

Investigación sobre la producción vitivinícola en el bajo valle del Ebro (ss. VII-I a. C.): un proyecto interdisciplinar de arqueología experimental

Investigating wine production in the lower Ebro valley (7th-1st centuries BC): an interdisciplinary project of experimental archaeology

Samuel Sardà Seuma^a, Laura Bricio Segura^a, Carmen Portillo Guisado^b, Pedro Cabanillas Amboades^c, Jordi Gombau Roigé^c, Joan Miquel Canals Bosch^c, Fernando Zamora Marín^c y Jordi Diloli Fons^a

Recibido 13-03-2023; aceptado 21-11-2023; publicado online: 22-01-2024

Resumen: Se presentan los resultados de un proyecto interdisciplinar que ha tenido como objetivo la reproducción experimental de los procesos de producción, almacenamiento y conservación del vino de acuerdo a los datos histórico-arqueológicos procedentes del nordeste peninsular durante la Edad del Hierro (ss. VII-I a. C.). El experimento ha documentado el ciclo anual, desde la recolección de la uva, la elaboración del mosto y su transformación en vino, hasta la posterior conservación de la bebida resultante. Con el fin de comprobar su evolución, calidad y aptitud para el consumo, se han analizado y valorado el grado alcohólico, la acidez total, el pH, la acidez volátil, el color y la concentración de potasio. Asimismo se han realizado catas trimestrales para determinar la calidad organoléptica y su grado de aceptabilidad gustativa. Paralelamente, se ha efectuado un control microbiológico básico de las principales levaduras y bacterias localizadas durante el proceso. Los resultados aportan datos relevantes sobre las fases del proceso productivo y las condiciones de conservación del vino, ambas claves para analizar el papel de su consumo en la práctica social de las comunidades de la Edad del Hierro del noreste peninsular.

Palabras clave: vino; uva; Protohistoria; península ibérica; fenicios; Edad del Hierro, fermentación; enología; arqueología experimental.

Abstract: *We present the results of an interdisciplinary project aimed at the experimental reproduction of wine making processes (production, storage, and conservation) according to historical-archaeological data from Iron Age (7th-1st centuries BC) north-eastern Iberia. The experiment has documented an annual cycle, from grape harvesting, production of must, its transformation into wine and the subsequent conservation of the resulting drink. In order to check its progress, its quality and suitability for consumption, the alcoholic degree, total acidity, pH, volatile acidity, colour, and potassium concentration were analysed and evaluated. In addition, quarterly wine tastings were conducted to assess its organoleptic quality and degree of taste acceptability. A basic microbiological control of the main yeasts and bacteria identified during the process was carried out, too. The results provide fundamental data on the stages of wine production process and preservation conditions, both of which are key to analysing the role of wine consumption in the social practices of Iron Age communities in the north-east of the Iberian Peninsula.*

Keywords: *wine; grape; Protohistory; Iberian Peninsula; Phoenicians; Iron Age; fermentation; oenology; experimental archaeology.*

Cómo citar / Citation: Sardà Seuma, S., Bricio Segura, L., Portillo Guisado, C., Cabanillas Amboades, P., Gombau Roigé, J., Canals Bosch, J. M., Zamora Marín, F. y Diloli Fons, J. (2023). "Investigación sobre la producción vitivinícola en el bajo valle del Ebro (ss. VII-I a. C.): un proyecto interdisciplinar de arqueología experimental". *Trabajos de Prehistoria*, 80 (2): e36. DOI: <https://doi.org/10.3989/tp.2023.12350>

^a Grup de Recerca Seminari de Protohistòria i Arqueologia. Departament d'Història i Història de l'Art. Universitat Rovira i Virgili. ORCID iD y correos e.: SSS <https://orcid.org/0000-0001-8224-0937> samuel.sarda@urv.cat; LBS <https://orcid.org/0000-0003-0311-6634> laura.bricio@urv.cat; JDF <https://orcid.org/0000-0001-5048-9308> jordi.diloli@urv.cat (autor de correspondència).

^b Grup de Recerca en Biotecnologia Enològica del Departament de Bioquímica i Biotecnologia. Facultat d'Enologia. Universitat Rovira i Virgili. ORCID iD y correo e.: <https://orcid.org/0000-0002-4576-0244> carmen.portillo@urv.cat

^c Grup de Recerca en Tecnologia Enològica del Departament de Bioquímica i Biotecnologia. Facultat d'Enologia. Universitat Rovira i Virgili. ORCID iD y correos e.: PCA <https://orcid.org/0000-0003-1298-3940> pedro.cabanillas@urv.cat; JGR <https://orcid.org/0000-0002-9813-7245> jordi.gombau@urv.cat; JMCB <https://orcid.org/0000-0003-1989-2574> jmcanals@urv.cat; FZM <https://orcid.org/0000-0002-4213-3528> fernando.zamora@urv.cat

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el conocimiento arqueológico de los procesos relacionados con la producción, comercio y consumo del vino en el nordeste de la península ibérica ha experimentado un avance científico notable. La regularidad y el enfoque de los proyectos desarrollados en diferentes territorios han permitido trazar un cuadro interpretativo fundamentado sobre la adopción de la vitivinicultura. Al mismo tiempo, se han evidenciado ciertas carencias asociadas a la comprensión de las técnicas y de los ritmos de elaboración del vino, sus posibilidades de mantenimiento y, en consecuencia, su consumo, a las que cabe aproximarse a través de otros procedimientos, como puede ser la arqueología experimental.

El *Grup de Recerca Seminari de Protohistòria i Arqueologia* (GRESEPIA) del Departamento de Historia e Historia del Arte de la Universitat Rovira i Virgili (en adelante URV, Tarragona), ha iniciado en los últimos años una línea de investigación basada en el estudio de la producción, conservación y consumo de bebidas fermentadas, como la cerveza o el vino, durante época ibérica. Entendemos que estas bebidas fueron un producto clave en determinados aspectos del desarrollo económico y sociopolítico de las comunidades que ocuparon el bajo Ebro en época prerromana. En esta línea se inscribe la colaboración científica que hemos desarrollado desde 2018 con colegas de los departamentos de Bioquímica y Biotecnología y de Química Analítica y Química Orgánica de la URV, concretamente con los grupos de Biotecnología Microbiana de los Alimentos (BMA), de Biotecnología Enológica, de Sensometría Instrumental (iSens) y de Tecnología Enológica (Tecnol), y que ha proporcionado resultados muy satisfactorios. Junto a investigadores del Grupo BMA y del Grupo iSens llevamos a cabo el proyecto “Caracterización de restos alimenticios procedentes de datos arqueológicos y desarrollo de productos gastronómicos de base histórica” (FURV T18087S), dirigido por Jordi Diloli y Nicolas Rozès, que ha tenido como objetivo el análisis de residuos en vasos cerámicos exhumados en los yacimientos en los que nuestro equipo desarrolla trabajos arqueológicos en las comarcas del sur de Cataluña, concretamente aquellos que pudieran formar parte de procesos de elaboración, almacenamiento y/o consumo de bebidas fermentadas. Dichos análisis se realizaron siguiendo propuestas metodológicas ya implementadas en trabajos que han servido para identificar posibles marcadores de la presencia de vino en recipientes cerámicos arqueológicos mediante cromatografía de gases-espectrometría de masas (Pecchi *et al.*, 2013; Pecchi, 2021). De esta forma logramos establecer una metodología de muestreo que permite avanzar en el conocimiento de la funcionalidad de cierto tipo de recipientes y su relación con los procesos productivos de estos líquidos.

En cuanto al marco cronológico y geográfico, la presencia del vino en contextos de la Edad del Hierro

en la península ibérica está hoy día plenamente corroborada, si bien la investigación se ha focalizado especialmente en datos referentes a su consumo, a pesar de los avances arqueológicos y bioarqueológicos de los últimos años (Pérez Jordá *et al.*, 2021a, 2021b). En el nordeste peninsular, las evidencias arqueológicas actuales de esta producción nos sitúan en momentos avanzados de época ibérica (ss. III-II a. C.), de forma que continúa resistiéndose la información sobre las formas y los procesos vitivinícolas implementados en períodos precedentes, tanto en la fase de la Primera Edad del Hierro (ss. VII-VI a. C.), protagonizada sobre todo por la presencia de los vinos importados, como ya en época ibérica (ss. V-II a. C.) (López *et al.*, 2011, 2013, 2015). El registro arqueológico se reduce a algunos elementos de cultura material, básicamente formas cerámicas que en principio parecen destinadas a la producción y al almacenamiento, como podrían ser las tinajas ibéricas con pitorro vertedor, las herramientas de hierro que se asocian a tareas de cuidado de la vid (podones, podadoras y azadillas) y ciertos tipos de vajilla (copas, *oinochoai* y cráteras) que tradicionalmente se han relacionado con el consumo, en muchos casos ritual o político, del vino.

Basándonos en datos etnográficos y en nuestra propia experimentación en el *Celler del Mas dels Freres*, partimos de la hipótesis de que el método de elaboración del vino no precisa de unos elementos tecnológicos y materiales especialmente complejos y que en muchos casos su registro arqueológico es difícilmente identificable. En este contexto, la arqueología experimental se presenta, en nuestra opinión, como un medio imprescindible para reconocer este tipo de producción.

2. CONTEXTO HISTÓRICO

2.1. Breve apunte sobre los orígenes de la vitivinicultura en el Mediterráneo occidental

La uva silvestre (*Vitis vinifera* L. ssp. *silvestris*) es una especie presente en el Mediterráneo occidental desde el Mioceno (Toussaint-Samat, 1994). Su recolección y consumo como fruta (fresca y seca) se remonta a etapas remotas, tal y como indica la identificación de restos de polen, carbones y semillas en múltiples contextos prehistóricos del Mediterráneo y del Próximo Oriente (Weiss *et al.*, 2004; Zohary *et al.*, 2012; Harutyunyan y Malfeito-Ferreira, 2022). El origen de la elaboración de vino, debe situarse, según los datos actuales, en el período Neolítico (VII-VI milenio a. C.) en un área al sur del Cáucaso ubicada entre el mar Negro y el mar Caspio (Hamon *et al.*, 2016; McGovern *et al.*, 2017). En el Mediterráneo centro-occidental, la elaboración de vino no se constata hasta mediados del II milenio a. C., como resultado de los contactos establecidos entre las comunidades nurágicas y el mundo micénico y chipriota (Ucchesu *et al.*, 2015). A finales de dicho milenio o inicios del siguiente aparece en la

península ibérica (Ruiz-Gálvez, 2013), uno de los ámbitos geográficos de más tardía adopción de la cultura del vino en el Mediterráneo. Es interesante recordar que en Huelva se han identificado ánforas fenicias arcaicas procedentes de Tiro que se han relacionado con la posible llegada de vino importado desde el Mediterráneo oriental (Botto, 2013, pp. 105-108). Por otra parte, los datos arqueobotánicos actuales evidencian que a comienzos del I milenio a. C., coincidiendo con el despliegue inicial de la presencia fenicia en el sur peninsular, se adoptó el proceso productivo del vino. Este hecho parece corroborarse por la presencia de semillas de uva en Huelva, con una datación entre 891-787 cal AC (Pérez Jordà *et al.*, 2017; González de Canales *et al.*, 2020), y por los primeros indicios de cultivo de la vid en el yacimiento de La Orden-Seminario (Huelva) (Vera y Echevarría, 2013). En estos contextos onubenses, la presencia de materiales fenicios asociados a ánforas y jarros *askoides* de producción sarda, ha llevado a plantear la posibilidad de que la introducción del cultivo de la vid se hubiera producido inicialmente por mediación de navegantes sardos (Botto, 2016, p. 298).

A partir de los siglos VIII-VII a. C. se constata una expansión del cultivo de la vid desde la costa andaluza hasta el área alicantina (Pérez Jordà, 2007, 2013, 2015). El vino elaborado en entornos fenicios (o de notable influencia fenicia) tiene una fuerte orientación comercial, tal y como parece indicar el importante tráfico de ánforas procedentes del círculo del Estrecho de Gibraltar que se detecta en distintas áreas del Mediterráneo centro-occidental (Ramon, 1995). Entre estos primeros centros productores, destaca el caso del Cerro del Villar (Málaga), donde se han documentado instalaciones portuarias, de intercambio y productivas, entre las que sobresale un importante centro de producción de ánforas asociadas a la comercialización del vino (Aubet *et al.*, 1999; Delgado, 2008, 2011), así como una notable presencia de semillas de uva (Català, 1999).

En cualquier caso, el conjunto de lagares más antiguo documentado hasta hoy en la península ibérica se ha identificado en el yacimiento del Alt de Benimaquí (Dénia, Alacant), datado en la segunda mitad del siglo VII a. C., y abandonado a mediados del VI a. C. (Gómez Bellard *et al.*, 1993; Gómez Bellard y Guérin, 1995; Gómez Bellard, 2014), fue interpretado como un núcleo habitado por una comunidad mixta compuesta por indígenas y fenicios. En él se excavaron varios recintos que incluían una serie de estructuras destinadas al pisado de la uva y a la fermentación del mosto. La existencia de un estrato con miles de semillas de uva (*Vitis vinifera* L. ssp. *sativa*) asociado a uno de estos depósitos, así como la fabricación en el yacimiento de un prototipo de ánfora local que derivaría de las ánforas fenicias (Castelló *et al.*, 2000) ha llevado a argumentar la existencia de una elaboración que iría más allá de la producción doméstica, lo que indicaría claramente una orientación comercial (Guérin y Gómez Bellard, 2000; Iborra *et al.*, 2003). A partir del siglo VI a. C., la producción de vino se extendería por otros asentamientos

indígenas, para generalizarse en todo el litoral mediterráneo peninsular en época ibérica, con una importante manifestación arqueológica de evidencias productivas (lagares, piletas, etc.) en el área valenciana. Destaca especialmente la información relativa a la producción de vino procedente de los territorios de Kelin (Caudete de las Fuentes, València), Edeta (Llíria, València) (Pérez Jordà, 2000, 2013, 2015; Martínez y Maronda, 2011; Martínez, 2014a), la Illeta dels Banyets (Campello, Alacant) (Martínez, 2014b; Martínez y Olcina, 2014) o El Molón (Camporrobles, València) (Llorio y Sánchez Prado, 2013). Concretamente, en el territorio de Kelin se ha podido constatar la expansión del cultivo de la vid y la producción de vino durante los siglos V-III a. C., con la identificación de una serie de lagares de piedra al aire libre (Martínez, 2014a; Quixal *et al.*, 2016), una información relevante para conocer el desarrollo de la vitivinicultura protohistórica en esta área.

2.2. Datos arqueológicos y bioarqueológicos sobre la producción vitivinícola protohistórica en el nordeste peninsular

La regularidad y el enfoque de los proyectos arqueológicos desarrollados durante estas últimas décadas en las zonas de Ampurias, Penedès, bajo valle del Ebro o Segre-Cinca permiten trazar un cuadro interpretativo general sobre la adopción de la vitivinicultura en esta región. Contamos con dos hipótesis principales. La primera de ellas presupone la introducción del vino y de la vid a través del golfo de Rosas, una zona frecuentada primero por comerciantes fenicios, en colaboración o no con otros pueblos mediterráneos, y poco después por griegos focenses. Las primeras semillas de vid cultivadas se localizan en San Martí d'Empúries (L'Escala, Girona) en un contexto de los siglos VII-VI a. C. (Buxó, 1999, 2008). El estudio de los materiales documentados en su primera ocupación (Fase IIa), anterior a la presencia griega, ha permitido confirmar que las importaciones consistieron sobre todo en elementos vinculados al comercio del vino, básicamente ánforas fenicias del tipo T-10.1.2.1 (Ramon, 1995), asociadas a materiales etruscos, como ánforas y *kantharos* de *bucchero nero*. Por lo tanto, en el entorno emporitano podrían haber confluído inicialmente los circuitos de distribución del vino etrusco y del fenicio (Aquilué *et al.*, 2008).

La segunda hipótesis convierte en protagonistas exclusivos a los fenicios, destacando sus intensos contactos con las comunidades del bajo valle del Ebro y la zona del Penedès. En el bajo valle del Ebro, el proceso se inició entre finales del siglo VIII e inicios del VII a. C., cuando aparecen las primeras importaciones fenicias (ánforas T-10.1.1.1). Aunque el consumo significativo de vino se suele situar a mediados del siglo VII a. C., momento en que los contenedores fenicios (ánforas T-10.1.2.1 y *pithoi*) presentan una amplia distribución entre el río Mijares y el Ebro, destacando los datos documentados en la residencia fortificada de

Sant Jaume-Mas d'en Serrà (Alcanar, Tarragona), que es hoy día junto con Aldovesta (Benifallet, Tarragona), donde se evidencia una incidencia del comercio fenicio más intensa (García Rubert, 2011, 2015; García Rubert *et al.*, 2016)¹. En Sant Jaume-Mas d'en Serrà la uva constituye el frutal mejor representado a nivel carpológico (López *et al.*, 2011; López, 2016), habiéndose identificado semillas de forma ovoide-piriforme y de pico largo, que se corresponden bien con las características habituales de la variedad domesticada (*Vitis vinifera* ssp. *vinifera*). Por este motivo, no se descarta que sus habitantes hubieran podido desarrollar un primer cultivo de la vid a nivel local (López, 2016, p. 366). Este aspecto tiene notable trascendencia, ya que, con esta arboricultura, la agricultura dejaba de estar orientada a la obtención de productos de primera necesidad y de rendimiento inmediato, incorporando nuevas facetas que implican una elevada inversión de trabajo inicial y un beneficio a medio o largo plazo.

En el área del Penedès, resulta especialmente notable el hallazgo de más de quinientas semillas de uva mineralizadas en el silo 171 del Turó de la Font de la Canya (Avinyonet del Penedès, Barcelona), que corresponderían a una concentración de orujo depositada en su interior, una vez que la uva había sido prensada, recuperándose también la rapa y algunas partes leñosas de la vid. Esta evidencia sugiere que durante el Hierro Antiguo se habrían llevado a cabo los primeros intentos locales de fabricación de vino, seguramente aún a pequeña escala y utilizando probablemente pequeñas tinajas móviles de madera (López *et al.*, 2013, 2015).

Ambas hipótesis (la “emporitana” y la “meridional”) no deben interpretarse como propuestas excluyentes, sino como explicaciones compatibles. En todo caso, asumimos que la presencia del vino fenicio sería el punto de partida fundamental para la elaboración autóctona de la bebida. Esta producción se incrementaría en época ibérica, como parecen indicar los datos carpológicos, a pesar de la ausencia de hallazgos claramente relacionables con la producción de vino hasta el siglo III a. C., cuando se documentan evidencias como restos vegetales, zanjas de vid², elementos de producción o herramientas en diversos yacimientos catalanes (López *et al.*, 2015).

2.3. El bajo valle del Ebro como caso de estudio

En el bajo valle del Ebro se ha documentado la presencia de semillas de uva que parecen corresponder a *Vitis vinifera* ssp. *vinifera*, en contextos del Hierro

¹ Véase también D. García Rubert. *El poblament del primer ferro a les terres del riu Sénia. Els assentaments de la Moleta del Remei, Sant Jaume, La Ferradura i La Cogula durant els segles VII i VI ANE*. Tesis doctoral inédita. Universitat de Barcelona, 2005.

² Las zanjas más antiguas que se pueden relacionar con el cultivo de la vid en el nordeste peninsular se han identificado en el asentamiento rural de Sifons de l'Horta (Sant Martí de Maldà, Lleida) y se fechan también en el siglo III a. C. (Jornet, 2010).

Antiguo (ss. VII-VI a. C.) como Sant Jaume-Mas d'en Serrà, La Gessera (Caseres, Tarragona), Barranc de Gàfols (Ginestar, Tarragona), Turó del Calvari (Vilalba dels Arcs, Tarragona) y Els Tossals (Aldover, Tarragona) (Fig. 1).

Sin embargo, la presencia de dichas semillas no implica necesariamente la elaboración de vino, por lo que continuamos sin tener evidencias claras sobre el momento y las técnicas utilizadas en estas primeras iniciativas de producción local. El debate sobre la identificación taxonómica de los restos es amplio y en muchas ocasiones irresoluble, ya que la variedad doméstica (*Vitis vinifera* ssp. *vinifera*) y la silvestre (*Vitis vinifera* ssp. *sylvestris*) suelen ser indistinguibles. El hecho de que sus diferencias se reduzcan a la forma de los caracteres anatómicos provoca equívocos en su clasificación (López, 2016, pp. 360-361).

En esta zona podemos distinguir dos tipos de restos: semillas y pedicelos de uva carbonizados. Las semillas proceden de fragmentos de ánforas –exógenas (fenicias y de tipo fenicio)–, o pertenecen al residuo de la elaboración de vino. Ambos tipos de restos se han identificado en yacimientos como L'Assut (Tivenys, Tarragona), Els Tossals, La Gessera y el Turó del Calvari (Diloli *et al.*, 2018), como se observa en la Tab. 1. En el Turó del Calvari (600-550 a. C.) las semillas de uva proceden exclusivamente del sedimento (UE 1102) recogido entre fragmentos de tres ánforas de tipo fenicio (López, 2018).

La presencia de semillas de uva también se ha documentado en algunos de los principales asentamientos ibéricos de la zona: el Castellet de Banyoles (Tivissa, Tarragona), L'Assut y el Coll del Moro (Gandesa, Ta-

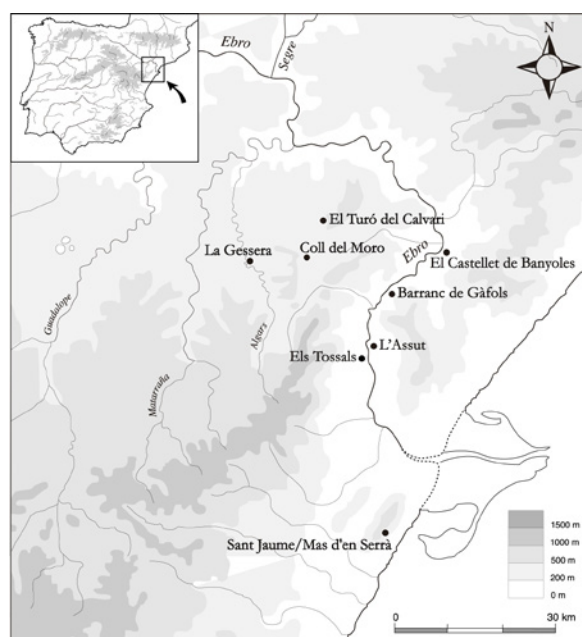


Fig. 1. Yacimientos arqueológicos del área del bajo valle del Ebro con presencia de restos carpológicos de *Vitis*. Elaboración: GRESEPIA.

| Yacimiento | Unidad Estratigráfica | Tipo | Variedad taxonómica | Cronología |
|------------------|-----------------------|----------|---|--------------|
| La Gessera | 1052 | semilla | <i>Vitis vinifera</i> ssp. <i>vinifera</i> | VII-VI a. C. |
| La Gessera | 1082 | semilla | <i>Vitis vinifera</i> ssp. <i>vinifera</i> | VII-VI a. C. |
| La Gessera | 1093 | semilla | <i>Vitis vinifera</i> ssp. <i>vinifera</i> | VII-VI a. C. |
| La Gessera | 1112 | semilla | <i>Vitis vinifera</i> ssp. <i>vinifera</i> | VII-VI a. C. |
| Els Tossals | 1098 | semilla | <i>Vitis vinifera</i> ssp. <i>vinifera</i> | VII-VI a. C. |
| Els Tossals | 1901 | semilla | <i>Vitis vinifera</i> ssp. <i>vinifera</i> | VII-VI a. C. |
| Turó del Calvari | 1102 | semilla | <i>Vitis vinifera</i> ssp. <i>vinifera</i> | VII-VI a. C. |
| L'Assut | 4008 | semilla | <i>Vitis vinifera</i> ssp. <i>vinifera</i> | VII-VI a. C. |
| L'Assut | 2240 | pedicelo | <i>Vitis vinifera</i> ssp. <i>vinifera</i> /vitis sp. | VII-VI a. C. |

Tab. 1. *Vitis vinifera* ssp. *vinifera* identificada en los yacimientos excavados por el Grup de Recerca Seminari de Protohistòria i Arqueologia del Departamento de Historia e Historia del Arte de la Universidad Rovira i Virgili (Tarragona) en el curso inferior del Ebro, en niveles datados entre los siglos VII y VI a. C.

ragona) (López *et al.*, 2011; López *et al.*, 2015; López, 2016; Diloli *et al.*, 2018; Jornet *et al.*, 2020). En este periodo, los restos biológicos relacionables con el vino ya no se corresponden directamente con recipientes anfóricos, sean o no importados, pues sin desestimar la llegada de vino foráneo, se han recuperado e identificado distintos restos carpológicos en contextos arqueológicos que podrían asociarse a una elaboración local de vino. En L'Assut contamos con un conjunto de evidencias (carpológicas, bioquímicas y arqueológicas) que así parecen indicarlo. A nivel carpológico, los restos recuperados no se corresponden únicamente con semillas, sino que también se han identificado otras partes del fruto, como el pedicelo, que indicarían un tratamiento, consumo o manipulación del grano de uva coherente con el trabajo vitivinícola³. En todo caso, aparecen restos de uvas tanto durante el Hierro Antiguo (ss. VII-VI a. C.) (Tab. 1) como durante la época ibérica (ss. V-II a. C.) (Tab. 2), en contextos arqueológicos interpretados como vertederos, así como en otros doméstico-productivos (A18, A16 y A50). A estos datos habría que sumar otras evidencias, como la presencia de instrumental agrícola relacionado con el trabajo vitivinícola: un podón (identificado como una herramienta multiuso asociada a la poda, acción fundamental en el cuidado de la vid), una azadilla de mango corto y una podadora, todos ellos localizados en la torre T3 del asentamiento y correspondientes a un mismo momento de finales del siglo III a. C. (Diloli, 2009, p. 134).

El asentamiento del Coll del Moro ha proporcionado la única evidencia de estructuras relacionadas con

³ La mayor parte de los vestigios se han recuperado carbonizados, si bien hay algunos que aparecen mineralizados. Entendemos que en algún momento experimentaron un proceso de combustión, intencionado o no. Ofrecen por tanto una visión sesgada o parcial de los desechos de tipo vegetal que debió generar el trabajo vitivinícola en L'Assut (Tivenys, Tarragona).

la producción vinífera en este espacio geográfico. En concreto, se han documentado restos que podrían corresponder a un lagar o almazara, datada también en el siglo III a. C. en un sector donde aparecieron numerosas semillas de *Vitis vinifera* (Jornet *et al.*, 2020, p. 122). Este espacio perduraría hasta aproximadamente el 200 a. C., siendo reocupado durante la segunda mitad del siglo II a. C., después de un *hiatus* de varios decenios, momento en que se habría construido un nuevo lagar mediante una plataforma elevada de adobes, que comunicaría a través de un orificio con una fosa excavada en la roca (Jornet *et al.*, 2020, p. 123).

En cuanto al almacenamiento, en el asentamiento de Sant Antoni de Calaceite (Teruel), a poca distancia del Coll del Moro, se localizaron dos estancias predisuestas para la conservación de tinajas, mediante bancos de adobe adosados a las paredes, con la huella de agujeros hemisféricos para encajar los envases (Jornet, 2017). Este contexto podría relacionarse con la presencia de una bodega, sobre todo si tenemos en cuenta la localización en el edificio 6 de una canalización excavada en la roca que parece decantar en el interior de una cubeta natural, quizá una posible prensa (Jornet, 2017, pp. 102-103 y 272-273). También en el Bajo Aragón, cabe destacar la presencia de otras potenciales bodegas en el Cabezo de Alcalá (Azaila, Teruel) o en El Palao (Alcañiz, Teruel) (Burillo, 2010; Benavente *et al.*, 2016).

3. EL PROYECTO EXPERIMENTAL

3.1. Historia microbiológica del vino: algunos apuntes

Si bien la fermentación es esencial en la producción de bebidas de grado alcohólico consumidas durante la antigüedad, el conocimiento de sus causas es relativa-

| Yacimiento | Unidad Estratigráfica | Tipo | Variedad taxonómica | Cronología |
|------------|-----------------------|----------|---|-------------|
| L'Assut | 4013 | semilla | <i>Vitis vinifera</i> ssp. <i>vinifera</i> | V a. C. |
| L'Assut | 4013 | pedicelo | <i>Vitis vinifera</i> ssp. <i>vinifera</i> /sp. | V a. C. |
| L'Assut | 4015 | semilla | <i>Vitis vinifera</i> ssp. <i>vinifera</i> /sp | V a. C. |
| L'Assut | 5005 | semilla | <i>Vitis vinifera</i> ssp. <i>vinifera</i> | II a. C. |
| L'Assut | 2024 | pedicelo | <i>Vitis vinifera</i> ssp. <i>vinifera</i> /sp | V a. C. |
| L'Assut | 5108 | semilla | <i>Vitis vinifera</i> ssp. <i>vinifera</i> | IV-II a. C. |

Tab. 2. *Vitis vinifera* ssp. *vinifera*/vitis sp. identificada en niveles datados en época ibérica (ss. V-II a. C.) en el asentamiento de L'Assut (Tivenys, Tarragona).

mente moderno. Fueron microbiólogos como Pasteur o Müller Thurgau los que, a principios del siglo XX, observaron por primera vez su presencia en el vino, por lo que solo desde hace unos 150 años se conoce que los responsables son levaduras y bacterias. El bajo pH y la alta concentración de azúcares del mosto resultan en la selección de unos pocos microorganismos capaces de desarrollarse en él, entre ellos, las levaduras. Estos microorganismos se encuentran de forma natural en la superficie de la uva y al entrar en contacto con el mosto proliferan realizando la fermentación de los azúcares a etanol y dióxido de carbono (CO₂).

Hoy sabemos que la levadura *Saccharomyces cerevisiae* es la principal responsable de la fermentación alcohólica del vino y que es muy competitiva con el resto de microbios presentes. Su selección continuada en el proceso de vinificación a lo largo de la Historia ha propiciado su especialización y domesticación, de forma que la levadura actual tendría claras diferencias respecto a la levadura silvestre encontrada en restos de vino de hace más de 5000 años (Cavaliere *et al.*, 2003). Además de la selección microbiológica que suponen las características agresivas del mosto (alta acidez, bajo pH y gran concentración de azúcares), una vez que se han establecido las condiciones anaeróbicas durante la fermentación, la escasez de nutrientes y el incremento en concentración de alcohol convierten la bebida resultante en relativamente estable desde un punto de vista microbiológico.

No obstante, a lo largo de la historia más reciente, se estableció como práctica habitual durante la elaboración del vino el uso de sulfuroso o dióxido de azufre en el mosto para prevenir su oxidación y, a su vez, para seleccionar los microorganismos fermentadores (levaduras), facilitando así el desarrollo de la fermentación alcohólica. Presumiblemente, durante la etapa comprendida entre los siglos VII-II a. C. no se habría usado de manera consciente dióxido de azufre en la elaboración del vino, aunque el uso de sulfuros como elementos purificantes o higiénicos se ha podido registrar en contextos rituales ibéricos, como en el *oppidum* de Puente Tablas (Jaén) (Parras *et al.*, 2015), sin relación con la elaboración de vino. En cualquier caso, esta ausencia de datos sobre el uso de sulfuroso o dió-

xido de azufre hace que sea especialmente interesante evaluar la evolución microbiológica del vino durante la fermentación y su posterior conservación en condiciones similares a las del I milenio a. C.

3.2. Desarrollo del proyecto

Dentro de la colaboración interdisciplinar ya mencionada, se recreó la producción de vino a partir de unos parámetros que emulasen, en la medida de lo posible, las técnicas usadas por las comunidades prerromanas peninsulares. Nuestra intención era reconstruir un modelo productivo en un entorno controlado, analizando las necesidades materiales del procedimiento y el registro asociado. Además, pretendíamos observar el progreso de la bebida producida, recogiendo datos y efectuando analíticas sobre su evolución, profundizando en las posibilidades de consumo asociado a su desarrollo temporal y su conservación. Con estos conocimientos queríamos corroborar nuestras hipótesis iniciales en cuanto a la presupuesta facilidad para elaborar vino, sin unos recursos materiales o inmuebles complejos, así como la confirmación de una conservación para el consumo entre dos cosechas dentro de unos parámetros gustativos aceptables.

El experimento, dirigido por Jordi Diloli y Fernando Zamora, se llevó a cabo en el *Celler Experimental del Mas dels Frares*, de la URV. Se desarrolló en dos fases: durante el curso académico 2018-19 se efectuó un primer ensayo, para comprobar las posibilidades del proyecto y observar sus resultados, esencialmente si era posible producir vino sin un procedimiento técnico sofisticado y durante cuánto tiempo podía conservarse en un entorno controlado. Una vez validada la experiencia, durante el curso 2019-20 se procedió a realizar el mismo experimento ajustando algunos parámetros, como la cantidad y calidad de la uva utilizada y la producción de mosto según las características físicas y la capacidad de los contenedores, documentando todo el proceso gráfica y analíticamente. En cualquier caso, entendemos que se trata de un recurso heurístico que puede completar nuestro conocimiento sobre un método productivo cuyo registro arqueológico es limitado.



Fig. 2. A) Cuba de pisado y tinajas utilizadas en el proceso productivo, de almacenamiento y conservación. B) Tinajas selladas con cal. Foto: GRESEPIA.

Durante el experimento se intentó en todo momento ser coherentes con los datos arqueológicos sobre la producción de vino durante la Edad del Hierro, de forma que se establecieron unos parámetros tanto para los materiales empleados y el entorno como para el proceso de elaboración de la bebida. Se decidió fabricar las vasijas cerámicas que tenían que intervenir en el procedimiento con arcillas procedentes de depósitos tradicionales del bajo Ebro, que aún hoy día son explotados para la manufactura de contenedores de líquidos por sus características de impermeabilidad. Asimismo se optó por una metodología de cocción tradicional, que implicaba el uso del horno de leña en lugar del industrial, con la intención de reproducir unos parámetros cercanos a los de época ibérica.

Se encargaron cuatro tinajas de 40-50 litros, sin cuello y con boca ancha, similares (sin ser idénticas) a las tinajas de pitorro vertedor ibéricas que se utilizaron en la fase de fermentación. También se elaboraron doce jarras menores, con cuello y boca más estrechos y de 8 litros de capacidad, que se emplearon en la fase de conservación posterior de la bebida (Fig. 2).

El volumen y formato elegido para las grandes tinajas (40-50 litros) fue similar al que presentan las tinajas de pitorro vertedor, un tipo cerámico ibérico que ha sido interpretado como un recipiente destinado al almacenaje y decantación de líquidos (Mata y Bonet, 1992; Diloli, 2008). Si bien su uso se ha vinculado fundamentalmente a la fermentación y conservación de cerveza (Giró, 1958), los análisis de contenidos que hemos efectuado en una serie de recipientes de este tipo, procedentes de L'Assut y de La Cella (Salou, Tarragona) nos han permitido documentar la presencia de ácido tartárico, ácido málico y ácido síngico junto a indicadores de fermentación como el ácido succínico, el fumárico y el maleico, un conjunto de evidencias relacionadas con una probable presencia de vino. Así, nuestras analíticas

señalan el empleo de este tipo cerámico en el proceso de elaboración y conservación del vino, tal y como habían apuntado algunos autores (Conde, 1987). En este sentido, se ha señalado su uso multifuncional para la conservación de productos que dejan un poso en el fondo (cerveza, vino, aceite), para cuya filtración resulta muy apropiado que el pico vertedor se encuentre a unos centímetros de la base (Uroz, 2012, p. 47).

Las tinajas de menor capacidad, si bien se fabricaron con las mismas condiciones que las mayores, no siguieron parámetros tipológicos ibéricos, dado que su uso era funcional y únicamente pensado para cubrir las necesidades del proyecto. Las reservamos para la conservación, con el propósito de abrirlas gradualmente durante el proceso analítico y de cata.

4. MÉTODO EXPERIMENTAL

El experimento se inició durante la vendimia de 2019, con la variedad de uva "Ull de llebre" por ser la uva tinta autóctona mayoritaria de la zona. Esta variedad, más conocida internacionalmente con el nombre de tempranillo (*Prime name*: Tempranillo Tinto; *Vitis International Variety Catalogue* - Número de catálogo VIVC 12350)⁴, procede del cruce entre la variedad blanca albillo mayor y la variedad tinta Benedicto (*Vitis International Variety Catalogue* - VIVC 1131), un tipo por tanto más reciente que los utilizados en época protohistórica.

Las uvas se recolectaron en su nivel óptimo de madurez y sanidad en el viñedo experimental de la Fa-

⁴ *Vitis International Variety Catalogue*. <https://www.vivc.de/>. Las primeras referencias históricas de la variedad Tempranillo datan de 1513 (Alonso de Herrera, 1513).

cultad de Enología de la URV (Constantí, Tarragona), concretamente el 04-09-2019. Se vendimiaron 330 kg de uvas y se seleccionaron visualmente los racimos para garantizar su calidad. Posteriormente se trasladaron a la bodega donde fueron prensadas de forma tradicional, con los pies desnudos, en una cubeta de madera que permitía recoger un mosto parcialmente despalillado con presencia de pieles y semillas (Fig. 3).

La elección del pisado con los pies en cubeta de madera se efectuó principalmente por dos motivos. El primero, etnológico, al tratarse de un tipo de prensado tradicional en el nordeste peninsular. El segundo, arqueológico, por la falta de datos sobre estructuras construidas destinadas al prensado de la uva en los principales asentamientos ibéricos de esta zona, como cubetas o lagares. Es cierto que hemos apuntado la identificación de un lagar en el Coll del Moro (Jornet *et al.*, 2020), al que podríamos añadir los pies de prensa de Estincellés, Els Molars (ambos en Verdú, Lleida) y de Montfaó y La Rossella (ambos en Tàrraga, Lleida), que pudieran destinarse al prensado de aceitunas, uva o de los dos alternativamente (Asensio *et al.*, 2010). Sin embargo, es preciso subrayar que no es habitual la presencia de elementos construidos susceptibles de ser interpretados como prensas en los yacimientos ibéricos del área catalana. Por este motivo, así como por la dificultad de construir un lagar de obra en el espacio de experimentación, decidimos efectuar el pisado en un recipiente de madera, que no dejaría registro arqueológico y que está perfectamente documentado, sobre todo iconográficamente, como una estructura tradicional de pisado de uva⁵. Después del pisado se efectuó un prensado manual del hollejo, para aprovechar al máximo el rendimiento de la fruta.

Tras el prensado se recogieron unos 180 litros de mosto que se repartieron en las cuatro tinajas de bocal ancho de 40-50 litros. Se mantuvieron en un lugar fresco para propiciar la fermentación alcohólica espontánea, sin añadir levaduras o dióxido de azufre, pues no se tienen indicios de su uso durante la Edad del Hierro peninsular. Cada dos días se removió manualmente con el propósito de sumergir el sombrero formado por pieles y semillas para favorecer la extracción del color. El seguimiento de la fermentación alcohólica se realizó mediante la determinación de su densidad relativa y, al cabo de cuarenta días, mediante la determinación de los azúcares residuales. Una vez finalizada la fermentación alcohólica (glucosa + fructosa: 0,09 g/l), las tinajas se mantuvieron en reposo durante una semana para permitir la sedimentación natural de las lías. En la segunda fase del experimento se procedió a rellenar las doce tinajas de 8 litros que se sellaron de inmediato con taponés de corcho y se recubrieron con cal. Este

⁵ En el ánfora atribuida al pintor de Amasis, del siglo VI a. C. (Martin von Wagner Museum, Würzburg [L 265]) (<https://www.perseus.tufts.edu/hopper/image?img=Perseus:image:1992.09.0396>). Fecha de consulta 21/09/2023) se observa este pisado en lo que podría interpretarse como un cesto portátil, seguramente de tipo vegetal.



Fig. 3. A y B) Tipo de uva (variedad Tempranillo). C) Prensado (pisado de la uva). D) Mosto resultante. Foto: GRESEPIA.

método de cierre está ampliamente documentado en la antigüedad (Bernal y Sáez, 2008)⁶ debiendo permitir aislar suficientemente el contenido de la atmósfera exterior. Los recipientes se abrieron de forma gradual para realizar los muestreos correspondientes en tres tinajas a los 3, 6 y 12 meses. Previamente a su llenado se llevó a cabo otra toma de muestras.

4.1. Muestreo para análisis microbiológico

Los muestreos se realizaron durante el prensado de uva (M), a mitad de la fermentación alcohólica (MF) y al final de esta (FF). Esto se correspondió con densidades relativas de 1080, 1040 y 996 g/l asociadas a los 0, 12 y 40 días respectivamente. Además, se muestreó el vino a los doce meses de haber sido introducido en las tinajas de menor capacidad. En cada tiempo de muestreo, la recogida se realizó en tubos de plástico estériles que se llevaron al laboratorio durante la hora siguiente para su análisis microbiológico.

4.2. Cultivo de microorganismos

Los tubos con muestras de las distintas tinajas se usaron para realizar siembra en medios de cultivo específicos para contar las bacterias y levaduras que crecen según el metabolismo esperado. Se realizaron siembras directas de 100 μ l y diluciones de vino para poder contar colonias aisladas y calcular el número de microorganismos que había por ml de mosto o vino.

Los medios usados para la siembra fueron YPD (1 % yeast extract, 2 % peptone y 2 % dextrose) para crecimiento de levaduras y hongos en general; medio LYS (Lisina) donde la levadura *Saccharomyces cerevisiae* crece más lentamente que las otras levaduras y se usa normalmente para recuento de levaduras no *Saccharomyces*. Además, se utilizaron medios para bacterias lácticas MRS (Oxoid, Hampshire, UK) y acéticas GY-Ca (5 % glucose, 1 % yeast extract, 1 % CaCO₃) como se ha descrito anteriormente (Lleixà *et al.*, 2018).

4.3. Identificación de microorganismos

Para identificar las bacterias y levaduras cultivadas procedentes del vino en sus distintas etapas, se seleccionaron 20-30 colonias al azar en cada placa de cultivo intentando elegir las de distinta morfología y/o color. Se extrajo el ADN por un procedimiento mecánico y se amplificó mediante PCR (*Polymerase Chain Reaction*) una región específica del ADN (gen 16SrRNA en bacterias, región ITS en levaduras y hongos) (Guilla-

mon *et al.*, 1998). El producto de PCR fue secuenciado por la compañía Macrogen (Seúl, Corea) y permitió la identificación del microorganismo de origen al comparar las secuencias obtenidas con las de la base de datos de *Genbank* usando la herramienta BLASTN (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>).

4.4. Análisis químico del vino

El grado alcohólico adquirido, la acidez total, los ácidos tartáricos, L-málico, L-láctico y acético, el glicerol y los azúcares fermentables (glucosa + fructosa) se determinaron con los métodos recomendados por la Organización Internacional de la Viña y del Vino (OIV, 2014). La intensidad colorante (IC), los porcentajes de color rojo y amarillo y el índice de polifenoles totales (IPT) se determinaron según el método de Glories (1984). Los antocianos fueron identificados espectrofotométricamente (Niketic-Aleksic y Hrazdina, 1972) y mediante HPLC (Gil *et al.*, 2012).

5. RESULTADOS

5.1. Microorganismos identificados

Los recuentos de colonias en placas de cultivo proporcionan la cantidad de microorganismos que crecen en el medio específico por cada ml de vino muestreado. Como era de esperar, los valores de levaduras tanto *Saccharomyces* como no *Saccharomyces* presentaron un incremento hacia la MF, decreciendo posteriormente. En la FF se incrementaron los números de bacterias lácticas y acéticas. Finalmente, durante el almacenamiento en tinaja a lo largo de doce meses, el número total de microorganismos bajó, como en cualquier otro vino (Tab. 3).

La identificación por secuenciación de ADN de los microorganismos que crecen en placas permite detectar una gran diversidad de levaduras, hongos, bacterias lácticas y acéticas. Las levaduras mayoritarias eran *Saccharomyces cerevisiae*, *Torulaspota*, *Wickerhamiella pararugosa*, *Rhodotorula mucilaginosa* y *Lodderomyces elongisporus*. Al final del FA y el almacenamiento en tinaja se detectaron además bacterias lácticas (*Lactobacillus mali*), bacterias acéticas (*Kozakia baliensis*) y, en baja proporción, el hongo *Penicillium* (1 %) (Fig. 4).

Los valores de levaduras en el mosto (10⁴ cfu/ml) son algo bajos con respecto a lo que sería normal (10⁵ cfu/ml) pero el resto entra dentro de los valores normales durante una fermentación espontánea, es decir, una fermentación de mosto sin inocular levaduras comerciales. Después de doce meses en tinajas de cerámica, los valores de cfu entraban dentro de lo normal en vino sin sulfitar. Para una comparación, el vino sin sulfitar en bodega a los catorce meses presentaba 5 × 10³ levaduras/ml (datos del grupo BE) y para vino

⁶ El uso del tapón de corcho para el cierre de ánforas está registrado en el nordeste peninsular, como indica el hallazgo de Cap de Vol (Girona). <https://patrimoni.gencat.cat/ca/coleccio/cap-del-vol> (consulta: 21/09/2023).

| Microorganismo | Mosto | | Mitad FA | | | Final FA | | | 12 m | | | |
|-----------------------------------|-------------------|---|-----------------|-------------------|---|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| Levaduras totales | 2×10^4 | ± | 3×10^3 | $4,4 \times 10^7$ | ± | 5×10^4 | 3×10^5 | ± | 7×10^3 | $2,6 \times 10^3$ | ± | 2×10^2 |
| Levaduras No <i>Saccharomyces</i> | $5,7 \times 10^3$ | ± | 2×10^2 | 4×10^7 | ± | 1×10^5 | – | | | – | | |
| Bacterias Lácticas | – | | – | | | $2,2 \times 10^4$ | ± | 2×10^2 | 3×10^2 | ± | $1,5 \times 10^1$ | |
| Bacterias Acéticas | – | | – | | | 3×10^6 | ± | 5×10^3 | $2,5 \times 10^3$ | ± | 5×10^2 | |

Tab. 3. Recuentos de cfu (unidades formadoras de colonias) en las diferentes fases de elaboración y conservación del vino. La cantidad es equivalente al número de microorganismos cultivables por ml.

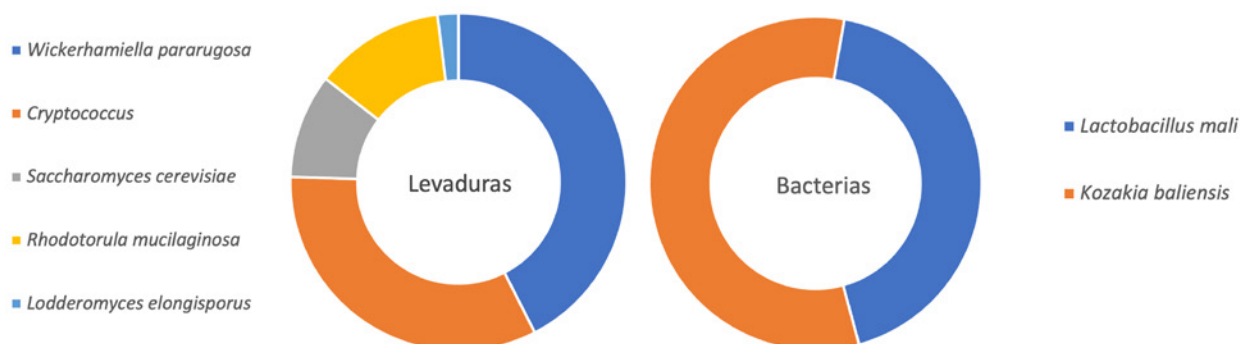


Fig. 4. Proporción de levaduras, hongos y bacterias identificadas en las muestras. Los valores muestran el promedio de los diferentes puntos de muestreo.

sulfitado en barricas nuevas un poco menores (Hierro *et al.*, 2006). No obstante, la diversidad de levaduras en el vino preservado en tinajas después de la FA es inusualmente elevada, con géneros diferentes a los que normalmente se detectan en vinos envejecidos en barricas, que son *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia*, *Candida* o *Brettanomyces* (Guzzon *et al.*, 2011).

5.2. Evolución de los parámetros fisicoquímicos del vino obtenido a lo largo del año de conservación

Los resultados muestran que el vino, ya en la primera toma de muestra, había finalizado completamente la fermentación alcohólica, pues los niveles de azúcares fermentables (glucosa y fructosa) estaban a muy baja concentración (0,09 g/l). El resto de los parámetros (grado alcohólico, acidez total, ácido tartárico y otros ácidos, pH, glicerol, potasio, antocianos y color) pueden considerarse normales. Únicamente hay que señalar que el vino ya había realizado la fermentación maloláctica, dado que todo el ácido L-málico se había transformado en ácido L-láctico, presentando una acidez volátil bastante alta (0,92 g/l).

La evolución del vino a lo largo del tiempo de conservación conllevó importantes cambios en su composición química y calidad sensorial. Básicamente, se observó un aumento importante de la concentración de etanol, pH, glicerol, ácido acético y potasio, mientras que se producía una disminución de la acidez total y

del ácido tartárico. Asimismo, se observó un progresivo deterioro del color; no solo disminuyó su intensidad, sino que, además, se produjo una clara disminución de su tonalidad roja y un gran aumento de su tonalidad amarilla, tal y como se apreciaba visualmente (Tab. 4).

6. DISCUSIÓN

El experimento llevado a cabo ha permitido conocer el proceso de fabricación, conservación y evolución de una bebida fermentada tan importante durante la protohistoria peninsular como fue el vino. Entre los datos obtenidos destaca el aumento de la concentración de etanol y de glicerol en el vino producido durante el experimento, un hecho que podemos interpretar como resultado de un proceso de evaporación de agua y etanol a través de la porosidad natural de la arcilla de las tinajas. Las mermas, que tuvieron lugar durante los doce meses de conservación, fueron de casi el 40 % del volumen (Fig. 5).

Además, los géneros de bacterias acéticas detectados en vino almacenado en barril de madera suelen pertenecer a los géneros *Acetobacter* y *Gluconobacter*, mientras que en este caso se detecta el género *Kozakia* que ha sido descrito como osmotolerante y podría ser compatible con el incremento en la concentración de etanol y solutos a lo largo del tiempo por la evaporación a través de los poros de las tinajas. Adicionalmente, la bacteria láctica *Lactobacillus mali* ha sido recientemente propuesta como un probiótico efectivo que puede ser saludable (Chen *et al.*, 2018). Ninguna de las

| Parámetro | Fin de la fermentación alcohólica | | | 3 meses | | | 6 meses | | | 12 meses | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-------|------|---------|------|------|---------|---------------|------|---------------|------|------|-----|
| | | ± | | | ± | | | ± | | | ± | | |
| Etanol (% v/v) | 12,8 | ± | 0,08 | 13,34 | ± | 0,05 | 15,22 | ± | 0,45 | 17,1 | ± | 0,97 | |
| pH | 4,18 | ± | 0,11 | 5,22 | ± | 0,41 | 5,37 | ± | 0,37 | 5,52 | ± | 0,46 | |
| Glucosa/Fructosa (g/L) | 0,09 | ± | 0,02 | 0,05 | ± | 0,02 | 0,05 | ± | 0,02 | 0,03 | ± | 0,02 | |
| Acidez total (g/L) | 4,13 | ± | 0,24 | 1,00 | ± | 0,17 | 0,87 | ± | 0,09 | 0,68 | ± | 0,12 | |
| Ácido tartárico (g/L) | 2,56 | ± | 0,12 | 1,72 | ± | 0,21 | 1,15 | ± | 0,17 | 0,99 | ± | 0,04 | |
| Ácido L-málico (g/L) | 0,06 | ± | 0,02 | 0,03 | ± | 0,01 | 0,05 | ± | 0,01 | 0,02 | ± | 0,01 | |
| Ácido L-láctico /g/L) | 1,23 | ± | 0,05 | 1,27 | ± | 0,01 | 1,32 | ± | 0,05 | 1,46 | ± | 0,07 | |
| Ácido acético (g/L) | 0,92 | ± | 0,11 | 1,08 | ± | 0,04 | 1,57 | ± | 0,07 | 1,86 | ± | 0,10 | |
| Potasio mg/L) | 1150 | ± | 87 | 1325 | ± | 69 | 1410 | ± | 110 | 1440 | ± | 66 | |
| Glicerol (g/L) | 4,09 | ± | 0,15 | 7,03 | ± | 0,06 | 7,85 | ± | 0,09 | 8,27 | ± | 0,93 | |
| Intensidad colorante (IC) | 6,22 | ± | 0,24 | 4,25 | ± | 0,12 | 3,01 | ± | 0,17 | 2,58 | ± | 0,28 | |
| % color rojo | 56,2 | ± | 1,7 | 39,1 | ± | 4,2 | 30,7 | ± | 2,2 | 29,4 | ± | 4,5 | |
| % color amarillo | 32,7 | ± | 1,8 | 48,3 | ± | 2,8 | 56,8 | ± | 3,8 | 58,7 | ± | 4,3 | |
| Antocianos (mg/L) | Espectrofotometría | 124,7 | ± | 18,5 | 85,6 | ± | 7,8 | 41,3 | ± | 3,2 | 17,6 | ± | 5,9 |
| | HPLC | 54,6 | ± | 11,3 | 11,5 | ± | 5,2 | No detectable | | No detectable | | | |
| Índice de polifenoles totales (IPT) | 32,62 | ± | 1,2 | 25,3 | ± | 1,3 | 16,2 | ± | 0,8 | 12,1 | ± | 1,3 | |

Tab. 4. Parámetros fisicoquímicos del vino a lo largo del periodo de conservación.

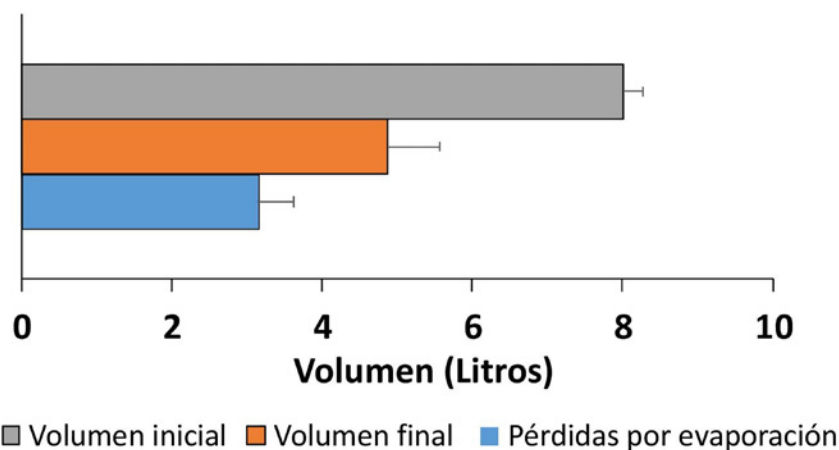


Fig. 5. Mermas en el volumen del vino.

especies detectadas ha sido descrita hasta el momento como alteradora de la calidad del vino, por lo que la estabilidad microbiológica podría estar asegurada gracias a la elevada concentración de etanol que se acumuló de forma natural en este proceso.

El aumento del grado alcohólico es algo habitual en vinos rancios envejecidos durante un periodo prolongado en barricas. Este aumento del grado alcohólico puede parecer algo sorprendente, ya que el etanol es más volátil que el agua. Sin embargo, tanto el agua como el etanol deben migrar a través de la madera en las barricas o a través de la pared de arcilla en las tinajas, para poder evaporarse después, en contacto con la atmósfera. Dado que la molécula de agua es mucho más pequeña que la de etanol (18 Da frente a 46 Da), es fácilmente imaginable que migre más rápido y, por tanto, estará más presente en el volumen de mermas producido por evaporación.

Otro aspecto sorprendente fue el enorme aumento del pH y la fuerte disminución de la acidez total y de la concentración de ácido tartárico. Este fenómeno está sin duda asociado a una disolución de potasio procedente de la arcilla, que provocó la precipitación del bitartrato potásico con la consiguiente disminución de su concentración y el aumento del pH.

Finalmente, los niveles de ácido acético aumentaron de forma progresiva y preocupante a lo largo del periodo de conservación, hasta alcanzar 1,86 g/l, un valor que en la actualidad descalificaría cualquier vino por exceso de acidez volátil. Tanto el deterioro del color como el aumento de la acidez volátil se pueden asociar a la gran permeabilidad al oxígeno de las tinajas empleadas y a la no aplicación de dióxido de azufre para proteger el vino de la oxidación e inhibir el crecimiento de las bacterias acéticas y otros microorganismos.

La Fig. 6 muestra un diagrama de tela de araña en el que se reflejan algunos de los atributos sensoriales que un panel de catadores entrenado determinó para el vino a lo largo del periodo de conservación.

Observamos también que el vino presentaba inicialmente una calificación sensorial razonable, con una cierta frutuosidad y un color aceptable para los gustos actuales. Tan solo se apreciaba una cierta acidez volátil y un poco de evolución oxidativa. No obstante, era perfectamente consumible (y no mucho peor que algunos vinos presentes actualmente en el mercado). Sin embargo, con el tiempo la frutuosidad disminuyó paulatinamente mientras que la percepción del color, de la acidez volátil y de la oxidación aumentaron progresivamente. Asimismo, el vino se impregnó de una sensación terrosa, de sabor desagradable, motivada por su conservación en las tinajas de arcilla. Todo ello nos sugiere que a partir de los seis meses de conservación es muy probable que fuera recomendable o necesario añadir o mezclar algún tipo de aditivo antes de proceder a su consumo. Esto enlaza bien con algunas evidencias relativas a determinadas prácticas de preparación y condimentación de la bebida identificadas a nivel arqueológico. No podemos descartar que el vino pudiese mezclarse con agua con el fin de rebajar no solo el grado de alcohol, sino también la intensidad del sabor. Así, por ejemplo, y para el nordeste peninsular, se sabe que en ciertos asentamientos *indiketas* del entorno de Empúries (L'Escala, Girona), se integraron o adoptaron parámetros relacionados con la preparación que son propios de los hábitos comensales griegos. Nos referimos, por ejemplo, al uso de la crátera para la mezcla del vino, cuya presencia tenemos certificada en los conjuntos de vajilla ática de la habitación Q1 del sector 9 del Puig de Sant Andreu (Ullastret, Girona) a finales del siglo V a. C. (Picazo, 2015). Igualmente, en el caso de Mas Castellar (Pontós, Girona) destacan los conjuntos identificados en el silo SJ 137, a finales del siglo V a. C. (Asensio y Pons, 2015) y también en un singular edificio turriforme (datado en la primera mitad del s. V a. C.), que cuenta con un ámbito anexo para la celebración de banquetes (Pons *et al.*, 2016). Ahora bien, dichos contextos evidencian unas situaciones de

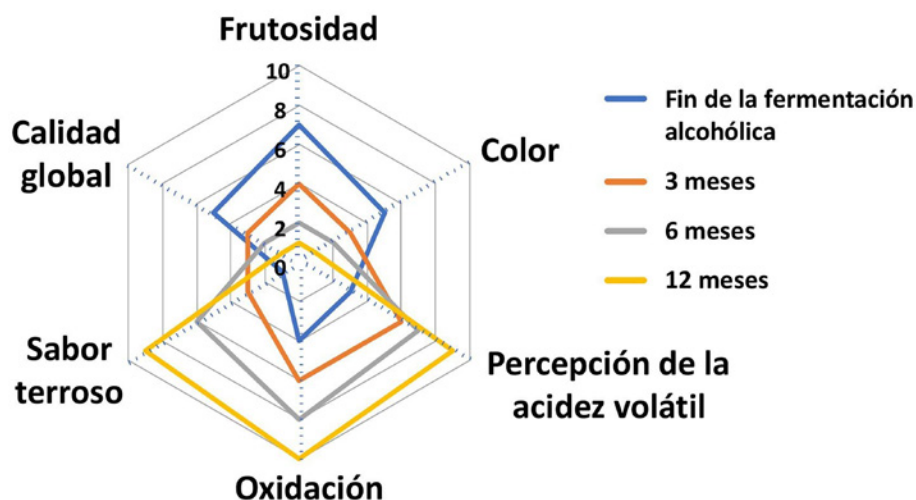


Fig. 6. Cambios en el perfil sensorial del vino a lo largo del periodo de conservación (12 meses).

elevada influencia helénica que resultan excepcionales y que no se replicaron de forma recurrente en otras áreas del mundo ibérico septentrional.

En contraste, durante los siglos IV y III a. C. constatamos de manera bastante generalizada, en todo el litoral catalán, la significativa distribución de un tipo determinado de morteros púnicos (forma AE/20-I-167), que se han asociado al comercio del vino ebusitano transportado en ánforas T-8.1.1.1, de amplia distribución en los asentamientos ibéricos. Dichos morteros se han relacionado con la elaboración de preparaciones o condimentos aromáticos que se añadirían al vino (Asensio, 2010, p. 711). Recientemente hemos podido confirmar esta hipótesis gracias a la identificación de residuos de ácido tartárico, relacionables con la presencia o manipulación de vino, en dos morteros púnico-ebusitanos (forma AE/20-I-167) recuperados en el yacimiento ibérico de La Cella.

En el bajo valle del Ebro, contamos con la presencia de morteros púnico-ebusitanos en yacimientos como el Castellot de la Roca Roja (Benifallet, Tarragona) y l'Assut. Además, en el Castellot de Banyoles destaca un conjunto de morteros ibéricos de finales del siglo III a. C. con una serie de rasgos, como piedras de pequeño tamaño incrustadas en su fondo y surcos marcados en la cara externa, que son resultado de la imitación de los tipos ebusitanos (Asensio, 2019, p. 915). En cualquier caso, la condimentación del vino mediante el uso del mortero conecta con el uso propuesto para los morteros-trípode fenicios (Vives-Ferrándiz, 2008) y, por extensión, con los hábitos de consumo del vino que ya habrían practicado las comunidades del bajo valle del Ebro en los festines de la Primera Edad del Hierro (Sardà, 2008; Sardà *et al.*, 2016).

Más allá de la posible mezcla e incorporación de aditivos, la necesidad de consumir el vino en un margen relativamente corto de tiempo también puede relacionarse con algunas de las escuetas informaciones de las fuentes escritas. Aunque no contamos con datos referentes al mundo ibérico propiamente dicho, el conocido apunte de Estrabón sobre los hábitos de consumo de los pueblos del interior y del norte peninsular, podría aportar alguna idea sobre las costumbres de los iberos: “Beben *zythos* (cerveza), y el vino, que escasea, cuando lo obtienen, lo consumen en seguida derrochándolo en espléndidas comilonas familiares” (Estrabón 3, 3, 7). Los datos disponibles para el bajo valle del Ebro sugieren el predominio de unas dinámicas de producción de ámbito doméstico y/o comunal que invitan a pensar en producciones de alcance fundamentalmente local o regional. Una situación distinta a la que apuntan los datos del área edetana y contestana, donde la producción de vino pudo desempeñar en época ibérica un papel socioeconómico de mayor entidad.

Finalmente, también debemos tomar en consideración la posible inclusión de ciertos aditivos durante la fase de almacenamiento y/o transporte del vino. Esta práctica no ha sido identificada por el momento en el registro analítico relativo al mundo ibérico septentrio-

nal, pero sí es conocida en contextos cercanos. Destaca la identificación de un horno para la fabricación de brea en un núcleo productor de vino como la Illeta dels Banyets, pues este producto pudo ser empleado, entre otras aplicaciones, como impermeabilizador de ánforas o como aditivo de los vinos con el fin de conservarlos, darles cuerpo y suavizarlos (Olcina *et al.*, 2022, p. 281).

Conviene asimismo recordar que en Lattara (Lattes, Hérault) se han identificado componentes botánicos (probablemente romero, albahaca y tomillo) en el vino resinado que contenían algunas ánforas etruscas del siglo V a. C. (McGovern *et al.*, 2013). También se han detectado trazas similares de hierbas lamiáceas (menta, romero, tomillo, orégano o salvia), así como enebro, en ánforas griegas de los siglos V-III a. C. (del tipo ‘*Corinthian B*’) utilizadas para el transporte del vino (Foley *et al.*, 2012). En contextos crono-culturalmente más alejados, el análisis de residuos ha permitido confirmar la adición de hierbas (quizás incluyendo romero, sen, ajedrea y salvia) en el vino resinado que se consumía en el antiguo Egipto (McGovern, 2003; McGovern *et al.*, 2009) y en el vino almacenado en la bodega del palacio cananeo de Tel Kabri (Israel) (Koh *et al.*, 2014). Tales aditivos, además de influir y modificar el gusto del vino, habrían aportado propiedades antioxidantes, antibacterianas y antifúngicas y habrían protegido el contenido de las ánforas del deterioro durante su almacenamiento y transporte, permitiendo su consumo en un momento avanzado de su almacenamiento.

7. CONCLUSIONES

Los datos obtenidos en el marco del presente proyecto pueden aplicarse al conocimiento general de los procesos de producción de la vitivinicultura protohistórica, así como en cuestiones relacionadas de forma específica con los momentos y formas óptimos de consumo del vino. Podemos concluir que el vino elaborado mediante técnicas similares a las que se pudieron utilizar en época prerromana presentó una fermentación alcohólica, una composición química y un perfil sensorial razonablemente correctos desde un punto de vista sanitario y gustativo actual. Esto nos permite afirmar que su producción no era una tarea complicada, pudo asumirse en entornos domésticos y que la bebida resultante no diferiría gustativamente de muestras actuales. Al tratarse de una manufactura ligada a un período estacional, el principal problema sería su conservación, pues en poco tiempo apreciamos un claro deterioro gustativo, hecho que invita a pensar en prácticas de consumo óptimas acotadas a una etapa no muy distante del momento de elaboración, o bien en la adición de elementos de origen vegetal o animal, como hierbas aromáticas, especias o miel, que pudieran aromatizar y enmascarar las deficiencias propias de un vino degradado a este nivel.

En cualquier caso, el deterioro de la bebida no era inmediato si se tenía controlado el sellado de los recipientes para evitar su exposición a la atmósfera, con lo cual las posibles adiciones para mejorar la sensación gustativa se realizarían una vez abiertas las tinajas o ánforas, cuyo producto tendría que ser consumido en un corto espacio de tiempo.

El experimento se ha efectuado partiendo básicamente de datos arqueológicos extraídos de la investigación protohistórica, pero pensamos que muestra una forma productiva que, sin muchas variaciones, es apta para otras épocas históricas. De esta forma, los resultados presentados sirven para avanzar en aspectos de interpretación del consumo (conservación y gusto), entendiéndolo en el marco de las relaciones económicas y sociopolíticas de los pueblos peninsulares que hicieron del vino un elemento vinculado a la ritualidad y a las prácticas de comensalidad. Esperamos que esta línea de investigación sobre los procesos de producción, almacenamiento, conservación y consumo de bebidas fermentadas durante la protohistoria nos permitan progresar en este conocimiento.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses económicos ni relaciones personales que pudieran haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, queremos mostrar nuestro especial agradecimiento a los técnicos del *Celler Experimental del Mas dels Frares* (URV), sin cuya colaboración el desarrollo de este proyecto no habría sido posible. Agradecemos a José Antonio Moreno, profesor del Departamento de Filologías Románicas de la Universidad Rovira i Virgili, la revisión lingüística y gramatical del texto. Y, por último, agradecemos el proceso editorial y el trabajo y los acertados comentarios de los/as evaluadores/as de este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aquilué, J., Castanyer, P., Santos, M. y Tremoleda, J. (2008). "Noves evidències del comerç fenici amb les comunitats indígenes de l'entorn d'Empúries". En: García, D., Gracia, F. y Moreno, I. (Eds.). *Contactes. Indígenes i Fenicis a la Mediterrània Occidental entre els segles VIII i VI ANE. Simposi d'arqueologia d'Alcanar*. Barcelona: Museu d'Arqueologia de Catalunya, pp. 171-190.
- Asensio, D. (2010). "Evidencias arqueológicas de la incidencia púnica en el mundo ibérico septentrional (siglos VI-III a.C.). Estado de la cuestión y nuevos enfoques". *Mainake*, 32 (2), pp. 705-734.
- Asensio, D. (2019). *Economia i societat dels pobles ibèrics de l'àrea catalana a través de l'estudi dels conjunts ceràmics (segles VI-II aC)*. Tesis doctoral, Universitat de Barcelona. <http://hdl.handle.net/10803/669933>
- Asensio, D., Cardona, R., Ferrer, C., Morer, J., Pou, J., Saula, O. y Garcia, C. (2010). "Una almàssera del segle III AC dins del nucli ibèric dels Estinclells (Verdú, Urgell)". *Urtx: revista cultural de l'Urgell*, 24, pp. 55-76.
- Asensio, D. y Pons, E. (2015). "Características, evolución y particularidades del poblamiento indígena en el área de colonización griega del Ampurdán. El caso de Mas Castellar de Pontós (siglos VII-III a.C.)". En: Roure, R. (Ed.). *Contactes et acculturations en Méditerranée occidentale, Hommages à Michel Bats, Bibliothèque d'Archéologie Méditerranéenne et Africaine*. Arles: Errance, pp. 219-227.
- Aubet, M. E., Carmona, P., Curià, E., Delgado, A., Fernández Cantos, A. y Párraga, M. (1999). *Cerro del Villar I. El asentamiento fenicio en la desembocadura del río Guadalhorce y su interacción con el hinterland*. Sevilla: Junta de Andalucía, Dirección General de Bienes Culturales.
- Benavente, J. A., López, R. y Melguizo, S. (2016). "Pavimentos y cubetas de yeso en el Palao de Alcañiz (Teruel): Una propuesta de interpretación". *Ier Congreso de Arqueología y Patrimonio Aragonés*. Zaragoza, pp. 231-242.
- Bernal, D. y Sáez, A. M. (2008). "Opérculos y ánforas romanas en el Círculo del Estrecho. Precisiones tipológicas, cronológicas y funcionales". *Rei Cretariae Romanae Fautorvm Acta*, 40, pp. 1-18.
- Botto, M. (2013). "The Phoenicians and the Spread of Wine in the Central West Mediterranean", En: Celestino, S. y Blánquez, J. (Eds.). *Patrimonio cultural de la vid y el vino. Vine and Wine Cultural Heritage*. Madrid: UAM Ediciones, pp. 103-131.
- Botto, M. (2016). "The Phoenicians in the central-west Mediterranean and Atlantic between precolonization and first colonization". En: Donnellan, L., Nizzo, V. y Burgers, G. J. L. M. (Eds.). *Contexts of early Colonization*. Papers of the Royal Netherlands Institute in Rome, 64. Roma: Palombi Editori, pp. 289-310.
- Burillo, F. (2010). "La vid y el vino en el valle medio del Ebro durante la etapa prerromana". *Saguntum: Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia*, Extra 9. *De la cuina a la Taula. IV Reunió d'Economia en el primer mil·lenni aC*, pp. 135-150.
- Buxó R. (1999). "Les restes de llavors i fruits". En: Aquilué, X. (Ed.). *Intervencions arqueològiques a Sant Martí d'Empúries (1994-1996). De l'assentament pre-colonial a l'Empúries actual*. Monografies Emporitanes, 9. Empúries: Museu d'Arqueologia de Catalunya, pp. 605-611.
- Buxó, R. (2008). "The agricultural consequences of colonial contacts on the Iberian Peninsula in the first millennium B. C.". *Vegetation History and Archaeobotany*, 17 (1), pp. 145-154. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00334-007-0133-7>
- Castelló, J., Gómez Bellard, C. y Álvarez, N. (2000). "Estudio preliminar de las ánforas del Alt de Benimaquí (Dénia, Alicante)". *Quaderns de prehistòria i arqueologia de Castelló*, 21, pp. 121-136.
- Catalá, M. (1999). "La agricultura: los recursos vegetales a partir de las semillas y frutos". En: Aubet, M. E., Carmona, P., Curià, E., Delgado, A., Fernández Cantos A. y Párraga, M. (Eds.). *El Cerro del Villar-I. El asentamiento fenicio en la desembocadura del río Guadalhorce y su interacción con el hinterland*. Monografías Arqueología. Sevilla: Junta de Andalucía, pp. 307-321.
- Cavalieri, D., McGovern, P. E., Hartl, D. L., Mortimer, R. y Polsinelli, M. (2003). "Evidence for *S. cerevisiae* Fermentation in Ancient Wine". *Journal of Molecular Evolution*, 57, Suppl. 1, pp. S226-S232. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00239-003-0031-2>
- Chen, Y. T., Yang, N. S., Lin, Y. C., Ho, S. T., Li, K. Y., Lin, J. S. y Chen, M. J. (2018). "A combination of *Lactobacillus mali* APS1 and dieting improved the efficacy of obesity treatment via manipulating gut microbiome in mice". *Scientific Reports*, 8, article 6153. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23844-y>
- Conde, M. J. (1987). "Estudi sobre un recipient ibèric: vasos amb broc inferior". *Fonaments*, 6, pp. 27-60.
- Delgado, A. (2008). "Alimentos, poder e identidad en las comunidades fenicias occidentales". *Cuadernos de Prehistoria y arqueología de la Universidad de Granada*, 18, pp. 163-188.
- Delgado, A. (2011). "Poder y subalternidad en las comunidades fenicias de la Andalucía mediterránea". *I Congreso de Prehistoria de Andalucía. La tutela del patrimonio prehistórico*. Sevilla: Junta de Andalucía, pp. 293-304.
- Diloli, J. (2008). "La ceràmica ibèrica a torn al curs inferior de l'Ebre (Baix Ebre, Montsià i Baix Maestrat). Un assaig de classificació". *Cypselà: revista de prehistòria i protohistòria*, 17, pp. 233-252.

- Diloli, J. (2009). "La perduración del poder en un espacio arquitectónico simbólico. La torre T-3 del asentamiento protohistórico de L'Assut (Tivenys, Baix Ebre, Tarragona)". *Trabajos de Prehistoria*, 66 (2), pp. 119-142. DOI: <https://doi.org/10.3989/tp.2009.09023>
- Diloli, J., Bea, D. y Sardà, S. (2018). *El Turó del Calvari de Vilalba dels Arcs: L'arquitectura del poder a l'Ebre durant la protohistòria*. Tarragona: Publicacions Universitat Rovira i Virgili.
- Foley, B. P., Hansson, M. C., Kourkoumelis, D. P. y Theodoulou, T. A. (2012). "Aspects of ancient Greek trade re-evaluated with amphora DNA evidence". *Journal of Archaeological Science*, 39 (2), pp. 389-398. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.09.025>
- García Rubert, D. (2011). "Nuevas aportaciones al estudio de los patrones de asentamiento en el nordeste de la Península Ibérica durante la Primera Edad del Hierro: el caso del Complejo Sant Jaume". *Trabajos de Prehistoria*, 60 (2), pp. 331-352. DOI: <https://doi.org/10.3989/tp.2011.11073>
- García Rubert, D. (2015). "Jefes del Sènia. Sobre la emergencia de jefaturas durante la primera Edad del Hierro en el nordeste de la Península Ibérica". *Munibe Antropologia-Arkeologia*, 66, pp. 223-243. DOI: <https://doi.org/10.21630/maa.2015.66.12>
- García Rubert, D., Gracia, F. y Moreno, I. (2016). *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià): els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector 1*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Gil, M., Kontoudakis, N., González, E., Esteruelas, M., Fort, F., Canals, J. M. y Zamora, F. (2012). "Influence of grape maturity and maceration length on color, polyphenolic composition, and polysaccharide content of Cabernet Sauvignon and Tempranillo wines". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60 (32), pp. 7988-8001. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf302064n>
- Giró, P. (1958). *Estudio sobre la probable aplicación de un vaso inédito ibero-romano*. Vilafranca del Penedès: Museu de Vilafranca.
- Glories, Y. (1984). "La couleur des vins rouges. 2ème partie: Mesure, origine et interpretation". *Connaissance de la Vigne et du Vin*, 18, pp. 253-271.
- Gómez Bellard, C. (2014). "Los orígenes del vino en la Península Ibérica: El Alt de Benimaquí, Denia". En: Soler Pascual, E. (Ed.). *El vino en Alicante* (Catálogo de Exposición). Alicante: Museo Arqueológico y Fundación MARQ, pp. 14-17.
- Gómez Bellard, C. y Guérin, P. (1995). "Los lagares del Alt de Benimaquí (Denia): en los inicios del vino ibérico". En: Celestino, S. (Ed.). *Arqueología del vino. Los orígenes del vino en Occidente*. Jerez de la Frontera: Consejo Regulador de las Denominaciones de Origen Jerez-Xeres-Sherry y Manzanilla Sanlúcar de Barrameda, pp. 241-270.
- Gómez Bellard, C., Guérin, P. y Pérez Jordà, G. (1993). "Témoignage d'une production de vins dans l'Espagne préromaine". *La production du vin et l'huile en Méditerranée: Actes du Symposium International*. Atenas: École Française d'Atènes, pp. 379-395.
- González de Canales, F., Montaña, A. y Llompard, J. (2020). "The beginning of grape cultivation in the Iberian Peninsula: a reappraisal after the Huelva (Southwestern Spain) archaeological finds and new radiocarbon datings". *Onoba: revista de arqueología y antigüedad*, 8, pp. 35-42.
- Guérin, P. y Gómez Bellard, C. (2000). "La production du vin dans l'Espagne préromaine". En: Buxó, R. y Pons, E. (Eds.). *Els productes alimentaris d'origen vegetal a l'Edat del Ferro de l'Europa occidental: de la producció al consum. Actes del XXII Col·loqui Internacional per a l'Estudi de l'Edat del Ferro*. Sèrie Monogràfica, 18. Girona: Museu d'Arqueologia de Catalunya, pp. 379-387.
- Guillamon, J. M., Sabaté, J., Barrio, E., Cano, J. y Querol, A. (1998). "Rapid identification of wine yeasts species based on RFLP analysis of the ribosomal ITS regions". *Archives of Microbiology*, 169, pp. 387-392. DOI: <https://doi.org/10.1007/s002030050587>
- Guzzon, R., Widmann, G., Malacarne, M., Nardin, T., Nicolini, G. y Larcher, R. (2011). "Survey of the yeast population inside wine barrels and the effects of certain techniques in preventing microbiological spoilage". *European Food Research and Technology*, 233, pp. 285-291. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-011-1523-8>
- Hamon, C., Jalabazde, M., Agapishvili, T., Baudouin, E., Koridze, I. y Messager, E. (2016). "Gadachrili Gora: Architecture and organisation of a Neolithic settlement in the middle Kura Valley (6th millennium BC, Georgia)". *Quaternary International*, 395, pp. 154-169. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.01.055>
- Harutyunyan, M. y Malfeito-Ferreira, M. (2022). "The Rise of Wine among Ancient Civilizations across the Mediterranean Basin". *Heritage*, 5 (2), pp. 788-812. DOI: <https://doi.org/10.3390/heritage5020043>
- Herrera, A. (1513). *Obra de agricultura copilada de diversos autores por Gabriel Alonso de Herrera de mandado del muy ilustre y reverendísimo Señor, el Cardenal de España Arzobispo de Toledo*. Alcalá de Henares: Arnao Guillén de Brocar.
- Hierro, N., Esteve-Zarzoso, B., González, A., Mas, A. y Guillamón, J. M. (2006). "Real-Time Quantitative PCR (QPCR) and Reverse Transcription-QPCR for Detection and Enumeration of Total Yeasts in Wine". *Applied and Environmental Microbiology*, 72, pp. 7148-7155. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.00388-06>
- Iborra, M. P., Grau, E. y Pérez Jordà, G. (2003). "Recursos agrícolas y ganaderos en el ámbito fenicio occidental: estado de la cuestión". En: Gómez Ballard, C. (Ed.). *Ecohistoria del paisaje agrario: la agricultura fenicio-púnica en el Mediterráneo*, València: Publicacions de la Universitat de València, pp. 33-56.
- Jornet, R. (2010). "El jaciment ibèric i medieval de Sifons de l'Horta (Sant Martí de Maldà, l'Urgell), l'evidència d'un probable nucli rural ilergeta (s.III a.n.e.)". *Urtx: revista cultural de l'Urgell*, 24, pp. 91-104.
- Jornet, R. (2017). *El jaciment de Sant Antoni de Calaceit i el poblament ibèric de les comarques del Mataranya i la Terra Alta*. Barcelona: Monografies del Museu d'Arqueologia de Catalunya-Barcelona 15.
- Jornet, R., Belarte, C., Sanmartí, J., Asensio, D., Morer, J. y Noguera, J. (2020). "El Coll del Moro (Gandesa, Tarragona) y su contexto territorial: formación y desarrollo de un asentamiento urbano protohistórico". *Trabajos de Prehistoria*, 77 (1), pp. 113-129. DOI: <https://doi.org/10.3989/tp.2020.12249>
- Koh, A. J., Yasur-Landau, A. y Cline, E. (2014). "Characterizing a Middle Bronze palatial wine cellar from Tel Kabri, Israel". *PLoS ONE*, 9 (8), e106406. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106406>
- Lleixà, J., Kioroglou, D., Mas, A. y Portillo, M. C. (2018). "Microbiome dynamics during spontaneous fermentations of sound grapes in comparison with sour rot and *Botrytis* infected grapes". *International Journal of Food Microbiology*, 281, pp. 36-46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.05.016>
- López, D. (2016). "Estudios, análisis i treballs específics". En: García, D., Gracia F. y Moreno, I. (Eds.). *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià): els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector 1*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona, pp. 345-388.
- López, D. (2018). "Estudi arqueobotànic de les llavors carbonitzades del Turó del Calvari". En: Diloli, J., Bea, D. y Sardà, S. (Eds.). *El Turó del Calvari de Vilalba dels Arcs: L'arquitectura del poder a l'Ebre durant la protohistòria*. Tarragona: Publicacions Universitat Rovira i Virgili, pp. 259-262.
- López, D., Asensio, D., Jornet, R. y Morer, J. (2015). *La Font de la Canya, guia arqueològica. Un centre de mercaderies a la Cossetània ibèrica origen de la vinya*. Vilafranca del Penedès: Institut d'Estudis Penedesencs.
- López, D., Jornet, R., Morer, J. y Asensio, D. (2013). "La viticultura prerromana al Penedès: indicadors arqueològics a Font de la Canya (Avinyonet del Penedès, Alt Penedès, Barcelona)". En: Sancho, D. (Ed.). *El món de la viticultura, els vins, caves i aiguardents al Penedès i al Camp de Tarragona. Actes del V seminari d'Història del Penedès*. Vilafranca del Penedès: Institut d'Estudis Penedesencs, pp. 31-52.
- López, D., Valenzuela, S. y Sanmartí, J. (2011). "Economía i canvi socio-cultural a Catalunya durant l'edat del ferro" En: Valenzuela, S., Padrós, N., Belarte, M.-C. y Sanmartí, J. (Eds.). *Economia agropecuària i canvi social a partir de les restes bioarqueològiques. El primer mil·lenni aC a la Mediterrània Occidental*. Actes de la V Reunió Internacional d'Arqueologia (Calafell). Arqueomediterrània, 12, pp. 71-92.
- Lorrio, A., y Sánchez Prado, M. D. (2013). "El lagar ibérico de El Molón (Camporrobles, Valencia)". En: Martínez, A. (Ed.). *Paisajes y patrimonio cultural del vino y de otras bebidas psicotrópicas*. Valencia: Ayuntamiento de Requena, pp. 159-168.
- Martínez, A. (2014a). "Una almazara ibérica en el yacimiento de la Illeta dels Banyets, El Campello, Alicante". En: Olcina, M. y Soler, J. (Eds.). *Arqueología en Alicante en la primera década del siglo XXI. II Jornadas de arqueología y patrimonio alicantino*. Alicante: Museo Arqueológico de Alicante, pp. 247-253.
- Martínez, A. (2014b). "La Solana de las Pilillas y otros testimonios de producción y consumo de vino en la Meseta de Requena-Utiel". *Lucentum*, 33, pp. 51-72. DOI: <https://doi.org/10.14198/LVCENTVM2014.33.04>
- Martínez, A. y Maronda, M. J. (2011). "La Solana de las Pilillas: Génesis de la viticultura en la Comarca de Requena-Utiel". *Oleana*, 26, pp. 13-29.

- Martínez, A. y Olcina, M. (2014). "El vino de la Contestania en época ibérica. Los lagares de la Illeta dels Banyets". En: Soler Pascual, E. (Coord.). *El vino en Alicante* (Catálogo de Exposición). Alicante: Museo Arqueológico y Fundación MARQ, pp. 18-25.
- Mata, C. y Bonet, H. (1992). "La cerámica ibérica: ensayo de tipología". *Estudios de Arqueología Ibérica y Romana. Homenaje a Enrique Pla Ballester*. Trabajos Varios, 89, pp. 117-163.
- McGovern, P. (2003). *Ancient Wine: The Search for the Origins of Viticulture* (primera edición). Princeton: Princeton University Press.
- McGovern, P., Jalabazde, M., Batiuk, S., Callahan, M., Smith, K., Hall, G.... y Lordkipanidze, D. (2017). "Early Neolithic wine of Georgia in the South Caucasus". *PNAS*, 114 (48), pp. 10309-10318. DOI: doi.org/10.1073/pnas.1714728114.
- McGovern, P. E., Luley, B. P., Rovira, N., Mirzoian, A., Callahan, M. P., Smith, K. E. y Henkin, J. M. (2013). "Beginning of viticulture in France". *PNAS*, 110 (25), pp. 10147-10152. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.1216126110
- McGovern, P. E., Mirzoian, A. y Halla, G. R. (2009). "Ancient Egyptian herbal wines". *PNAS*, 106 (18), pp. 7361-7366. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.0811578106
- Niketic-Aleksic, G. K. y Hrazdina, G. (1972). "Quantitative analysis of the anthocyanin content in grape juices and wines". *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie*, 5, pp. 163-165.
- Olcina, M., Martínez, A., Sala, F., López, D., Doménech, A. y Carrión, Y. (2022). "Un testimonio de la producción de brea en la protohistoria de la Península Ibérica: el horno de la Illeta dels Banyets (El Campello, Alicante)". *SPAL: Revista de prehistoria y arqueología de la Universidad de Sevilla*, 31 (1), pp. 253-288. DOI: https://doi.org/10.12795/spal.2022.i31.10
- Organisation Internationale de la Vigne et du Vin (2021). *Methods of analysis of wines and must*. Disponible en: <http://www.oiv.int/oiv/>
- Parras, D., Sánchez, A., Tuñón, J., Montejo, M., Ramos, N. y Cañabate, M. L. (2015). "Análisis fisicoquímicos en el santuario de El Pajarillo (Huelma, Jaén) y en el oppidum de Puente Tablas (Jaén)". En: Ruiz, A. y Molinos, M. (Eds.). *Jaén, tierra ibera: 40 años de investigación y transferencia*. Jaén: Universidad de Jaén, pp. 137-144.
- Pecci, A. (2021). "La producción y consumo de vino a través del análisis de residuos químicos en materiales arqueológicos". *Tribuna d'Arqueologia*, 20, pp. 322-333.
- Pecci, A., Giorgi, G., Salvini, L. y Cau M. A. (2013). "Identifying wine markers in ceramics and plasters with gas chromatography – mass spectrometry. Experimental and archaeological materials". *Journal of Archaeological Science*, 40, pp. 109-115. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.05.001
- Pérez Jordà, G. (2000). "La conservación y la transformación de los productos agrícolas en el Mundo Ibérico". *Saguntum: Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia*, Extra 3. *Ibers. Agricultors, artesans i comerciants. III Reunió sobre Economia en el Món Ibèric*, pp. 47-68.
- Pérez Jordà, G. (2007). "Estudio paleocarpológico". En: Rouillard, P., Gailledrat, E. y Sala, F. (Eds.). *Fouilles de la Ràbita de Guardamar II. L'établissement protohistorique de la Fonteta (fin VIII-fin VI siècle av. J.C.)*. Madrid: Casa de Velázquez, pp. 405-416.
- Pérez Jordà, G. (2013). *La agricultura en el País Valenciano entre el VI y el I milenio a.C.* Tesis doctoral. Universitat de València. <http://hdl.handle.net/10261/239363>
- Pérez Jordà, G. (2015). "El cultivo de la vid y la producción de vino en la península ibérica durante el I milenio a.n.e.". En: Francia Verde, R. (Ed.). *Historia y arqueología en la cultura del vino*. Logroño: Instituto de Estudios Riojanos, pp. 47-55.
- Pérez Jordà, G., Alonso, N., Rovira, N., Figueiral, I., López Reyes, D., Marínval, P.... y Bouby, L. (2021a). "The Emergence of Arboriculture in the 1st Millennium BC along the Mediterranean's Far West". *Agronomy*, 11 (902), pp. 2-32. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy11050902
- Pérez Jordà, G., Peña Chocarro, L., García, M. y Vera, J. C. (2017). "The beginnings of fruit tree cultivation in the Iberian Peninsula: plant remains from the city of Huelva (southern Spain)". *Vegetation History and Archaeobotany*, 26, pp. 1-12. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00334-017-0610-6>
- Pérez Jordà, G., Peña Chocarro, L. y Pardo Gordó, S. (2021b). "Fruits arriving to the west. Introduction of cultivated fruits in the Iberian Peninsula". *Journal of Archaeological Science: Reports*, 35: 102683. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102683>
- Picazo, M. (2015). "La vajilla de los días de fiesta: cerámica ática en una casa de finales del siglo V a. C. de Ullastret". *Archivo Español de Arqueología*, 88, pp. 25-37. DOI: <https://doi.org/10.3989/aespa.088.015.002>
- Pons, E., Asensio, D., Morer, J. y Jornet, R. (2016). "Un edifici singular del segle V aC trobat sota la torre de defensa de l'oppidum ibèric (Mas Castellar-Pontós, Alt Empordà)". *Annals de l'Institut d'Estudis Empordanesos*, 47, pp. 13-46.
- Quixal, D., Pérez Jordà, G., Moreno, A., Mata, C. y Carrión, Y. (2016). "Bodegas, lagares y almazaras en el territorio de Kelin (siglos V-III a. C.): el caso de la Rambla de la Alcantarilla (Requena, Valencia)". *Archivo Español de Arqueología*, 89, pp. 25-43. DOI: <https://doi.org/10.3989/aespa.089.016.002>
- Ramon, J. (1995). *Las ánforas fenicio-púnicas del Mediterráneo central y occidental*. Col·lecció Instrumenta, 2. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Ruiz-Gálvez, M. (2013). *Con el fenicio en los talones. Los inicios de la Edad del Hierro en la cuenca del Mediterráneo*. Barcelona: Bellaterra.
- Sardà, S. (2008). "Servir el vino. Algunas observaciones sobre la adopción del oinochoe en el curso inferior del Ebro (s. VII-VI a.C.)". *Trabajos de Prehistoria*, 65 (2), pp. 95-115. DOI: <https://doi.org/10.3989/tp.2008.08005>
- Sardà, S., García, D. y Moreno, I. (2016). "Feasting, phoenician trade and dynamics of social change: rituals of commensality in the early iron settlement of Sant Jaume (Alcanar, Montsià, Catalunya)". *Journal of Mediterranean Archaeology*, 29 (1), pp. 37-60. DOI: <https://doi.org/10.1558/jmea.v29i1.31012>
- Toussaint-Samat, M. (1994). *A History of Food*. New Jersey: Wiley-Blackwell.
- Ucchesu, M., Orru, M., Grillo, O., Venora, G., Usai, A., Serreli, P. y Bacchetta, G. (2015). "Earliest evidence of a primitive cultivar of *Vitis vinifera* L. during the Bronze Age in Sardinia (Italy)". *Vegetation History and Archaeobotany*, 24 (5), pp. 587-600. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00334-014-0512-9>
- Uroz, H. (2012). *Prácticas rituales, iconografía vascular y cultura material en Libisosa (Lezuza, Albacete): Nuevas aportaciones al Ibérico Final del Sudeste*. Alicante: Servei de Publicacions de la Universitat d'Alacant.
- Vera, J. y Echevarría, A. (2013). "Sistemas agrícolas del I milenio a.C. en el yacimiento de La Orden-Seminario de Huelva. Viticultura protohistórica a partir del análisis arqueológico de las huellas de cultivo". En: Celestino, S. y Blázquez, J. (Eds.). *Patrimonio Cultural de la Vid y el Vino*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, pp. 95-106.
- Vives-Ferrándiz, J. (2008). "Negotiating Colonial Encounters: Hybrid Practices and Consumption in Eastern Iberia (8th-6th BC centuries)". *Journal of Mediterranean Archaeology*, 21 (2), pp. 241-272. DOI: <https://doi.org/10.1558/jmea.v21i2.241>
- Weiss, E., Wetterstrom, W., Nadel, D. y Bar-Yosef, O. (2004). "The broad spectrum revisited: Evidence from plant remains". *PNAS*, 101, pp. 9551-9555. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0402362101>
- Zohary, D., Hopf, M. y Weiss, E. (2012). *Domestication of Plants in the Old World: The Origin and Spread of Domesticated Plants in South-West Asia, Europe, and the Mediterranean Basin*. Oxford: Oxford University Press.