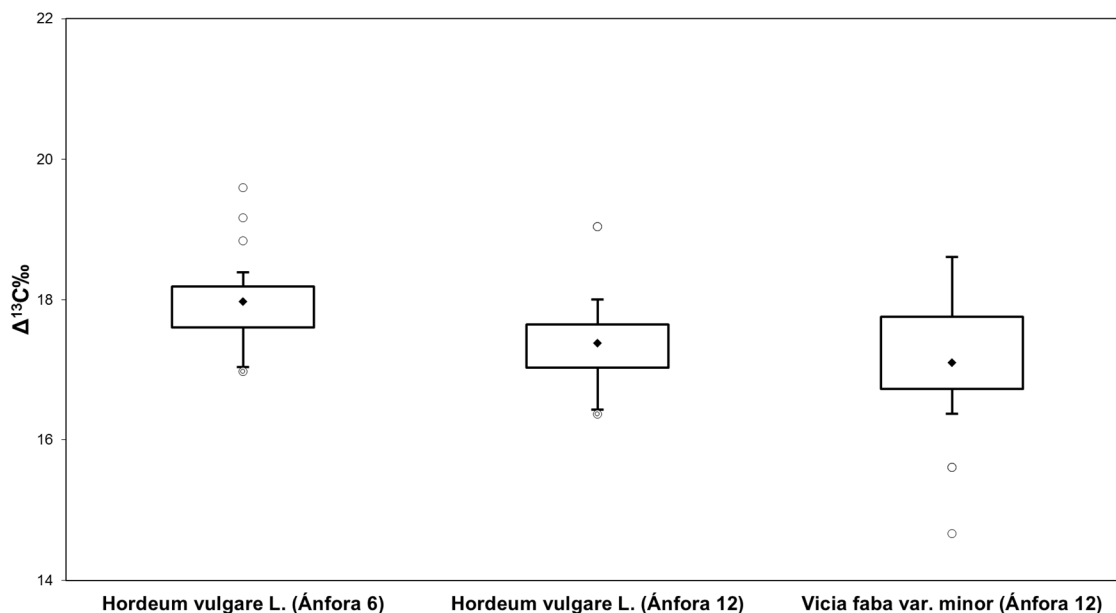


Fig. 85. Diagrama de cajas para la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) de las muestras provenientes del Cerro de la Cruz (Almedinilla, Córdoba), según especie y contexto (Ánfora 6 o 12).

Caso contrario es el de las habas. Éstas si muestran un grado de dispersión más alto ($\approx 1\%$) y un rango mayor ($\approx 4\%$), relativamente similar al documentado en Los Millares (Araus *et al.* 1997) pero inferior al obtenido en Eras del Alcázar o Cerro del Castillo de Alange. Aquí si podríamos estar ante una muestra proveniente de diferentes campos de cultivo o con el uso de distintas estrategias agrícolas. Como hemos señalado en diferentes ocasiones, las habas han sido interpretadas por la literatura al respecto como un cultivo de regadío, aunque su época de desarrollo puede influir en los resultados que se obtengan (Ferrio Díaz *et al.* 2005). Incluso habiéndose utilizado el regadío en este caso, la dispersión podría responder a una variabilidad geográfica o a una mezcla de cosechas.

Independientemente de las distintas posibilidades que pudieran explicar este mayor rango y grado de dispersión con respecto a los cereales, los datos presentados deben interpretarse a través de la forma de almacenaje. A pesar de estar asociada a un ánfora (12), cabe la posibilidad de que en realidad las habas estuvieran en una posición en alto (por ejemplo, colgadas) y no dentro de ningún recipiente, por lo que no habría mezcla de especies dentro de las mismas. De esta forma la aparición, asociada a las ánforas, sería la consecuencia de los procesos de destrucción y postdesposicionales. Sin embargo, también podría deberse a una mezcla de especies fruto de la contaminación por la reutilización de los recipientes, hecho que parece más posible en este caso¹². Esto aumentaría las posibilidades de que se encontrasen semillas de distintas cosechas, lo que de nuevo sería consistente los resultados obtenidos.

¹² Comentario Personal de la Dra. Eva Montes Moya.

4.1.2.11. Cerro del Castillo de Alange

Los valores obtenidos para las muestras de cereales estudiadas en el asentamiento arqueológico del Cerro del Castillo de Alange ($\approx 2200-1381$ a.n.e.) señalan una tendencia desde un mayor WUE_i a finales del III milenio a.n.e. ($89 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) hacia condiciones de mayor humedad a mediados y finales del II milenio a.n.e. (78 y 84). Este hecho también se confirma en el caso de las leguminosas (90 vs $78 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$).

Esta evolución podría deberse a una mejora en las condiciones climáticas, a cambios en las estrategias de producción por parte de las comunidades humanas de la zona (incluyendo la posibilidad del regadío) o a una combinación de ambos factores.

La tendencia señalada de mejora en las condiciones de cultivo durante el II milenio a.n.e. contrasta con los datos paleoclimáticos y arqueológicos existentes, que sugieren una degradación de las condiciones climáticas con especial incidencia a partir del ≈ 2500 a.n.e. en el conjunto del Mediterráneo, hecho confirmado por los estudios realizados en el asentamiento (Duque Espino 2004; Pérez-Obiol *et al.* 2011).

Ese proceso de degradación se constataría en los rangos obtenidos para las muestras de encina, cuyos valores más bajos

sobrepasan el límite de aridez propuesto por Lee Drake *et al.* (2012) en un estudio de asentamientos arqueológicos del suroeste de la península ibérica: $18,5 \text{ ‰}$ ($\Delta^{13}\text{C}$).

Sin embargo, los valores medios obtenidos para la encina se mantienen por encima de este nivel y relativamente constantes a lo largo de la serie estudiada. Esto indicaría que posiblemente ese proceso de degradación fuera acompañado de un cambio en la distribución de las lluvias a lo largo del año que beneficiase a plantas como la encina, o que simplemente las raíces más profundas de esta especie, que pueden alcanzar el nivel freático, les permitiesen una mejor adaptación a los cambios producidos.

La relación entre plantas cultivadas y silvestres ha sido explorada en otros trabajos (Ferrio Díaz *et al.* 2005; Aguilera *et al.* 2011; Mora-González *et al.* 2016). En nuestro caso, si bien en la fase más antigua las diferencias que pueden observarse son mayores, en momentos posteriores los rangos de las plantas cultivadas se solapan en parte con los resultados obtenidos para los carbones de *Quercus ilex-coccifera*. Por tanto, son los valores de las plantas cultivadas, a pesar de su escasa red radicular en comparación con otras especies, los que tienden hacia un menor WUE_i, mientras la encina se mantiene relativamente constante. Como consecuencia, lo que explicaría estos resultados no sería un aumento de las precipitaciones sino el desarrollo de estrategias de producción para asegurar la obtención de las cosechas.

ESPECIE (N)	$\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ (S.D) [rango]	$\Delta^{13}\text{C}$ (S.D) [rango]	WUEi (S.D) [rango]
Cereales (semillas arqueológicas) (99)	-22,01 (0,98) [-24,40 a -20,39]	15,96 (1,00) [14,20-18,42]	85 (8) [66-98]
Leguminosas (31)	-22,59 (1,62) [-26,25 a -20,49]	16,51 (1,67) [14,30-20,30]	81 (13) [51-98]
Encina (72)	-24,90 (0,85) [-27,18 a -23,17]	18,97 (0,88) [17,19-21,38]	62 (7) [43-75]
Cereales (años 2014 y 2015) (75)	-24,15 (0,86) [-26,42 a -22,52]	15,94 (0,90) [14,24-18,31]	122 (10) [96-140]

Tabla 38. Valores medios para las muestras analizadas en este estudio, de acuerdo con las especies, la composición isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$), la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) y la eficiencia en el uso del agua (WUEi). Para la concentración de CO_2 (p.p.m) y la composición isotópica del carbono del CO_2 atmosférico ($\delta^{13}\text{C}_{\text{atm}}\text{‰}$) ver Tablas 29, 30 y 31.

Los resultados de los cereales de la primera fase estudiada son los que se caracterizan por una menor $\Delta^{13}\text{C}$ (15,33 para cebada y 15,57‰ para trigo) por una menor desviación estándar (0,28 y 0,44) y por un rango menor ($\approx 1,5$ y $\approx 2,5$). Lo mismo ocurre con las habas. En ambos casos, los resultados muestran unas condiciones de mayor estrés hídrico que en momentos posteriores del asentamiento. Además, estas medias son menores que los valores publicados para yacimientos contemporáneos de zonas con rangos pluviométricos similares o menores: por ejemplo en el caso de Terlinques las medias $\Delta^{13}\text{C}$ son de 16,89 y 17,16‰ (Mora-González *et al.* 2016) y en Castellón Alto 16,40 y 16,67‰ para trigo y cebada (Araus *et al.* 1997); en Oriente Próximo podemos ver los resultados de Riehl *et al.* (2008) en el caso de Mozan (16,3 y 17,6 para trigo y

cebada) y Qatna (16,7‰, cebada); o, para Riehl *et al.* (2014) tenemos muestras, de cebada, en Emar (16,15‰), Dilkaya Hoyuk (16,29‰), Kinet Höyük (17,98‰), Tell Teweini (16,91‰) y Tell Mozan (16,84‰).

Por último, si utilizamos los modelos desarrollados por Araus *et al.* (1997) o Wallace *et al.* (2013), debemos añadir que los valores se sitúan en los límites de plantas con deficiencia hídrica, estando todas las muestras (excepto una) por debajo de 17‰. Del mismo modo, los valores medios para la eficiencia en el uso del agua se situarían por encima de $85 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$.

Todos estos hechos serían indicativos de un cultivo en secano con unas condiciones pluviométricas que actuarían como factor limitante.

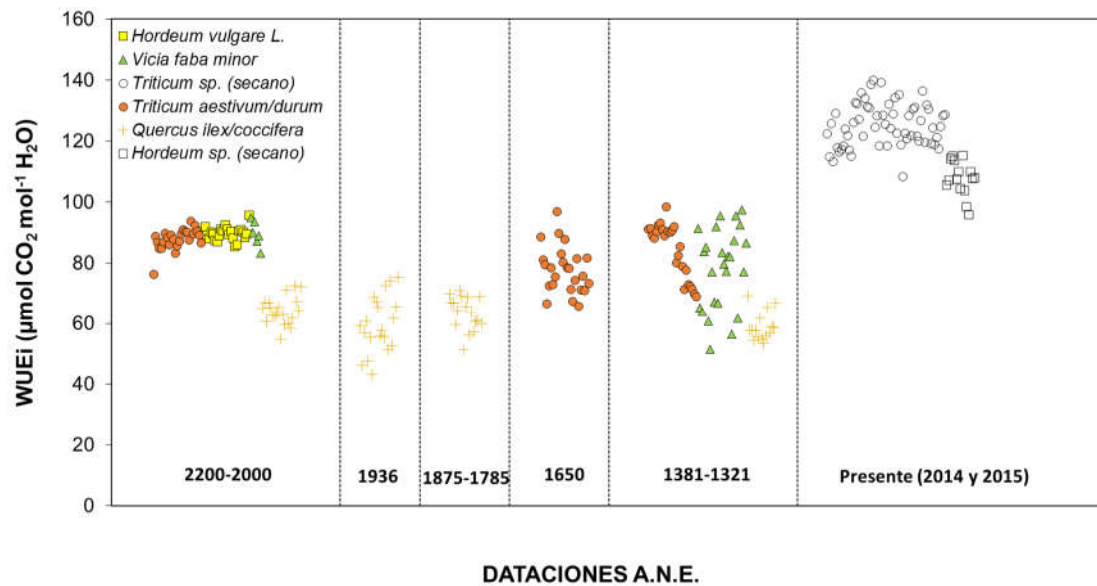


Fig. 86. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la eficiencia en el uso del agua (WUEi) de las muestras analizadas en el asentamiento del Cerro del Castillo de Alange (Alange, Badajoz).

Para periodos posteriores, además de medias superiores, se observa una mayor dispersión y rango en las muestras de cereales tanto para 1650 cal. A.N.E. (0,99, ≈ 4) como para 1381-1321 cal. A.N.E. (1,16, ≈ 4), que también se comprueba en el caso de las habas (1,73 vs 0,56, con rangos de 6 y 1,5‰ respectivamente). Esta mayor dispersión es también superior a la obtenida en las muestras actuales (0,90), aunque el rango es similar (≈ 4 ‰).

La comparación entre los rangos podría indicar la existencia de cosechas pertenecientes a ciclos anuales distintos, el cultivo en zonas diversas y un aprovechamiento diferencial de las condiciones hídricas, hecho que también ha sido sugerido por otros trabajos (Flohr *et al.* 2011; Stokes *et al.* 2011; Riehl *et al.* 2014). Incluso teniendo en cuenta la posibilidad de encontrarnos ante remanentes de cosechas anteriores (Heaton *et al.* 2009), los valores serían coherente con la implementación de estrategias de explotación y aprovechamiento el marco territorial y de los recursos hídricos disponibles en el mismo.

El caso de las habas refuerza la idea de un cambio en las prácticas agrícolas

producido a lo largo del II milenio a.n.e. Al comparar con la bibliografía existente podemos comprobar que, según los datos publicados para el sudeste de la península ibérica, los resultados se encuentran dentro del rango propuesto (14,38-18,92) (Araus *et al.* 1997). En este caso, los valores de las habas fueron interpretados como consecuencia del posible uso de riego, debido a su relación con los cereales y a las exigencias hídricas de estas especies, en un modelo de explotación basado en estrategias de huerta.

En nuestro estudio los resultados marcan una pauta similar para cereales y leguminosas: en la primera fase estudiada ambos cultivos se desarrollaron en un ambiente con el agua como un factor limitante, aunque las leguminosas podrían estar cultivándose en terrenos más óptimos que beneficiasen su cultivo; por el contrario, en las fases posteriores se daría un uso más intensificado del regadío, con valores más altos para las habas que para los cereales en el periodo final estudiado (Fig. 52, 53 y 86). Además, todo ello sería coherente con el modelo propuesto en esta tesis, estando el conjunto de las muestras por debajo del

límite teórico de $100 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$, aunque más cercano a éste en un primer momento.

Los valores observados y las posibilidades que ofrece el medio (zonas de vega muy próximas al asentamiento) permiten pensar en la existencia de un modelo mixto a lo largo del II milenio a.n.e. donde convivirían el secano y el regadío (o al menos el aprovechamiento de suelos más húmedos) como se ha sugerido para otros yacimientos (Riehl *et al.* 2014; Wallace *et al.* 2015; Mora-González *et al.* 2016). Cabe pensar en que el cultivo se daría en las áreas más cercanas en vez de basarse en el intercambio a larga distancia, al constatarse buenas condiciones en las zonas aledañas.

El desarrollo de este tipo de estrategias de explotación del territorio podría basarse en la explotación de los márgenes de los ríos, como hemos sugerido en otros casos a lo largo de esta tesis (Rovira 2007). Esto sería coherente con la menor presencia de ripisilva en la zona y con el correspondiente clareo de la vegetación documentado (Grau Almero *et al.* 1998; Duque Espino 2004). Además, sería consistente con el aumento del taxón *Quercus ilex-coccifera/Q. ilex* a lo largo de las diferentes fases de ocupación, descendiendo el resto de especies, reapareciendo de manera puntual hacia finales del II milenio a.n.e. (Duque Espino 2004). Esta tendencia hacia una mayor incidencia antrópica sobre el medio también quedaría reflejada en los estudios polínicos (Hernández Carretero 1999), carpológicos (Grau Almero *et al.* 1998; Pavón Soldevila *et al.* 2010) y faunísticos (Castaños Ugarte 1994, 1998a, b).

En el mismo periodo en el que se constata este proceso, se va consolidando una cabaña ganadera, principalmente bovina, potencialmente aprovechable como fuerza de tiro para las labores agrícolas (Castaños Ugarte 1998a; Duque Espino 2004). En consecuencia, los datos medioambientales y arqueológicos serían compatibles con la existencia de una explotación de zonas diferentes en un marco

territorial amplio y diverso, como ya hemos indicado (Lightfoot y Stevens 2012).

A su vez, este hecho sería propio de un modelo político, social y económico basado en el control de un territorio y la centralización de la producción agrícola, como la existencia del granero parece indicar (Pavón Soldevila *et al.* 2010; Fiorentino *et al.* 2012; Lightfoot y Stevens 2012; Pavón Soldevila y Duque Espino 2014b), y que tendría paralelos en otras áreas del sur peninsular (Lull *et al.* 2010).

Por último, al comparar los resultados del WUEi para plantas actuales y arqueológicas, puede comprobarse un mayor estrés en la actualidad, con unas condiciones hídricas mejores para el pasado en general, aunque los restos botánicos nos hablan de un clima que mostraría una tendencia a la degradación a finales del III milenio a.n.e. En este contexto las comunidades humanas desarrollarían estrategias de producción que ejercerían presión sobre las zonas de vega, con una transformación del medio que continuaría a lo largo del tiempo, en consonancia con los planteamientos propuestos con anterioridad.

4.1.2.12. *A Fontela*

La zona en la que se encuentra el asentamiento de A Fontela (1050-895 a.n.e) es compatible con una agricultura de secano, debido al fuerte régimen de precipitaciones descrito.

Los valores de $\Delta^{13}C$ las muestras arqueológicas han sido de 17,55 y 17,34‰, lo que equivale a WUEi de 73 y 74 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. De otro lado, la media para las plantas modernas que crecen en la zona de estudio se sitúa en torno a 16,65‰ para el año 2014 y 19,53‰ en 2015 (114 y 82 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ respectivamente). Si tomamos las semillas de ambos años, ésta es 17,91‰, es decir, 100 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$.

En cualquier caso, la media arqueológica se sitúa cercana a los valores obtenidos para las plantas actuales si

tenemos en cuenta la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}C$), y claramente por debajo según la eficiencia en el uso del agua (WUEi). No obstante, serían similares si se toman como referencia las semillas del año 2015. Esto, unido a las características climáticas del área de estudio, sería compatible con el cultivo en condiciones de secano para las muestras arqueológicas.

El rango, inferior en las semillas arqueológicas al del conjunto de análisis realizados para la zona estudiada (≈ 4 vs $\approx 6\%$), es coherente con la propuesta realizada por nosotros, indicando el desarrollo de un cultivo heterogéneo. En consecuencia, los valores obtenidos se explicarían por el hecho de darse un cultivo en diferentes áreas que condicionarían los resultados, sin que medie la utilización de regadío en ningún caso, por tratarse, como ya se ha dicho, de un régimen de secano.

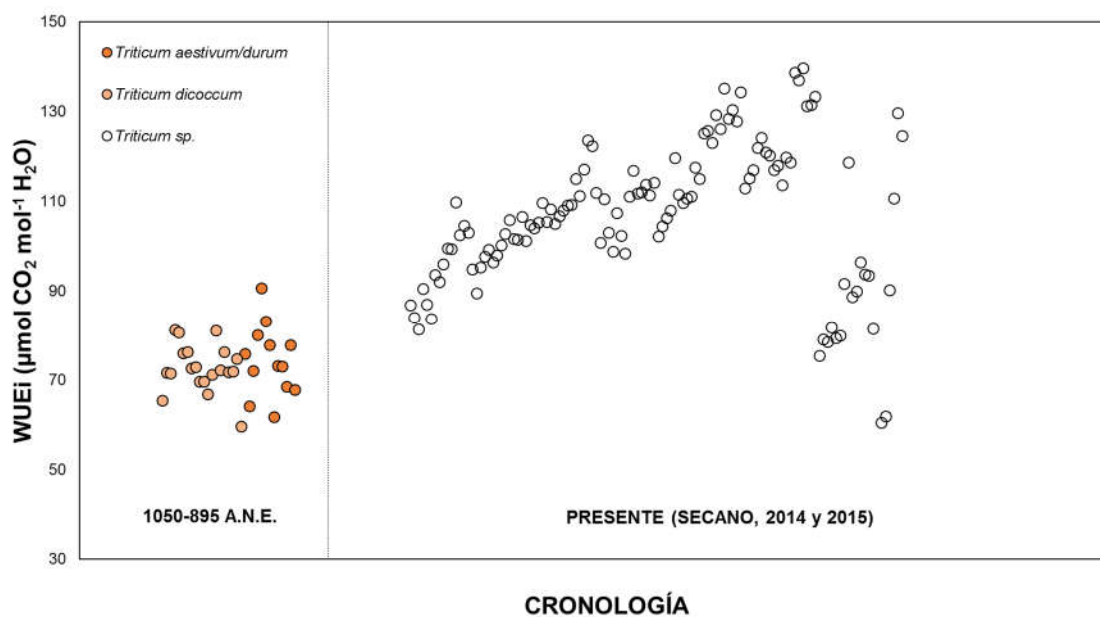


Fig. 87. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la eficiencia en el uso del agua (WUEi) de las muestras analizadas en el asentamiento de A Fontela (Palas de Rei, Lugo).

4.1.2.13. Castrovite

Los resultados de WUE_i obtenidos para el asentamiento de Castrovite (S. IV-II a.n.e.) están comprendidos entre 48 y 87 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. Esto sugiere unas condiciones de desarrollo de las plantas sin limitaciones hídricas. En este caso, al igual que ocurría con A Fontela, el régimen pluviométrico de la zona (1300-2000 mm anuales) sería coherente con un cultivo en condiciones de secano. Además, este periodo coincide con un aumento de las

precipitaciones detectado en diferentes registros paleoambientales de la península ibérica (Jalut *et al.* 1997; Jalut *et al.* 2000; Gonzalez Samperiz *et al.* 2008; Martín-Puertas *et al.* 2008; Martín-Puertas *et al.* 2009; Pérez-Obiol *et al.* 2011).

Las diferencias halladas entre el trigo y la cebada podrían deberse a las características fisiológicas de cada una de las especies (Araus *et al.* 1997; Anyia *et al.* 2007; Wallace *et al.* 2013), aunque también tendría relación con las propias prácticas agrícolas, como hemos sugerido.

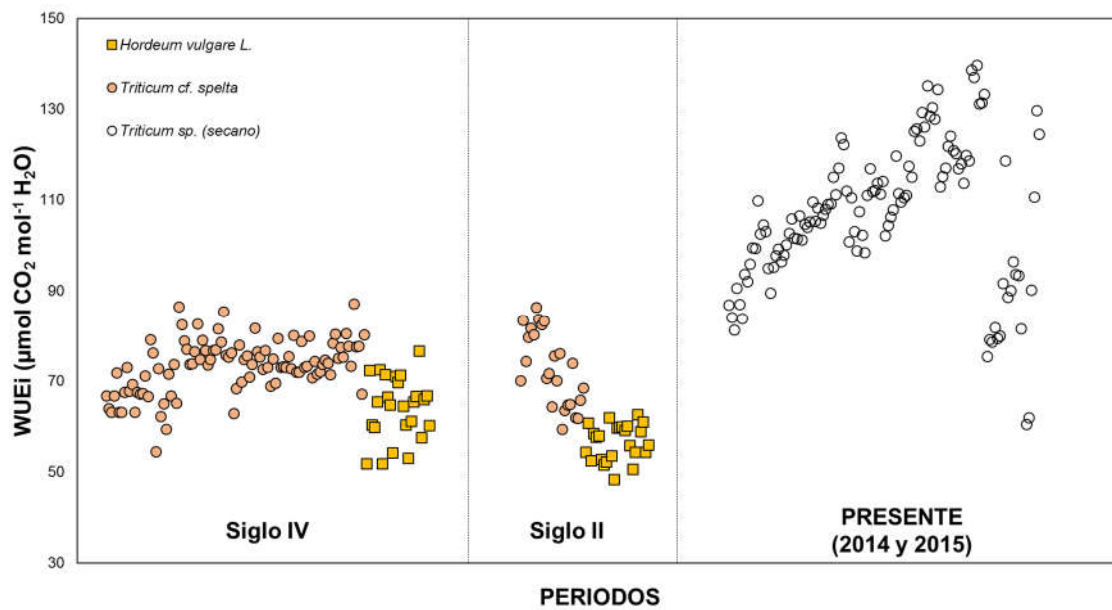


Fig. 88. Gráfica de dispersión con los resultados obtenidos para la eficiencia en el uso del agua (WUE_i) de las muestras analizadas en el asentamiento de Castrovite (A Estrada, Pontevedra).

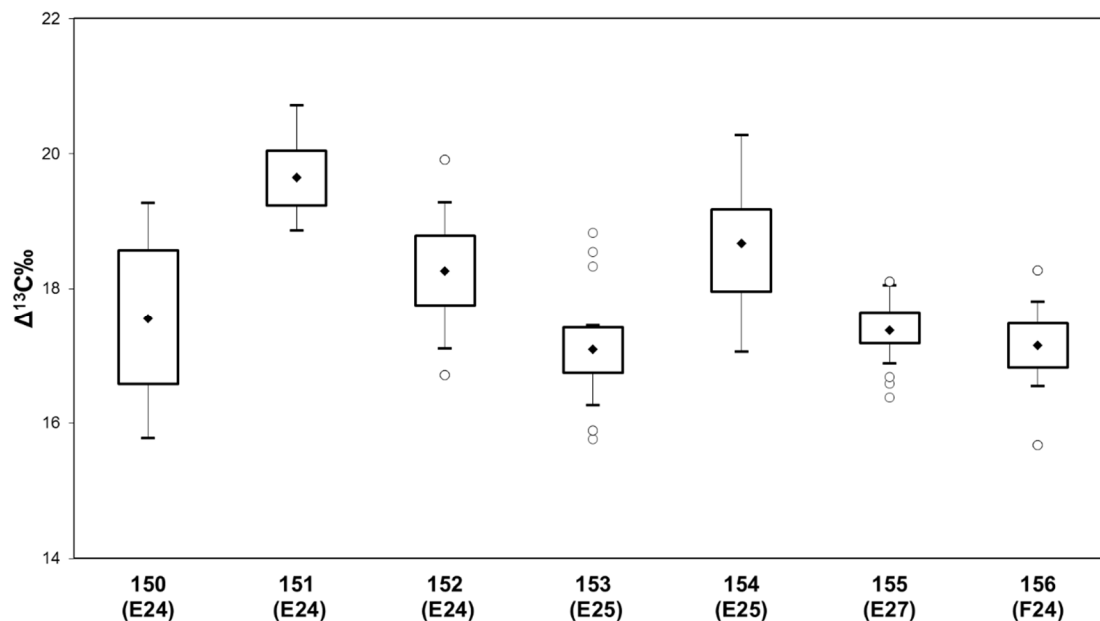


Fig. 89. Diagrama de cajas con los valores para la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) de las semillas estudiadas en Castrovite según número de estudio y contexto. Nótese la variabilidad entre los valores medios, mínimos y máximos según cada uno de dichos contextos.

Si hacemos un análisis más detallado podemos observar variaciones entre los contextos. Cada uno de ellos ha sido interpretado como una zona de almacenamiento (Teira-Brión *et al.* 2016). Por tanto, podemos considerarlas como entidades arqueológicas diferenciadas y con potencialidad para la interpretación del comportamiento humano, como hemos sugerido en el caso de Peñalosa.

Para el siglo IV a.n.e contamos con cuatro contextos de almacenamiento (E24, E25, E27 y F24). En el contexto E25 tenemos muestras de cebada y trigo. Al igual que ocurre con el siglo II a.n.e., la cebada muestra valores más altos que el trigo (18,67 vs 17,09‰), lo que parece incidir en un cultivo en condiciones similares para ambas especies, en secano. En los dos casos tenemos una mayor dispersión y un mayor rango que en el resto de las muestras para el S. IV. ($\approx 3\%$), excepto para las semillas de trigo de E24.

En este caso, además del citado rango, el valor medio es similar al de la cebada para el mismo periodo (18,26 vs

18,67‰). El resto de las muestras de trigo presentan rangos, dispersiones y valores medios menores, a excepción del trigo del siglo II a.n.e. (Fig. 89), donde destaca un grado de dispersión y un rango mayor (1,07, $\approx 3,5\%$) que en el caso de la cebada (0,51, $\approx 2\%$).

Esto es interesante porque, de un lado, indicaría que los contextos E24 y E25, aunque fechados en el S.IV, podrían responder a momentos de almacenaje distintos, a tenor de las diferencias halladas entre las especies para el propio contexto E25 o el siglo II a.n.e; de otro, podría ser consecuencia de una mezcla de cosechas anuales o de cereales provenientes de distintas parcelas, si tenemos en cuenta los rangos medios que observan en el caso de los estudios modernos para Galicia: de catorce parcelas, todas se sitúan por debajo del rango de ≈ 4 y doce por debajo de 3,5‰ (una de las dos restantes con un valor de 3,59‰). Así mismo, diez parcelas presentan valores inferiores a 3‰. En concreto, el campo estudiado con relación al yacimiento (parcela 36) presenta un resultado de 1,34‰.

Estas diferencias halladas para el siglo IV a.n.e. podrían responder, por tanto, al desarrollo de estrategias de cultivo basadas en grupos corresidenciales o de otro tipo en relación con el cultivo de parcelas distintas como hemos sugerido, en otro contexto histórico, para el caso de Peñalosa. Sin embargo, es difícil establecer este hecho sin dataciones que permitan determinar con precisión las relaciones de contemporaneidad de cada uno de los contextos estudiados.

4.1.3. Irrigación vs secano en la Prehistoria Reciente

Cada uno de los asentamientos estudiados implica en sí mismo un conjunto de variables que permiten entender los resultados obtenidos. A partir de un modelo general, hemos podido desarrollar una interpretación en cada caso, teniendo cuenta aspectos como la cultura material, el contexto histórico, los factores medioambientales, la relación entre las especies y las referencias actuales. Sin embargo, es necesario superar las particularidades propias de cada yacimiento y valorar las generalidades que puedan ayudarnos a desarrollar interpretaciones arqueológicas y, por tanto, históricas.

De esta manera, los valores obtenidos en el presente trabajo indican un mayor aporte de agua en las plantas cultivadas en el sur de la península ibérica desde el III milenio a.n.e. (Fig. 90-93). Esto, como hemos venido insistiendo, podría explicarse por dos factores: el primero, la evolución del clima a lo largo el tiempo, como consecuencia de un aumento de las precipitaciones o un cambio en su distribución anual que beneficiara a los cereales; el segundo, las características de las prácticas agrícolas, entre ellas el uso del riego, el aprovechamiento de los recursos naturales o la mezcla de diferentes cosechas en los conjuntos analizados (lo cual podría dar lugar al análisis de semillas provenientes de años con regímenes pluviométricos distintos).

Con respecto al primero de los factores, ya hemos indicado que diferentes estudios arqueobotánicos y paleoclimáticos

señalan una la evolución del clima precisamente en el sentido contrario, es decir, hacia condiciones más xéricas a partir del III y el II milenio a.n.e, hecho recurrente no sólo en la península ibérica sino también en el entorno mediterráneo (Heim *et al.* 1997; Jalut *et al.* 1997; Jalut *et al.* 2000; Carrión *et al.* 2007; Martín-Puertas *et al.* 2008; Jalut *et al.* 2009; Santisteban *et al.* 2016).

En los diferentes casos, la evolución del clima ha sido acompañada por una antropización del medio creciente asociada al desarrollo de procesos productivos como la agricultura y la ganadería. Esto es visible en los casos de Terlinques (Machado *et al.* 2009), la comarca de la Loma (Fuentes *et al.* 2007; Rodríguez-Ariza 2011), o el Cerro del Castillo de Alange (Grau Almero *et al.* 1998; Duque Espino 2004). También se ha subrayado para asentamientos como la Motilla del Azuer, Carril de Calderero, Villavieja, etc (Fuentes *et al.* 2005; Gallego Fernández 2014; López Sáez *et al.* 2014). Además, en el mismo sentido se expresan los estudios llevados a cabo en zona lacustres del norte, del levante y del sur de la península ibérica (Fuentes *et al.* 2005; Carrión *et al.* 2007; Martín-Puertas *et al.* 2008; Navarro-Hervás *et al.* 2014).

En consecuencia, no sería el clima el que explicaría los resultados obtenidos, ya que lejos de lo que cabría esperar, los valores isotópicos de los cereales no muestran esta tendencia hacia una degradación de las condiciones hídricas, sino más bien al contrario (Fig. 90). Esto podría parecer contradictorio si solamente se tienen en cuenta las condiciones naturales, es decir, el cultivo en secano como única posibilidad.

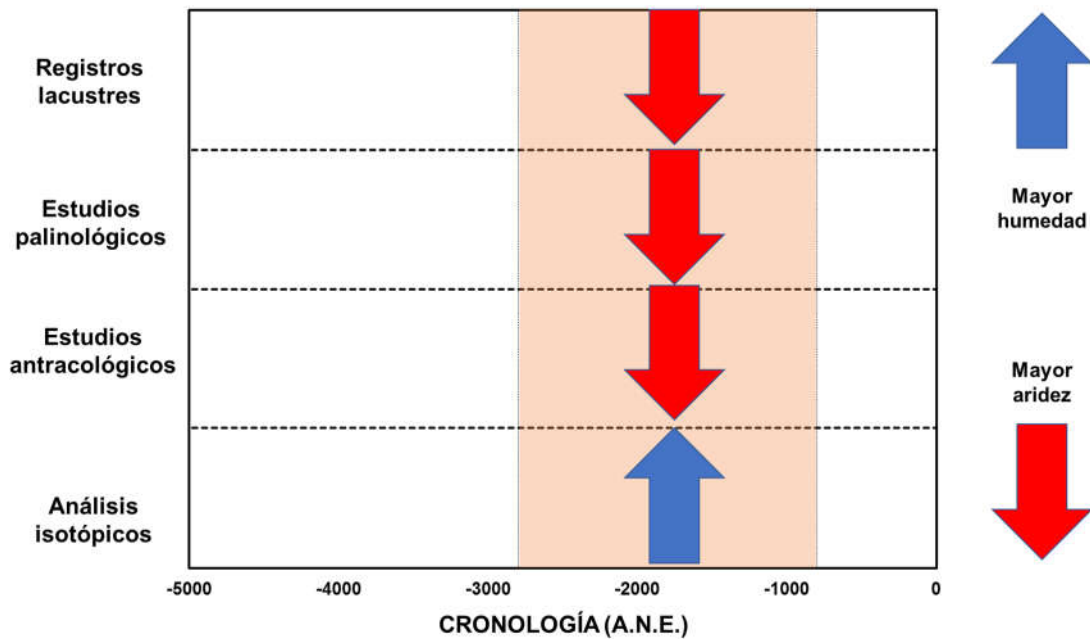


Fig. 90. Diagrama donde se representa la relación entre estudios climáticos y análisis de isotópos estables en las muestras estudiadas para el periodo donde se observa el uso del riego (cuadro naranja). Nótese que los estudios sobre registros lacustres, palinológicos y antracológicos indican una tendencia hacia mayores condiciones de aridez (flecha roja) mientras que los restos carpológicos señalan condiciones favorables durante su desarrollo (flecha azul).

Por tanto, debe ser la acción antrópica la que permita entender los resultados obtenidos. Cabría la posibilidad, como hemos señalado, de que dichos valores respondieran a la variabilidad climática del clima mediterráneo y no al desarrollo de estrategias de irrigación. Ya hemos indicado que determinados rangos isotópicos se podrían relacionar con el cultivo bajo condiciones heterogéneas. Sin embargo, la variabilidad del régimen de precipitaciones que caracteriza al clima mediterráneo podría dar lugar a interpretaciones erróneas.

Esto significa que mayores rangos o dispersiones, en lugar de asociarse a uso del riego, podrían ser indicativas de 1. Mezcla de diferentes cosechas (sesgo temporal) o 2. Mezcla de diferentes campos (sesgo espacial). Del mismo modo, cosechas o campos distintos con las mismas condiciones de cultivo darían lugar a muestras más homogéneas que estarían impidiendo apreciar su origen diverso

(Heaton *et al.* 2009). Esto es un problema para tener en cuenta, pero a la vez, es consustancial a la arqueología, en tanto no puede estudiarse esta cuestión con mayor precisión.

En cualquier caso, lo que sí parece evidenciarse es que, incluso considerando la mezcla de cosechas como práctica de almacenamiento (Rovira 2007), las diferencias halladas entre los valores tanto dentro como entre los asentamientos responden a factores antrópicos más que ambientales. Factores antrópicos que tienen que ver con el cultivo, con el almacenaje y con el consumo. Así parece darse sobre todo en el caso de Peñalosa, único asentamiento donde hemos podido estudiar muestras claramente relacionadas con contextos de hábitat diferentes (Unidades Habitacionales y Terrazas). Otro ejemplo sería el caso del Cerro de la Cruz, donde hemos trabajado con distintas ánforas dentro de una misma estructura destinada al almacenaje. Por

último, Castrovite, donde hemos visto una asociación entre las estructuras de almacenamiento y los resultados obtenidos.

En consecuencia, los valores no dependerían netamente ni de las condiciones medioambientales ni responderían a mezclas de cosechas fruto de la irregularidad del clima mediterráneo, sin descartar que ambos factores tuvieran influencia. Tomando en consideración todas las posibilidades, en este caso los valores obtenidos tanto en el caso de $\Delta^{13}\text{C}$ como de WUEi sugieren el uso del riego para los cereales a partir de 2400 milenio a.n.e en la mayoría de los asentamientos estudiados.

En fechas anteriores al 2400 a.n.e. la irrigación para los cereales o bien es inexistente o bien aparece de manera residual en algunos asentamientos o para una parte de las muestras. Así lo sugieren los valores medios publicados por Araus *et al.* (1997) para muestras de cebada y trigo en asentamientos del sudeste peninsular determinados como calcólicos: en Campos, para el trigo y la cebada durante época calcólica se obtienen $\Delta^{13}\text{C}$ medias de 14,94 y 15,10‰ respectivamente, con un WUEi de 93 y 91 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$; en las Pilas, estos valores son de 14,96 y 13,74‰ (93 y 102 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$); en el caso de El Malagón, las medias han sido de 15,78 para el trigo (86 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), 15,30 para la cebada y 15,35 para la cebada desnuda (90 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$).

Para los asentamientos estudiados por nosotros, en Eras del Alcázar, los cereales analizados con fechas anteriores al 2400 a.n.e señalan unas condiciones de crecimiento propias de un cultivo de secano. En ese caso las medias de $\Delta^{13}\text{C}$ para trigo y cebada son de 14,82 y 15,72‰ (WUEi 94 y 87 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) para el 2800 y 14,52 y 16,36‰ (96 y 82 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) para cronologías entre 2700-2400 a.n.e. Del mismo modo, el rango obtenido (5,41‰) muestra un cultivo que, a tenor del modelo desarrollado, no sería consecuencia de una mezcla de prácticas de irrigación y secano sino de el aprovechamiento de diferentes zonas.

En el caso de Marroquies Bajos (ZAMB), los valores $\Delta^{13}\text{C}$ medios han sido

de 16,77‰ para el caso del trigo (79 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), 17,63‰ para la cebada (72 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) y 18,09‰ (68 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) para la cebada desnuda. Estos datos contrastan con los resultados obtenidos en el resto de asentamientos. Sin embargo, las condiciones naturales del terreno, donde el nivel freático es alto (muy próximo a la superficie), beneficiaría el cultivo, como ha sido sugerido (Zafra de la Torre *et al.* 1999; Zafra de la Torre *et al.* 2003; Rodríguez-Ariza 2011). El hecho de que el trigo y la cebada presenten valores dispares podría ser indicativo además del uso de un riego residual o de un cultivo en zonas diferentes para ambas especies. Así, el rango obtenido (5,23‰) sería coherente con este aprovechamiento del territorio.

También en el caso del yacimiento de Los Millares pueden existir dudas, al obtenerse valores $\Delta^{13}\text{C}$ de 17,31‰ (74 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) para el trigo (aunque solamente se analiza una muestra en este caso), 17,11‰ para la cebada vestida (76 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) y 15,75‰ para la cebada desnuda (86 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$). A la vista de estos resultados y del ambiente árido en el que se localiza este enclave, quizás se estuviera beneficiando el cultivo de algunos cereales sobre otros mediante el riego.

A partir del 2400 a.n.e se da un cambio en los valores $\Delta^{13}\text{C}$ obtenidos. En el caso de Eras del Alcázar, las medias de los cereales pasan a ser de 18,06‰ (WUEi de 69 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) para el trigo y 18,79‰ (63 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) para la cebada en un primer momento, siendo luego inferiores, pero nunca alcanzando los niveles estudiados para el periodo 2800-2400 a.n.e. De hecho, estas medias indicarían unas condiciones de mayor humedad que en el caso de Cerro del Alcázar, donde no parece que se utilice el riego, al menos de manera intensiva, en el mismo momento que señalamos su existencia para el caso de Eras del Alcázar (ambos asentamientos se encuentran en la misma área). Estas medias serán de 16,19‰ para el trigo en la Fase II (83 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), y de 16,26‰ para la Fase III (83 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), mientras que, en el caso de la cebada, para la Fase III las medias son de 16,87 y 16,44‰

(78 y 81 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$). El rango general hallado ha sido de 3,45‰, lo que incide en un cultivo relativamente homogéneo.

El contraste entre estos asentamientos es indicativo del uso de riego en el caso de Eras del Alcázar y, para el Cerro del Alcázar, quizás el cultivo preferencial del trigo sobre la cebada aprovechando condiciones naturales. En ambos casos, esta tendencia contrasta con los datos obtenidos para los análisis polínicos y antracológicos, que sugieren un aumento de las condiciones de aridez, visible en la reducción de la masa arbórea (desde $\approx 70\%$ a $\approx 30\%$) y un aumento de taxones como *Juniperus*, *Artemisa*, *Poaceae*, *Chenopodiaceae*, *Lamiaceae* y *Helianthemum* (Fuentes *et al.* 2007). Esto ha sido interpretado como consecuencia del desarrollo de las prácticas agrícolas y ganaderas, hecho consistente con los datos que proponemos.

La tendencia se confirma si vemos los casos de Peñalosa y Cerro de Plaza de Armas de Sevilleja, ambos asentamientos también situados en una misma área. En los dos casos las medias obtenidas serían indicativas del uso del riego, tanto para el caso de la cebada vestida, como para la cebada desnuda (19,03‰, 61 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) y el trigo (18,45‰, 66 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), estos últimos publicados por Araus *et al.* (1997). Más coherente en el caso de Cerro de Plaza de Armas de Sevilleja (situado en el margen derecho del río Guadalquivir), ya que para Peñalosa se habían señalado las dificultades de cultivo en torno al asentamiento por las características del entorno (Peña Chocarro 2000b; Rodríguez Ariza 2000a; Jaramillo 2005). Sin embargo, es ahí donde los valores sugieren la existencia del regadío de una manera más evidente lo que, en relación a la aparición de industria lítica utilizada para la recogida de grano (Afonso Marrero 2000), indicaría un aprovechamiento del territorio con fines agrícolas. Esto se basaría en el cultivo, entre otras zonas posibles, de las tierras del valle del río Rumberal, hoy inundadas por el embalse terminado en 1941, y en el desvío de agua aprovechando

la orografía (Contreras Cortés 2000). Además, en el caso de Cerro de Plaza de Armas de Sevilleja el rango es de 2,99‰ compatible con un cultivo homogéneo, en este caso, en condiciones de regadío. Para Peñalosa el rango es de 5,39‰, aunque esto responde a una producción agrícola que debe relacionarse con cada una de las unidades habitacionales, las cuales sí presentan rangos más homogéneos.

En el estudio realizado por Araus *et al.* (1997), en lo referente a asentamientos de la Edad del Bronce, puede observarse como en el caso del Castellón Alto las medias de trigo (16,40‰; 81 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) y su comparación con la cebada vestida (16,67‰; 79 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) y la desnuda (17,10‰; 76 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) podrían indicar, en relación con los valores dominantes hoy en la zona para el secano y de las tasas pluviométricas que se observan en el área, un cultivo bajo condiciones de regadío al menos beneficiando a las muestras de trigo. Esto es coherente con los datos obtenidos por nosotros para semillas de *Hordeum vulgare* L.: 17,47‰ (73 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) de este asentamiento. Lo mismo podría ocurrir en el Cerro de la Virgen donde se han obtenido medias de 16,67‰ para el trigo (79 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), 17,57‰ para la cebada vestida (72 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) y 16,93‰ para la cebada desnuda (77 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$); en Fuente Amarga, donde la media ha sido de 16,51‰ para el trigo (81 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) y 16,87‰ para la cebada desnuda (78 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$); o en el caso de la Cuesta del Negro, con medias de 16,64‰ (80 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) para el trigo y 17,97 (69 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) para la cebada (similares a las de Castellón Alto y Cerro de la Virgen). Finalmente, esto también ha sido propuesto para Gatas (Clapham *et al.* 1999) y sugerido como posibilidad para Fuente Álamo (Stika 2001).

Si ampliamos la discusión hacia el levante peninsular, el caso de Terlinques señala el uso del regadío en el caso de las plantas estudiadas (Mora-González *et al.* 2016), al igual que la Lloma de Betxí. En el asentamiento de Terlinques, que podría beneficiarse del complejo lagunar existente

en sus inmediaciones (hoy en día desecado) las medias del trigo serían de 16,89‰ (78 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) y la cebada 17,16‰ (76 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), superior en ambos casos a la obtenida en los cereales cultivados en secano en la actualidad (13,95‰), y similar a las de regadío (17,26‰), todas ellas recogidas en la zona del asentamiento (144 y 107 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$). Resultados parecidos presentan las muestras de la Lloma de Betxí pertenecientes a la capa 6, 16,93‰ para el trigo (77 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) y 16,74‰ (79 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) para la cebada. En ambos casos, los rangos indicarían unas condiciones relativamente homogéneas, aunque en Terlinques se sitúe por encima del límite propuesto (3,87‰).

Con respecto al sudoeste, en el Cerro del Castillo de Alange volvemos a encontrarnos una tendencia similar: valores de secano para la fase más antigua (15,57‰; 88 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), que luego indican uso de regadío (16,88‰; 78 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), dentro de un modelo mixto donde se combinarían ambas estrategias agrícolas. De nuevo aquí los estudios paleobotánicos sugieren una degradación del clima que difícilmente podría explicar la evolución de los resultados obtenidos. De hecho, los análisis de encina que hemos realizado sugieren unas condiciones ambientales estables a lo largo del II milenio, que no tienden a la mejora en ninguna de las fases estudiadas, al contrario de lo que ocurre con las muestras de cereales y leguminosas. Del mismo modo, se observa un cambio hacia mayores rangos, algo compatible con la existencia del citado modelo mixto de cultivo.

En el I milenio a.n.e., los datos publicados para contextos de la Edad del Hierro indican una variedad de prácticas. En los asentamientos analizados por nosotros, las muestras de Castrovite señalan condiciones de secano, algo que también parece ocurrir en el caso del Cerro de la Cruz. Sin embargo, en yacimientos como

Puente Tablas, los resultados publicados podrían indicar el uso del riego en el caso del trigo (17,65‰; 72 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) frente a la cebada vestida (16,22‰; 83 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), contrastando con el caso de Fuente Amarga: 16,18‰ para el trigo (83 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), 15,97‰ para la cebada desnuda (85 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) y un rango amplio para el caso de la cebada desnuda (entre 14,55 y 17,06‰, 96-76 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$).

Estos valores serían similares a los obtenidos en el noreste peninsular para los asentamientos de Empúries (16,8‰ para el trigo y 16,9‰ para la cebada, WUEi 78 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), Ullastret (17,0‰, 77 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ para el trigo y 17,3‰, 75 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ para la cebada), Bòbila Madurell (16,6 para el trigo y 17,0‰ para la cebada, 80 y 77 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ respectivamente) y Sitges UAB (17,2 para el trigo y 16,0‰ para la cebada; 75, 85 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ respectivamente) (Araus y Buxó, 1993; Ferrio Díaz *et al.* 2005). Otros datos del noreste podrían sugerir el cultivo en secano, como Els Vilars, Margalef, R. Sarró o T. Tenalles (Ferrio Díaz *et al.* 2006b).

En cuanto a las leguminosas, ya hemos señalado que, en lo que se refiere al sudeste peninsular, ha sido propuesto que podrían estar siendo cultivadas mediante regadío (Araus *et al.* 1997), aunque también dependería de la época de desarrollo de las mismas y la distribución de las lluvias a lo largo del año (Ferrio Díaz *et al.* 2005).

Los resultados de *Vicia Faba* var. *minor* parecen señalar el uso del riego a lo largo del III y II milenio a.n.e, al contrario de lo que se observaba para los cereales, con medias que varían entre 15,31 y 18,92‰. De hecho, en asentamientos como Las Pilas, la media de las habas es de 18,92‰ (62 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) frente a los valores de cereales de 14,96‰ para el trigo y 13,74‰ para la cebada.

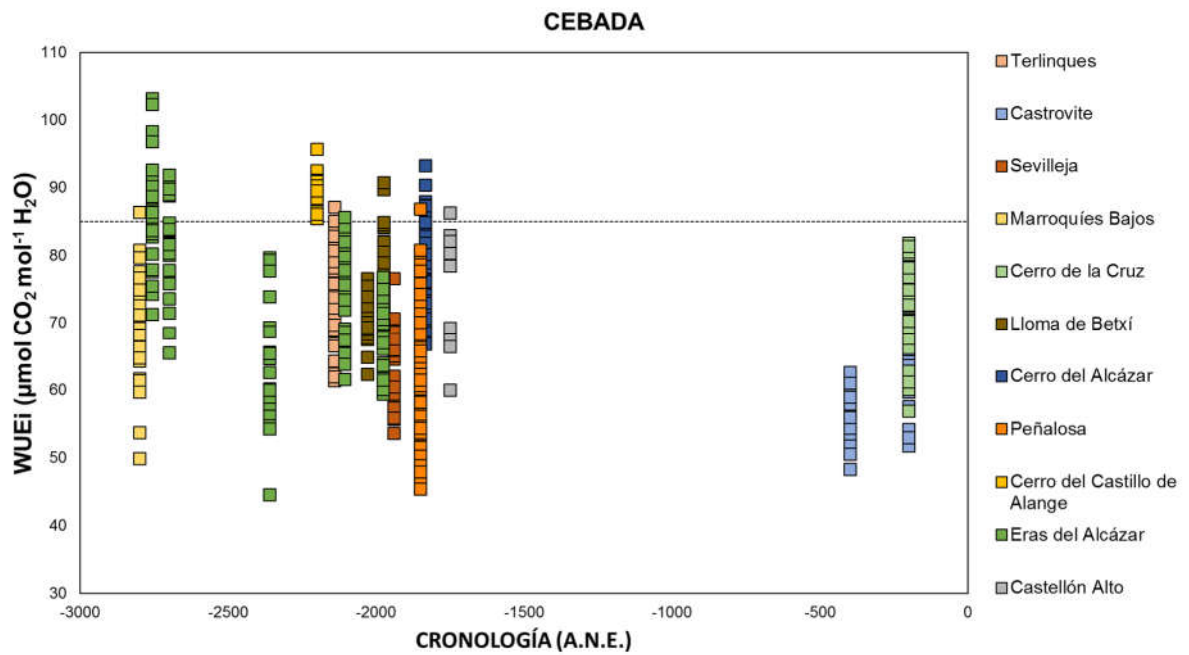


Fig. 91. Gráfica de dispersión de puntos para muestras de cebada analizadas en los asentamientos estudiados en esta tesis. La línea de puntos señala el límite de regadío o buenas condiciones hídricas.

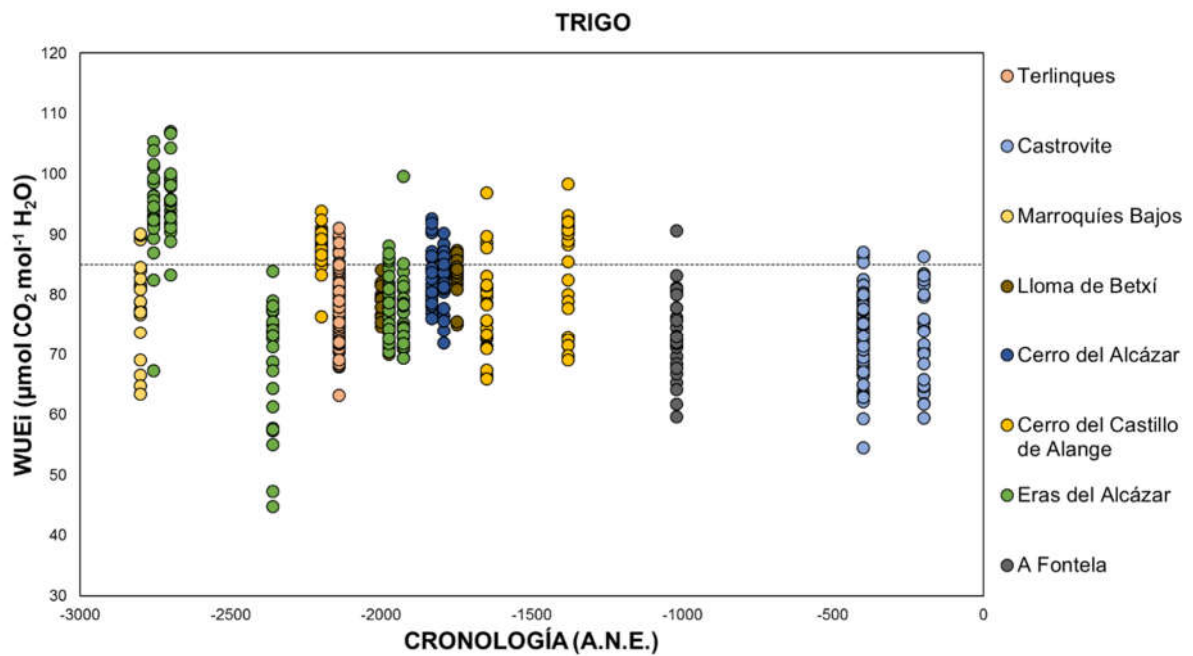


Fig. 92. Gráfica de dispersión de puntos para muestras de trigo analizadas en los asentamientos estudiados en esta tesis. La línea de puntos señala el límite de regadío o buenas condiciones hídricas.

En nuestro estudio hemos observado un comportamiento variado con respecto a las leguminosas (Fig. 94). En el caso de Eras del Alcázar, justo en el momento en el que el cereal se cultiva en seco, las muestras de haba analizadas arrojan medias de 17,06‰ (76 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), lo que indicaría que, al contrario que las gramíneas, estarían siendo regadas. Este hecho cambia alrededor del 2360 cal. A.N.E., momento en el cual las habas alcanzan una media de 15,99‰ (85 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), volviendo a niveles de 16,92‰ (78 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) en fechas posteriores.

En el Cerro del Alcázar los valores de las habas también tienen niveles inferiores a los de Eras del Alcázar (16,26‰; 83 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), aunque similares a los de los cereales, indicando que

efectivamente se estarían beneficiando de mejores condiciones hídricas.

Para el Cerro del Castillo de Alange queda claro que en un primer momento las muestras de *Vicia faba* var. *minor* se cultivan en condiciones hídricas más limitantes, al igual que en el caso de los cereales, aunque no lo harían totalmente en seco. Con posterioridad aparecen beneficiadas por mayores tasas de humedad, presentando unos valores de 15,34 y 16,80‰. Si tenemos en cuenta el WUEi, en ambos casos se estaría aplicando irrigación (encontrándose por debajo de 100 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), aunque con diferente intensidad. Además de las medias, destaca el rango que se encuentra en el segundo caso ($\approx 6\%$), indicativo de un cambio en las estrategias de producción agrícola.

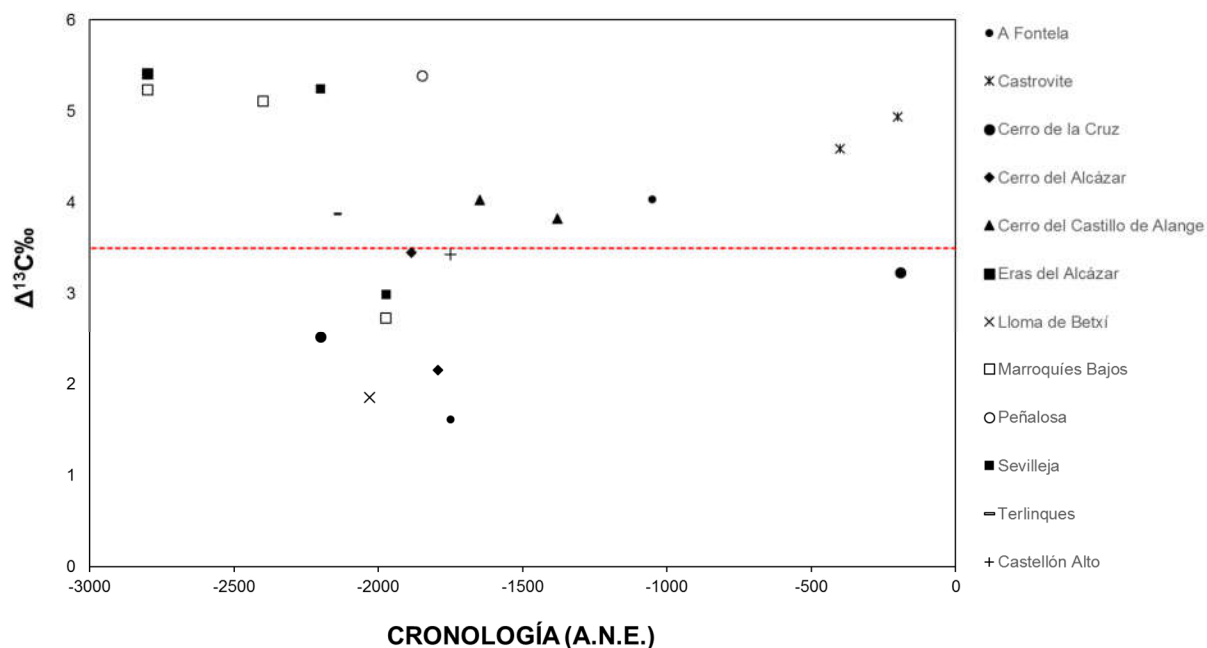


Fig. 93. Gráfico de dispersión donde se representan los rangos obtenidos en cada asentamiento para la discriminación isotópica del carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) de los cereales arqueológicos. La línea de puntos rojo indica el límite sugerido para diferenciar entre cosechas homogéneas o heterogéneas. Aquellos rangos situados por encima de la línea se podrían relacionar con la mezcla de cosechas, el cultivo en diferentes localizaciones y el uso combinado de riego y seco.

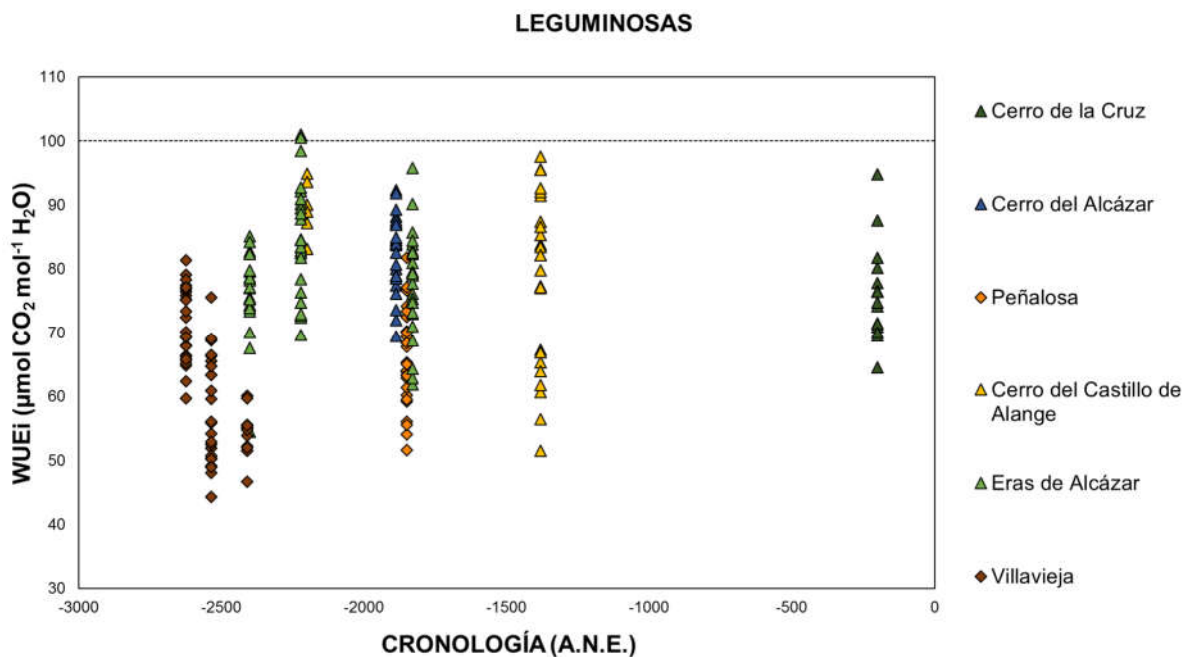


Fig. 94. Gráfica de dispersión de puntos para las muestras de leguminosas (habas y guisantes) analizadas en los asentamientos estudiados en esta tesis doctoral. La línea de puntos señala el límite de regadío o buenas condiciones hídricas.

Por otro lado, hemos analizado muestras de *Pisum sativum* en los asentamientos de Villavieja y Peñalosa. En ambos casos los resultados parecen indicar el uso del riego, con medias de 17,74, 19,52 y 19,95 ‰ (71, 58 y 54 µmol CO₂ mol⁻¹ H₂O) para Villavieja y 18,42‰ (66 µmol CO₂ mol⁻¹ H₂O) para Peñalosa. La comparación con los datos de otros asentamientos publicados para Europa central y del Norte incidiría en el uso el riego frente al secano (Bogaard *et al.* 2013).

degradación climática y de cambios sociales, económicos políticos y culturales intensos.

Finalmente, cabe destacar que en un contexto perimediterráneo, diferentes estudios han señalado el posible uso del regadío en oriente próximo y el sudoeste asiático (Masi *et al.* 2014; Riehl *et al.* 2014; Wallace *et al.* 2015), proponiéndose el desarrollo de prácticas agrícolas determinadas por estrategias locales dentro de unidades culturales concretas (Riehl *et al.* 2014). Parte de los yacimientos estudiados en esos trabajos se desarrollan en el periodo aquí señalado, en el marco de una

4.2. EL REGADÍO: IMPLICACIONES SOCIALES, ECONÓMICAS Y POLÍTICAS

4.2.1. Qué tipo de regadío

Uno de los errores a la hora de afrontar la discusión sobre el regadío en la prehistoria ha sido utilizar los modelos desarrollados en Oriente Próximo y Egipto a nivel de inversión de trabajo, tiempo y necesidades de gestión (Wittfogel 1957, 1969; Chapman 1978; Gilman y Thornes 1985b; Gilman 1999). Al contrario, hemos de recordar que, frente al secano, debe considerarse como regadío todo aquel cultivo que ha recibido algo de agua de manera artificial, más allá de la aportada por las precipitaciones.

En el contexto histórico donde se da la implementación del uso del regadío, según el estudio que hemos realizado, debemos tener en cuenta tres factores básicos: la disponibilidad de recursos hídricos, el desarrollo de una tecnología para su explotación y, en tercer lugar, las condiciones históricas para su implantación (Barceló 1989, 1996).

La existencia de cursos de agua que puedan ser aprovechados por las comunidades estudiadas está corroborada en todos los casos estudiados: desde el complejo lagunar en el caso de Terlinques hasta fuentes en Villavieja y Peñalosa o cursos fluviales en los otros asentamientos. De hecho, posiblemente nos encontraríamos con una agricultura basada en el aprovechamiento más intensivo de los márgenes de los ríos (Rovira 2007), sin que puedan descartarse otras estrategias que permitieran combinar el cultivo en secano y regadío. Este modelo sería coherente con la desaparición de plantas de ripisilva que se ha registrado en algunos asentamientos, el clareamiento de la vegetación y con un sistema de producción que provocaría la configuración de un espacio agrícola en palimpsesto (Duque Espino 2004; Fuentes *et al.* 2005; Fuentes *et al.* 2007; Rodríguez-Ariza 2011).

La inversión de trabajo relacionada con la irrigación tendrían que ver con el clareo, con la preparación de los campos de cultivo y con el desarrollo de estrategias de gestión de los cursos de agua, y no tanto con el trasvase de volúmenes de ésta a grandes distancias, hecho que sí parece corroborarse en el caso de otras épocas históricas, como el imperio romano o el mundo andalusí, donde la construcción de espacios irrigados y obras hidráulicas sería más intensa (Barceló 1989, 1996; Beltrán Lloris y Willi 2011).

Por tanto, para la prehistoria deberíamos hablar de una irrigación eficiente, basada en el uso del riego de manera selectiva (Oweis y Hachum 2009). Como hemos indicado, estudios de isótopos estables ya han puesto de manifiesto que no es necesario un nivel de irrigación que alcance el punto óptimo para elevar las tasas de discriminación isotópica del carbono (Flohr *et al.* 2011). Al contrario, ésta aumenta en mayor medida con respecto al secano mediante la aplicación parcial del riego, manteniéndose de manera más o menos constante hasta su máxima capacidad.

Este hecho, en relación con los resultados obtenidos, sería compatible con la existencia de una irrigación suplementaria, en la que se buscara elevar la producción mediante una utilización eficiente del agua, con cantidades controladas en combinación con las precipitaciones y dependiendo de las mismas: es decir, mediante un uso racional de los recursos (Oweis y Hachum 2006, 2009). A su vez, este comportamiento sería similar a lo que en la península ibérica se denomina secano mejorado, una estrategia que tiene como objetivo elevar la producción mediante el aprovechamiento de los recursos hídricos disponibles y que, pese a recibir la denominación de secano, realmente debemos considerar como una agricultura de regadío (Velis 2011).

La existencia de una tecnología de control del agua demuestra los conocimientos técnicos para poder desarrollar una agricultura compatible con el uso del riego. Esto, como ya hemos

indicado, queda patente con las cisternas que pueden verse en distintos poblados agáricos (Moreno *et al.* 2008; Moreno Onorato y Haro Navarro 2008; Lull *et al.* 2015), el pozo en el caso de la Motilla del Azuer (Aranda *et al.* 2008; López Sáez *et al.* 2014) o las estructuras hidráulicas de asentamientos como Los Millares, Cerro de la Virgen o Lorca (Schüle 1967; Ayala Juan 1989; Molina *et al.* 2004).

Las estrategias de irrigación conllevarían tareas diversas como la construcción y mantenimiento de estructuras relacionadas con la conducción, el almacenamiento y la desviación de agua, la preparación del terreno para un mejor aprovechamiento de la humedad...es decir, todas aquellas estrategias que fueran dirigidas a combatir la pérdida de agua por evapotranspiración y a aumentar el aprovechamiento de los recursos hídricos con fines agrícolas (Rockstrom 2000; Rockström *et al.* 2002; Ngigi 2003; Doolittle 2006).

El desarrollo del regadío no requeriría, por tanto, de grandes obras hidráulicas impulsadas y gestionadas desde un poder centralizado (Hunt *et al.* 1976; Mabry 1996; Kaptijn 2010). Al contrario, la construcción de pequeñas estructuras, el desvío esporádico de cursos de agua, el aprovechamiento de las pendientes o el transporte de pequeñas cantidades de agua en recipientes son formas compatibles con la construcción de sistemas agrícolas donde se practica la irrigación (Barceló 1989, 1996).

Así, el uso del riego se desarrollaría como estrategia socioeconómica en el marco de unas condiciones aptas: la existencia de cursos de agua aprovechables y un conocimiento técnico para el manejo de los recursos hídricos.

No obstante, es necesario concebir el problema de la irrigación no como una cuestión técnica, sino como una estrategia determinada por las condiciones de desarrollo las sociedades donde se utilizan este tipo de tecnologías (Barceló 1989, 1996). A su vez, el uso del riego tendría una dimensión en un entorno local o regional (Riehl *et al.* 2014), dependiendo de las

necesidades climáticas y, principalmente, de la organización socioeconómica de los marcos territoriales. Por tanto, la pregunta que es necesario hacerse es la siguiente: ¿cuáles serían las condiciones históricas para su desarrollo?

4.2.2. El problema histórico del regadío

Los datos obtenidos en esta tesis doctoral nos permiten proponer que el uso del riego se intensificaría en un momento en el que se estarían constituyendo sociedades que se encontraban inmersas en un proceso de disolución de los lazos familiares más extensos y, consecuentemente en la construcción de nuevas relaciones que caminarían hacia la conformación de clases sociales, lo que se plasmaría en un nuevo proyecto político surgido del mundo calcolítico, pero contradictorio con el mismo (Arteaga 2000). De hecho, el uso del riego estaría condicionado por estos procesos y no de manera inversa. Pero ¿por qué se desarrolla justo en este periodo? ¿Qué relación tiene el uso del riego con las transformaciones arqueológicas que se documentan en estos momentos?

Estas preguntas, más allá de nuestro caso concreto, han sido planteadas de manera recurrente en el estudio de las sociedades humanas (Hunt *et al.* 1976; Sutton 1984; Lees 1994; Mabry 1996; Rockström *et al.* 2002; Oweis y Hachum 2006; Harrower 2008, 2009; Ertsen 2010; Kaptijn 2010; Bentzen *et al.* 2016). Aunque se ha intentado responder desde distintos enfoques teóricos, fue en el seno del pensamiento marxista donde se desarrolló en primer lugar una preocupación en este sentido, que tuvo como consecuencia la creación del concepto de *Modo de Producción Asiático*. Éste abordaba, por primera vez, el problema de la tierra y el regadío en relación con las desigualdades de clase (Marx 1853; Godelier *et al.* 1972; Engels 2003; Marx 2008).

Según las propuestas de K. Marx y F. Engels, el *Modo de Producción asiático* sería la consecuencia de una transformación

de los vínculos familiares, que a su vez se relacionarían con el aumento de la propiedad individual. Este proceso se daría en un contexto donde aparece un excedente acumulable que puede sustentar una división del trabajo que fructificaría en grupos sociales con intereses contrapuestos (Godelier *et al.* 1972).

Estos grupos estarían conformados por individuos que se beneficiarían de esos excedentes y de la explotación asociada a los mismos (Marx y Hobsbawn 1979; Engels 2003). Se desarrollaría en el contexto de la realización de proyectos colectivos, como los requeridos para la construcción de las grandes estructuras hidráulicas. La dominación se convertiría en explotación mediante la unidad de intereses y una división del trabajo más intensa, en la que un individuo encarnaría la representación de la comunidad (Godelier *et al.* 1972).

La tierra aparecería entonces explotada por los productores directores pero poseída por la clase dominante, aunque en apariencia ésta pertenecería a la comunidad. En consecuencia, no existiría la propiedad privada como tal. El excedente sería extraído en varias escalas: entre clases y entre comunidades, mediante la agrupación de poblaciones locales bajo una entidad superior, que adquiriría una forma estatal.

A partir de esta concepción del *Modo de Producción Asiático*, que sería muy discutido en la academia soviética como consecuencia sobre todo de la evolución de la Revolución rusa y de la situación política internacional (Godelier *et al.* 1972; Zamora López 1997; Fontana 2005), K. Wittfogel propondría la hipótesis del Despotismo Oriental, que tendría una importante influencia en la arqueología posterior (Wittfogel 1957, 1969; Harrower 2009). Considerando el agua como un recurso fundamental y limitado, el autor sugirió que serían las tareas de coordinación necesarias para la construcción y gestión de las estructuras hidráulicas las que llevarían al surgimiento de fuertes estados centralizados (Wittfogel 1957). De esta forma, uniría los conceptos de estado, burocracia e irrigación buscando, de forma mecánica estos

elementos en las sociedades humanas del pasado (Wittfogel 1957; Godelier *et al.* 1972).

Las propuestas de K. Wittfogel darían lugar a un debate en el que se pondría en cuestión la premisa básica de la que el propio autor partía: la inexistencia del estado antes del regadío. Al contrario, se señaló que las sociedades de clase existirían con anterioridad y, por tanto, el regadío no podría ser la causa de la emergencia de la complejidad social (Redman 1978). Esto situaba el debate sobre el papel del riego en un segundo plano, aunque el problema de la significación social de la agricultura de regadío ha seguido vigente hasta la actualidad, sin que se haya resuelto el problema teórico que estuvo en los orígenes de la propuesta marxiana (Godelier *et al.* 1972; Adams 1974, 1981; Lees 1994; Harrower 2009; Ertsen 2010; Charbonnier 2015).

Estos debates, a su vez, han tenido un desarrollo particular en el caso del sudeste de la península ibérica. Tanto R. Chapman (1978) como A. Gilman and Thornes (1985) plantearon el surgimiento de las sociedades complejas como fruto de la adaptación a un medio aridificado en el sudeste peninsular. Sin embargo, ambos autores diferían en las bases teóricas desde las que interpretan la materialidad arqueológica (Gilman 1999).

R. Chapman propuso una visión gerencialista en la que las necesidades organizativas de las estructuras de riego tendrían como consecuencia el desarrollo de una élite que acabaría consolidada como clase social (Chapman 1978). Por su parte, A. Gilman, partiendo de posiciones teóricas marxistas, cuestionaría este enfoque. Para este autor, la pregunta no podía ser para qué sirve la clase dominante sino cómo se hizo dominante dicha clase. Así, señalaba, de un lado, que una élite tendría poco que gestionar según la realidad arqueológica del sudeste peninsular (donde no existen constatadas grandes obras hidráulicas), por lo que podía descartarse la visión integradora de R. Chapman. Sin embargo, si se explicaría el desarrollo de las desigualdades sociales como consecuencia

de la intensificación agrícola. En concreto, sería la necesidad de una mayor inversión de capital (y, por tanto, la asunción de más riesgos) en la agricultura de regadío la que explicaría la profundización en las desigualdades sociales debido al establecimiento de relaciones clientelares y deudas (Gilman y Thornes 1985a, b; Gilman 1987a, 1999).

Ante estas propuestas, surgieron enfoques que centraron su atención en establecer en qué grado el clima del pasado en el sudeste peninsular sería similar al actual. Se sugirió, a partir de los datos obtenidos con estudios arqueobotánicos y arqueofaunísticos, que dicho clima sería más húmedo en el pasado y, por tanto, no se requeriría el desarrollo de prácticas de irrigación (Risch y Ferrés 1987; Morales Muñiz 1990; Rodríguez-Ariza *et al.* 2000). Incluso se planteó una crítica a la propuesta de A. Gilman sobre la existencia de un contraste entre un sudeste húmedo y un sudeste árido, destacándose que la materialidad arqueológica sería similar en ambos casos y, por tanto, no sería consecuencia de una adaptación diferencial (Hernando 1987).

Las zonas estudiadas en las que proponemos el uso de riego se encuentran en un área de Clima mediterráneo, caracterizado por una enorme irregularidad en las precipitaciones: la historia de las regiones dominadas por este clima está salpicada por frecuentes épocas de sequía y crisis, causantes de contradicciones sociales (Halstead y Jones 1989; Halstead y O'Shea 1989).

A esto hay que añadir, de nuevo, que en el periodo cronológico estudiado se observa una marcada degradación climática (Jalut *et al.* 1997; Jalut *et al.* 2000; Fuentes *et al.* 2005; Pérez-Obiol *et al.* 2011), que tiene como uno de los hitos principales el propio evento 4,2 ky BP (2200 a.n.e.).

Este evento ha sido relacionado por algunos autores con cambios producidos en las sociedades del pasado, como el Imperio Hitita, Egipto o el propio caso del fin del Neolítico Chino (Gibbons 1993; Weiss *et al.* 1993; Wilkinson 1997; deMenocal 2001;

Liu y Feng 2012; Dalfes *et al.* 2013). Del mismo modo, se ha propuesto como la causa del desarrollo de estrategias territoriales relacionadas con la localización de las redes hídricas tanto en el mediterráneo oriental (Pustovoytov y Riehl 2016) como, en el caso de la península ibérica, con el surgimiento de la Cultura de las Motillas (López Sáez *et al.* 2014; Benítez de Lugo y Mejías Moreno 2015). Por tanto, es evidente que las críticas que invalidaban el uso del riego por la existencia de un clima más húmedo se enfrentan a indicios que reflejan justamente lo contrario.

Llegados a este punto, ¿podrían ser estas condiciones naturales, por tanto, las que explicarían la intensificación del uso del riego? Desde nuestro punto de vista, habría que relacionar el desarrollo de la irrigación con los cambios sociales, económicos, políticos y culturales que se observan en el periodo estudiado en esta tesis doctoral, más que con las condiciones naturales, las cuáles tendrían una influencia, pero no determinarían los procesos sociales documentados, como ya señalábamos en la Introducción. En consecuencia, ¿cuál sería el panorama arqueológico en la península ibérica durante el periodo estudiado? ¿Cómo se relacionarían, por tanto, la irrigación con los procesos humanos?

Tanto en el caso del Bronce del sudoeste (Pavón Soldevila 1998; García Sanjuán *et al.* 1999; Pavón Soldevila y Duque Espino 2014a) como en el del Bronce valenciano (Jover Maestre 1999; Jover Maestre y López Padilla 1999; De Pedro 2004; Jover Maestre y López Padilla 2004; De Pedro 2005) y la Cultura del Argar (Lull 1983; Lull y Risch 1996; Contreras Cortés 2000; Lull *et al.* 2009; Molina González y Cámara Serrano 2009; Lull *et al.* 2010), el proceso social, económico y político se caracteriza, a partir del 2200 a.n.e., por la consolidación de formaciones económico-sociales fundamentadas en el desarrollo de desigualdades sociales, aunque la materialidad arqueológica sugiera un proceso heterogéneo. Esta afirmación se basa en varios indicadores arqueológicos que, aunque con diferencias entre las distintas áreas, comparten rasgos comunes.

De una parte, el mundo funerario, donde el paso de enterramientos de carácter colectivo a enterramientos individuales se acompaña de una mayor diversificación en los ajuares y de un aumento de enterramientos infantiles asociados a status sociales, es decir, institucionalizándose la herencia (Lull y Risch 1996; Lull 1997-1998; Cámara Serrano y Molina 2006; Lull *et al.* 2009; Molina González y Cámara Serrano 2009).

A su vez, esto reflejaría la disolución de unos lazos familiares de carácter clánico más propios de las sociedades de Calcolítico y la consecuente construcción de grupos humanos que tienden al desarrollo de formaciones sociales clasistas (Contreras Cortés *et al.* 1995; Cámara Serrano *et al.* 1996; Jover Maestre y López Padilla 1999; Arteaga 2000; Jover Maestre y López Padilla 2004; Lull *et al.* 2009; Jover Maestre 2013).

De forma paralela, se observa un diversificación de los procesos productivos, sugiriéndose la existencia de una especialización y división del trabajo, con la aparición de lugares centrales destinados a la producción y una separación entre espacios productivos y reproductivos (Castro Martínez *et al.* 1994; Schubart *et al.* 2001; Lull *et al.* 2010; Pavón Soldevila *et al.* 2010), aunque en esta tendencia no se observa en todos los casos (Contreras Cortés 2000; Alarcón García 2010; Alarcón García y Mora González 2014).

Esta división alcanzaría una dimensión territorial, con el desarrollo de flujos que organizarían la extracción y el intercambio de metal u otros productos como el textil alcanzándose incluso, como ha sido propuesto, una especialización de los asentamientos dentro de una organización jerárquica de los mismos (Contreras Cortés 2000; Lull *et al.* 2010; Moreno y Contreras Cortés 2010; Contreras Cortés *et al.* 2014). Del mismo modo, todo esto se daría en un contexto de aumento de la densidad de ocupación del territorio, con la fundación de nuevos asentamientos (Nocete Calvo 1988, 1989; García Sanjuán *et al.* 1999; Contreras Cortés 2000; Nocete Calvo 2001; Jover

Maestre y López Padilla 2004; De Pedro 2005; Jover Maestre *et al.* 2014).

Los estudios arqueológicos han caracterizado la agricultura del sudeste peninsular durante el proceso anteriormente descrito como dominada por el monocultivo de cereal en extensión en el caso de la Cultura del Argar (Buxó 1997; Lull *et al.* 2010). Así, en el marco de la consolidación de una sociedad de clases se pondrían en cultivo tierras menos productivas como forma de aumentar la producción (Lull *et al.* 2009; Lull *et al.* 2010; Lull *et al.* 2013). La cebada (dominante en una parte de los asentamientos argáricos) sería la especie asociado a la explotación de este tipo de tierras, debido a sus características naturales, (Buxó 1997; Lull *et al.* 2010). Ésta se acompañaría del cultivo de las leguminosas en parcelas irrigadas (Araus *et al.* 1997). La viabilidad de un sistema caracterizado por el monocultivo se basaría, según los autores que han propuesto este modelo, en la disponibilidad de mano de obra y de tierras para producir en extensión (Lull *et al.* 2010).

Sin embargo, como ya decíamos, en nuestro estudio hemos mostrado evidencias que indicarían el uso del riego de manera más o menos extendida sobre todo a partir del último tercio del III milenio a.n.e. Además, los indicios arqueobotánicos señalan un panorama más complejo, en el que la cebada y el trigo aparecen de manera recurrente (Grau Almero *et al.* 1998; Precioso Arévalo y Rivera 1999; Rovira 2007), y en el cual las leguminosas han de ser consideradas como más representativas de lo que el registro podría dar a entender.

Ante la pregunta previamente planteada, pensamos que la irrigación no ha de ser concebida como la base a partir de la cual se desarrollan las desigualdades sociales. Al contrario, sería la consecuencia de la construcción de estas sociedades en el sur de la península ibérica. Es decir, no debe establecerse una vinculación entre irrigación, como un desencadenante de la desigualdad, y la aparición del estado como herramienta de dominación de clase, sino que este proceso ha de ser entendido de manera dialéctica (Wittfogel 1957; Eberhart 1965; Godelier *et al.* 1972; Sutton 1978;

Barceló 1989, 1996; Harrower 2009; Scarbrough y Lucero 2010).

El proceso de fragmentación territorial antes citado, que tiene lugar a finales del calcolítico daría lugar al desarrollo de una agricultura más intensificada (Gilman y Thornes 1985b; Ayala Juan 1989; Buxó 1997; Grau Almero *et al.* 1998; Pérez Jordá 1998; Arteaga 2000; Peña Chocarro 2000a; Montes 2011; López Sáez *et al.* 2014; Montes Moya 2014). La descentralización y recentralización mediante una organización de estos poderes locales o regionales y la disolución de las estructuras familiares anteriores (visibles, como hemos dicho, en los cambios en los lugares de hábitat, en los espacios funerarios, en las pautas de ocupación del territorio...) tendría como consecuencia un cambio en la organización de los procesos productivos, entre ellos el agrario.

El riego aparecerá, así, como una necesidad social: además de tratarse de una forma de asegurar las cosechas ante las limitaciones climáticas, la agricultura intensiva permitiría aumentar la producción (y, por tanto, el excedente) dentro de nuevos proyectos políticos que tenderían a centralizar los procesos productivos y a fragmentarlos en el espacio, facilitando la consolidación de las nuevas relaciones sociales (Lull *et al.* 2009; Molina González y Cámara Serrano 2009; Lull *et al.* 2010).

Además, aunque ha sido argumentado que el uso de riego requiere de una mayor organización e inversión de fuerza de trabajo, éste permite una mayor productividad. Por lo tanto, podría reducir el coste en la inversión de trabajo, sobre todo si se entiende a medio y largo plazo, aunque esto dependerá de las condiciones naturales, sociales y el tipo de agricultura que se desarrolle (Boserup 1967).

Teniendo en cuenta los límites de las propuestas sobre población en épocas históricas previas a la existencia de documentos censales, es posible tener en cuenta este factor para entender las dinámicas socioeconómicas y, consecuentemente, agrícolas, en el periodo que estudiamos. A partir de los cálculos

desarrollados por otros autores para distintas épocas prehistóricas, Alonso (2000) hace una propuesta que relaciona población y necesidades agrícolas expresadas en hectáreas. Para la autora, una familia de 5 miembros requeriría, para un año, una media de 3,6 Ha (en una agricultura de secano con la práctica del barbecho). Esto significaría que para una población de unas 100 personas serían necesarias 72 Ha para el cultivo del trigo. Por otro lado, Bolòs (1993), para una familia de unas 5 personas, proponía una media de 1,5-2 Ha durante el S. XIII en la zona del Segrià, con un régimen de regadío (Bolòs y Lleida 1993; Alonso 2000). En cualquier caso, el uso del riego eleva el rendimiento del grano (Kg/Ha) duplicándolo e incluso triplicándolo (Lloveras y Cabases 2013). Esto significaría que la implantación de este tipo de estrategias permitiría obtener un rendimiento mayor sin necesidad de roturar nuevas tierras o utilizar el barbecho, reduciéndose la superficie cultivable con relación a los recursos disponibles en un poblado.

O, lo que es lo mismo, el riego permite un mayor beneficio para el productor directo. Dentro un marco de tenencia de la tierra colectivo, aunque de usufructo familiar y enmarcado en una tendencia hacia la consolidación de la propiedad, la irrigación permitiría una mayor productividad por hectárea. Si aceptamos el hecho de encontrarnos en un proceso de aumento de la desigualdad mediante la extracción de un excedente, el riego permitiría mantener la apariencia de unas relaciones sociales más igualitarias, las cuáles ya no son expresadas a través del mundo funerario (Lull 1997-1998; Arteaga 2000). De una parte, se matendría el control colectivo de la producción agrícola y se evitaría una creciente pauperización que solo podría contrarrestarse mediante una mayor inversión de tiempo de trabajo.

De esta forma, la importancia del agua en la península ibérica queda patente a lo largo de toda su historia. Así lo demostrarían las estructuras hidráulicas de los Millares o el Cerro de la Virgen, La Motilla del Azuer o el mundo argárico durante el III-II milenio a.n.e. O,

posteriormente, las referencias de Estrabón a las canalizaciones de agua (Morales Gil 1992; Beltrán Lloris y Willi 2011), las numerosas presas existentes en época romana y el ejemplo de la *Tabula Contrebienses* (Fatás 1983), que supone un pleito en torno a la construcción de una canalización de agua, todo ello en un contexto en el que los estudios climáticos sugieren un aumento de la humedad (Martín-Puertas *et al.* 2008; Martín-Puertas *et al.* 2009).

Sin embargo, su adscripción a un uso agrícola ha generado importantes debates al respecto (Beltrán Lloris y Willi 2011). De hecho, y aun asumiendo un uso

marginal, pero no generalizado, del riego en época romana, se ha sugerido que la irrigación como estrategia social no sería anterior a la época andalusí, propia de un modelo basado en las relaciones clánicas/tribales y proveniente del norte de África, el cual sería anterior al mundo romano (Beltrán Lloris y Willi 2011). Sin embargo, este trabajo presenta indicios que hacen pensar que sería a mediados del III milenio a.n.e cuando se constata el riego en asentamientos arqueológicos peninsulares, en el marco de cambios sociales, económicos, políticos y culturales, formando parte y a la vez siendo una consecuencia de los mismos.

CONCLUSIONES

La tesis doctoral realizada nos ha permitido llegar a toda una serie de conclusiones referentes a aspectos teóricos, metodológicos e interpretativos. Podemos sintetizarlos de la siguiente manera:

1. Los análisis realizados en los cereales cultivados en la actualidad (años 2014 y 2015) y la aplicación de los modelos propuestos en la bibliografía han permitido establecer unos valores medios para discriminar entre plantas cultivadas en buenas condiciones hídricas o, por el contrario, con estrés por falta de agua.

Estos valores para la eficiencia en el uso del agua (WUEi) se situarían entre 90 y 85 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ para el trigo y la cebada respectivamente, pudiéndose tomar como referencia para el conjunto de los cereales el último valor.

En el caso de las leguminosas este límite se puede situar en torno a 100 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$.

2. Los rangos que se han obtenido al estudiar las plantas modernas también sugieren una pauta que puede aplicarse al registro arqueológico: las semillas que se desarrollan bajo condiciones más o menos homogéneas (sea por razones climáticas o geográficas) presentan un rango que, en general, es menor de $\approx 3,5\%$. Esto significa que los resultados que superan esta cifra podrían indicar un conjunto de prácticas diversas (regadío y secano), la pertenencia a cosechas distintas o el cultivo en zonas con diferentes características climáticas.
3. El uso de técnicas de riego aparece documentado al menos desde el último tercio del III milenio a.n.e. tanto para las leguminosas como para los cereales estudiados en este trabajo, algo que es coherente con los datos previamente publicados. De hecho, las leguminosas parecen estar cultivándose en condiciones de regadío con anterioridad a esta fecha, como ha sido indicado por la bibliografía (Araus *et al.* 1997; Ferrio Díaz *et al.* 2005). El desarrollo de las prácticas de regadío se

haría en combinación con la explotación de suelos cultivados en condiciones de secano.

4. En los casos en los que ha sido posible estudiar contextos arqueológicos bien definidos, hemos podido asociar los datos isotópicos con pautas socioeconómicas. Esto indicaría que es recomendable desarrollar muestreos tomando como referencia contextos arqueológicos (unidades de habitación, espacios de almacenaje, estructuras de producción) para poder extraer información complementaria sobre el proceso de producción, distribución y consumo de alimentos y productos agrícolas.
5. La combinación de análisis sobre distintas especies nos ha permitido obtener un mayor volumen de datos para interpretar el registro arqueológico. En concreto, los restos de plantas silvestres han servido de comparación con los cereales y leguminosas, demostrándose el potencial de este enfoque para comprender las prácticas agrícolas en el pasado.
6. La irrigación no sería la causa de la emergencia de relaciones sociales desiguales, sino que, al contrario, estas estarían determinando la expansión del regadío.
7. La intensificación de la producción agrícola a través del uso del riego coincide con una mayor aridificación del clima y un cambio en las relaciones sociales, económicas, políticas y culturales. Esto ocurre en todos los asentamientos estudiados para el sur de la península ibérica. Esta serie de transformaciones, que indican una mayor jerarquización social y territorial explicarían el uso del riego. La intensificación agrícola estaría en consonancia con una intensificación general de la producción, con el objetivo de aumentar los márgenes del excedente por un grupo social dominante con un carácter local y regional.

Al mismo tiempo, este cambio en la producción serviría de legitimación del nuevo modelo productivo, ya que la extracción de un mayor excedente se podría

hacer bajo la apariencia de una gestión colectiva de la explotación de la tierra.

8. El desarrollo del regadío dependería de las condiciones locales y regionales, tanto climáticas como sociales, económicas, políticas y culturales. En el caso de zonas

climáticas con precipitaciones abundantes y regulares, no se desarrolla una inversión de trabajo en este sentido, como demuestra el caso de los asentamientos del noroeste, o incluso el yacimiento del Cerro de la Cruz, datado en una época de mejora de las condiciones hídricas.

CONCLUSIONS

The present doctoral thesis has provided a series of conclusions in reference to theoretic, methodological, and interpretive issues:

1. The analyses made concerning recently cultivated cereals (the years 2014 and 2015) and the application of the models proposed in the literature have enabled mean values to be established to discriminate between cultivated plants under good water conditions and, by contrast, those under stress for lack of water.

These values for water-use efficiency (WUE_i) reach between 90 and 85 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ in wheat and barley, respectively, and the latter value can be taken for the overall group of cereals.

In the case of legumes, this limit can be placed at around 100 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$.

2. The ranges for modern plants also suggest a pattern that can be applied to the archaeological record: seeds that develop under homogeneous water conditions (whether for climate or geographical reasons) present a range that is generally lower than $\approx 3.5\%$. This means that the results surpassing this figure could indicate a set of diverse practices (irrigation, dry-land farming), different ownership of the harvests, or the cultivation in areas of different climatic characteristics.
3. The use of irrigation has been documented at least since the last third of the third millennium BCE both for legumes as well as for cereals studied in this work. This finding is consistent with previously published data. In fact, legumes appear to be cultivated under irrigation before this data, as indicated in the literature (Araus *et al.* 1997; Ferrio Díaz *et al.* 2005). Irrigation practices appear to have been developed in combination with the exploitation of cultivated fields under rainfed conditions.
4. In the cases in which it was possible to study well-defined archaeological contexts, isotope data was associated with socioeconomic patterns. This indicates that

it would be advisable to take samples using archaeological contexts as a reference in order to gain complementary information on the production, distribution, and consumption processes of food and agricultural products.

5. The combination of analyses on different species enabled a greater volume of data to be compiled in order to interpret the archaeological record. Specifically, the remains of wild plants have served for comparison with cereals and legumes, demonstrating the potential of this approach to understand the agricultural practices in the past.
6. Irrigation is not the cause of the emergence of unequal social relations, but rather, on the contrary, these determined the expansion of irrigation.
7. The intensification of agricultural production through the use of irrigation coincides with the greater aridification of the climate and a change in social, economic, political, and cultural relations. This occurred in all the settlements studied in the south of the Iberian Peninsula. This series of transformations, which indicate a social and territorial greater hierarchization, would explain the use of irrigation. The agricultural intensification would be consistent with a general boost in production, with the aim of increasing the margins of surplus by a dominant social group on a local and regional scale.

At the same time, this change in production appears to have served the legitimization of the new production model, since the greater surplus could have been achieved under the appearance of collective management of land use.

8. The development of irrigation would have depended on local and regional conditions, both climatic as well as social, economic, political, and cultural. In the case of climate zones, with abundant and regular precipitation, no investment would have been made in work of this type, as demonstrated by the case of settlements in

the north-western Iberian Peninsula or even at the settlement of Cerro de Cruz, dating to the period of improved water conditions.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams R (1974) Historic patterns of Mesopotamian agriculture. En: Downing TE, Gibson M (eds) *Irrigation's Impact on Society*. Tucson, Arizona
- Adams R (1981) *Heartland of Cities. Surveys of Ancient Settlement and Land Use of the Central Foodplain of the Euphrates*. The University of Chicago Press, Chicago & London
- Afonso Marrero JA (2000) Estudio técnico de la Producción Lítica Tallada de Peñalosa. En: Contreras Cortés F (ed) *Análisis histórico de las comunidades de la Edad del Bronce del Piedemonte meridional de Sierra Morena y Depresión Linares-Bailén. Proyecto Peñalosa*. Dirección General de Bienes Culturales, Sevilla, pp 135-140
- Aguilera M, Araus JL, Voltas J, Rodríguez Ariza MO, Molina F, Rovira N, Buxó R, Ferrio Díaz JP (2008) Stable carbon and nitrogen isotopes and quality traits of fossil cereal grains provide clues on sustainability at the beginnings of Mediterranean agriculture. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 22:1653-1663
- Aguilera M, Espinar C, Ferrio Díaz JP, Pérez G, Voltas J (2009) A map of autumn precipitation for the third millennium BP in the Eastern Iberian Peninsula from charcoal carbon isotopes. *Journal of Geochemical Exploration* 102:157-165
- Aguilera M, Ferrio Díaz JP, Pérez G, Araus JL, Voltas J (2011) Holocene changes in precipitation seasonality in the western Mediterranean Basin: a multi-species approach using $d^{13}C$ of archaeological remains. *Journal of Quaternary Science*:11
- Aguilera M, Zech-Matterne V, Lepetz S, Balasse M (2017) Crop Fertility Conditions in North-Eastern Gaul During the La Tène and Roman Periods: A Combined Stable Isotope Analysis of Archaeobotanical and Archaeozoological Remains. *Environmental Archaeology*:1-15. doi:10.1080/14614103.2017.1291563
- Alarcón García E (2010) Continuidad y cambio social. Las actividades de mantenimiento en el poblado argárico de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén). Granada, Granada
- Alarcón García E, Mora González A (2014) De la materialidad a la interpretación arqueológica: análisis de las desigualdades sociales en el poblado argárico de Peñalosa. *Arkeogazte* 4:83-107

- Alonso MA (1996) *Flora y vegetación del Valle de Villena (Alicante)*. Generalitat Valenciana. Conselleria de Cultura, Educació i Ciència. Instituto de Cultura "Juan Gil-Albert", Alicante
- Alonso N (2000) Cultivos y producción agrícola en época ibérica. *Saguntum-PLAV* Extra-3:25-46
- Ambrose SH, Buikstra JE, Krueger HW (2003) Status and gender differences in diet at Mound 72, Cahokia, revealed by isotopic analysis of bone. *Journal of Anthropological Archaeology* 22:217-226
- Anderson P (2016) *Los orígenes de la posmodernidad*. Akal, Madrid
- Anschuetz K, Wilshusen R, Scheick C (2001) An archaeology of Landscapes: Perspectives and Directions. *Journal of Archaeological Research* 92:152-197
- Anyia A, Slaski J, Nyachiro J, Archambault D, Juskiw P (2007) Relationship of Carbon Isotope Discrimination to Water Use Efficiency and Productivity of Barley Under Field and Greenhouse Conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science* 193:313-323
- Aranbarri J, González-Sampérez P, Valero-Garcés B, Moreno A, Gil-Romera G, Sevilla-Callejo M, García-Prieto E, Di Rita F, Mata MP, Morellón M, Magri D, Rodríguez-Lázaro J, Carrión JS (2014) Rapid climatic changes and resilient vegetation during the Lateglacial and Holocene in a continental region of south-western Europe. *Global and Planetary Change* 114:50-65
- Aranda G, Fernández S, Haro M, Molina F, Nájera T, Sánchez M (2008) Water control and cereal management on the Bronze Age Iberian Peninsula: la Motilla del Azuer. *Oxford Journal of Archaeology* 27 (3):241-259. doi:10.1111/j.1468-0092.2008.00306.x
- Aranda G, Molina González F (2005) Intervenciones Arqueológicas en el yacimiento de la Edad del Bronce del Cerro de la Encina (Monachil, Granada). *Trabajos de Prehistoria* 62, nº1:165-179
- Aranda Jiménez G, Lozano Medina Á, Escudero Carrillo J, Sánchez Romero M, Alarcón García E, Fernández Martín S, Díaz-Zorita Bonilla M, Barba Colmenero V (2017) Cronología y temporalidad de los recintos de fosos prehistóricos: el caso de Marroquíes Bajos (Jaén). *2017* 73 (2):20. doi:10.3989/tp.2016.12171
- Araus JL, Buxó R (1993) Changes in carbon isotope discrimination in grain cereals from the north-western mediterranean basin during the past seven millennia. *Australian Journal of Plant Physiology* 20:117-128

- Araus JL, Buxó R, Febrero A, Camalich MD, Martin D, Molina F, Rodríguez-Ariza MO, Voltas J (1997) Identification of Ancient Irrigation Practise based on the Carbon Isotope Discrimination of Plant Sedds: a Case Study from South-East Iberian Peninsula. *Journal of Archaeological Science* 24:729-740
- Araus JL, Febrero A, Catala M, Molist M, Voltas J, Romagosa I (1999) Crop water availability in early agriculture: evidence from carbon isotope discrimination of seeds from a tenth millenium BP site on the Euphrates. *Global Change Biology* 5:201-212
- Araus JL, Ferrio Díaz JP, Voltas J, Aguilera M, Buxó R (2014) Agronomic conditions and crop evolution in ancient Near East agriculture. *Nature Communications* 5 (3953). doi:10.1038/ncomms4953
- Arens NC, Hope Jahren A, Admundson R (2000) Can C3 plants faithfully record the carbon isotopic composition of atmospheric carbon dioxide? *Paleobiology* 26 (1):137-164
- Arnanz AM (1991) Materiales carpológicos del yacimiento de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén). *Trabajos de Prehistoria* 48:405-418
- Arteaga O (2000) La sociedad clasista inicial y el origen del estado en el territorio de El Argar. *Revista Atlántica-mediterránea de Prehistoria y Arqueología social* III:212-219
- Ayala Juan MM (1989) La irrigación y desarrollo agrícola de la comunidad argárica del poblado de llanura "el Rincón de Almendricos" (Murcia). En: Cara Barrionuevo L (ed) *El agua en zonas áridas. Arqueología e historia hidráulica tradicional de la provincia de Almería*. Instituto de Estudios Almerienses, Almería, pp 1-27
- Balasse M, Boury L, Ughetto-Monfrin J, Tresset A (2012) Stable isotope insights ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$) into cattle and sheep husbandry at Bercy (París, France, 4th millenium BC): birth seasonality and winter leaf foddering. *Environmental Archaeology* 17 (1):29-43
- Balasse M, Evin A, Tornero C, Radu V, Fiorillo D, Popovici D, Andreescu R, Dobney K, Cucchi T, Bălăşescu A (2016) Wild, domestic and feral? Investigating the status of suids in the Romanian Gumelnița (5th mil. cal BC) with biogeochemistry and geometric morphometrics. *Journal of Anthropological Archaeology* 42:27-36. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jaa.2016.02.002>
- Balasse M, Tresset A, Ambrose SH (2006) Stable isotope evidence ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) for winter feeding on seaweed by Neolithic sheep of Scotland. *Journal of Zoology* 270 (1):170-176. doi:10.1111/j.1469-7998.2006.00104.x

- Barceló M El diseño de espacios irrigados en al-Andalus: un enunciado de principios generales. In: El agua en zonas áridas. Arqueología e Historia. Actas del I Coloquio de Historia y Medio Físico, 1989. pp XV-XLX
- Barceló M (1996) Saber lo que es un espacio hidráulico y lo que no es o al-Andalus y los feudales. En: Barceló M, Kirchner H, Navarro C (eds) *El agua que no duerme*. Granada
- Barnard RL, Salmon Y, Kodama N, Sörgel K, Holst J, Rennenberg H, Gessler A, Buchmann N (2007) Evaporative enrichment and time lags between $d^{18}O$ of leaf water and organic pools in a pine stand. *Plant, Cell & Environment* 30:539-550
- Barret JC (1991) Towards and archaeology of ritual. En: Garwood P, Jennings D, Skeates R, Toms J (eds) *Sacred and profane*. Oxford University Committee for Archaeology, Oxford, pp 1-9
- Beltrán Lloris F, Willi A (2011) El regadío en la Hispania romana. Estado de la cuestión. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada* 21:9-56
- Bender DR (1967) A Refinement of the Concept of Household: Families, Corresidence, and Domestic Functions. *American Anthropologist* 69, 5:493-504
- Benítez de Lugo L, Mejías Moreno M (2015) La prehistórica cultura de Las Motillas: nuevas propuestas para un viejo problema. *Veleia* 32:111-124
- Bensaïd D (2007) Marx y el robo de leña. Del derecho consuetudinario de los pobres al bien común de la humanidad. En: Marx K (ed) *Los debates de la Dieta Renana*. Gedisa, Barcelona
- Bentley RA, Krause R, Price DT, Kaufmann B (2003) Human mobility at the Early Neolithic settlement of Vaihingen, Germany: evidence from strontium isotope analysis. *Archaeometry Bulletin of the Research Laboratory for Archaeology and the History of Art, Oxford University* 45:471-486
- Bentzen JS, Kaarsen N, Wingender AM (2016) Irrigation and autocracy. *Journal of the European Economic Association*:n/a-n/a. doi:10.1111/jeea.12173
- Bernal JD (1954) *La ciencia en nuestro tiempo*. Editorial Nueva Imagen, México D.F.
- Bernárdez P, González-Álvarez R, Francés G, Prego R, Bárcena MA, Romero OE (2008) Late Holocene history of the rainfall in the NW Iberian peninsula—Evidence from a marine record. *Journal of Marine Systems* 72 (1–4):366-382. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2007.03.009>

- Bienert H-D, Hässer J (eds) (2004) *Men of Dikes and Canals: the archaeology of water in the Middle East*. Verlag Marie Leidorf, Rahden
- Bigeleisen J, Mayer MG (1947) Calculation of Equilibrium Constants for Isotopic Exchange Reactions. *The Journal of Chemical Physics* 15 (5):261-267. doi:10.1063/1.1746492
- Bigeleisen J, Wolfsberg M (1958) Theoretical and Experimental Aspects of Isotope Effects in Chemical Kinetics. En: *Advances in Chemical Physics*. John Wiley & Sons, Inc., pp 15-76. doi:10.1002/9780470143476.ch2
- Binford LR (1962) Archaeology as Anthropology. *American Antiquity* 28 (2):217-225
- Binford SR, Binford LR (eds) (1968) *New Perspectives in Archaeology*. Aldine, Chicago
- Blanton RE (1994) *House and households: a comparative study*. Plenum Press, London & New York
- Blanton RE (1995) The Cultural Foundations of Inequality in Households. En: Price DH, Feinman GM (eds) *Foundations of Social Inequality*. Plenum Press, New York, pp 105-127
- Bogaard A, Fraser R, Heaton THE, Wallace M, Vaiglova P, Charles M, Jones G, Evershed RP, Styring AK, Andersen NH, Arbogast RM, Bartosiewicz L, Gardeisen A, Kanstrup M, Maier U, Marinova E, Ninov L, Schäfer M, Stephan E (2013) Crop manuring and intensive land management by Europe's first farmers. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110, 31:12589-12594
- Bogaard A, Hodgson J, Nitsch E, Jones G, Styring A, Diffey C, Pouncett J, Herbig C, Charles M, Ertuğ F, Tugay O, Filipovic D, Fraser R (2016) Combining functional weed ecology and crop stable isotope ratios to identify cultivation intensity: a comparison of cereal production regimes in Haute Provence, France and Asturias, Spain. *Vegetation History and Archaeobotany* 25 (1):57-73. doi:10.1007/s00334-015-0524-0
- Bolòs J, Lleida Ud (1993) *Paisatge i societat a la Plana de Lleida a l'Edat Mitjana*. Universitat de Lleida
- Boserup E (1965) *The Conditions of Agricultural Growth. The Economics of Agrarian Change under Population Pressure*. George Allen & Unwin LTD, London
- Boserup E (1967) *Las condiciones del desarrollo en la agricultura*. Tecnos, Barcelona
- Bowen R (1991) *Isotopes and Climates*. Springer Netherlands

- Bradley R (1993) *Altering the Earth. The origins of monuments in Britain and Ancient Europe*. Society of Antiquaries of Scotland, Edinburgh
- Braidwood RJ (1979) The agricultural revolution. En: Lambert-Karlovsky (ed) *Hunters, Farmers and Civilizations: Old World Archaeology*. W.H. Freeman & Co, San Francisco,
- Brandes E (2007) Water and nitrogen balance of trees in a dry stand. Albert-Ludwigs University, Freiburg, Germany
- Brandes E, Kodama N, Whittaker K, Weston C, Rennenberg H, Keitel C, Adams MAG, A. (2006) Short-term variation in the isotopic composition of organic matter allocated from leaves to the stem *Pinus sylvestris*: effects of photosynthetic and postphotosynthetic carbon isotope fractionation. *Global Change Biology* 12:1922-1939
- Brooks JR, Flanagan LB, Buchmann N, Ehleringer JR (1997) Carbon isotope composition of boreal plants: functional grouping of life forms. *Oecologia* 110:301-311
- Buxó R (1991) Resultados del análisis de algunas semillas del Cerro de Plaza de Armas de Sevilleja
- Buxó R (1997) *Arqueología de las Plantas*. Crítica, Barcelona
- Buxó R, Piqué i Huerta R (2008) *Arqueobotánica. El uso de las plantas en la península Ibérica*. Ariel, Barcelona
- Buxó R, Piqué i Huerta R, (ed) (2003) *La recogida de muestras en arqueobotánica: objetivos y propuestas metodológicas*. Barcelona
- Cacho I, Grimalt JO, Canals M, Saffi L, Shackleton NJ, Schönfeld J, Zahn R (2001) Variability of the western Mediterranean Sea surface temperature during the last 25,000 years and its connection with the Northern Hemisphere climatic changes. *Paleoceanography* 16 (1):40-52. doi:10.1029/2000PA000502
- Cacho I, Valero Garcés B, González Sámperiz P (2010) Revisión de las reconstrucciones paleoclimáticas en la Península Ibérica desde el último período glacial. En: Pérez FF, Boscolo R (eds) *Clima en España: pasado, presente y futuro*. pp 9-24
- Callinicos A (1994) *Contra el postmodernismo: una crítica marxista*. El Ancora Editores
- Cámara Serrano JA, Contreras Cortés F, Pérez Bareas C, Lizcano Prestel R (1996) Enterramientos y diferenciación social II. La problemática de la Edad del Bronce el Alto Guadalquivir. *Trabajos de Prehistoria* 53 (1):91-108

- Cámara Serrano JA, Molina F (2006) Selection of data, determinism and scientific relevance in interpretations of social development in the Late Prehistory of Iberian Southeast. En: Díaz del Río P, García Sanjuan L (eds) *Social Inequality in Iberian Late Prehistory*. B.A.R International Series, 1525, Oxford, pp 21-35
- Caracuta V, Barzilai O, Khalaily H, Milevski I, Paz Y, Vardi J, Regev L, Boaretto E (2015) The onset of faba bean farming in the Southern Levant. *Scientific Reports* 5:14370. doi:10.1038/srep14370
- Caracuta V, Fiorentino G, Martinelli MC (2012) Plant remains and AMS: dating climate change in the Aeolian Islands (Northeastern Sicily) during the 2nd millenium BC. *Radiocarbon* 54 (3-4):689-700
- Carballo Arceo LX (1998) A agricultura en Castrovite (Orazo, A Estrada) durante a Idade do Ferro. *A Estrada: Miscelánea histórica e cultural* 1:9-26
- Carrión J, Munuera M, Navarro C (1998) The palaeoenvironment of Carihuela Cave (Granada, Spain): a reconstruction on the basis of palynological investigations of cave sediments. *Review of Palaeobotany and Palynology* 99:317-340
- Carrión JS, Fernández S, González-Sampériz P, Gil-Romera G, Badal E, Carrión-Marco Y, López-Merino L, López-Sáez JA, Fierro E, Burjachs F (2010a) Expected trends and surprises in the Lateglacial and Holocene vegetation history of the Iberian Peninsula and Balearic Islands. *Review of Palaeobotany and Palynology* 162 (3):458-475. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.revpalbo.2009.12.007>
- Carrión JS, Fernández S, Jiménez-Moreno G, Fauquette S, Gil-Romera G, González-Sampériz P, Finlayson C (2010b) The historical origins of aridity and vegetation degradation in southeastern Spain. *Journal of Arid Environments* 74 (7):731-736. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.11.014>
- Carrión JS, Fuentes N, González-Sampériz P, Sánchez Quirante L, Finlayson JC, Fernández S, Andrade A (2007) Holocene environmental change in a montane region of southern Europe with a long history of human settlement. *Quaternary Science Reviews* 26 (11–12):1455-1475. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.03.013>
- Carrión Marco Y, Grau Almero E (2015) Madera y Leña en la Lloma de Betxí. En: De Pedro MJ, Soler Mayor B (eds) *Vivir junto al Turia hace 4.000 años. La Lloma del Betxí*. Museu de Prehistòria de València Àrea de Cultura. Diputació de València, Valencia, pp 62-67
- Castaños Ugarte PM (1994) Resumen del estudio de los restos óseos del yacimiento de la Solana del Castillo de Alange. En: Pavón Soldevila I (ed) *Aproximación al estudio de la Edad del Bronce en la Cuenca Media del Guadiana: la Solana del Castillo de Alange (1987)*. Institución Cultural El Brocense, Diputación de Cáceres, Cáceres, pp 163-167

- Castaños Ugarte PM (1998a) Estudio arqueozoológico de la fauna del Cerro del Castillo de Alange. En: Pavón Soldevila I (ed) *El Cerro del Castillo de Alange (Badajoz). Intervenciones arqueológicas (1993)*, vol 1. Memorias de Arqueología Extremeña, 1. Memorias de Arqueología Extremeña, Mérida, pp 167-177
- Castaños Ugarte PM (1998b) Evolución de las faunas protohistóricas en Extremadura. En: Rodríguez Días A (ed) *Extremadura Protohistórica: Paleoambiente, economía y poblamiento*. Cáceres, pp 63-72
- Castro Martínez PV, Colomer i Solsona E, Courty MA, Federoff N, Gili S, González Marcén P, Jones MK, Lull V, Mcglade J, Micó R, Montón Subías S, Rihuete C, Risch P, Ruiz Parra M, Sanahuja Yll ME, Tenas i Busquets M (1994) *Proyecto Gatas: Sociedad y economía en el sudeste de España c. 2500-900 cal ANE*. Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía, Sevilla
- Castro PV, Chapman RW, Gili S, Lull V, Micó R, Rihuete C, Risch P, Sanahuja Yll ME (1999) Agriculture production and social change in the Bronze Age of South-east Spain: the Gatas Project. *Antiquity* 73:846-856
- Clapham AJ, Jones MK, Reed J, Tenas i Busquets M (1999) Análisis carpológico del Proyecto Gatas. En: Castro PV, Chapman R, Gili S *et al.* (eds) *Proyecto Gatas. 2. La dinámica arqueoecológica de la ocupación prehistórica*. Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía., Sevilla,
- Clarke D (1968) *Analytical archaeology*. Methuen, London
- Cohen MN (1975) Archaeological evidence for population pressure in Pre-Agricultural. *American Antiquity* 40:471-475
- Cohen MN (1977) *The Food Crisis in Prehistory. Overpopulation and the Origins of Agriculture*. Yale University Press, New Haven
- Cohen MN, Armelagos JG (1984) *Paleopathology at the Origins of Agriculture*. Academic Press Inc. , Orlando
- Contreras Cortés F, Cámara Serrano JA (2002) *La jerarquización en la Edad del Bronce del Alto Guadalquivir (España). El poblado de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén)*. B.A.R. International Series 1025, Oxford
- Contreras Cortés F, Cámara Serrano JA, Lizcano Prestel R, Pérez Bareas C, Robledo Sanz B, Trancho Gallo G (1995) Enterramientos y diferenciación social I. El registro funerario del yacimiento de la Edad del Bronce de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén). *Trabajos de Prehistoria* 52 (1):87-108

- Contreras Cortés F, Cámara Serrano JA, Moreno A, Alarcón E, Arboledas Martínez L, Sánchez Romero M, García García EI (2005) Nuevas excavaciones en el poblado de la Edad del Bronce de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén). Informe de la 6ª campaña. *Anuario Arqueológico de Andalucía:1797-1810*
- Contreras Cortés F, Cámara Serrano JA, Moreno A, Aranda G (2001) Las sociedades estatales de la Edad del Bronce en el Alto Guadalquivir (Proyecto Peñalosa 2ª Fase). V campaña de excavaciones (2001). *Anuario Arqueológico de Andalucía II*, 2001:24-38
- Contreras Cortés F, Lizcano Prestel R, Spanedda L, Cámara Serrano JA (2004) El poblado de Sevilleja y la Edad del Bronce en el Valle del Rumblar. En: García Huerta MR, Morales Hervás FJ (eds) *La Península Ibérica en el II milenio A.C: poblados y fortificaciones*. pp 57-85
- Contreras Cortés F, Moreno A, Arboledas Martínez L, Alarcón García E, Mora-González A, Padilla Fernández JJ, García García A (2014) Un poblado de la Edad del Bronce que tiene mucho que decir, Peñalosa: últimas novedades en la Acrópolis Oriental. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada* 24:347-390
- Contreras Cortés F, Nocete Calvo F, Sánchez Ruiz M (1987) Análisis histórico de las comunidades de la Edad del Bronce de la depresión Linares-Bailén y estribaciones meridionales de Sierra Morena. Sondeo en el Cerro de Plaza de Armas de Sevilleja (Espeluy, Jaén). *Anuario Arqueológico de Andalucía:141-149*
- Contreras Cortés FC (2000) *Análisis histórico de las comunidades de la Edad del Bronce del Piedemonte meridional de Sierra Morena y Depresión Linares-Bailén. Proyecto Peñalosa*. Arqueología. Monografías vol 10. Dirección General de Bienes Culturales, Sevilla
- Craig OE, Biazzo M, O'Connell TC, Garnsey P, Martínez-Labarga C, Lelli R, Salvadei L, Tartaglia G, Nava A, Renò L, Fiammenghi A, Rickards O, Bondioli L (2009) Stable isotopic evidence for diet at the imperial roman coastal site of Velia (1st and 2nd centuries AD) in Southern Italy. *American Journal of Physical Anthropology* 139:572-583
- Criado Boado F (1993) Límites y posibilidades de la Arqueología del Paisaje. *SPAL* 2:9-55
- Cullen HM, deMenocal PB, Hemming S, Hemming G, Brown FH, Guilderson T, Sirocko F (2000) Climate change and the collapse of the Akkadian empire: Evidence from the deep sea. *Geology* 28 (4):379-382. doi:10.1130/0091-7613(2000)28<379:ccatco>2.0.co;2
- Cuntz M (2011) Carbon cycle: A dent in carbon's gold standard. *Nature* 477 (7366):547-548

- Chapman R (1978) The evidence for prehistoric water control Southeast Spain. *Journal of Arid Environments* 1:261-274
- Chapman R (1981) Archaeological theory and communal burial in prehistoric Europe. En: Hodder I, Isaac G, Hammond N (eds) *Patern of the Past: Studies in Honour of David Clarke*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 387-411
- Chapman R (1982) Autonomy, ranking, and resources in Iberian prehistory. En: Renfrew C, Shennan S (eds) *Ranking, Resource and Exchange: Aspects of the Archaeology of Early European Society*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 46-51
- Chapman R (1984) Early metallurgy in Iberia and the Western Mediterranean: innovation, adoption and production. En: Waldren WH, Chapman R, Lewthwaite J, Kennard L (eds) *The Deya Conference of Prehistory: Early Settlement in the Western Mediterranean Islands and their Peripheral Areas*. BAR International Series 229, Oxford, pp 1139-1165
- Chapman R (1990) *Emerging complexity: The later prehistory of south-east Spain, Iberia and the west Mediterranean*. Cambridge University Press, Cambridge
- Chapman R (2008) Producing inequalities: regional sequences in Later Prehistoric Southern Spain. *Journal of World Prehistory* 21:195-260
- Charbonnier J (2015) The control of water in the kingdom of Qatabān (Yemen): from local to central management of the irrigation systems during antiquity. *Water History* 7:473-487. doi:DOI 10.1007/s12685-015-0143-9
- Charles M, Hoppé C, Jones G, Bogaard A, Hodgson JG (2003) Using weed functional attributes for the identification of irrigation regimes in Jordan. *Journal of Archaeological Science* 30 (11):1429-1441. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0305-4403\(03\)00038-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0305-4403(03)00038-4)
- Chen S, Bai Y, Lin G, Huang J, Han X (2007) Variations in $d^{13}C$ values among major plant community types in the Xilin river basin, Inner Mongolia, China. *Australian Journal of Botany* 55:48-54
- Chenery C, Müldner G, Evans J, Eckardt H, Lewis M (2010) Strontium and stable isotope evidence for diet and mobility in Roman Gloucester, UK. *Journal of Archaeological Science* 37:150-163
- Childe VG (1954) *El origen de la civilización*. Fondo de Cultura Económica, México D.F.
- Dalfes HN, Kukla G, Weiss H (2013) *Third Millennium BC Climate Change and Old World Collapse*. Springer Berlin Heidelberg,

- De Pedro MJ (ed) (1998) *La Lloma de Betxí (Paterna, Valencia). Un poblado de la Edad del Bronce*. Servicio de Investigación Prehistórica. Diputación Provincial de Valencia, Valencia
- De Pedro MJ (2004) La cultura del Bronce Valenciano: consideraciones sobre su cronología y periodización. En: Hernández L, Hernández MS (eds) *La Edad del Bronce en las tierras valencianas y zonas limítrofes*. Instituto de Cultura Juan Gil-Albert, Ayuntamiento de Villena, Villena, Alicante, pp 41-58
- De Pedro MJ (2005) L'Edat del Bronze al nord del País Valencià: hàbitat i territori. *Cypsela* 15:103-122
- De Pedro MJ (2015) La Lloma del Betxí. Un poblado de la Edad del Bronce junto al Turia. En: De Pedro MJ, Soler Mayor B (eds) *Vivir junto al Turia hace 4.000 años. La Lloma del Betxí*. Museu de Prehistòria de València, Àrea de Cultura. Diputació de València, Valencia, pp 28-37
- De Pedro MJ, Ripollés Adelantado E, Fortea Cervera L (2015) La Casa. Arquitectura y materiales de construcción. En: De Pedro MJ, Soler Mayor B (eds) *Vivir junto al Turia hace 4.000 años. La Lloma del Betxí*. Museu de Prehistòria de València, Àrea de Cultura. Diputació de València, Valencia, pp 52-61
- De Pedro MJ, Soler Mayor B (eds) (2015) *Vivir junto al Turia hace 4.000 años. La Lloma del Betxí*. Museu de Prehistòria de València, Àrea de Cultura. Diputació de València, Valencia
- deMenocal PB (2001) Cultural Responses to Climate Change During the Late Holocene. *Science* 292 (5517):667-673. doi:10.1126/science.1059287
- DeNiro MJ, Hastorf CA (1985) Alteration of $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ and $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios of plant matter during the initial stages of diagenesis: Studies utilizing archaeological specimens from Peru. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 49:97-115
- Diefendorf AF, Mueller KE, Wing SL, Koch PL, Freeman KH (2010) Global patterns in leaf ^{13}C discrimination and implications for studies of past and future climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107 (13):5738-5743
- Doolittle WE (2006) Agricultural manipulation of floodplains in the southern Basin and Range Province. *Catena* 65 (2):179-199. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2005.11.002>
- Drake BL, Hanson DT, Boone JL (2012) The use of radiocarbon-derived $\Delta^{13}\text{C}$ as a paleoclimate indicator: applications in the Lower Alentejo of Portugal. *Journal of Archaeological Science* 39 (9):2888-2896. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2012.04.027>

- Duque Espino DM (2004) La gestión del paisaje vegetal en la Prehistoria Reciente y Protohistoria en la Cuenca Media del Guadiana a partir de la Antracología. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura, Cáceres
- Earle T (2000) Archaeology, Property, and Prehistory. *Annual Review of Anthropology* 29:39-60
- Eberhart W (1965) *Conquerors and Rulers: Social Forces in Medieval China*. Leiden
- Engels F (1845) *La situación de la clase obrera en Inglaterra*. Akal
- Engels F (2003) *La revolución de la ciencia de Eugenio Dühring ("Anti-Dühring")*. Instituto del Marxismo-Leninismo & Editorial Progreso. Ediciones Bandera Roja, Moscú
- Eriksson G (2004) Part-time farmers or hard-core sealers? Västerbjers studied by means of stable isotope analysis. *Journal of Anthropological Archaeology* 23:135-162
- Ertsen MW (2010) Structuring properties of irrigation systems: understanding relations between humans and hydraulics through modeling. *Water History* 2:165-183. doi:DOI 10.1007/s12685-010-0023-2
- Espina A (2005) El darwinismo social: de Spencer a Bagehot. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas (REIS)* 110:175-187
- Fábregas Valcarce R, Martínez Cortizas A, Blanco Chao R, Chesworth W (2003) Environmental change and social dynamics in the second–third millennium BC in NW Iberia. *Journal of Archaeological Science* 30 (7):859-871. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0305-4403\(02\)00264-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0305-4403(02)00264-9)
- Farquhar GD, Cernusak LA (2012) Ternary effects on the gas exchange of isotopologues of carbon dioxide. *Plant, Cell & Environment* 35:1221-1231
- Farquhar GD, Ehleringer JR, Hubick KT (1989) Carbon isotope discrimination and photosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 40:503-537
- Farquhar GD, Hubick KT, Condon AG, Richards RA (1988) Carbon isotope fractionation and plant water-use efficiency. En: Rundel PW, Ehleringer JR, Nagy KA (eds) *Stable Isotopes in Ecological Research*. Springer-Verlag, New York, pp 21-40
- Farquhar GD, O'Leary MH, Berry JA (1982) On the relationship between carbon isotope discrimination and the intercellular carbon dioxide concentration in leaves. *Australian Journal of Plant Physiology* 9:121-137

- Farquhar GD, Richards R (1984) Isotopic Composition of Plant Carbon Correlates With Water-Use Efficiency of Wheat Genotypes. *Functional Plant Biology* 11:539-552
- Fatás G (1983) The tabula Contrebiensis. *Antiquity* 57 (219):12-18
- Fernandes R, Millard AR, Brabec M, Nadeau M-J, Grootes P (2014) Food Reconstruction Using Isotopic Transferred Signals (FRUITS): A Bayesian Model for Diet Reconstruction. *PLoS ONE* 9 (2):e87436. doi:10.1371/journal.pone.0087436
- Ferrer García C (2015) La Vallesa de Mandor. Colinas y llanos junto al Turia. En: De Pedro MJ (ed) *Vivir junto al Turia hace 4.000 años. La Lloma de Betxí*. Museu de Prehistòria de València, Àrea de Cultura. Diputació de València, Valencia, pp 38-43
- Ferrio Díaz JP, Alonso N, López JB, Araus JL, Voltas J (2006a) Carbon isotope composition of fossil charcoal reveals aridity changes in the NW Mediterranean Basin. *Global Change Biology* 12:1253-1266
- Ferrio Díaz JP, Alonso N, Voltas J, Araus JL (2004) Estimating grain weight in archaeological cereal crops: a quantitative approach for comparison with current conditions. *Journal of Archaeological Science* 31:1635-1642
- Ferrio Díaz JP, Alonso N, Voltas J, Araus JL (2006b) Grain weight changes over time in ancient cereal crops: Potential roles of climate and genetic improvement. *Journal of Cereal Science* 44:323-332
- Ferrio Díaz JP, Araus JL, Buxó R, Voltas J, Bort J (2005) Water management practices and climate in ancient agriculture: inference from the stable isotope composition of archaeobotanical remains. *Vegetation History and Archaeobotany* 14:510-517
- Finlayson B, Lovell J, Smith S (2011) The archaeology of water management in the Jordan Valley from the Epipalaeolithic to the Nabatean, 21,000 BP (19,000 BC) to AD 106. En: Mithen S, Black E (eds) *Water, Life and Civilisation. Climate, Environment and Society in the Jordan Valley*.
- Fiorentino G, Caracuta V (2007) Palaeoclimatic signals inferred from carbon stable isotope analysis of Qatna/Tell Mishrifeh archaeological plant remains. En: Borandi Moracosi D (ed) *Studi Archeologici su Qatna*. Editrice Universitaria Udinese srl, Udine, pp 153-159
- Fiorentino G, Caracuta V, Calcagnile L, D'Elia M, Matthiae P, Mavelli F, Quarta G (2008) Third millennium B.C. climate change in Syria highlighted by Carbon stable isotope analysis of ¹⁴C-AMS dated plant remains from Ebla. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 266:51-58

- Fiorentino G, Caracuta V, Casiello G, Longobardi F, Sacco A (2012) Studying ancient crop provenance: implications from $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values of charred barley in a Middle Bronze Age Silo at Ebla (NW Syria). *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 26:327-335
- Fiorentino G, Ferrio JP, Bogaard A, Araus JL, Riehl S (2015) Stable isotopes in archaeobotanical research. *Vegetation History and Archaeobotany* 24 (1):215-227. doi:10.1007/s00334-014-0492-9
- Flannery K (1968) Archaeological Systems Theory and Early Mesoamerica. En: Meggers B (ed) *Anthropological Archaeology in the Americas*. Washington D.C., pp 67-86
- Flannery K (1973a) Archaeology with capital S. . En: Redman CL (ed) *Research and theory in current archaeology*. Wiley, New York, pp 47-58
- Flannery K (1973b) The origins of Agriculture. *Annual Review of Anthropology* 2:271-310
- Flannery K (2002) The origins of the Village Revisited: From Nuclear to Extended Households. *American Antiquity* 67:417-434
- Flohr P, Müldner G, Jenkins E (2011) Carbon stable isotope analysis of cereal remains as a way to reconstruct water availability: preliminary results. *Water History* 3 (2):121-144
- Fontana J (2005) *La historia de los hombres*. Crítica, Barcelona
- Forteza J, Rubio JC, Gimeno E (1995) *El catálogo de suelos de la Comunitat Valenciana*. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, Valencia
- Foster JB (2004) *La Ecología de Marx. Materialismo y Naturaleza*. El Viejo Topo, Barcelona
- Francey RJ, Allison CE, Etheridge DM, Trudinger CM, Enting IG, Leuenberger M, Langenfelds RL, Michel E, Steele LP (1999) A 1000-year high precision record of d^{13}C in atmospheric CO_2 . *Tellus* 51B:170-193
- Fritz JM, Plog FT (1970) The nature of archaeological explanation. *American Antiquity* 35:405-412
- Fuentes N, Carrión JS, Fernández S, Nocete Calvo F, Lizcano Prestel R, Pérez Bareas C (2007) Análisis polínico de los yacimientos arqueológicos Cerro del Alcázar de Baeza y Eras del Alcázar de Úbeda (Jaén). *Anales de Biología* 29:85-93

- Fuentes N, García-Martínez MS, González-Sampériz P, Fernández S, Carrión J, López-Campuzano M, Medina J (2005) Degradación ecológica y cambio cultural durante los últimos cuatro mil años en el sureste ibérico semiárido. *Anales de Biología* 27:69-84
- Gallego Fernández P (2014) Paleoambiente y paleoeconomía en el III milenio Cal. BC en el Poniente granadino: análisis palinológico del asentamiento de Villavieja (Fuentes de Cesna-Algarinejo, Granada). Trabajo Fin de Máster. Universidad de Granada.
- García Sanjuán L, Hunt Ortiz M, Hurtado Pérez V, Mondejar Fernandez de Quincoces P, Romero Bomba E La ocupación humana en la Sierra de Huelva durante la Edad del Bronce. Después de un proyecto de investigación arqueológica. In: XII Jornadas del Patrimonio de la Comarca de la Sierra, (Aracena, Huelva, Marzo de 1997), 1999. Diputación Provincial de Huelva, pp 149-180
- Gasper P (1988) Marxism and Science. *International Socialism (Series 2)* 79
- Gebauer AB, Price TD, Anthropology SfA (1992) *Transitions to agriculture in prehistory*. Prehistory Press
- Gepts P (2004) Crop domestication as a long-term selection experiment. En: Janick J (ed) *Plant Breeding Reviews*. John Wiley & Sons, New York, pp 1-44
- Gibbons A (1993) How the Akkadian Empire was hung out to dry. *Science* 261:985-998
- Gilman A (1987a) El análisis de clase en la Prehistoria del Sureste. *Trabajos de Prehistoria* 44:27-34
- Gilman A (1987b) Regadío y conflicto en sociedades acéfalas. *Boletín del Seminario de Arte y Arqueología* LIII:59-72
- Gilman A (1997) Cómo valorar los sistemas de propiedad a partir de datos arqueológicos. *Trabajos de Prehistoria* 54-2:81-92
- Gilman A (1999) Veinte años de prehistoria funcionalista en el sureste de España. *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología* 65:73-98
- Gilman A, Thornes JB (1985a) *El uso del suelo en la Prehistoria del sureste de España*. Fundación Juan March, Madrid
- Gilman A, Thornes JB (1985b) *Land-use and Prehistory in South-East Spain*. George Allen & Unwin, London

- Gillis R, Bréhard S, Bălăşescu A, Ughetto-Monfrin J, Popovici D, Vigne J-D, Balasse M (2013) Sophisticated cattle dairy husbandry at Borduşani-Popină (Romania, fifth millennium BC): the evidence from complementary analysis of mortality profiles and stable isotopes. *World Archaeology* 45 (3):447-472. doi:10.1080/00438243.2013.820652
- Godelier M (1981) *Instituciones económicas*. Anagrama, Barcelona
- Godelier M (1985) *Economía, fetichismo y religión en las sociedades primitivas*. 4º edn. Ed. Siglo XXI, Madrid
- Godelier M (1989) *Lo ideal y lo material. Pensamiento, economías, sociedades*. Taurus Humanidades, Madrid
- Godelier M (1998) *El enigma del don*. Paidós, Barcelona
- Godelier M, Marx K, Engels F (1972) *Sobre el Modo de Producción Asiático*. Ediciones Martínez Roca, S.A., Barcelona
- González-Sampériz P, Valero-Garcés BL, Moreno A, Jalut G, García-Ruiz JM, Martí-Bono C, Delgado-Huertas A, Navas A, Otto T, Dedoubat JJ (2006) Climate variability in the Spanish Pyrenees during the last 30,000 yr revealed by the El Portalet sequence. *Quaternary Research* 66 (1):38-52. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.yqres.2006.02.004>
- Gonzalez Samperiz P, Valero Garces B, Moreno A, Morellon M, Navas A (2008) Vegetation changes and hydrological fluctuations in the Central Ebro Basin (NE Spain) since the Late Glacial period: Saline lake records. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 259:157-181
- Granados Páez S (2011) Dendroclimatología isotópica en el sur de la Península Ibérica: implicaciones paleoclimáticas y paleohidrológicas. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, Granada
- Grau Almero E (1998) Antracoanálisis de los restos de madera carbonizada del yacimiento. En: De Pedro MJ (ed) *La Lloma de Betxí (Paterna, Valencia). Un poblado de la Edad del Bronce*. Servicio de Investigación Prehistórica. Diputación Provincial de Valencia, Valencia, pp 233-237
- Grau Almero E, Pérez Jordá G, Hernández Carretero AM (1998) El estudio arqueobotánico del Cerro del Castillo de Alange (Badajoz). En: Pavón Soldevila I (ed) *El Cerro del Castillo de Alange (Badajoz). Intervenciones Arqueológicas (1993)*. Junta de Extremadura, Consejería de Cultura y Patrimonio. Mérida

- Gressler A, Brandes E, Buchmann N, Helle G, Rennenberg H, Barnard RL (2009) Tracing carbon and oxygen isotope signals from newly assimilated sugars in the leaves to the tree-ring archive. *Plant, Cell & Environment* 32:780-795
- Guo G, Xie G (2006) The relationship between plant stable carbon isotope composition precipitation and satellite data, Tibet Plateau, China. *Quaternary International* 144:68-71
- Gupta AK (2004) Origin of agriculture and domestication of plants and animals linked to early Holocene climate amelioration. *Current Science* 87 (1):54-59
- Halstead P, Jones GEM (1989) Agrarian Ecology in the Greek Islands: time stress, scale and risk. *Journal of Hellenic Studies* 109:41-55
- Halstead P, O'Shea J (1989) Introduction: cultural responses to risk and uncertainty. En: Halstead P, O'Shea J (eds) *Bad year economics: cultural responses to risk and uncertainty*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 1-7
- Harris D (1996) *The Origins and Spread of Agriculture and Pastoralism in Eurasia*. university College of London, Londres
- Harris M (2007) *Vacas, cerdos, guerras y brujas*. Alianza Editorial, Madrid
- Harrower M (2008) Hydrology, Ideology, and the Origins of Irrigation in Ancient Southwest Arabia. *Current Anthropology* 49, 3:497-510
- Harrower M (2009) Is the hydraulic hypothesis dead yet? Irrigation and social change in ancient Yemen. *World Archaeology* 41 (1):58-72
- Hartman G, Danin A (2010) Isotopic values of plants in relation to water availability in the Eastern Mediterranean region. *Oecologia* 162:837-852
- Harvey D (2007) *Espacios del capital: hacia una geografía crítica*. Akal, Madrid
- Harvey D (2008) *La condición de la posmodernidad: investigación sobre los orígenes del cambio cultural*. Amorrortu, Madrid
- Heaton THE, Jones G, Halstead P, Tsipropoulus T (2009) Variations in the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios of modern wheat grain, and implications for interpreting data from Bronze Age Assiros Toumba, Greece. *Journal of Archaeological Science* 36:2224-2233

- Hedges JJ, Stern JH (1984) Carbon and nitrogen determinations of carbonate-containing solids. *Limnology and Oceanography* 29:657-663
- Heim C, Nowaczyk NR, Negendank JFW, Leroy SAG, Ben-Avraham Z (1997) Near East Desertification: Evidence from the Dead Sea. *Naturwissenschaften* 84 (9):398-401. doi:10.1007/s001140050416
- Helbaek H (1960) Cereal weed grasses in Phase A. En: Braidwood RJ, Braiwood LS (eds) *Excavations in the plain of Antioch I*. University of Chicago Press, Chicago, pp 540-543
- Helms SW (1981) *Jawa: lost city of the Black Desert*. Methuen, London
- Hernández Carretero AM (1999) Paleoambiente y Paleoeconomía durante el 1^{er} milenio a.C. en Extremadura. Tesis Doctoral, Universidad de Extremadura
- Hernando A (1987) ¿Evolución cultural diferencial durante el Calcolítico entre las zonas áridas y húmedas del Sureste español? *Trabajos de Prehistoria* 44:171-200
- Hernando A (1992) Enfoques teóricos en Arqueología. *SPAL* 1:11-35
- Hobbes T (1980) *Leviatán*. Editorial Nacional, Madrid
- Hodder I (1982) *Symbols in action. Ethnoarchaeological studies of material culture*. Cambridge University Press, Cambridge
- Hodder I (1988) *Interpretación en Arqueología. Corrientes actuales*. Crítica, Barcelona
- Hubbard RNLB (1980) Development of agriculture in Europe and the Near East: evidence from quantitative studies. *Economy Botany* 34 (1):51-67
- Hunt RC, Hunt E, Ahmed GM, Bennett JW, Cleek RK, Coy PEB, Glick TF, Lewis RE, MacLachlan BB, Mitchell WP, Partridge WL, Price BJ, Roder W, Steensberg A, Wade R, Wellmann I (1976) Canal Irrigation and Local Social Organization [and Comments and Reply]. *Current Anthropology* 17 (3):389-411
- Indermuhle A, Stocker TF, Joos F, Fischer H, Smith HJ, Wahlen M, Deck B, Mastroianni D, Tschumi J, Blunier T, Meyer R, Stauffer B (1999) Holocene carbon-cycle dynamics based on CO₂ trapped in ice at Taylor Dome, Antarctica. *Nature* 398 (6723):121-126
- Indermühle A, Stocker TF, Joos F, Fischer H, Smith HJ, Wahlen M, Deck B, Mastroianni S, Tschumi J, Blunier T, Meyer R, Stauffer B (1999) Holocene carbon-cycle dynamics based on CO₂ trapped in ice at Taylor Dome, Antarctica. *Nature* 398:121-126

- Jalut G, Amat AE, Bonnet L, Gauquelin T, Fontugne M (2000) Holocene climatic changes in the Western Mediterranean from south-east France to south-east Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 160:255-290
- Jalut G, Dedoubat JJ, Fontugne M, Otto T (2009) Holocene circum-Mediterranean vegetation changes: Climate forcing and human impact. *Quaternary International* (200):4-18
- Jalut G, Esteban Amat A, Mora SRi, Fontugne M, Mook R, Bonnet L, Gauquelin T (1997) Holocene climatic changes in the western Mediterranean: installation of the Mediterranean climate. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series IIA - Earth and Planetary Science* 325 (5):327-334. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S1251-8050\(97\)81380-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1251-8050(97)81380-8)
- Jameson F (1991) *El posmodernismo o la lógica cultural del capitalismo avanzado*. Paidós
- Jaramillo A (2005) Recursos y materias primas en la Edad del Bronce del Alto Guadalquivir, medioambiente y registro arqueológica en la cuenca del río Rumblar. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, Granada
- Jarman MR, Bailey GN, Jarman HN (1982) *Early European Agriculture: Its Foundation and Development*. Cambridge University Press
- Javoy M (1977) Stable isotopes and geothermometry. *Journal of the Geological Society* 133 (6):609-636. doi:10.1144/gsjgs.133.6.0609
- Jenkins E, Jamjoum K, Nuimat S (2011) Irrigation and phytolith formation: an experimental study. En: Mithen S, Black E (eds) *Water, life and civilisation: climate, environment and society in the Jordan Valley*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 347-372
- Jenkins E, Jamjoum K, Nuimat S, Stafford R, Norteliff S, Mithen S (2016) Identifying ancient water availability through phytolith analysis: An experimental approach. *Journal of Archaeological Science* 73:82-93. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2016.07.006>
- Jimenez-Espejo FJ, Martinez-Ruiz F, Rogerson M, González-Donoso JM, Romero OE, Linares D, Sakamoto T, Gallego-Torres D, Rueda Ruiz JL, Ortega-Huertas M, Perez Claros JA (2008) Detrital input, productivity fluctuations, and water mass circulation in the westernmost Mediterranean Sea since the Last Glacial Maximum. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 9 (11):n/a-n/a. doi:10.1029/2008GC002096
- Jones G (2002) Weed ecology as a method for the archaeobotanical recognition of crop husbandry practices. *Acta Paleobotanica* 42 (2):185-193

- Jones G, Bogaard A, Halstead P, Charles M, Smith H (1999) Identifying the intensity of crop husbandry practices on the basis of weed floras. *Annual of the British School at Athens* 94:167-189. doi:doi:10.1017/S0068245400000563
- Jones GEM, Charles M, Bogaard A, Hodgson JG, Palmer C (2005) The functional ecology of present-day arable weed floras and its applicability for the identification of past crop husbandry. *Vegetation History and Archaeobotany* 14:493-504
- Jones GEM, Charles M, Colledge S, Halstead P (1995) Towards the archaeological recognition of winter-cereal irrigation: an investigation of modern weed ecology in northern Spain. . Artículo presentado en Res Archaeobonicae-9th symposium IWGP, Kiel
- Jover Maestre FJ (1999) Una nueva lectura del "Bronce Valenciano". Universidad de Alicante, Alicante
- Jover Maestre FJ (2013) Las áreas de actividad y las unidades domésticas como unidades de observación de los social:de las sociedades cazadoras-recolectoras a las agricultoras en el este de la Península Ibérica. En: Gutiérrez S, Grau I (eds) *De la estructura doméstica al espacio social. Lecturas arqueológicas del uso social del espacio*. Publicaciones de la Universidad de Alicante, San Vicente del Raspeig, Alicante, pp 13-38
- Jover Maestre FJ, López Padilla JA (1999) Campesinado e Historia. Consideraciones sobre las comunidades agropecuarias de la Edad del Bronce en el Corredor del Vinalopó. *Archivo de Prehistoria Levantina* XXIII:233-257
- Jover Maestre FJ, López Padilla JA (2004) 2100-1200 AC. Aportaciones al proceso histórico en la cuenca del río Vinalopó. En: Hernández L, Hernández MS (eds) *La Edad del Bronce en Tierras Valencianas y Zonas limítrofes*. Ayuntamiento de Villena. Instituto alicantino de Cultura Juan Gil-Albert, Villena, pp 285-302
- Jover Maestre FJ, López Padilla JA (2016) Nuevas bases para el estudio de las comunidades campesinas de la Edad del Bronce en el Levante peninsular: el asentamiento de Terlinques (Villena, Alicante). En: *Del neolítico a l'edat del bronze en el Mediterrani occidental. Estudis en homenatge a Bernat Martí Oliver*. vol 119. Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia, València, pp 427-449
- Jover Maestre FJ, López Padilla JA, García-Donato G (2014) Radiocarbono y estadística bayesiana: aportaciones a la cronología de la Edad del Bronce en el extremo oriental del sudeste de la Península Ibérica. *Sagvntvm* 46:41-69. doi:10.7203/SAGVNTVM.46.3479
- Jover Maestre FJ, López Padilla JA, Machado Yanes MC, Hérreaez Martín MI, Rivera Núñez D, Precioso Arévalo ML, Llorach Asunción R (2001) La producción textil durante la Edad del Bronce: un conjunto de husos o bobinas de hilo del yacimiento de Terlinques (Villena, Alicante). *Trabajos de Prehistoria* 58 (1):171-186

- Kapsner WR, Alley RB, Shuman CA, Anandakrishnan S, Grootes PM (1995) Dominant influence of atmospheric circulation on snow accumulation in Greenland over the past 18,000 years. *Nature* 373 (6509):52-54
- Kaptijn E (2010) Communalism and power: irrigation in the Zerqa Triangle, Jordan. . *Water History* 2:145-163
- Keeling CD (1958) The concentration and isotopic abundances of atmospheric carbon dioxide in rural areas. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 13 (4):322-334
- Keeling CD, Mook WG, Tans PP (1979) Recent trends in the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratio of atmospheric carbon dioxide. *Nature* 277:121-123. doi:doi:10.1038/277121a0
- Klein T, Hemming D, Lin TB, Grünzweig JM, Maseyk K, Rotenberg E, Yakir D (2005) Association between tree-ring and needle $\delta^{13}\text{C}$ and leaf exchange in *Pinus Halepensis* under semi-arid conditions. *Oecologia* 144:45-54
- Knudson KJ, Price DT (2007) Utility of multiple chemical techniques in archaeological residential mobility studies: case studies from Tiwanaku- and Chiribaya-affiliated sites in the Andes. *American Journal of Physical Anthropology* 132:25-39
- Kohan N (2013) *Nuestro Marx*. La oveja roja, Madrid
- Kohen A, Limbach HH (2005) *Isotope Effects In Chemistry and Biology*. CRC Press
- Kohn MJ (2010) Carbon isotope compositions of terrestrial C3 plants as indicators of (paleo)ecology and (paleo)climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107 (46):19691-19695
- Kontopoulos I, Sampson A (2015) Prehistoric diet on the island of Euboea, Greece: an isotopic investigation. *Mediterranean Archaeology & Archaeometry* 15 (3):97-111. doi:10.5281/zenodo.18361
- Kuijt I, Finlayson B, MacKay J (2007) Pottery neolithic landscape modification at Dhra'. *Antiquity* 81:106-118
- Le Huray JD, Schutkowski H (2005) Diet and social status during the La Tène period in Bohemia: Carbon and nitrogen stable isotope analysis of bone collagen from Kutná Hora-Karlovy and Radovesice. *Journal of Anthropological Archaeology* 24:135-147
- Lees SH (1994) Irrigation and Society. *Journal of Archaeological Research* 2 (4):361-378

- Lenin VI (2007) *El Imperialismo, fase superior del Capitalismo*. Fundación Federico Engels, Madrid
- Leuenberger M, Siegenthaler U, Langway C (1992a) Carbon isotope composition of atmospheric CO₂ during the last ice age from an Antarctic ice core. *Nature* 357 (6378):488-490
- Leuenberger M, Siegenthaler U, Langway CC (1992b) Carbon isotope composition of atmospheric CO₂ during the last ice age from an Antarctic ice core. *Nature* 357:488-490
- Lightfoot E, Stevens RE (2012) Stable isotope investigations of charred barley (*Hordeum Vulgare*) and wheat (*Triticum spelta*) grains from Danebury Hillfort: implications for palaeodietary reconstructions. *Journal of Archaeological Science* 39:656-662
- Lillios KT (1997) The Third Millennium BC in Iberia: Chronometric Evidence for Settlement Histories and Socio-cultural Change. En: Dalfes HN, Kukla G, Weiss H (eds) *Third Millennium BC Climate Change and Old World Collapse*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp 173-191. doi:10.1007/978-3-642-60616-8_7
- Lillios KT, Blanco-González A, Drake BL, López-Sáez JA (2016) Mid-late Holocene climate, demography, and cultural dynamics in Iberia: A multi-proxy approach. *Quaternary Science Reviews* 135:138-153. doi:<http://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.01.011>
- Liu F, Feng Z (2012) A dramatic climatic transition at ~4000 cal. yr BP and its cultural responses in Chinese cultural domains. *The Holocene* 22 (10):1181-1197
- Lizcano Prestel R, Nocete Calvo F, Peramo A (2009) *Las Eras: Proyecto de Puesta en Valor y Uso Social del Patrimonio Arqueológico de Úbeda (Jaén)*. Editorial Universidad de Huelva, Huelva
- López Sáez JA, Alba Sánchez F, Nájera Colino T, Molina González F, Pérez Díaz S, Sabariego Ruiz S (2014) Paleoambiente y sociedad en la Edad del Bronce de la Mancha: la Motilla del Azuer. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada* 24:391-422
- López Sáez JA, Martínez Sánchez RM, Pérez Díaz S, Alba Sánchez F, Núñez de la Fuente S, Serra González C, Morena López JA, Luelmo Lautenschlaeger R (2015) Dinámica paleoambiental en la campiña de Córdoba (Andalucía) entre el IV y el I milenios cal. BC . Análisis palinológico del yacimiento arqueológico de Torreparedones. *Cuaternalario y Geomorfología* 29 (3-4):21. doi:10.17735/cyg.v29i3-4.35201
- Lukacs G (1958) *La crisis de la filosofía burguesa*. Editorial Siglo Veinte, Buenos Aires

- Lull V (1983) *La cultura del Argar. Un modelo para el estudio de las formaciones sociales prehistóricas*. Akal, Barcelona
- Lull V (1984) Ecología Argárica. *Anales de la Universidad de Murcia* XLIII:21-47
- Lull V (1997-1998) El Argar: La muerte en Casa. *AnMurcia* 13-14 (65-80)
- Lull V, Micó R (1997) Teoría arqueológica I: los enfoques tradicionales; las arqueologías evolucionistas e histórico-culturales. *Revista d'arqueologia de Ponent* 7:107-128
- Lull V, Micó R (1998) Teoría Arqueológica II. La arqueología Procesual. *Revista d'arqueologia de Ponent* 8:61-78
- Lull V, Micó R (2001-2002) Teoría arqueológica III. Las primeras arqueologías posprocesuales. *Revista d'arqueologia de Ponent* 11-12:21-41
- Lull V, Micó R, Rihuete C, Risch P (2010) Las relaciones políticas y económicas de El Argar. *Menga* 01:11-36
- Lull V, Micó R, Rihuete C, Risch P (2015) La gestión del agua durante el Argar: el caso de la Bastida (Totana, Murcia). *Minius* 23:91-130
- Lull V, Micó R, Rihuete C, Risch R (2013) Political collapse and social change at the end of El Argar. En: Meller H, Bertemes F, Borg HR, Risch R (eds) *1600 Cultural change in the shadow of the Thera-Eruption?* Tangugen des Landsmuseums für Vorgeschichte Halle, Halle, pp 283-302
- Lull V, Micó R, Risch P, Rihuete C (2009) El Argar: la formación de una sociedad de clases. En: Hernández Pérez MS, Soler Díaz JA, López Padilla JA (eds) *En los confines del Argar. Una cultura de la Edad del Bronce en Alicante*. MARQ, Alicante, pp 224-245
- Lull V, Risch P (1996) El Estado Argárico. *Verdolay* 7:97-109
- Luxemburg R (1912) *La acumulación del Capital*. Ediciones Internacional Sedov
- Lloveras J, Cabases MA (2013) Costes de producción de cultivos extensivos en secano y regadío. *Vida Rural* (15):38-47
- Ma JY, Sun W, Liu XN, Chen FH (2012) Variation in the stable carbon and nitrogen isotope composition of plants and soil along a precipitation gradient in Northern China. *PLoS ONE* 7 (12):1-7

- Mabry JB (1996) *Canals and Communities: Small-scale Irrigation Systems*. University of Arizona Press
- Machado MC, Jover Maestre FJ, López Padilla JA (2009) Antracología y paleoecología en el cuadrante suroriental de la Península Ibérica: las aportaciones del yacimiento de la Edad del Bronce de Terlinques (Villena, Alicante). *Trabajos de Prehistoria* 66 (1):75-97
- Manzanilla L (1986) Introducción. En: Manzanilla L (ed) *Unidades habitacionales mesoamericanas y sus áreas de actividad*. IIA-UNAM, México, pp 9-18
- Marino BD, DeNiro MJ (1987) Isotopic analysis of archaeobotanicals to reconstruct past climates: effects of activities associated with food preparation on Carbon, Hydrogen and Oxygen isotope ratios of plant cellulose. *Journal of Archaeological Science* 14:537-548
- Márquez Romero JE (2013) Yacimientos prehistóricos de fosos: una lectura alternativa a un problema histórico ya clásico. En: García Sanjuan L, Vargas Jiménez JM, Hurtado Pérez V, Ruiz Moreno T, Cruz-Auñón Briones R (eds) *El yacimiento prehistórico de Valencina de la Concepción (Sevilla). Investigación y tutela en el 150 aniversario del descubrimiento de la Pastora*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, Sevilla, pp 77-92
- Martín-Puertas C, Valero-Garcés BL, Brauer A, Mata MP, Delgado-Huertas A, Dulski P (2009) The Iberian–Roman Humid Period (2600–1600 cal yr BP) in the Zoñar Lake varve record (Andalucía, southern Spain). *Quaternary Research* 71 (2):108-120. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.yqres.2008.10.004>
- Martín-Puertas C, Valero-Garcés BL, Pilar Mata M, González-Sampériz P, Bao R, Moreno A, Stefanova V (2008) Arid and humid phases in southern Spain during the last 4000 years: the Zoñar Lake record, Córdoba. *The Holocene* 18 (6):907-921. doi:10.1177/0959683608093533
- Martín-Seijo M, Tereso JP, Bettencourt AMS, Sampaio HA, Abad Vidal E, Vidal Caeiro L (2015) Socio-ecology of Early and Middle Bronze Age communities in the northwest Atlantic region of Iberia: Wood resources procurement and forest management *Quaternary International*. doi:10.1016/j.quaint.2015.08.026
- Martin Puertas C, Jimenez Espejo F, Martinez Ruiz F, Nieto Moreno V, Rodrigo M, Martín Puertas C, Jiménez Espejo F, Martínez Ruiz F, Mata MP, Valero-Garcés BL (2010) Late Holocene climate variability in the southwestern Mediterranean region: an integrated marine and terrestrial geochemical approach. *Climate of the past* 6:807-816

- Martín Seijo M, Carballo Arceo X (2010) Le travail du bois et les pratiques d'élagage à l'Âge du fer : le site de Castrovite (Galice, Espagne). En: *Des hommes et des plantes. Exploitation du milieu et gestion des ressources végétales de la préhistoire à nos jours. XXXe rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes*. APDCA, pp 343-356
- Martínez Cortizas A, Pérez Alberti A (eds) (1999) *Atlas climático de Galicia*. Xunta de Galicia
- Martrat B, Grimalt JO, Lopez-Martinez C, Cacho I, Sierro FJ, Flores JA, Zahn R, Canals M, Curtis JH, Hodell DA (2004) Abrupt Temperature Changes in the Western Mediterranean over the Past 250,000 Years. *Science* 306 (5702):1762-1765. doi:10.1126/science.1101706
- Martrat B, Grimalt JO, Shackleton NJ, de Abreu L, Hutterli MA, Stocker TF (2007) Four Climate Cycles of Recurring Deep and Surface Water Destabilizations on the Iberian Margin. *Science* 317 (5837):502-507. doi:10.1126/science.1139994
- Marx K (1853) The british rule in India. New-York Daily Tribune
- Marx K (1983) En defensa de la libertad. Los artículos de la Gaceta Renana. 1842-1843.
- Marx K (2008) *El Capital*. Siglo XXI, México
- Marx K, Hobsbawn EJ (1979) *Formaciones económicas precapitalistas*. Crítica, Barcelona
- Masi A, Sadori L, Balossi R, Baneschi I, Zanchetta G (2014) Stable carbon analysis as a crop management indicator at Arslantepe (Malatya, Turkey) during the Late Chalcolithic and Early Bronze Age. *Vegetation History and Archaeobotany* 23 (6):751-760
- Masi A, Sadori L, Baneschi I, Siani AM, Zanchetta G (2013a) Stable isotope analysis of archaeological oak charcoal from eastern Anatolia as a marker of mid-Holocene climate change. *Plant Biology* 15 (1):83-92
- Masi A, Sadori L, Zanchetta G, Baneschi I, Giardini M (2013b) Climatic interpretation of carbon isotope content of mid-Holocene archaeological charcoals from eastern Anatolia. *Quaternary International* 305:64-72
- Matarredona E (1983) *El Alto Vinalopó. Estudio geográfico*. Instituto de Estudios Alicantinos, Alicante
- McCarrol D, Loader NJ (2004) Stable isotopes in tree rings. *Quaternary Science Reviews* 23 (7-8):771-801
- Melander LCS, Saunders WH (1980) *Reaction rates of isotopic molecules*. Wiley

- Miramontes Carballada A (2000) Origen y evolución del municipio de A Estrada (Pontevedra). *A Estrada: Miscelánea histórica e cultural* 3:165-192
- Molina F, Cámara Serrano JA (2004) Urbanismo y fortificaciones en la Cultura de El Argar. Homogeneidad y patrones regionales. En: García Huerta MR, Morales Hervás J (eds) *La Península Ibérica en el II milenio A.C.: Poblados y fortificaciones*. Cuenca, pp 9-56
- Molina F, Cámara Serrano JA, Capel Martínez J, Nájera Colino T, Saez Pérez L (2004) Los Millares y la periodización de la Prehistoria Reciente del sureste. En: *Simposios de Prehistoria Cueva de Nerja: Homenaje al Prof. Antonio Arribas Palau*, vol 3. Fundación Cueva de Nerja, pp 142-158
- Molina F, Rodríguez Ariza MO, Haro Navarro M, Afonso Marrero JA, Navas E (2000) Actuaciones arqueológicas en el yacimiento de Castellón Alto (Galera, Granada). Campaña de 2001. *Anuario Arqueológico de Andalucía* III-1:435-443
- Molina González F, Cámara Serrano JA (2009) La cultura argárica en Granada y Jaén. En: Hernández Pérez MS, Soler Díaz JA, López Padilla JA (eds) *En los Confines del Argar. Una Cultura de la Edad del Bronce en Alicante*. MARQ, Alicante, pp 196-223
- Monserrat Martí JM (1992) *Evolución glacial y postglacial del clima y la vegetación en la vertiente sur del pirineo: estudio palinológico*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid
- Montes E (2011) Agricultura del III y II milenio ANE en la Comarca de la Loma (Jaén): Datos Carpológicos de las Eras del Alcázar (Úbeda) y Cerro del Alcázar (Baeza). *Menga* 02:87-107
- Montes Moya EM (2014) Las prácticas agrícolas en la Alta Andalucía a través de los análisis carpológicos (Desde la Prehistoria Reciente al S. II d.n.e.). Tesis Doctoral. Universidad de Jaén
- Mora-González A (2012) Una aproximación al análisis de isótopos estables ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) en restos carpológicos a través del poblado argárico de Peñalosa. Límites y perspectivas. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Granada.
- Mora-González A, Delgado-Huertas A, Granados-Torres A, Contreras Cortés F, Jover Maestre FJ, López Padilla JA (2016) The isotopic footprint of irrigation in the western Mediterranean basin during the Bronze Age: the settlement of Terlinques, southeast Iberian Peninsula. *Vegetation History and Archaeobotany* 25 (5):459-468. doi:10.1007/s00334-016-0560-4

- Mora-González A, Delgado-Huertas A, Granados-Torres A, Contreras Cortés F, Pavón Soldevila I, Duque Espino D (en prensa) Complex agriculture during the 2nd millennium BC: isotope composition of carbon studies ($\delta^{13}\text{C}$) in archaeological plants of the settlement Cerro del Castillo de Alange (SW Iberian Peninsula, Spain). *Vegetation History and Archaeobotany*
- Mora González A (2010) Agricultura y producción: algunas reflexiones en torno a la Cultura del Argar. *@arqueología y Territorio* 8:53-70
- Morales Gil A (1992) Orígenes de los regadío españoles: estado actual de una vieja polémica. En: Gil Olcina A, Morales Gil A (eds) *Hitos históricos de los regadío españoles*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Secretaría General Técnica, pp 15-48
- Morales Muñiz A (1990) Arqueozoología teórica: usos y abusos reflejados en la interpretación de las asociaciones de fauna de yacimientos antrópicos. *Trabajos de Prehistoria* 47:251-290
- Morellon M, Valero-Garces B, Vegas-Vilarrubia T, Gonzalez-Samperiz P, Romero O, Delgado-Huertas A, Mata P, Moreno A, Rico M, Pablo Corella J (2009) Lateglacial and Holocene palaeohydrology in the western Mediterranean region: the Lake Estanya record (NE Spain). *Quaternary Science Reviews* 28:2582-2599
- Moreno A, Contreras Cortés F (2010) La organización social de la producción metalúrgica en las sociedades argáricas: El poblado de Peñalosa. *Menga* 01:53-76
- Moreno A, Contreras Cortés F, Cámara Serrano JA, Arboledas Martínez L, Sánchez Romero M (2008) Nuevas aportaciones al estudio del control del agua en la Edad del Bronce. La cisterna de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén). *Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada* 18:265-296
- Moreno A, López-Merino L, Leira M, Marco-Barba J, González-Sampériz P, Valero-Garcés BL, López-Sáez JA, Santos L, Mata P, Ito E (2011) Revealing the last 13,500 years of environmental history from the multiproxy record of a mountain lake (Lago Enol, northern Iberian Peninsula). *Journal of Paleolimnology* 46 (3):327-349. doi:10.1007/s10933-009-9387-7
- Moreno Onorato MA, Haro Navarro M (2008) *Castellón Alto (Galera, Granada). Puesta en valor de un yacimiento argárico*, vol 18. 2008
- Morgado A, Martínez Sevilla F, Garzón J, Jiménez Cobos F, Berdejo A, Cano Bermúdez R, Gutiérrez Rodríguez M, Fernández Martín S, Ortiz González JM, Lozano JA (2013) Villavieja (Algarinejo, Granada), un recinto amurallado de la Edad del Cobre en el Poniente Granadino. Avance de la campaña del 2012. *Antiquitas* 25:39-48

- Morgan CG (1973) Archaeology and explanation. *World Archaeology* 4:259-276
- Muñiz Jaén I, Quesada Sanz F (eds) (2010) *Un drama en tres actos. Dos milenios de ocupación humana en el Cerro de la Cruz (Almedinilla, Córdoba)*. OIKOS-Cuadernos Monográficos del Ecomuseo del Río Caicena, vol 2, Almedinilla (Córdoba)
- Nájera T (1984) *La Edad del Bronce en La Mancha Occidental*. Universidad de Granada, Granada
- Nájera T, F. M (2004) Las motillas: un modelo de asentamiento con fortificación cenral en la Llanura de La Mancha. En: García MR, Morales J (eds) *La Península Ibérica en el II milenio A.C.: Poblados y fortificaciones*. Universidad de Castilla-La Mancha, pp 173-214
- Navarro-Hervás F, Ros-Salas M-M, Rodríguez-Estrella T, Fierro-Enrique E, Carrión J-S, García-Veigas J, Flores J-A, Bárcena MÁ, García MS (2014) Evaporite evidence of a mid-Holocene (c. 4550–4400 cal. yr BP) aridity crisis in southwestern Europe and palaeoenvironmental consequences. *The Holocene* 24 (4):489-502. doi:10.1177/0959683613520260
- Nehlich O, Montgomery J, Evans J, Schade-Lindig S, Pichler SL, Richards MP, Alt KW (2009) Mobility or migration: a case de study from Neolithic settlement or Nieder-Mörlen (Hessen, Germany). *Journal of Archaeological Science* 36:1791-1799
- Netting RM (1993) *Smallholders, Householders. Farm Families and the Ecology of Intensive, Sustainable Agriculture*. Stanford University Press, Stanford, California
- Ngigi SN (2003) What is the limit of up-scaling rainwater harvesting in a river basin? *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 28 (20–27):943-956. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.pce.2003.08.015>
- Nitsch E, Charles M, Bogaard A (2015) Calculating a statistically robust $d^{13}C$ and $d^{15}N$ offset for charred cereal and pulse seeds. *Science and Technology of Archaeological Research* 1, 1:1-14
- Nocete Calvo F (1984) Jefaturas y territorio: Una visión crítica. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada* 9:289-304
- Nocete Calvo F (1988) 3000-1500 B.C. La formación del Estado en las Campiñas del Alto Guadalquivir. Análisis de un proceso de transición. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, Granada
- Nocete Calvo F (1989) *El espacio de la coerción. La transición al Estado en las Campiñas del Alto Guadalquivir (España). 3000-1500 a. C.* B.A.R International Series, 492, Oxford

- Nocete Calvo F (2001) *Tercer milenio antes de nuestra era. Relaciones y contradicciones centro/periferia en el valle del Guadalquivir*. Ediciones Bellaterra, Barcelona
- Nocete F, Lizcano R, Peramo A, Gómez E (2010) Emergence, collapse and continuity of the first political system in the Guadalquivir Basin from the fourth to the second millennium BC: The long-term sequence of Úbeda (Spain). *Journal of Anthropological Archaeology* 29 (2):219-237. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jaa.2010.03.001>
- O'Neil JR (1986) Theoretical and experimental aspects of isotopic fractionation. *Reviews in Mineralogy* 16:1-40
- Orejas A (1991) Arqueología del Paisaje: Historia, problemas y perspectivas. *Anuario Español de Arqueología*:191-230
- Orejas A (1995-1996) Territorio, análisis territorial y arqueología del paisaje. *Stvd Hist, Hº Antigua* 13-14:61-68
- Oweis T, Hachum A (2006) Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. *Agricultural Water Management* 80 (1-3):57-73. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2005.07.004>
- Oweis T, Hachum A (2009) Optimizing supplemental irrigation: Tradeoffs between profitability and sustainability. *Agricultural Water Management* 96 (3):511-516. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2008.09.029>
- Parkinson WA, Duffy PR (2007) Fortifications and enclosures in European Prehistory: a cross-cultural perspective. *Journal of Archaeological Research* 15:97-141
- Pavón Soldevila I (1995) La Solana del Castillo de Alange: un yacimiento de la Edad del Bronce en la Cuenca Media del Guadiana. *SPAL* 2:147-168
- Pavón Soldevila I (1998) *El Cerro del Castillo de Alange (Badajoz)*. *Intervenciones arqueológicas (1993)*, vol 1. Memorias de Arqueología Extremeña. Junta de Extremadura. Consejería de Cultura y Patrimonio, Mérida
- Pavón Soldevila I, Duque Espino DM (2014a) 40 años de Bronce del suroeste: aportación desde su periferia extremeña. *Revista de Estudios Extremeños* LXX, 1:35-66
- Pavón Soldevila I, Duque Espino DM (2014b) El Cerro del Castillo de Alange (Extremadura, España): un paisaje de la Edad del Bronce. En: Vilaça R, Serra M (eds) *Idade do Bronze do Sudoeste. Novas perspetivas sobre uma velha problemática*. Instituto de Arqueologia. Secção de Arqueologia. FLUC, Coimbra

- Pavón Soldevila I, Duque Espino DM, Pérez Jordá G, Márquez Gallardo JM (2010) Novedades en la Edad del Bronce del Guadiana Medio. Intervención en el Cerro del Castillo de Alange (2005-2006). Artículo presentado en IV Encuentro de Arqueología del Suroeste Peninsular, Huelva
- Pearson PN, Palmer MR (2000) Atmospheric carbon dioxide concentrations over the past 60 million years. *Nature* 406 (6797):695-699
- Peña Chocarro L (1999) *Prehistoric agriculture in southern Spain during the Neolithic and the Bronze Age*. B.A.R International Series, 818, Oxford
- Peña Chocarro L (2000a) Agricultura y alimentación vegetal en el poblado de la Edad del Bronce de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén). *Complutum* 11:209-219
- Peña Chocarro L (2000b) El estudio de las semillas de Peñalosa. En: Contreras Cortés F (ed) *Análisis histórico de las comunidades de la Edad del Bronce del Piedemonte meridional de Sierra Morena y Depresión Linares-Bailén. Proyecto Peñalosa*. Dirección General de Bienes Culturales, Sevilla, pp 237-256
- Pérez-Obiol R, Julià R (1994) Climatic Change on the Iberian Peninsula Recorded in a 30,000-Yr Pollen Record from Lake Banyoles. *Quaternary Research* 41 (1):91-98. doi:<http://dx.doi.org/10.1006/qres.1994.1010>
- Pérez-Obiol RP, Jalut G, Julià R, Pèlachs A, Iriarte MJ, Otto T, Hernández-Beloqui B (2011) Mid-Holocene vegetation and climatic history of the Iberian Peninsula. *The Holocene* (21 (1)):75-93
- Pérez Jordá G (1998) Estudio Paleocarpológico. En: De Pedro MJ (ed) *La Lloma de Betxí (Paterna, Valencia). Un poblado de la Edad del Bronce*. Servicio de Investigación Prehistórica. Diputación Provincial de Valencia, Valencia, pp 238-245
- Pérez Jordá G (2015) La actividad agrícola. Cultivos y alimentación. En: De Pedro MJ, Soler Mayor B (eds) *Vivir junto al Turia hace 4.000 años. La Lloma del Betxí*. Museu de Prehistòria de València, Àrea de Cultura. Diputació de València, Valencia, pp 82-87
- Persky J (1995) Retrospectives: The Ethology of Homo Economicus. *The Journal of Economic Perspectives* 9 (2):221-231
- Peterson BJ, Fry B (1987) Stable isotopes in ecosystems studies. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18:293-320. doi:10.1146/annurev.ecolsys.18.1.293
- Picornell Gelabert L (2009) Antracología y etnoarqueología: Perspectivas para el estudio de las relaciones entre las sociedades humanas y su entorno. *Complutum* 20, nº 1:133-151

- Pingel V, Schubart H, Arteaga O, Roos AM, Kunst M (2003) Excavaciones arqueológicas en la ladera sur de Fuente Álamo. Campaña de 1999. *SPAL* 12:179-229
- Piperno D, Flanney K (2001) The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: new accelerator mass spectrometry dates and their implications. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98:2101-2103
- Polanyi K (1989) *La gran transformación: crítica del liberalismo económico*. La Piqueta
- Polley HW, Johnson HB, Mayeux HS, Tischler CR Impacts of rising CO₂ concentration on Water Use Efficiency of woody grassland invaders. In: Barrow JR, McArthur EDS, R. E., Tausch RJ (eds) *Proceedings: shrubland ecosystem dynamics in a changing environment*, Las Cruces, NM, 1995. Intermountain Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, pp 189-194
- Prado-Pérez AJ, Delgado Huertas A, Crespo MT, Sánchez AM, Pérez Del Villar L (2013) Late Pleistocene and Holocene mid-latitude palaeoclimatic and palaeoenvironmental reconstruction: an approach based on the isotopic record from a travertine formation in the Guadix-Baza basin, Spain. *Geological Magazine* 150 (4):602-625. doi:10.1017/S0016756812000726
- Precioso Arévalo ML, Rivera D (1999) Estudio Paleobotánico. En: Jover Maestre FJ, López Padilla JA (eds) *II Campaña de excavaciones arqueológicas en Terlinques (Villena, Alicante)*. Memorias arqueológicas y paleontológicas de la Comunidad Valenciana. Valencia
- Price DH (1994) Wittfogel 's neglected hydraulic/hydroagricultural distinction. *Journal of Anthropological Research* 50:187-204
- Price DT (1995) Social Inequality at the origins of agriculture. En: *Foundations of social inequality*. Plenum Press, New York, pp 129-151
- Price DT, Johnson CM, Ezzo JA, Ericson J, Burton JH (1994) Residential mobility in the prehistoric southwest United States: a preliminary study using strontium isotope analysis. *Journal of Archaeological Science* 21:315-330
- Pustovoytov K, Riehl S (2016) The Early Bronze Age/Middle Bronze Age transition and the aquifer geography in the Near East. *Journal of Archaeological Science* 69:1-11. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2016.02.005>
- Quesada Sanz F, Kavanagh de Prado E, Moralejo Ordax J (2010) El asentamiento de época ibérica en el Cerro de la Cruz. En: Muñiz Jaén I, Quesada Sanz F (eds) *Un drama en tres actos. Dos milenios de ocupación humana en el Cerro de la Cruz (Almedinilla, Córdoba)*. Almedinilla (Córdoba), pp 75-95

- Rapoport A (1990) Systems of activities and systems of settings. En: Kent S (ed) *Domestic architecture and the use of space. An interdisciplinary cross-cultural study*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 9-20
- Redman CL (1978) *The rise of civilization : from early farmers to urban society in the ancient Near East* W.H. Freeman, San Francisco
- Renfrew C, Bahn P (1993) *Arqueología. Teorías, Métodos y Práctica*. Akal, Madrid
- Rey Castiñeira J, Martín Seijo M, Teira Brión A, Abad Vidal E, Calo Ramos N, Carballo-Arceo LX, Comendador Rey B, Picón Platas I, Varelas Montes AM (2011) "CastroBYTE": un modelo para a xestión da información arqueolóxica. *Gallaecia* 30:67-106
- Richards MP, Fuller BT, Molleson TI (2006) Stable isotope palaeodietary study of humans and fauna from the multi-period (Iron Age, Viking and Late Medieval) site of Newark Bay, Orkney. *Journal of Archaeological Science* 33:122-131
- Riehl S, Pustovoytov k, Weippert H, Klett S, Hole F (2014) Drought stress variability in ancient Near Eastern agricultural systems evidenced by $d^{13}C$ in barley grain. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111 (34):12348-12353
- Rindos D (1984) *The origins of agriculture. An evolutionary perspective*. Academic Press, New York
- Risch R (2002) *Recursos naturales, medios de producción y explotación social. Un análisis económico de la industria lítica de Fuente Álamo (Almería), 2250-1400 antes de nuestra era*. Iberia Archaeologica, 3. Mainz
- Risch R, Ferrés L (1987) Paleoecología del sudeste en la Península Ibérica durante la Edad del Cobre y la Edad del Bronce. En: Chapman R, Lull V, Picazo M, Sanahuja Yll ME (eds) *Proyecto Gatas*. B.A.R. International Series, 348, Oxford, pp 53-94
- Roberts CA, Millard AR, Nowell GM, Gröcke DR, Macpherson CG, Pearson DG, Evans DH (2013) Isotopic tracing of the impact of mobility on infectious disease: the origin of people with treponematoses buried in Hull, England, in the Late Medieval period. *American Journal of Physical Anthropology* 150:273-285
- Rockstrom J (2000) Water resources management in smallholder farms in Eastern and Southern Africa: An overview. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere* 25 (3):275-283. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S1464-1909\(00\)00015-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1464-1909(00)00015-0)

- Rockström J, Barron J, Fox P (2002) Rainwater management for increased productivity among small-holder farmers in drought prone environments. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 27 (11–22):949-959. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S1474-7065\(02\)00098-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1474-7065(02)00098-0)
- Rodríguez-Ariza MO (2011) Evolución y uso de la vegetación durante la Prehistoria en el Alto Guadalquivir. *Menga* 02:37-57
- Rodríguez-Ariza MO, Fresneda Padilla E, Martín Montero M, Molina González F (2000) Conservación y puesta en valor del yacimiento argárico de Castellón Alto (Galera, Granada). *2000* 57 (2):13. doi:10.3989/tp.2000.v57.i2.252
- Rodríguez Ariza MO (1992) Las relaciones hombre-vegetación en el Sureste de la Península Ibérica durante las Edades del Cobre y Bronce a partir del análisis antracológico de siete yacimientos arqueológicos. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, Granada
- Rodríguez Ariza MO (2000a) Análisis antracológico de Peñalosa. En: Contreras Cortés F (ed) *Análisis histórico de las comunidades de la Edad del Bronce del Piedemonte meridional de Sierra Morena y Depresión Linares-Bailén. Proyecto Peñalosa*. Dirección General de Bienes Culturales, Sevilla, pp 257-272
- Rodríguez Ariza MO (2000b) El paisaje vegetal de la Depresión de Vera durante la Prehistoria Reciente. Una aproximación desde la Antracología. *Trabajos de Prehistoria* 57 (1):145-156
- Rodríguez Ariza MO, Ruiz Sánchez V (1995) Antracología y palinología en el yacimiento argárico de Castellón Alto (Galera, Granada). *Anuario Arqueológico de Andalucía* II:169-176
- Rosen AM, Weiner S (1994) Identifying ancient irrigation: a new method using opaline phytolith from emmer wheat. *Journal of Archaeological Science* 21:125-132
- Rovira N (2007) Agricultura y gestión de los recursos vegetales en el sureste de la Península Ibérica durante la Prehistoria Reciente. Tesis Doctoral. Universitat Pompeu Fabra, Barcelona
- Ruddiman WF (2003) The Anthropogenic Greenhouse Era Began Thousands of Years Ago. *Climatic Change* 61 (3):261-293. doi:10.1023/B:CLIM.0000004577.17928.f8
- Ruddiman WF, Fuller DQ, Kutzbach JE, Tzedakis PC, Kaplan JO, Ellis EC, Vavrus SJ, Roberts CN, Fyfe R, He F, Lemmen C, Woodbridge J (2016) Late Holocene climate: Natural or anthropogenic? *Reviews of Geophysics*:n/a-n/a. doi:10.1002/2015RG000503

- Ruddiman WF, Kutzbach JE, Vavrus SJ (2011) Can natural or anthropogenic explanations of late-Holocene CO₂ and CH₄ increases be falsified? *The Holocene* 21 (5):865-8879. doi:doi:10.1177/0959683610387172
- Ruiz A (1988) Reflexiones sobre algunos conceptos de la Arqueología Espacial a partir de una experiencia: Íberos en el Alto Guadalquivir. *Arqueología Espacial* 12:157-172
- Sahlins M (1977) *Economía de la Edad de Piedra*. Akal, Madrid
- Sánchez A, Bellón JP, Rueda C (2005) Nuevos datos sobre la zona arqueológica de Marroquíes Bajos: el Quinto Foso. *2005* 62 (2):14. doi:10.3989/tp.2005.v62.i2.73
- Santisteban JI, Mediavilla R, Celis A, Castaño S, de la Losa A (2016) Millennial-scale cycles of aridity as a driver of human occupancy in central Spain? *Quaternary International* 407, Part A:96-109. doi:<http://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.02.021>
- Santley R, Hirth K (1993) Household Studies in Western Mesoamerica. En: Santley R, Hirth K (eds) *Prehispanic Domestic Units in Western Mesoamerica*. CRC Press, Boca Raton, pp 3-20
- Sanz Bretón JL, Morales Muñoz A (2000) Los restos faunísticos. En: Contreras Cortés F (ed) *Proyecto Peñalosa. Análisis histórico de las comunidades de la Edad del Bronce del Piedemonte meridional de Sierra Morena y Depresión Linares-Bailén*. Junta de Andalucía. Consejería de Cultura, Sevilla, pp 223-236
- Sarmiento G (1992) *Las primeras sociedades jerárquicas*. ENAH, México
- Sarrión Montaña I (1998) Clasificación preliminar de la fauna. En: De Pedro MJ (ed) *La Lloma de Betxí (Paterna, Valencia). Un poblado de la Edad del Bronce*. Servicio de Investigación Prehistórica. Diputación Provincial de Valencia, Valencia, pp 247-260
- Saurer M, Spahni R, Frank DC, Joos F, Leuenberger M, Loader NJ, McCarroll D, Gagen M, Poulter B, Siegwolf RTW, Andreu-Hayles L, Boettger T, Dorado Liñán I, Fairchild IJ, Friedrich M, Gutierrez E, Haupt M, Hiltunen E, Heinrich I, Helle G, Grudd H, Jalkanen R, Levanič T, Linderholm HW, Robertson I, Sonninen E, Treydte K, Waterhouse JS, Woodley EJ, Wynn PM, Young GHF (2014) Spatial variability and temporal trends in water-use efficiency of European forests. *Global Change Biology* 20 (12):3700-3712. doi:10.1111/gcb.12717
- Scarborough VL (2003) *The flow of power: ancient water systems and landscapes*. SAR press, Santa Fe, NM

- Scarborough VL, Lucero LJ (2010) The non-hierarchical development of complexity in the semitropics: water and cooperation. *Water History* 2:185-205. doi:DOI 10.1007/s12685-010-0026-z
- Schiffer MB (1990) Contexto arqueológico y contexto sistémico. *Boletín de Antropología Americana* 22:81-93
- Schmidt A (1983) *El concepto de naturaleza en Marx*. Biblioteca del Pensamiento Socialista, 4 edn. Siglo XXI editores, México D.F.
- Schubart H, Arteaga O, Pingel V (1985) Fuente Álamo. Informe preliminar sobre la excavación de 1985 en el poblado de la Edad del Bronce. *Ampurias Revista de prehistoria, arqueología y etnología* 47:70-107
- Schubart H, Arteaga O, Pingel V (2001) *Fuente Álamo: las excavaciones arqueológicas 1977-1991 en el poblado de la Edad del Bronce*. Sevilla: Consejería de Cultura., Sevilla
- Schubert BA, Jahren AH (2012) The effect of atmospheric CO₂ concentration on carbon isotope fractionation in C₃ land plants. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 96:29-43. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.gca.2012.08.003>
- Schüle W (1967) Feldbewässerung in Alt-Europa. *Madriider Mitteilungen* 8:79-99
- Schüle W (1986) El Cerro de la Virgen de la Cabeza, Orce-Granada: consideraciones sobre su marco ecológico y cultural. En: *Homenaje a Luis Siret (1934-1984)*. pp 208-220
- Schutzkowski H, Herrmann B, Wiedemann F, Bocherens H, Grupe G (1999) Diet, status and decomposition at Weingarten: trace element and isotope analyses on Early Mediaeval skeletal material. *Journal of Archaeological Science* 26:675-685
- Souvatzi SG (2008) *A social archaeology of households in Neolithic Greece. An anthropological approach*. Cambridge University Press, Cambridge
- Steward J (1955) *Theory of culture change. The methodology of multilineal evolution*. University of Illinois Press, Urbana
- Stewart GR, Turnbull MH, Schmidt S, Erskine PD (1995) ¹³C natural abundance in plant communities along a rainfall gradient: a biological integrator of water availability. *Australian Journal of Plant Physiology* 22:51-55
- Stika HP (2001) Resultados Arqueobotánicos de la Campaña de 1988 en Fuente Álamo. En: Schubart H, Pingel V, Arteaga O (eds) *Fuente Álamo. Las excavaciones arqueológicas 1977-1991 en el poblado de la Edad del Bronce*. Junta de Andalucía, Sevilla,

- Stokes H, Müldner G, Jenkins E (2011) An investigation into the archaeological application of carbon stable isotope analysis used to establish crop water availability: solutions and ways forwards. En: Mithen S, Black E (eds) *Water, life and civilisation: climate, environment, and society in the Jordan Valley*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 373-380
- Styring AK, Ater M, Hmimsa Y, Fraser R, Miller H, Neef R, Pearson JA, Bogaard A (2016) Disentangling the effect of farming practice from aridity on crop stable isotope values: A present-day model from Morocco and its application to early farming sites in the eastern Mediterranean. *The Anthropocene Review* 3 (1):2-22. doi:10.1177/2053019616630762
- Styring AK, Fraser RA, Arbogast RM, Halstead P, Isaakidou V, Pearson JA, Schafer M, Triantaphyllou S, Valamoti SM, Wallace M, Bogaard A, Evershed RP (2015) Refining human palaeodietary reconstruction using amino acid delta N-15 values of plants, animals and humans. *Journal of Archaeological Science* 53:504-515. doi:10.1016/j.jas.2014.11.009
- Sutton JEG (1978) Engaruka and its water. *Azania: Archaeological Research in Africa* 13:37-69
- Sutton JEG (1984) Irrigation and Soil-Conservation in African Agricultural History: With a Reconsideration of the Inyanga Terracing (Zimbabwe) and Engaruka Irrigation Works (Tanzania). *The Journal of African History* 25 (1):25-41. doi:10.1017/S0021853700022544
- Tambussi EA, Bort J, Araus JL (2007) Water use efficiency in C3 cereals under Mediterranean conditions: a review of some physiological aspects. En: N. L, Shatanawi M, Todorovic M, Bogliotti C, Albrizio R (eds) *Water use efficiency and water productivity: WASAMED Project*. Options Méditerranéennes: Série B. Etudes et Recherches, vol 57. CIHEAM, Bari
- Tans PP, Mook WG (1980) Past atmospheric CO₂ levels and the ¹³C/¹²C ratios in tree rings. *Tellus* 32:268-283
- Taylor W (1948) *A study of Archaeology*. Memoir of The American Anthropological Association, 69. The American Anthropological Association, Mensaha
- Teira-Brión A, Martín-Seijo M, Rey-Castiñeira J, Carballo-Arceo LX (2016) Almacenaje agrario y gestión forestal en la Edad del Hierro: el yacimiento de Castrovite (NW Iberia). Artículo presentado en Old and New Words: the global challenges of rural history. V Encontro Rural RePort=XV Congreso de Historia Agraria de la SEHA, Lisbon
- Teira Brión A (2013) Dentro y fuera del bosque. La gestión de *Prunus avium/cerasus* en época romana y medieval en el NW Ibérico. *Arkeogazte* 3:99-115

- Tereso JP, Bettencourt AMS, Ramil-Rego P, Teira-Brión A, López-Dóriga I, Lima A, Almeida R (2016) Agriculture in NW Iberia during the Bronze Age: A review of archaeobotanical data. *Journal of Archaeological Science: Reports* 10:44-58. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.07.011>
- Thomas J (1993) The politics of Vision and the Archaeologies of Landscapes. En: Bender B (ed) *Landscapes. Politics and Perspectives*. Berg Publishers, New York, pp 19-48
- Thomas J (2002) Archaeologies of place and landscape. En: Hodder I (ed) *Archaeological Theory Today*. Polity Press, Cambridge, pp 165-186
- Thorpe IJN (2001) Danish causewayed enclosures-temporary monuments? En: Darvill T, Thomas J (eds) *Neolithic Enclosures in Atlantic Northwest Europe*. Oxbow, Oxford, pp 190-203
- Tieszen LL (1991) Natural variations in the carbon isotope values of plants: implications for archaeology, ecology, and paleoecology. *Journal of Archaeological Science* 18:227-248
- Tilley C (1994) *A phenomenology of landscapes: places, paths and monuments*. Berg Publishers, Oxford
- Toledo V (1993) La racionalidad ecológica de la producción campesina. En: Sevilla Guzmán E, González de Molina M (eds) *Ecología, Campesinado e Historia*. La Catarata, pp 197-219
- Tormo Cuñat C (2015) Ganaderos y cazadores. La gestión de los recursos animales. En: De Pedro MJ, Soler Mayor B (eds) *Vivir junto al Turia hace 4.000 años. La Lloma del Betxí*. Museu de Prehistòria de València, Àrea de Cultura. Diputació de València, Valencia, pp 88-93
- Towers J, Mainland I, Montgomery J, Bond J (2017) Calving seasonality at Pool, Orkney during the first millennium AD: an investigation using intra-tooth isotope ratio analysis of cattle molar enamel. *Environmental Archaeology* 22 (1):40-55. doi:10.1080/14614103.2015.1116214
- Trigger BG (1992) *Historia del pensamiento arqueológico*. Crítica, Barcelona
- Urey HC (1947) The thermodynamic properties of isotopic substances. *Journal of the Chemical Society (Resumed)* (0):562-581. doi:10.1039/JR9470000562
- Vaiglova P, Snoeck C, Nitsch E, Bogaard A, Lee-Thorp JA (2014) Impact of contamination and pre-treatment on stable carbon and nitrogen isotopic composition of charred plant remains. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 28:2497-2510

- Velis SA (2011) *El paisaje agrario aterrazado: Diálogo entre el hombre y el medio en Petrer (Alicante)*. Publicacions de la Universitat de València,
- Wagner F, Bohncke SJP, Dilcher DL, Kürschner WM, Geel Bv, Visscher H (1999) Century-Scale Shifts in Early Holocene Atmospheric CO₂ Concentration. *Science* 284 (5422):1971-1973. doi:10.1126/science.284.5422.1971
- Wallace M, Jones GEM, Charles M, Fraser R, Halstead P, Heaton THE, Bogaard A (2013) Stable carbon isotope analysis as a direct means of inferring crop water status and water management practices. *World Archaeology* 45 (3):388-409. doi:10/10.080/00438243.2013.821671
- Wallace MP, Jones G, Charles M, Fraser R, Heaton THE, Bogaard A (2015) Stable Carbon Isotope Evidence for Neolithic and Bronze Age Crop Water Management in the Eastern Mediterranean and Southwest Asia. *PLoS ONE* 10 (6):e0127085. doi:10.1371/journal.pone.0127085
- Watson PJ, LeBlanc SA, Redman CL (1974) *El método científico en Arqueología*. Alianza Editorial, Madrid
- Weiss H, Courty MA, Wetterstrom W, Guichard F, Senior L, Meadow R, Curnow A (1993) The genesis and the collapse of Third Millenium North Mesopotamian Civilization. *Science*:995-1004
- Wesley Cowan C, Watson PJ (1992) *The Origins of Agriculture. An International Perspective*. Smithsonian Institution Press, Washington & London
- White LA (1949) *The science of Culture: A Study of Man and Civilization*. Farrar, Strau and Company, New York
- Wilk RR, Rathje WL (1982) Household archaeology. *American Behavioral Scientist* 24, 6:617-639
- Wilkinson TJ (1997) Environmental fluctuations, agricultural production and collapse: a view from Bronze Age Upper Mesopotamia. En: Nüzhet D, Kukla G, Weiss H (eds) *Third Millenium B.C. Climate change and old World collapse*. Springer, pp 67-106
- Willcox G Archaeobotanical evidence for the beginnings of agriculture in South west Asia. In: Damania A, Valkoun J, Willcox G, Qualset CO (eds) *The origins of agriculture and crop domestication*, Aleppo, Siria, 1998. ICARDA
- Wittfogel KA (1957) *Oriental despotism. A comparative study of total power*. Yale University Press, New Haven

- Wittfogel KA (1969) Results and Problems of the Study of Oriental Despotism. *The Journal of Asian Studies* 28 (2):357-365. doi:10.2307/2943008
- Yanes Y, Romanek CS, Molina F, Cámara JA, Delgado A (2011) Holocene paleoenvironment (~7200–4000 cal BP) of the Los Castillejos archaeological site (SE Spain) inferred from the stable isotopes of land snail shells. *Quaternary International* 244 (1):67-75. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2011.04.031>
- Zafra de la Torre N, Castro López M, Hornos Mata F (2003) Sucesión y simultaneidad en un gran asentamiento: la cronología de la macro-aldea de Marroquíes Bajos, Jaén. c. 2500-2000 cal ANE. *2003* 60 (2):12. doi:10.3989/tp.2003.v60.i2.82
- Zafra de la Torre N, Hornos Mata F, Castro López M (1999) Una macro-aldea en el origen del modo de vida campesino: Marroquíes Bajos (Jaén) c. 2500-2000 cal. ANE. *1999* 56 (1):26. doi:10.3989/tp.1999.v56.i1.291
- Zafra N (1991) Excavaciones arqueológicas en el Cerro del Alcázar (Baeza, Jaén). Campaña de 1989. Informe previo. *Anuario Arqueológico de Andalucía* Tomo III:328-337
- Zafra N, Pérez-Bareas C (1992) Excavaciones arqueológicas en el Cerro del Alcázar de Baeza. Campaña de 1990. Informe Preliminar. *Anuario Arqueológico de Andalucía* Tomo III:294-303
- Zafra N, Pérez-Bareas C (1993) Excavaciones en el Cerro del Alcázar de Baeza. Campaña de 1991. *Anuario Arqueológico de Andalucía* Tomo III:248-250
- Zamora López JA (1997) *Sobre el modo de producción asiático en Ugarit*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Zaragoza
- Zamora M (2010) El territorio y el Poblado del Cerro de la Cruz. En: Muñiz Jaén I, Quesada Sanz F (eds) *Un drama en tres actos. Dos milenios de ocupación humana en el Cerro de la Cruz (Almedinilla, Córdoba)*. Almedinilla (Córdoba), pp 49-65
- Zhao Z (1998) The Middle Yangtze region in China is one place where rice was domesticated: phytolith evidence from Diaotonghuan Cave, Northern Jiangxi. *Antiquity* 72:885-897
- Zohary D, Hopf M, Weiss E (2012) *Domestication of Plants in the Old World: The Origin and Spread of Domesticated Plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin*. OUP Oxford

TABLAS

FIGURAS

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. YACIMIENTOS Y ESPECIES MUESTREADAS EN ESTE TRABAJO, DONDE SE RECOGE EL NÚMERO TOTAL SEMILLAS DE CEREALES, LEGUMINOSAS, LAS PLANTAS SILVESTRES Y EL NÚMERO FINAL DE RESTOS ARQUEOBOTÁNICOS ANALIZADOS.	33
TABLA 2. MUESTREOS PARA LA ZONA DE VILLENA SEGÚN NÚMERO DE PARCELA, NÚMERO DE ESTUDIO (ID), ESPECIE, RÉGIMEN (SECANO O REGADÍO), Y COORDENADAS U.T.M.	37
TABLA 3. MUESTREOS PARA LA ZONA DE GALERA, SEGÚN NÚMERO DE PARCELA, NÚMERO DE ESTUDIO (ID), ESPECIE, RÉGIMEN (SECANO O REGADÍO), Y COORDENADAS U.T.M.	38
TABLA 4. MUESTREOS PARA LA ZONA DE BAÑOS DE LA ENCINA SEGÚN NÚMERO DE PARCELA, NÚMERO DE ESTUDIO (ID), ESPECIE, RÉGIMEN (SECANO O REGADÍO), Y COORDENADAS U.T.M.....	39
TABLA 5. MUESTREOS PARA LA ZONA DE ÚBEDA SEGÚN NÚMERO DE PARCELA, NÚMERO DE ESTUDIO (ID), ESPECIE, RÉGIMEN (SECANO O REGADÍO), Y COORDENADAS U.T.M.	40
TABLA 6. MUESTREOS PARA LA ZONA DE ALANGE SEGÚN NÚMERO DE PARCELA, NÚMERO DE ESTUDIO (ID), ESPECIE, RÉGIMEN (SECANO O REGADÍO), Y COORDENADAS U.T.M.	41
TABLA 7. MUESTREOS PARA EL ÁREA DE GALICIA, SEGÚN NÚMERO DE PARCELA, NÚMERO DE ESTUDIO (ID), ESPECIE, RÉGIMEN (SECANO O REGADÍO), Y COORDENADAS U.T.M.	43
TABLA 8. MUESTRAS ANALIZADAS PARA EL CASO DEL ESTADO ESPAÑOL, SEGÚN ASENTAMIENTO, COORDENADAS, ESPECIES Y FUENTE.	54
TABLA 9. PAÍSES ACTUALES DE EUROPA Y LA CUENCA DEL MEDITERRÁNEO DE DONDE PROVIENEN LOS DATOS ISOTÓPICOS PUBLICADOS PARA PLANTAS ARQUEOLÓGICOS O ACTUALES CITADOS A LO LARGO DE ESTA TESIS DOCTORAL.	55
TABLA 10. MUESTREO REALIZADO EN EL ASENTAMIENTO DE TERLINQUES SEGÚN NÚMERO DE ESTUDIO (ID), ESPECIES, DATACIÓN (CAL. A.N.E.) Y CONTEXTO ARQUEOLÓGICO.....	64
TABLA 11. MUESTRAS ESTUDIADAS, ESPECIES, DATACIÓN, COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEI) Y COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CO_2 ATMOSFÉRICO ($\Delta^{13}\text{C}$). LAS MUESTRAS MODERNAS APARECEN ORDENADAS POR PARCELAS.	67
TABLA 12. MUESTREO REALIZADO EN EL ASENTAMIENTO DE LA LLOMA DE BETXÍ, SEGÚN EL NÚMERO DE ESTUDIO (ID), LA DENOMINACIÓN DE LA MUESTRA DURANTE LOS TRABAJOS DE EXCAVACIÓN, ESPECIES (CON NÚMERO DE MUESTRAS), CONTEXTO ARQUEOLÓGICO, NIVEL ESTRATIGRÁFICO Y DATACIÓN RADIOCARBÓNICA.	72
TABLA 13. RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ASENTAMIENTO DE LA LLOMA DE BETXÍ SEGÚN ESPECIES, DATACIÓN, NIVEL ESTRATIGRÁFICO, COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}\%$), DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEI) Y COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO DEL CO_2 ATMOSFÉRICO. PARA TODAS LAS MUESTRAS, LA CONCENTRACIÓN DE CO_2 ATMOSFÉRICO ES DE ≈ 278 P.P.M.....	74
TABLA 14. MUESTREOS REALIZADOS EN EL ASENTAMIENTO DE MARROQUÍES BAJOS SEGÚN NÚMERO DE ESTUDIO (ID), ESPECIE (NÚMERO DE MUESTRAS), DATACIÓN, PARCELA Y CONTEXTO (NIVEL ESTRATIGRÁFICO).....	80
TABLA 15. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS PERTENECIENTES AL YACIMIENTO DE MARROQUÍES BAJOS, SEGÚN PARCELA, ESPECIE (NÚMERO DE MUESTRAS), COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}\%$), DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEI). PARA TODAS LAS MUESTRAS, LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO Y LA CONCENTRACIÓN DEL CO_2 ATMOSFÉRICO ES DE $-6,34$ Y ≈ 278 P.P.M. RESPCTIVAMENTE.	81
TABLA 16. MUESTREO REALIZADO EN EL ASENTAMIENTO DE VILLAVIEJA SEGÚN NÚMERO DE ESTUDIO (ID), ESPECIE (NÚMERO DE MUESTRAS), DATACIÓN, CONTEXTO Y RESULTADOS OBTENIDOS.	85

TABLA 17. MUESTREO REALIZADO EN EL ASENTAMIENTO DE ERAS DEL ALCÁZAR, SEGÚN NÚMERO DE ESTUDIO (ID), ESPECIE (NÚMERO DE MUESTRAS), DATACIÓN Y CONTEXTO. NÓTESE EL MARCO TEMPORAL MUESTREADO.	91
TABLA 18. RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ASENTAMIENTO DE ERAS DEL ALCÁZAR SEGÚN ESPECIES, DATACIÓN, COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}\%$), DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEI) Y COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO DEL CO_2 ATMOSFÉRICO. PARA TODAS LAS MUESTRAS, LA CONCENTRACIÓN DE CO_2 ATMOSFÉRICO ES DE ≈ 278 P.P.M.....	95
TABLA 19. RESULTADOS OBTENIDOS PARA LAS PLANTAS ACTUALES (2015) ANALIZADAS EN EL ENTORNO DEL ASENTAMIENTO DE ERAS DEL ALCÁZAR SEGÚN PARCELA, ESPECIES, COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}\%$), DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEI) Y COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO DEL CO_2 ATMOSFÉRICO. PARA TODAS LAS MUESTRAS, LA $\Delta^{13}\text{C}\%$ Y CONCENTRACIÓN DE CO_2 ATMOSFÉRICO ES DE -8,6 Y ≈ 399 P.P.M. RESPECTIVAMENTE.	96
TABLA 20. MUESTREOS REALIZADOS EN EL ASENTAMIENTO DEL CERRO DEL ALCÁZAR SEGÚN NÚMERO DE ESTUDIO (ID), ESPECIE (NÚMERO DE MUESTRAS), DATACIÓN, FASE Y CONTEXTO.....	98
TABLA 21. VALORES MEDIOS PARA LAS MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS ANALIZADAS EN EL CERRO DEL ALCÁZAR (BAEZA, JAÉN) DE ACUERDO CON LAS ESPECIES ESTUDIADAS (NÚMERO DE MUESTRAS), LA FASE DE PERTENENCIA, LOS VALORES DE COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), DE DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEI) Y COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ATMOSFÉRICO ($\Delta^{13}\text{C}_{\text{ATM}}$). PARA TODAS LAS MUESTRAS, LA CONCENTRACIÓN DE CO_2 (P.P.M.) ES DE ≈ 278	99
TABLA 22. RESULTADOS OBTENIDOS EN EL YACIMIENTO DE PLAZA DE ARMAS DE SEVILLEJA (ESPELUY, JAÉN) SEGÚN NÚMERO DE ESTUDIO (ID), LA ESPECIE (NÚMERO DE MUESTRAS), DATACIÓN, CONTEXTO, COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}\%$), DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}\%$) Y EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEI). LA $\Delta^{13}\text{C}\%$ DEL CO_2 ATMOSFÉRICO PARA LA ÉPOCA ES DE -6,39 Y LA CANTIDAD DE CO_2 ES DE ≈ 278 P.P.M.	102
TABLA 23. VALORES OBTENIDOS PARA LAS MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS (1850-1450 CAL. A.N.E.) ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE PEÑALOSA, DE ACUERDO CON EL PUNTO DE MUESTREO, EL NÚMERO DE STUDIO (ID), ESPECIE (NÚMERO DE MUESTRAS), COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), WUEI (EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA). PARA TODAS LAS MUESTRAS LA CONCENTRACIÓN DE CO_2 (P.P.M.) HA SIDO DE ≈ 278 Y LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO EN EL CO_2 ($\Delta^{13}\text{C}_{\text{ATM}}\%$) ES -6,43%.....	108
TABLA 24. VALORES OBTENIDOS PARA LAS PLANTAS ACTUALES ANALIZADAS EN ESTE ESTUDIO, DE ACUERDO CON LA PARCELA, LA ESPECIE (NÚMERO DE ESPECIES), AÑO, COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), Y EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEI). PARA TODAS LAS MUESTRAS LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CABONO DEL CO_2 ($\Delta^{13}\text{C}_{\text{ATM}}\%$) ES DE -8.6% Y LA CONCENTRACIÓN DE CO_2 (P.P.M.) ES ≈ 397 Y ≈ 399 PARA LOS AÑOS 2014 Y 2015 RESPECTIVAMENTE.	109
TABLA 25. VALORES OBTENIDOS PARA LAS MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS (CEREALES) ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO PEÑALOSA, SEGÚN LA UNIDAD HABITACIONAL (H.U) Y LA TERRAZA, LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), LA DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), Y LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEI). PARA TODAS LAS MUESTRAS LA CONCENTRACIÓN DE CO_2 (PPM) HA SIDO DE ≈ 278 Y LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO DEL CO_2 ($\Delta^{13}\text{C}_{\text{ATM}}\%$) ES -6,43.	110
TABLA 26. MUESTREO Y VALORES OBTENIDOS PARA EL ASENTAMIENTO DE CASTELLÓN ALTO, SEGÚN NÚMERO DE ESTUDIO (ID), CONTEXTO, ESPECIE (NÚMERO DE MUESTRAS), DATACIÓN, COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) Y EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEI). LA CANTIDAD DE CO_2 ATMOSFÉRICO (P.P.M.) ES DE ≈ 278 PARA LAS	

MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS, ≈ 397 Y ≈ 399 PARA LAS PLANTAS ACTUALES (2014 Y 2015 RESPECTIVAMENTE). LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO DEL CO ₂ ($\Delta^{13}\text{C}_{\text{ATM}}$) ES DE -6,43‰ EN EL PASADO Y -8,6‰ EN EL PRESENTE.....	115
TABLA 27. MUESTREO REALIZADO EN EL ASENTAMIENTO DEL CERRO DE LA CRUZ SEGÚN NÚMERO DE ESTUDIO (ID), ESPECIE (NÚMERO DE MUESTRAS), DATACIÓN (CAL. A.N.E.) Y CONTEXTO.....	120
TABLA 28. VALORES MEDIOS PARA LAS MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS ANALIZADAS EN EL CERRO DE LA CRUZ (ALMEDINILLA, CÓRDOBA), DE ACUERDO CON LAS ESPECIES ESTUDIADAS (NÚMERO DE MUESTRAS), LA FASE DE PERTENENCIA, LOS VALORES DE COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), DE DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) Y EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEi). PARA TODAS LAS MUESTRAS, LA LA $\Delta^{13}\text{C}$ Y LA CONCENTRACIÓN DE CO ₂ ATMOSFÉRICO ES -6,44‰ Y ≈ 278 P.P.M. RESPECTIVAMENTE.....	120
TABLA 29. MUESTREO REALIZADO EN EL ASENTAMIENTO DEL CERRO DEL CASTILLO DE ALANGE SEGÚN NÚMERO DE ESTUDIO (ID), ESPECIE (NÚMERO DE MUESTRAS), DATACIÓN (CAL. A.N.E.), FASE, CORTE Y NIVEL.....	125
TABLA 30. RESULTADOS OBTENIDOS PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL CERRO DEL CASTILLO DE ALANGE, SEGÚN ESPECIE (NÚMERO DE MUESTRAS), DATACIONES, COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) Y EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEi); PARA TODAS LAS MUESTRAS LA CONCENTRACIÓN DE CO ₂ ATMOSFÉRICO ES DE ≈ 278 P.P.M.....	128
TABLA 31. VALORES OBTENIDOS PARA LAS MUESTRAS ACTUALES (2014 Y 2015), DE ACUERDO CON LA IDENTIFICACIÓN DE LAS PARCELAS, ESPECIES (NÚMERO DE MUESTRAS), AÑO, COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) Y EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEi); PARA TODAS LAS MUESTRAS LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO DEL CO ₂ ($\Delta^{13}\text{C}_{\text{ATM}}\text{‰}$) ES -8.6‰.....	128
TABLA 32. RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL ASENTAMIENTO DE A FONTELA, SEGÚN NÚMERO DE ESTUDIO (ID), ESPECIE (NÚMERO DE MUESTRAS), DATACIÓN, COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) Y WUEi (EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA). LA $\Delta^{13}\text{C}$ DE LA ATMÓSFERA ES DE -6,52 Y -8,6‰ PARA LAS MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS Y ACTUALES RESPECTIVAMENTE. LA CONCENTRACIÓN DE CO ₂ ES DE ≈ 278 P.P.M PARA EL PASADO, ≈ 397 P.P.M EN EL AÑO 2014 Y ≈ 399 P.P.M. EN EL AÑO 2015.....	134
TABLA 33. MUESTREO REALIZADO EN EL ASENTAMIENTO DE CASTROVITE, SEGÚN NÚMERO DE ESTUDIO (ID), ESPECIE (NÚMERO DE MUESTRAS), DATACIÓN, CONTEXTO Y NIVEL ESTRATIGRÁFICO (CAPA).....	139
TABLA 34. VALORES MEDIOS PARA LAS MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS ANALIZADAS EN EL CASTROVITE (A ESTRADA, LUGO) DE ACUERDO CON LAS ESPECIES ESTUDIADAS (NÚMERO DE MUESTRAS), LA DATACIÓN, EL CONTEXTO, LOS VALORES DE COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), DE DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) Y DE LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEi); LA CONCENTRACIÓN DE CO ₂ (P.P.M.) ES DE ≈ 278 Y ≈ 397 PARA LAS MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS Y MODERNAS RESEPECTIVAMENTE; LA $\Delta^{13}\text{C}$ DEL CO ₂ ATMOSFÉRICO ES -6,44 PARA EL SIGLO II, -6,47‰ PARA EL SIGLO IV A.N.E. Y -8,6‰ PARA EL PRESENTE.....	140
TABLA 35. VALORES OBTENIDOS PARA LAS MUESTRAS ACTUALES (AÑOS 2014 Y 2015) ANALIZADAS EN ESTA TESIS, SEGÚN PARCELA, NÚMERO DE ESTUDIO (ID), ESPECIE (CON NÚMERO DE MUESTRAS), AÑO, COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) Y EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA (WUEi).....	155
TABLA 36. COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) Y EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEi) PARA LOS CEREALES ARQUEOLÓGICOS Y MODERNOS (IRRIGADOS Y DE SECANO) Y LAS ACÍCULAS DE PINO ANALIZADOS EN ESTE ESTUDIO. NÓTESE QUE WUEi INTEGRA $\Delta^{13}\text{C}$ Y LA CONCENTRACIÓN DE CO ₂ ATMOSFÉRICO.....	157
TABLA 37. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS PERTENECIENTES AL YACIMIENTO DE MARROQUÍES BAJOS, SEGÚN ESPECIE (NÚMERO DE MUESTRAS), COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}\text{‰}$),	

DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEI). PARA TODAS LAS MUESTRAS, LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO Y LA CONCENTRACIÓN DEL CO_2 ATMOSFÉRICO ES DE $-6,34$ Y ≈ 278 P.P.M. RESPECTIVAMENTE..... 163

TABLA 38. VALORES MEDIOS PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN ESTE ESTUDIO, DE ACUERDO CON LAS ESPECIES, LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$), LA DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) Y LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEI). PARA LA CONCENTRACIÓN DE CO_2 (P.P.M) Y LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO DEL CO_2 ATMOSFÉRICO ($\Delta^{13}\text{C}_{\text{ATM}}\%$) VER TABLAS 29, 30 Y 31. 185

LISTA DE FIGURAS

FIG. 1. CORRELACIÓN ENTRE EVENTOS CLIMÁTICOS, HÍDRICOS Y POLÍNICOS EN EL ÁREA MEDITERRÁNEA (JALUT ET AL. 2009).....	18
FIG. 2. PLANIMETRÍA DONDE SE APRECIA LA CISTERNA HALLADA EN EL ASENTAMIENTO DE PEÑALOSA (BAÑOS DE LA ENCINA, JAÉN).....	20
FIG. 3. IMAGEN CENTAL DEL ASENTAMIENTO DE PEÑALOSA, DONDE SE OBSERVA LA CISTERNA.....	20
FIG. 4. FOTOGRAFÍA DE LA CISTERNA HALLADA EN EL ASENTAMIENTO DE CASTELLÓN ALTO (GALERA, GRANADA).....	21
FIG. 5. VISTA CENTAL DE PARTE DEL ASENTAMIENTO DE LA BASTIDA (TOTANA, MURCIA) DONDE SE OBSERVA LA CISTERNA HALLADA EN LAS EXCAVACIONES REALIZADAS (LULL ET AL. 2015).....	22
FIG. 6. PLANO DE LA CISTERNA HALLADA EN EL YACIMIENTO DE LA BASTIDA (TOTANA, MURCIA).....	22
FIG. 7. PLANIMETRÍA DEL ASENTAMIENTO DE LA MOTILLA DEL AZUER (DAIMIEL, CIUDAD REAL), DONDE SE PUEDE OBSERVAR EL POZO HALLADO DURANTE LAS EXCAVACIONES, EN EL CENTRO DE LA IMAGEN (LÓPEZ SÁEZ ET AL. 2014).....	23
FIG. 8. VISTA DEL POZO HALLADO EN LAS EXCAVACIONES DEL ASENTAMIENTO DE LA MOTILLA DEL AZUER (DAIMIEL, CIUDAD REAL) (LÓPEZ SÁEZ ET AL. 2014).....	24
FIG. 9. CRONOLOGÍA DE LOS NIVELES MUESTREADOS EN CADA UNO DE LOS ASENTAMIENTOS.....	32
FIG. 10. LOCALIZACIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS ESTUDIADOS EN ESTA TESIS SEGÚN: A) MAPA GENERAL; B) PLUVIOMETRÍA MEDIA ANUAL; C) EVAPOTRANSPIRACIÓN; D) ÍNDICE DE ARIDEZ; E) HUMEDAD; F) DURACIÓN DEL PERIODO SECO. DEBE TENERSE EN CUENTA QUE ALGUNOS DE ESTOS FACTORES PUEDEN VARIAR A UNA ESCALA MÁS LOCAL.....	34
FIG. 11. MOLINO DE BOLAS UTILIZADO EN ESTE TRABAJO.....	46
FIG. 12. ANALIZADOR ELEMENTAL CARLO ELBA NA1500 (MILAN, ITALIA), UTILIZADO EN ESTE TRABAJO.....	46
FIG. 13. ESPECTÓMETRO DE MASAS (EA-IRMS) DELTA PLUS XL (THERMOQUEST, BREMEN, ALEMANIA), UTILIZADO EN ESTE TRABAJO.....	47
FIG. 14. MAPA CON LA LOCALIZACIÓN DEL ASENTAMIENTO DE TERLINQUES (VILLENA, ALICANTE). SE INDICAN LOS LÍMITES DE LA LAGUNA DE VILLENA (ACTUALMENTE DESECADA) Y LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LAS SEMILLAS MODERNAS (AÑOS 2014 Y 2015), MARCADOS CON ESPIGAS DE CEREAL PARA EL TRIGO Y LA CEBADA Y CON ÁRBOLES PARA EL PINO.....	61
FIG. 15. PLANIMETRÍA DEL ASENTAMIENTO DE TERLINQUES, DONDE SE SEÑALA, EN ROJO LA SUPERFICIE APROXIMADA DE LA UNIDAD HABITACIONAL I (IMAGEN MODIFICADA A PARTIR DE JOVER MAESTRE Y LÓPEZ PADILLA 2016).....	62
FIG. 16. PLANIMETRÍA DE LA UNIDAD HABITACIONAL I DONDE SE SEÑALA LA LOCALIZACIÓN DE DIFERENTES ELEMENTOS DE LA CULTURA MATERIAL HALLADA EN EL ASENTAMIENTO DE TERLINQUES, ENTRE LOS CUÁLES SE ENCUENTRAN LOS RESTOS ARQUEOBOTÁNICOS (CEREALES Y CARBONES) (JOVER MAESTRE Y LÓPEZ PADILLA 2016).....	63
FIG. 17. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE TERLINQUES (VILLENA, ALICANTE).....	68
FIG. 18. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE TERLINQUES (VILLENA, ALICANTE).....	68
FIG. 19. MAPA CON LA LOCALIZACIÓN DEL ASENTAMIENTO DE LA LLOMA DE BETXÍ.....	70
FIG. 20 GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE LA LLOMA DE BETXÍ (PATERNA, VALENCIA).....	75

FIG. 21. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE LA LLOMA DE BETXÍ (PATERNA, VALENCIA).....	75
FIG. 22. MAPA CON LA LOCALIZACIÓN DEL ASENTAMIENTO DE MARROQUÍES BAJOS (JAÉN) (CÍRCULO ROJO).	77
FIG. 23. TRAZADO HIPOTÉTICO DE LOS SEIS FOSOS DE MARROQUÍES BAJOS (JAÉN) CON LA LOCALIZACIÓN DEL SOLAR DE LA CIUDAD DE LA JUSTICIA EN GRIS OSCURO (ARANDA JIMÉNEZ ET AL. 2017).	78
FIG. 24. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE MARROQUÍES BAJOS (JAÉN).	82
FIG. 25. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE MARROQUÍES BAJOS (JAÉN).	82
FIG. 26. MAPA CON LA LOCALIZACIÓN DEL ASENTAMIENTO DE VILLAVIEJA (ALGARINEJO, GRANADA) (CÍRCULO ROJO).....	84
FIG. 27. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE VILLAVIEJA (ALGARINEJO, GRANADA).	86
FIG. 28. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE VILLAVIEJA (ALGARINEJO, GRANADA).	86
FIG. 29. MAPA CON LA LOCALIZACIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS DE ERAS DEL ALCÁZAR (ÚBEDA, JAÉN) (CÍRCULO ROJO) Y CERRO DEL ALCÁZAR (BAEZA, JAÉN) (CUADRADO ROJO). LOS TRIÁNGULOS AMARILLOS INDICAN LOS MUESTREOS ACTUALES (AÑO 2015).	87
FIG. 30. PROCESO CONSTRUCTIVO OBSERVADO EN ÚBEDA A LO LARGO DEL III MILENIO: 3000 A.N.E. (A), 2200 (B) Y 2000 (C) (NOCETE ET AL. 2010)	89
FIG. 31. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE ERAS DEL ALCÁZAR (ÚBEDA, JAÉN).	93
FIG. 32. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE ERAS DEL ALCÁZAR (ÚBEDA, JAÉN).	93
FIG. 33. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DEL CERRO DEL ALCÁZAR (BAEZA, JAÉN).	100
FIG. 34. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DONDE SE MUESTRAN LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DEL CERRO DEL ALCÁZAR (BAEZA, JAÉN).....	100
FIG. 35. MAPA CON LA LOCALIZACIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS DE PEÑALOSA (BAÑOS DE LA ENCINA, JAÉN) (CÍRCULO ROJO) Y CERRO DE PLAZA DE ARMAS DE SEVILLEJA (ESPELUY, JAÉN) (CUADRADO ROJO). NÓTESE LOS EMBALSES ARTIFICIALES (ÁREAS AZULES) CONSTRUIDAS EN EL SIGLO XX. LOS TRIÁNGULOS INDICAN LAS MUESTRAS DEL PRESENTE (AÑOS 2014 Y 2015).	102
FIG. 36. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE CERRO DE PLAZA DE ARMAS DE SEVILLEJA (ESPELUY, JAÉN).....	103
FIG. 37. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA DISCRIMINACIÓN ISOTOPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE CERRO DE PLAZA DE ARMAS DE SEVILLEJA (ESPELUY, JAÉN).....	103

FIG. 38. VISTA ÁREA DEL ASENTAMIENTO DE PEÑALOSA Y LOCALIZACIÓN DE CADA DE LAS UNIDADES HABITACIONALES MUESTREADAS.....	105
FIG. 39. PLANIMETRÍA DE LA UNIDAD DE HABITACIÓN IV, DONDE PUEDE VERSE EL LUGAR EN EL QUE SE RECOGIERON LAS MUESTRAS 14304 (1) Y 14581 (2).....	106
FIG. 40. PLANIMETRÍA DONDE PUEDE VERSE LA UNIDAD DE HABITACIÓN VI Y LA LOCALIZACIÓN DE LAS MUESTRAS 15064-1 (1), 15074-1 (2), 15076 (3) Y 15510 (4).....	107
FIG. 41. PLANIMETRÍA DE LA UNIDAD DE HABITACIÓN III DONDE SE OBSERVAN LAS MUESTRAS 20083 (1), 20095 Y 20095-LEG (2) Y 20183 (3).....	107
FIG. 42. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS DE COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE PEÑALOSA (BAÑOS DE LA ENCINA, JAÉN).	111
FIG. 43. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS DE DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE PEÑALOSA (BAÑOS DE LA ENCINA, JAÉN).....	112
FIG. 44. MAPA CON LA LOCALIZACIÓN DEL ASENTAMIENTO DE CATELLÓN ALTO (GALERA, GRANADA). LOS TRIÁNGULOS AMARILLOS INDICAN LOS MUESTREOS REALIZADOS EN LA ACTUALIDAD (AÑOS 2014 Y 2015).....	113
FIG. 45. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE CASTELLÓN ALTO (GALERA, GRANADA).....	116
FIG. 46. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE CASTELLÓN ALTO (GALERA, GRANADA).....	116
FIG. 47. MAPA CON LA LOCALIZACIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CERRO DE LA CRUZ (ALMEDINILLA, CÓRDOBA) (CÍRCULO ROJO).....	118
FIG. 48. PLANIMETRÍA DEL ASENTAMIENTO DE CERRO DE LA CRUZ, DONDE SE OBSERVAN LOS CONTEXTOS DELIMITADOS EN LAS CAMPAÑAS DE EXCAVACIÓN. EN ROJO, EL PERÍMETRO DE LA HABITACIÓN DONDE SE ENCONTRARON LAS ÁNFORAS MUESTREADAS (IMAGEN MODIFICADA A PARTIR DE LA FIGURA CEDIDA POR F. QUESADA).	119
FIG. 49. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DEL CERRO DE LA CRUZ (ALMEDINILLA, CÓRDOBA).	121
FIG. 50. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DEL CERRO DE LA CRUZ (ALMEDINILLA, CÓRDOBA).	121
FIG. 51. MAPA CON LA LOCALIZACIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CERRO DEL CASTILLO DE ALANGE, CON DELIMITACIÓN DEL TERRITORIO COMPRENDIDO EN 5KM A LA REDONDE Y LA SITUACIÓN DE LOS MUESTREOS ACTUALES LLEVADOS A CABO (AÑOS 2014 Y 2015).	123
FIG. 52. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DEL CERRO DEL CASTILLO DE ALANGE (ALANGE, BADAJOZ).....	129
FIG. 53. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DEL CERRO DEL CASTILLO DE ALANGE (ALANGE, BADAJOZ).....	129
FIG. 54. MAPA CON LA LOCALIZACIÓN DE LOS YACIMIENTOS DE A FONTELA (CÍRCULO ROJO) Y CASTROVITE (CUADRADO ROJO). LOS TRIÁNGULOS AMARILLOS REPRESENTAN LAS PARCELAS MODERNAS MUESTREADAS (AÑOS 2014 Y 2015).	131
FIG. 55. PLANO DE LOCALIZACIÓN DE LA ZONA MUESTREADA EN EL ASENTAMIENTO DE A FONTELA (SEÑALADO EN ROJO). LAS ESTRUCTURAS SOMBREADAS EN COLOR GRIS PERTENECEN AL BRONCE	

FINAL (IMAGEN CREADA POR ANDRÉS TEIRA BRIÓN A PARTIR DE LA INFORMACIÓN FACILITADA POR LORENA VIDAL CAEIRO, DE LA EMPRESA ZETA ARQUEOLOXÍA S.L.).	132
FIG. 56 (A Y B). FOTOGRAFÍAS DEL CONTEXTO MUESTREADO EN A FONTELA (MO19) (IMAGEN FACILITADA POR LORENA VIDAL CAEIRO, DE LA EMPRESA ZETA ARQUEOLOXÍA S.L.)	133
FIG. 57. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE A FONTELA (PALAS DE REI, LUGO).	135
FIG. 58. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE A FONTELA (PALAS DE REI, LUGO).	135
FIG. 59. SUPERPOSICIÓN DE ORTOFOTOGRAFÍA Y PLANIMETRÍA DEL ASENTAMIENTO DE CASTROVITE (REY CASTIÑEIRA ET AL. 2011).	137
FIG. 60. DETALLE DE SUPERPOSICIÓN DE LA ORTOGRAFÍA Y PLANIMETRÍA DEL ASENTAMIENTO DE CASTROVITE, CON LA LOCALIZACIÓN DE LOS SONDEOS REALIZADOS (REY CASTIÑEIRA ET AL. 2011).	137
FIG. 61. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE CASTROVITE (A ESTRADA, PONTEVEDRA).	139
FIG. 62. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE CASTROVITE (A ESTRADA, PONTEVEDRA).	141
FIG. 63. DIAGRAMA PROPUESTO POR WALLACE ET AL. (2013), EL CUAL INCLUYE LOS VALORES PLANTEADOS POR ARAUS ET AL. (1997) PARA EL TRIGO (17,5) Y LA CEBADA (18).	147
FIG. 64. RELACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS PARA LA DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) Y EL RÉGIMEN HÍDRICO PARA GRANOS DE CEBADA CULTIVADOS EN LA ACTUALIDAD, SEGÚN FLOHR ET AL. (2011).	148
FIG. 65. GRÁFICO DE BARRAS CON LOS RESULTADOS PARA LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEi) DE LAS MUESTRAS ACTUALES (AÑOS 2014 Y 2015) CULTIVADAS EN CONDICIONES DE SECANO, SEGÚN EL ASENTAMIENTO O ÁREA DE ESTUDIO. SE SEÑALAN LOS LÍMITES PARA CONDICIONES DE CULTIVO CALCULADOS A PARTIR DE WALLACE ET AL. (2013) (LÍNEA NEGRA) Y ARAUS ET AL. (1997) (LÍNEA AZUL); LA LÍNEA VERDE INDICA EL VALOR OBTENIDO POR NOSOTROS PARA TRIGO IRRIGADO/SIN ESTRÉS HÍDRICO; FINALMENTE LA LÍNEA ROJA SEÑALA DICHO NIVEL PARA EL CONJUNTO DE LOS CEREALES.	150
FIG. 66. GRÁFICO DE BARRAS CON LOS RESULTADOS PARA LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEi) DE LAS MUESTRAS ACTUALES (AÑOS 2014 Y 2015) CULTIVADAS EN CONDICIONES DE SECANO, SEGÚN EL ASENTAMIENTO O ÁREA DE ESTUDIO. SE SEÑALAN LOS LÍMITES PARA CONDICIONES DE CULTIVO CALCULADOS A PARTIR DE WALLACE ET AL. (2013) (LÍNEA NEGRA) Y ARAUS ET AL. (1997) (LÍNEA AZUL) (NÓTESE LA COINCIDENCIA ENTRE AMBAS); FINALMENTE LA LÍNEA ROJA SEÑALA EL NIVEL PARA LA CEBADA IRRIGADA/SIN ESTRÉS HÍDRICO.	150
FIG. 67. A Y B. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS PARA LA DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}\text{C}$) DE MUESTRAS DE CEREALES ANALIZADAS EN EL SUDESTE DE LA PENINSULA IBÉRICA (CEBADA Y TRIGO). LAS LÍNEAS DE PUNTOS REPRESENTAN LOS RANGOS PROPUESTOS POR WALLACE ET AL. (2013), DONDE SE INCLUYEN LOS LÍMITES SEÑALADOS POR ARAUS ET AL. (1997).	158
FIG. 68. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA (WUEi) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE TERLINQUES (VILLEN, ALICANTE).	159
FIG. 69. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA (WUEi) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE LA LLOMA DE BETXÍ (PATERNA, VALENCIA).	160

FIG. 70. DIAGRAMA DE CAJAS CON LOS VALORES MEDIOS, MÍNIMOS, MÁXIMOS Y LOS VALORES ATÍPICOS PARA LAS MUESTRAS DE LLOMA DE BETXÍ, SEGÚN NIVEL ESTRATIGRÁFICO Y ESPECIE. NÓTESE LA COINCIDENCIA ENTRE LAS MUESTRAS DE TRIGO Y CEBADA PARA LA CAPA 6.....	161
FIG. 71. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEi) DEL ASENTAMIENTO DE MARROQUÍES BAJOS (JAÉN).....	163
FIG. 72. DIAGRAMA DE CAJAS CON LOS RESULTADOS PARA EL ASENTAMIENTO DE MARROQUÍES BAJOS SEGÚN ESPECIES. NÓTESE LOS VALORES DE LAS MUESTRAS DE TRITICUM AESTIVUM/DURUM FRENTE A LAS DE HORDEUM SP.	164
FIG. 73. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEi) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE VILLAVIEJA (ALGARINEJO, GRANADA).	166
FIG. 74. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA (WUEi) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE ERAS DEL ALCÁZAR (ÚBEDA, JAÉN).	168
FIG. 75. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEi) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DEL CERRO DEL ALCÁZAR (BAEZA, JAÉN).	171
FIG. 76. DIAGRAMA DE CAJAS CON LOS RESULTADOS PARA LA DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}C$) DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS EN EL ASENTAMIENTO DE CERRO DEL ALCÁZAR.	171
FIG. 77. DIAGRAMA DE CAJAS CON LOS RESULTADOS PARA LA DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}C$) DE LAS SEMILLAS DE CEBADA PROVENIENTES DE LOS ASENTAMIENTOS DE PEÑALOSA (POR TERRAZAS), SEVILLEJA, ERAS DEL ALCÁZAR Y CERRO DEL ALCÁZAR.....	172
FIG. 78. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS PARA LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEi) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE CERRO DE PLAZA DE ARMAS DE SEVILLEJA (ESPELUY, JAÉN).	173
FIG. 79. DIAGRAMA DE CAJAS CON LOS RESULTADOS DE LAS SEMILLAS DE HORDEUM VULGARE L. DE LOS ASENTAMIENTOS DE SEVILLEJA Y PEÑALOSA (TERRAZAS INFERIOR Y MEDIA).	174
FIG. 80. GRÁFICO DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS PARA LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEi) DE LAS MUESTRAS DE CEREALES ANALIZADAS EN EL CASO PEÑALOSA (CUADRADOS AMARILLOS) , DONDE ADEMÁS SE RECOGEN RESULTADOS PUBLICADOS EN LA BIBLIOGRAFÍA: LOS CÍRCULOS NARANJAS REPRESENTAN DATOS PROVENIENTES DE REINO UNIDO (LIGHTFOOT Y STEVENS 2012; BOGAARD <i>ET AL.</i> 2013), LOS CÍRCULOS VERDES DE DINAMARCA, LOS CÍRCULOS AZULES DE ALEMANIA (BOGAARD <i>ET AL.</i> 2013), LOS CUADRADOS BLANCOS RESPRESENTAN LAS MUESTRAS ACTUALES CULTIVADAS EN SECANO EN EL ENTORNO DEL ASENTAMIENTO (AÑOS 2014 Y 2015), LOS CÍRCULOS BLANCOS LAS SEMILLAS DE ASTURAS (PENÍNSULA IBÉRICA), LOS ROMBOS BLANCOS MUESTRAS DE HAUTE PROVENCE (FRANCIA), LOS TRIÁNGULOS BLANCOS LOS CEREALES DE SIGHISOARA (RUMANIA) (BOGAARD <i>ET AL.</i> 2016), Y LOS CUADRADOS NEGROS SEMILLAS IRRIGADAS DE LA PENINSULA IBÉRICA (ARAUS <i>ET AL.</i> 1997; WALLACE <i>ET AL.</i> 2013; MORA-GONZÁLEZ <i>ET AL.</i> 2016).....	176
FIG. 81. DIAGRAMA DE CAJAS CON LOS VALORES PARA LA DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}C$) DE ACUERDO CON LA LOCALIZACIÓN DE LAS MUESTRAS EN LA TERRAZA INFERIOR O TERRAZA MEDIA.	177
FIG. 82. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEi) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE CASTELLÓN ALTO (GALERA, GRANADA).	179
FIG. 83. DIAGRAMA DE CAJAS CON LOS RESULTADOS DE DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}C$) PARA LAS MUESTRAS DE SECANO, REGADÍO Y ARQUEOLÓGICAS DEL ASENTAMIENTO DE CASTELLÓN ALTO (GALERA, GRANADA).	180

FIG. 84. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEi) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DEL CERRO DE LA CRUZ (ALMEDINILLA, CÓRDOBA).181

FIG. 85. DIAGRAMA DE CAJAS PARA LA DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}C$) DE LAS MUESTRAS PROVENIENTES DEL CERRO DE LA CRUZ (ALMEDINILLA, CÓRDOBA), SEGÚN ESPECIE Y CONTEXTO (ÁNFORA 6 O 12).182

FIG. 86. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEi) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DEL CERRO DEL CASTILLO DE ALANGE (ALANGE, BADAJOZ).....186

FIG. 87. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEi) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE A FONTELA (PALAS DE REI, LUGO).188

FIG. 88. GRÁFICA DE DISPERSIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (WUEi) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL ASENTAMIENTO DE CASTROVITE (A ESTRADA, PONTEVEDRA).189

FIG. 89. DIAGRAMA DE CAJAS CON LOS VALORES PARA LA DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}C$) DE LAS SEMILLAS ESTUDIADAS EN CASTROVITE SEGÚN NÚMERO DE ESTUDIO Y CONTEXTO. NÓTESE LA VARIABILIDAD ENTRE LOS VALORES MEDIOS, MÍNIMOS Y MÁXIMOS SEGÚN CADA UNO DE DICHS CONTEXTOS.190

FIG. 90. DIAGRAMA DONDE SE REPRESENTA LA RELACIÓN ENTRE ESTUDIOS CLIMÁTICOS Y ANÁLISIS DE ISÓTOPOS ESTABLES EN LAS MUESTRAS ESTUDIADAS PARA EL PERIODO DONDE SE OBSERVA EL USO DEL RIEGO (CUADRO NARANJA). NÓTESE QUE LOS ESTUDIOS SOBRE REGISTROS LACUSTRES, PALINOLÓGICOS Y ANTRACOLÓGICOS INDICAN UNA TENDENCIA HACIA MAYORES CONDICIONES DE ARIDEZ (FLECHA ROJA) MIENTRAS QUE LOS RESTOS CARPOLÓGICOS SEÑALAN CONDICIONES FAVORABLES DURANTE SU DESARROLLO (FLECHA AZUL).....193

FIG. 91. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS PARA MUESTRAS DE CEBADA ANALIZADAS EN LOS ASENTAMIENTOS ESTUDIADOS EN ESTA TESIS. LA LÍNEA DE PUNTOS SEÑALA EL LÍMITE DE REGADÍO O BUENAS CONDICIONES HÍDRICAS.197

FIG. 92. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS PARA MUESTRAS DE TRIGO ANALIZADAS EN LOS ASENTAMIENTOS ESTUDIADOS EN ESTA TESIS. LA LÍNEA DE PUNTOS SEÑALA EL LÍMITE DE REGADÍO O BUENAS CONDICIONES HÍDRICAS.197

FIG. 93. GRÁFICO DE DISPERSIÓN DONDE SE REPRESENTAN LOS RANGOS OBTENIDOS EN CADA ASENTAMIENTO PARA LA DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO ($\Delta^{13}C$) DE LOS CEREALES ARQUEOLÓGICOS. LA LÍNEA DE PUNTOS ROJO INDICA EL LÍMITE SUGERIDO PARA DIFERENCIAR ENTRE COSECHAS HOMOGÉNEAS O HETEROGÉNEAS. AQUELLOS RANGOS SITUADOS POR ENCIMA DE LA LÍNEA SE PODRÍAN RELACIONAR CON LA MEZCLA DE COSECHAS, EL CULTIVO EN DIFERENTES LOCALIZACIONES Y EL USO COMBINADO DE RIEGO Y SECANO.198

FIG. 94. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS PARA LAS MUESTRAS DE LEGUMINOSAS (HABAS Y GUISANTES) ANALIZADAS EN LOS ASENTAMIENTOS ESTUDIADOS EN ESTA TESIS DOCTORAL. LA LÍNEA DE PUNTOS SEÑALA EL LÍMITE DE REGADÍO O BUENAS CONDICIONES HÍDRICAS.....199