

DESENREDANDO EL CAOS. UN ANÁLISIS DE LA CIRCULACIÓN DE LOS ADORNOS DE PIEDRA VERDE DURANTE LA PREHISTORIA RECIENTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA A TRAVÉS DE LA INVESTIGACIÓN DE REDES

Untangling chaos. An analysis of the circulation of greenstone adornments during the Late Prehistory of the Iberian Peninsula using network research

CARLOS RODRÍGUEZ RELLÁN*, SERGE CASSEN**,
ANTÓNIO FAUSTINO CARVALHO***, MERCEDES MURILLO-BARROSO****
y RAMÓN FÁBREGAS VALCARCE*****

RESUMEN Las dificultades para determinar su número real, el material concreto en el que fueron realizados o la cronología exacta de su deposición, hace de los objetos de adorno prehistóricos un campo de estudio enormemente complejo. Quizás por esta razón, buena parte de las aproximaciones anteriores a estos objetos se centraron en su caracterización y proveniencia así como en los patrones de consumo y su evolución a través de la Prehistoria.

En este artículo analizamos un conjunto de piezas de adorno fabricadas en piedra verde (fundamentalmente variscita) y otras materias primas recuperadas en yacimientos de la península ibérica cuya cronología va desde el Neolítico Antiguo hasta inicios de la

* Carlos Rodríguez Rellán (Orcid: 0000-0001-5884-6592) Departamento de Prehistoria y Arqueología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Granada, 18071 Granada. carlos.rellan@ugr.es

** Serge Cassen (Orcid: 0000-0001-7543-8267) CNRS, Laboratoire de recherches archéologiques (Unité Mixte de Recherche n.º 6566), Université de Nantes, Chemin la Censive du Tertre BP 81227 44312 Nantes Cedex 3. serge.cassen@univ-nantes.fr

*** António Faustino Carvalho (Orcid: 0000-0002-0912-2325) Faculdade de Ciências Humanas e Sociais, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139, Faro. afcarva@ualg.pt

**** Mercedes Murillo-Barroso (Orcid: 0000-0002-2271-291X) Departamento de Prehistoria y Arqueología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Granada, 18071. murillobarroso@ugr.es

***** Ramón Fábregas Valcarce (Orcid: 0000-0002-7940-6884) Departamento de Historia, Faculdade de Xeografía e Historia, Universidade de Santiago de Compostela, Praza da Universidade, 15703, Santiago de Compostela. ramon.fabregas@usc.es

Fecha de recepción: 22-05-2023. Fecha de aceptación: 14-11-2023.

<http://dx.doi.org/10.30827/CPAG.v33i0.28274>

Edad del Bronce. A partir de esta base de datos y empleando el análisis espacial y la investigación de redes, nos aproximaremos a las dinámicas de circulación e intercambio que hicieron posible que estos artefactos se distribuyeran por prácticamente todo el territorio peninsular.

Palabras clave: Redes espaciales, Análisis espacial, Variscita, Calaíta.

ABSTRACT The difficulties in determining their actual number, the specific material in which they were made or the exact chronology of their deposition, turns prehistoric adornments in an enormously complex field of study. Perhaps for this reason, most of the previous approaches to these objects have focused on their characterization and provenience as well as on the consumption patterns and their evolution throughout prehistory. In this paper, we analyze a set of adornments made of greenstone (mainly variscite) and other raw materials recovered from sites in the Iberian Peninsula whose chronology ranges from the Early Neolithic to the Early Bronze Age. From this database and using spatial analysis and network research, we will approach the dynamics of circulation and exchange that made it possible for these artifacts to be distributed throughout practically the entire Peninsula.

Keywords: Spatial Networks, Spatial Analysis, Variscite, Callaïs.

INTRODUCCIÓN

En los siglos y milenios posteriores a la adopción del modo de vida productor por parte de las comunidades prehistóricas de la península ibérica, se produjo un notable incremento en la fabricación y circulación de objetos de adorno. Prueba de ello es la aparición de colgantes y cuentas de collar, a veces conformando conjuntos de miles e incluso centenares de miles de piezas, en yacimientos de muy diversa índole (Rodríguez-Rellán *et al.*, 2019). Estos objetos fueron elaborados empleando una enorme diversidad de materias primas de origen animal, vegetal, metálico, cerámico y —sobre todo— pétreo (tabla 1). Dentro de esta última categoría, la variabilidad de materiales utilizados es especialmente notable. Así, son frecuentes en la bibliografía especializada las referencias a adornos de calcita, caliza, clinocloro, corneana, crisotilo... (Garrido-Cordero *et al.*, 2020; Lucíañez-Triviño *et al.*, 2021; Murillo-Barroso y Martínón-Torres, 2012; Thomas, 2011).

Sin embargo, el conjunto de adornos prehistóricos que probablemente haya despertado más interés entre los arqueólogos de nuestro país es el fabricado en lo que tradicionalmente se ha denominado como “calaíta” o, de modo aún más genérico, piedra verde (Edo *et al.*, 1997; Fernández y Pérez, 1988). En la práctica, sendos términos han servido como cajón de sastre en el que se han incluido —a veces de una manera un tanto acrítica— aquellas piezas cuyo principal rasgo en común es el estar elaboradas en materias primas con una tonalidad verdosa más o menos intensa. Aunque, como veremos, la escasez de análisis de composición hace que esta sea casi la única alternativa disponible a la hora de poder implementar estudios medianamente representativos sobre la distribución de estos objetos.

En el contexto de la península ibérica, piedra verde y calaíta se han equiparado tradicionalmente a la variscita, un fosfato de aluminio hidratado cuyas únicas evi-

TABLA 1
 CANTIDAD DE ADORNOS DE DISTINTAS MATERIAS PRIMAS ENTRE EL IV Y EL II MILENIO AC. (La categoría “Varias (metal)” incluye oro, plata y cobre; la categoría “Varias (mineral)” engloba adornos fabricados en feldespato, cuarzo, hematites, fluorita, crisolito, sillimanita y otros materiales minoritarios)
 (* cantidad aproximada)

<i>Materia Prima</i>	<i>Adornos</i>	<i>Yacimientos</i>	<i>Núm. Máximo</i>	<i>Promedio</i>
Esquisto / Pizarra	17392	82	2000*	212,10
Concha	10534	148	1925	71,18
Piedra verde	8740	489	645	17,87
Hueso	4998	107	1487	46,71
Calcita	4075	52	2003	78,37
Caliza	2921	45	1520	64,91
Esteatita	2912	43	720	67,72
Lignito	2331	69	1407	33,78
Moscovita	1947	34	542	57,26
Serpentinita	1257	11	1053	114,27
Diente / Colmillo	316	48	67	6,58
Varias (mineral)	255	53	63	4,81
Marfil	185	19	96	9,74
Ámbar	138	33	252	4,18
Varias (metal)	136	43	20	3,16
Talco	80	22	20	3,64
Clinocloro	74	6	63	12,33
Rodonita	68	4	36	17,00
Coral	21	10	7	2,10

dencias significativas de explotación prehistórica se han localizado en Gavà (Barcelona), Encinasola (Huelva) y Palazuelo de las Cuevas (Zamora) (fig. 1). Aunque han sido estudiadas con desigual intensidad, estas actividades extractivas parecen haberse extendido —a grandes rasgos— desde el Neolítico Antiguo hasta la Edad del Bronce (Bosch *et al.*, 2019; Fábregas y Rodríguez, 2017; Odriozola *et al.*, 2016; Villalobos y Odriozola, 2016). Durante casi tres milenios, los productos de estas fuentes se distribuyeron por prácticamente toda la península ibérica (fig. 1) y parte de Francia (Cassen *et al.*, 2019). Sin embargo, la variscita no fue la única materia

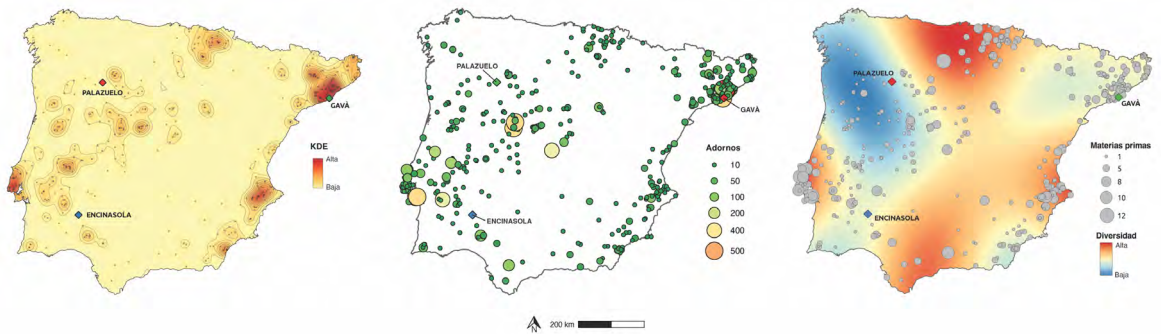


Fig. 1.—Izquierda: Estimación de densidad mediante kernel (KDE) de los yacimientos prehistóricos con presencia de adornos fabricados en piedra verde. Centro: Número de adornos en piedra verde recuperados en los yacimientos considerados en este artículo. Derecha: Cantidad de materias primas diferentes identificadas en los conjuntos de cuentas y colgantes de cada yacimiento e interpolación —mediante kriging ordinario— de la diversidad de materiales empleados para el adorno en la península ibérica.

prima en viajar grandes distancias: ornamentos fabricados en ámbar (Murillo-Barroso *et al.*, 2018, 2023), marfil (Luciañez-Triviño *et al.*, 2021; Schuhmacher *et al.*, 2009) pero también en materias primas más comunes —como la concha, el coral, el esquisto o la caliza— circularon a lo largo de centenares de kilómetros (Material complementario 01 y 02 publicado en la edición digital).

El objetivo de este trabajo es el de avanzar en el conocimiento sobre las características y funcionamiento de los procesos de distribución de cuentas y colgantes fabricados en piedra verde entre el Neolítico Antiguo y el Bronce Inicial (c. 5600-1800 a.C.). Para ello, se aplicará la investigación de redes y el análisis espacial a una base de datos de miles de objetos de adorno recuperados en casi medio millar de yacimientos arqueológicos repartidos por toda la península ibérica. Sin embargo, para poder implementar dichos objetivos debe hacerse frente a una serie muy relevante de obstáculos que limitan tanto los métodos de análisis susceptibles de ser aplicados como la validez y representatividad de los resultados obtenidos.

Incertidumbre composicional

Una de las principales dificultades a la hora de estudiar la circulación de objetos de adorno durante la Prehistoria reside en la existencia de una cierta “incertidumbre composicional” que se manifiesta a dos niveles.

En primer lugar, destaca la dificultad para conocer el número exacto de piezas que componen los propios conjuntos. Tal y como ya apuntábamos en aproximaciones anteriores (Rodríguez y Fábregas, 2019; Rodríguez-Rellán *et al.*, 2019), resulta habitual que las publicaciones sobre un determinado yacimiento aporten datos más bien parcos sobre el número de cuentas o colgantes recuperados. Son muchos los casos en los que simplemente se destaca la “aparición de objetos de adorno”, o

bien se aporta información poco concreta, mencionándose tan sólo la existencia de “centenares” o “miles” de estos artefactos. También existen yacimientos en los que publicaciones sucesivas aportan datos contradictorios sobre el número o incluso la existencia efectiva de elementos de adorno entre los artefactos recuperados.

El segundo factor de incertidumbre composicional es si cabe más relevante; se deriva de la imposibilidad de identificar de manera fiable el tipo concreto de materia prima en la que se fabricaron gran parte de los objetos de adorno. Aunque en las últimas décadas ha tenido lugar un importante incremento en el número de análisis disponibles (Barroso *et al.*, 2021; Domínguez *et al.*, 2019; Garrido-Cordero *et al.*, 2020; Odriozola *et al.*, 2016), lo cierto es que son aún una minoría los yacimientos que cuentan con al menos una de sus piezas muestreadas. En la mayor parte de los casos, o no se especifica la materia prima o bien la identificación se ha realizado *de visu*, por lo que su fiabilidad debe tomarse con las lógicas precauciones. Es cierto que esta problemática afecta en menor medida a aquellos objetos elaborados en materiales para los que se dispone de un mayor número de análisis (variscita, ámbar, marfil, fluorita...) o bien que están fabricados en soportes naturales poco modificados (conchas, dientes y colmillos, huesos...) o en determinados metales (oro, plata...) cuya identificación macroscópica resulta comparativamente más sencilla.

En lo que respecta a los adornos verdes, estos conforman un conjunto heterogéneo compuesto por cuentas fabricadas en una enorme diversidad de materias primas (variscita, turquesa, mica, talco, esteatita, serpentinita...) (Odriozola *et al.*, 2018). Por esta razón, la realización de análisis geoquímicos y petrográficos resulta fundamental para conseguir una correcta identificación del material concreto en el que se elaboraron estos adornos. Pese a ello, como veremos más adelante, apenas el 30% de los conjuntos de piedra verde considerados en este artículo cuentan con análisis disponibles para alguna de sus piezas. Estas analíticas, además de ser escasas, se encuentran desigualmente distribuidas tanto desde un punto de vista cronológico como geográfico (Material complementario 03 publicado en la edición digital) y pueden llegar a ser poco representativas del conjunto del que forman parte, especialmente en aquellos yacimientos en los que se cuenta con miles de piezas o en los que se sospecha que el conjunto de adornos es el resultado de deposiciones dilatadas en el tiempo (Rodríguez-Rellán *et al.*, 2019).

Esta escasez de análisis de caracterización de las piezas de adorno prehistóricas también trae como consecuencia una lógica dificultad para rastrear la proveniencia geológica de las materias primas utilizadas para su fabricación y —con ello— identificar las posibles áreas de captación o contextos de extracción / producción. Esta última circunstancia se ve agravada, a su vez, por la parquedad de muestreos geológicos representativos que permitan discriminar composicionalmente los materiales procedentes de distintas formaciones. Por fortuna, la variscita puede considerarse una excepción a esta situación, dado que las principales fuentes explotadas durante la Prehistoria —Encinasola, Gavà y Palazuelo— cuentan con una importante batería de muestras geológicas analizadas, lo que ha permitido identificar la proveniencia concreta de muchas cuentas.

Incertidumbre cronológica

Además de contar con dataciones radiocarbónicas para un porcentaje relativamente discreto de yacimientos con cuentas y colgantes verdes (37%), sólo en contadas excepciones resulta posible vincular con claridad el evento datado con el momento de deposición de los adornos (Rodríguez y Fábregas, 2019; Barroso *et al.*, 2021). En el mejor de los casos, contamos con una relación estratigráfica que nos permite establecer fechas *ante* o *post quem* aproximadas para la deposición de los artefactos. Sin embargo, para la mayor parte de los contextos, o bien no contamos con información suficiente que permita establecer relación estratigráfica alguna o simplemente no existen dataciones radiocarbónicas disponibles, por lo que debemos recurrir a la datación relativa.

A estas dificultades se añaden las derivadas de la características de los yacimientos en los que suelen recuperarse los objetos de adorno. Se tratan, en su mayoría, de contextos funerarios colectivos, resultado de depósitos sucesivos que —en ocasiones— pueden haberse prolongado durante siglos. Con frecuencia, las nuevas deposiciones implicaron la removilización de los restos óseos y ajuares de enterramientos anteriores a la periferia del espacio sepulcral. Sin duda, las peculiares características de estas piezas tampoco contribuyen positivamente a estos procesos, pues su escaso tamaño y peso propician su desplazamiento tanto horizontal como vertical. A results de estas dinámicas, resulta muy difícil dilucidar a cuántos y/o a cuáles de los distintos episodios de enterramiento se corresponden los elementos de adorno recuperados en un yacimiento concreto.

METODOLOGÍA

Recopilación de datos

Los datos utilizados en este artículo se basan en la información recopilada por los autores para el congreso “*Roches & Sociétés 2015 - CALLAÏS. La parure en callaïs du Néolithique européen. Nature, exploitation, circulation et utilization*” (Carnac, Francia. Abril de 2015) así como para el volumen monográfico derivado del mismo (Querré *et al.*, 2019). Dicha información se ha actualizado y ampliado a partir de las bases de datos de adornos de marfil y ámbar reunidas por uno de nosotros (M.M.B.), la revisión de una ingente cantidad de literatura especializada, memorias de excavación y bases de datos online con el objetivo de obtener una instantánea lo más detallada posible de la producción y circulación de los adornos fabricados en piedra verde y otras materias primas a lo largo de la península ibérica durante la Prehistoria Reciente.

Como resultado de este esfuerzo, hemos acumulado información sobre 8740 cuentas y colgantes fabricados en “piedra verde” recuperados en un total de 488 yacimientos repartidos por toda la península ibérica y cuyas cronologías van desde el Neolítico Antiguo hasta el Bronce Inicial (fig. 1, Material complementario 01

y 02 publicado en la edición digital). Además, se recogió información sobre los objetos de adorno fabricados en otras materias primas recuperados en estos mismos yacimientos, reuniendo así una base de datos de 58380 cuentas y colgantes (tabla 1).

La inclusión en la base de datos de la totalidad de cuentas —independientemente de su materia prima— recuperadas en estos 488 yacimientos tenía por finalidad obtener una visión general sobre la cantidad y variabilidad de producciones de adorno que cada comunidad fue capaz de producir o movilizar a lo largo de las distintas ventanas cronológicas consideradas (véase apartado 2.3). Esto nos ha permitido comprobar, por ejemplo, si la importancia alcanzada por cada yacimiento en el marco de las redes de intercambio de cuentas y colgantes de piedra verde puede explicar la diversidad de materias primas a las que tuvieron acceso. No obstante, dadas las problemáticas descritas en el apartado anterior, las cantidades manejadas en este artículo deben ser consideradas como un “número mínimo de efectivos” que probablemente refleje muy a la baja la cifra real de adornos presentes en los yacimientos ibéricos.

La escasez de análisis de composición referida con anterioridad tiene un reflejo claro en nuestra base de datos: tan sólo el 29,7% (145) de los conjuntos de adornos fabricados en “piedra verde” cuentan con análisis geoquímicos o petrográficos disponibles para alguna de sus piezas. Como ya hemos mencionado, dichas analíticas presentan una distribución cronoespacial desigual, concentrándose en contextos del Neolítico Final y Calcolítico y dejando sin representación a diversas regiones de la península (Material complementario 03 publicado en la edición digital).

Teniendo en cuenta estas limitaciones, se plantearon dos posibles estrategias a la hora de definir la muestra sobre la que llevar a cabo nuestro estudio. La primera pasaba por limitarnos únicamente a aquellos conjuntos en los que la presencia de variscita ha sido documentada analíticamente. La segunda estrategia consistía en perpetuar la perspectiva de muchos trabajos antes que el nuestro: incluir bajo una misma categoría analítica (“piedra verde”) las piezas de variscita determinadas analíticamente y aquellos adornos definidos como calaíta o variscita en la bibliografía pero cuya atribución aún no ha sido confirmada por medio de métodos geoquímicos o petrográficos. Ambas opciones presentaban riesgos evidentes, la primera generaba una muestra muy reducida que probablemente nos llevase a obtener resultados parciales y poco representativos acerca del funcionamiento de las redes de distribución de los adornos de piedra verde. La segunda suponía el riesgo de incluir bajo una misma categoría piezas fabricadas en distintas materias primas, generando ruido que dificultase o tergiversase el análisis de los procesos de distribución.

Al final decidimos optar por la segunda de las estrategias, incorporando en una única categoría analítica (“piedra verde”) las piezas identificadas analíticamente como variscita y aquellas otras que, aunque definidas como variscita o calaíta, no disponen del respaldo de un estudio compositivo. Esta decisión se fundamentó en dos argumentos:

- Desde un punto de vista probabilístico, existen muchas posibilidades de que las piezas no analizadas definidas en la bibliografía como variscita o calaíta

estén, en efecto, fabricadas en esta materia prima. Al menos así lo sugieren aquellos trabajos en los que se han implementado programas analíticos a un número relevante de adornos (e.g. Odriozola *et al.*, 2016; Villalobos, 2015; Domínguez *et al.*, 2019). Estos han evidenciado cómo, de media, en torno al 70% de las piezas verdes muestreadas resultaron ser variscita (con porcentajes variando entre el 54 y el 98% según los estudios).

- A la espera de contar con un programa amplio y representativo de analíticas, la inclusión bajo una única categoría de un grupo presumiblemente heterogéneo de materias primas cuya principal característica en común es su color verde sigue resultando de gran utilidad desde un punto de vista interpretativo. Especialmente si consideramos que todas estas piezas probablemente estuvieron imbuidas de un conjunto similar de significados y —quizás— de un prestigio social comparable, independientemente de la materia prima concreta en la que fueron fabricadas (Rodríguez-Rellán *et al.*, 2019). Así, variscita y otras piedras verdes habrían convivido frecuentemente, formando parte de los mismos conjuntos y probablemente circulando por las mismas vías.

Geolocalización y análisis espacial de los yacimientos

Dada la naturaleza explícitamente espacial de los análisis llevados a cabo en este artículo, hemos intentado obtener una geolocalización lo más exacta posible de los yacimientos incluidos en nuestra base de datos. Para ello, hemos consultado los inventarios, bases de datos y atlas patrimoniales generados por diversas agencias estatales y autonómicas (Direção Geral do Património Cultural de Portugal, Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico, Direcció General del Patrimoni Cultural de Catalunya, Dirección Xeral de Patrimonio Cultural de Galicia...), así como la cartografía y datos de posicionamiento incluidos en la propia bibliografía revisada. A resultas de este esfuerzo, aproximadamente el 95% de los sitios arqueológicos presentan un margen de error en su localización inferior a los 1000 metros. El 5% restante se corresponde con hallazgos aislados o yacimientos desaparecidos de los que no hemos podido obtener información detallada.

Estos yacimientos han sido sometidos a una serie de análisis con el fin de determinar el tipo de distribución espacial que presentan (aleatoria, concentrada, dispersa...). Para ello, hemos realizado una Estimación de Densidad mediante Kernel (KDE), el test de Hopkins-Skellam y el test K de Ripley de aleatoriedad espacial completa (Baddeley *et al.*, 2015). De igual modo, hemos llevado a cabo estimaciones de distribución relativa de los yacimientos con piedra verde en función del coste de tránsito a pie desde las principales explotaciones de variscita (Encinasola, Gavà y Palazuelo de las Cuevas). Finalmente, aplicamos los test de Kolmogorov-Smirnov y Berman para explorar la existencia de una posible dependencia espacial entre la densidad de yacimientos y la distancia a pie con respecto a las tres minas (*ibídem*).

Los mapas utilizados como base fueron un ráster de elevación de la península ibérica de 1000 m de resolución. También generamos mapas de superficie de coste

anisotrópico para los 488 yacimientos con piedras verdes y los tres principales centros productores de variscita mediante el algoritmo *r.walk* de GRASS GIS 8.0.2 y aplicando la fórmula de Aitken y Langmuir (Langmuir, 2013). La Estimación de Densidad mediante Kernel fue calculada mediante el algoritmo *v.kernel* de GRASS utilizando una función de densidad gaussiana, mientras que el resto de los análisis estadísticos fueron ejecutados en R 4.2.2. (R Core Team, 2022) y los paquetes *spatstat*, *sp*, *sf* o *raster* (Baddeley *et al.*, 2015; Bivand *et al.*, 2013; Hijmans, 2022), entre otros.

Compartimentación cronológica

Determinar la contemporaneidad de dos yacimientos arqueológicos resulta fundamental cuando se pretende llevar a cabo una investigación de redes, ya que dos sitios sólo habrán podido interactuar en el marco de una red si ambos coexistieron. En Arqueología, este condicionante resulta enormemente relevante, pues los procesos y dinámicas objeto de estudio suelen haber tenido lugar a lo largo de extensos períodos de tiempo en los que los actores involucrados fueron cambiando.

Una solución empleada frecuentemente para sortear esta dificultad ha sido la de agrupar los yacimientos en compartimentos temporales, analizando cada uno de ellos por separado y observando la evolución del fenómeno objeto de interés a lo largo del tiempo (Bernabeu *et al.*, 2017; Brughmans, 2013; Collar, 2013; Mills *et al.*, 2013). Obviamente, cuanto más pequeños sean dichos compartimentos, más realista será el análisis, y —según incrementamos la duración de nuestras fases cronológicas— más riesgo existirá de ubicar en un mismo período yacimientos que, en realidad, nunca llegaron a coexistir (Peeples *et al.*, 2016). Por desgracia, el nivel de resolución cronológica con el que contamos los arqueólogos rara vez permite llevar a cabo una división en períodos lo suficientemente pequeños como para eludir por completo el riesgo de no coexistencia entre yacimientos.

Nuestro caso no es una excepción. Como ya hemos referido, existen una serie de problemáticas que dificultan el poder determinar el momento concreto en el que un conjunto de adornos fue depositado en un yacimiento. Quizás por esta razón, buena parte de las aproximaciones anteriores han optado por implementar una clasificación basada en grandes fases cronoculturales (Neolítico, Calcolítico, Bronce Inicial...) (Murillo-Barroso y Martín-Torres, 2012; Rodríguez y Fábregas, 2019). Sin embargo, aunque esta solución resulta operativa a escala regional, su aplicación a un área de estudio tan extensa como la península ibérica resulta problemática, ya que estos grandes períodos pueden hacer referencia a entidades cronológicas, sociales y económicas muy diferentes en función del área geográfica.

Por esta razón, hemos optado por una compartimentación cronológica realizada a partir de una estimación no paramétrica de fases a través de un modelo de mezcla gaussiana basado en la suma de probabilidades de 1476 dataciones radiocarbónicas de yacimientos peninsulares en los que se han documentado adornos de piedra verde. Esta base de datos de dataciones de Carbono 14 es el resultado

de trabajos anteriores (Schulz *et al.*, 2019), la consulta de bases de datos online (Uriarte *et al.*, 2017) y la revisión de bibliografía especializada. La estimación de fases fue realizada empleando el paquete *BChron* de R (Haslett y Parnell, 2008).

Aquellos yacimientos para los que no se dispone de dataciones radiocarbónicas, han sido ubicados en estos compartimentos temporales en base a evidencias indirectas, como la presencia de elementos diagnósticos de la cultura material o tipologías arquitectónicas. En los casos en los que no se ha podido vincular con claridad un yacimiento con una única ventana temporal, hemos optado por incluirlo en todas aquellas fases para las que existiesen evidencias de uso/ocupación del sitio. Finalmente, 28 de los yacimientos (5,7%) no han podido ser asociados a ninguna de las fases anteriormente definidas, por lo que se han excluido del análisis.

Como resultado, hemos dividido los yacimientos de nuestra base de datos en cinco compartimentos temporales diferentes (fig. 2): 5600 – 4200, 4200 – 3500, 3500 – 3000, 3000 – 2300 y 2300 – 1800 cal a.C. Cada una de estas fases cuenta con un grupo de yacimientos conformados por entre 29 y 234 sitios, en los que se han documentado entre 4287 (5600-4200 cal a.C.) y 35311 adornos (3500-3000 cal a.C.).

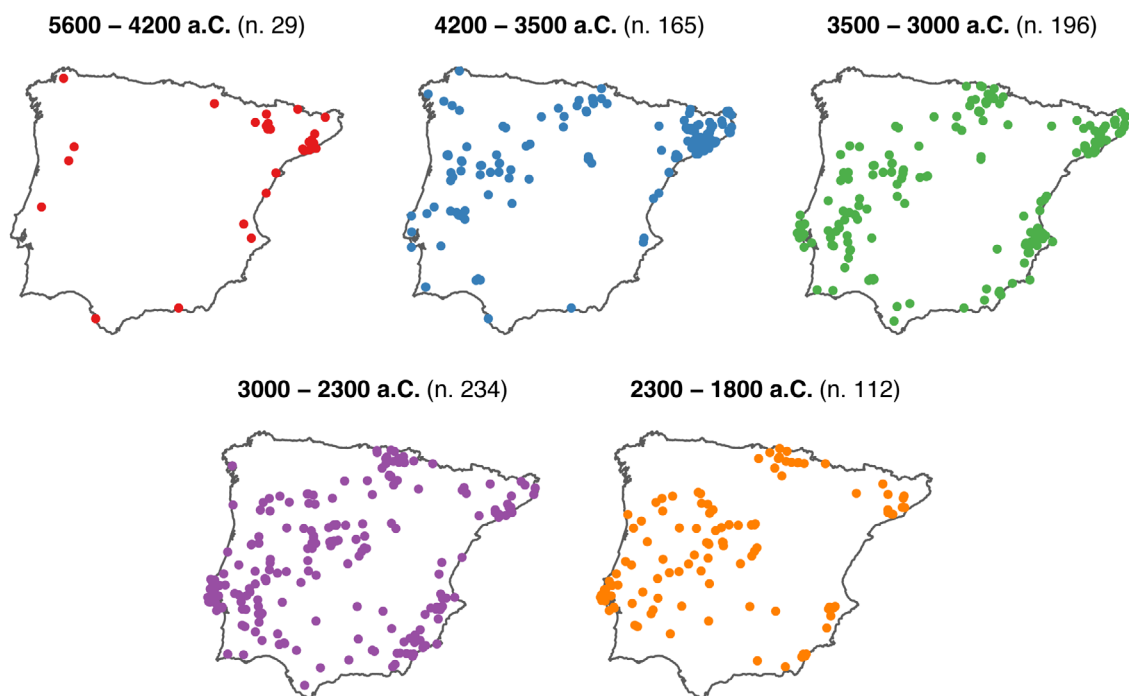


Fig. 2.—Distribución de yacimientos con adornos de piedra verde a lo largo de las cinco ventanas cronológicas consideradas en este artículo.

Estudio de redes: ¿Cómo y por qué abordar el análisis de un escenario tan desfavorable como el nuestro?

La investigación en redes tiene como una de sus características fundamentales el centrar su atención no en los actores individuales (p.ej. yacimientos) sino en la entidad que conforman un conjunto de actores y las relaciones que se establecen entre ellos. Dichas relaciones son concebidas como canales que posibilitan la transferencia de recursos tanto materiales (productos, materias primas...) como inmateriales (ideas, creencias o innovaciones) (Wasserman y Faust, 1994). Al lector no le resultará, pues, extraño que el análisis del intercambio de bienes materiales e información sea uno de los campos en los que la investigación de redes ha sido más fecunda. Lo mismo ocurre en Arqueología, donde el análisis de redes se ha empleado para analizar la difusión de ciertos rituales durante el Período Clásico Maya (Amati *et al.*, 2019), la expansión de creencias religiosas en el Imperio Romano (Collar, 2013), la difusión de la cerámica cardial en la mitad oriental de la península ibérica (Bernabeu *et al.*, 2017) o la reconstrucción de las dinámicas de intercambio y emigración entre comunidades prehistóricas del Suroeste de Estados Unidos (Mills *et al.*, 2013; Peeples *et al.*, 2016).

En la península ibérica, gran parte de las aproximaciones al estudio de los adornos prehistóricos se han centrado en la identificación de patrones de consumo y su evolución a lo largo del tiempo (Linares y Odriozola, 2011; Oliva, 2012; Thomas, 2011), la determinación analítica de las materias primas y de sus fuentes de origen (Domínguez *et al.*, 2019; Edo *et al.*, 1997; Garrido-Cordero *et al.*, 2020; Murillo-Barroso *et al.*, 2018 y 2023; Odriozola *et al.*, 2016) o el estudio de los contextos de producción (Bosch, 2019; Odriozola *et al.*, 2016; Villalobos y Odriozola, 2016).

Sin embargo, el análisis de la circulación de los objetos de adorno durante la Prehistoria Reciente de la península ibérica se ha abordado de manera mucho menos intensa y casi siempre a escala regional (Blasco *et al.*, 1996; 1998; Villalobos y Odriozola, 2017). Tal y como está empezando a demostrarse (Monforte-Barberán *et al.*, este volumen), creemos que la aproximación de redes tiene el potencial de responder a algunas de las muchas interrogantes que aún persisten sobre las dinámicas de circulación de estos artefactos. Este trabajo tiene como objetivo, precisamente, utilizar las herramientas y metodologías derivadas de la investigación de redes y del análisis espacial para intentar avanzar en nuestro conocimiento sobre las características y funcionamiento de los procesos de distribución de cuentas y colgantes fabricados en piedra verde a lo largo de un período de tiempo que discurre, *grosso modo*, desde el Neolítico Antiguo hasta el Bronce Inicial.

De manera muy básica, podría definirse a una red como un conjunto finito de actores y las relaciones existentes entre ellos (Wasserman y Faust, 1994). Los actores pueden referirse tanto a entidades individuales (personas, células...) como colectivas (comunidades, ciudades...) que están relacionados con otros actores de esa misma red a través de lazos que pueden ser de muy diversa naturaleza (familiares, de amistad, religiosos, comerciales...). El medio natural para modelar matemáticamente las redes son los grafos (Brandes y Erlebach, 2005). Este término

refiere un objeto abstracto conformado por un conjunto de “puntos” —denominados nodos o vértices— que representan a los actores de nuestra red y una serie de “líneas” —llamadas también aristas o arcos— que unen dos nodos entre sí y que representan la existencia de lazos relacionales entre ellos.

Las redes pueden ser de distinto tipo en función de las características de sus nodos y aristas. Existen redes dirigidas (la relación entre dos nodos tiene a uno de ellos como “origen” y a otro como “destino”) o no dirigidas (no existe una direccionalidad clara en la relación entre dos nodos). De igual modo, una red puede ser no ponderada (la relación entre dos nodos se concibe de forma dicotómica: existente *vs.* inexistente) o ponderada (a la relación entre dos nodos se le asigna un determinado valor numérico que representa la distancia, fortaleza o intensidad de dicho vínculo).

La mayor parte de las redes diseñadas con el fin de intentar responder a cuestiones de naturaleza arqueológica suelen tener un rasgo en común: la consideración de los yacimientos como entes equivalentes a los nodos de red. Lo que realmente suele variar entre aproximación y aproximación es la manera en cómo se conceptualiza la existencia y —en ciertos casos— la fortaleza de las relaciones (aristas) entre dichos nodos. Uno de los elementos utilizados con mayor frecuencia para definir relaciones entre yacimientos es la presencia de elementos comunes en su cultura material (Peeples *et al.*, 2016). Desafortunadamente, algunas de las dificultades mencionadas para nuestro conjunto limitan seriamente la fiabilidad de un estudio de redes basado exclusivamente en las características de la cultura material.

Por esta razón, hemos optado por reducir —en la medida de lo posible— los factores que aportaban mayor incertidumbre y centrarnos en aquella variable para la que disponemos de información más fiable: la ubicación geográfica en la que se hallaron los objetos de adorno. Puede considerarse, pues, que este artículo realiza una aproximación a la circulación de los objetos de adorno fabricados en piedra verde desde una perspectiva de las redes espaciales.

Las redes espaciales son aquellas en las que los nodos (yacimientos) y aristas (relaciones entre yacimientos) están situadas en un espacio geométrico y cuya topología (la disposición estructural de los elementos que conforman la red) está condicionada por las relaciones espaciales entre dichos elementos (Barthelemy, 2011; Brughmans y Peeples, 2020). Un ejemplo de la aplicación de redes espaciales en Arqueología son las redes de intervisibilidad (Galmés-Alba, este volumen), transporte de mercancías a través de vías de comunicación (Isaksen, 2007) y, de modo más general, el intercambio de elementos como resultado de condicionantes de índole geográfica (Brughmans y Peeples, 2020; Evans, 2016).

En las redes espaciales, los nodos están ubicados en un espacio al que se le suele asignar una determinada unidad de medida. En la mayor parte de los casos, esta medida suele ser la distancia euclidiana (Barthelemy, 2011). Sin embargo, esta distancia “a vuelo de pájaro” puede resultar poco realista, especialmente en aquellas regiones con relieves abruptos. Algunas de las medidas alternativas que permiten superar las limitaciones de la distancia euclidiana son la longitud de la ruta de menor costo de tránsito ente dos nodos o el coste —en términos de tiempo

o energía consumida— de llegar de un nodo a otro (Evans, 2016). En nuestro caso, hemos optado por considerar el coste de tránsito expresado en el número de horas necesarias para recorrer a pie la distancia existente entre dos nodos. Para su cálculo, empleamos los mapas de coste anisotrópico referidos en el apartado 2.2.

Una vez establecida la naturaleza de los nodos (yacimientos arqueológicos en los que se han recuperado adornos de piedra verde) y la medida del espacio (horas caminando) de nuestra red espacial, tan sólo restaba definir las aristas del modelo. Para ello hemos optado por dos aproximaciones extremadamente sencillas que —no obstante— han demostrado su utilidad a la hora de explicar determinadas dinámicas arqueológicas, como la relación entre yacimientos del Bronce Medio en las islas del Egeo (Evans, 2016; Evans *et al.*, 2012). Ambas están basadas en la definición de un umbral o límite tras el cual la relación entre dos nodos deja de existir.

La primera de estas aproximaciones es la denominada “Red de Distancia Máxima” (Maximum Distance Network o MDN). En ella, hemos considerado que dos nodos (yacimientos) estarían relacionados entre sí y, por lo tanto, unidos por una arista si la distancia a pie que los separa es inferior a 12.20 horas. Dicho valor se ha establecido en base a la duración media del día en la península ibérica (calculada a partir de los datos diarios recogidos durante 2022 por el Instituto Geográfico Nacional en diez puntos repartidos por la geografía española). Consideramos que este límite refleja de modo bastante aproximado las relaciones entre comunidades humanas susceptibles de haberse producido en el marco de su movilidad cotidiana.

La otra aproximación al modelado de las aristas ha sido el “Análisis de Punto Proximal” (Proximal Point Analysis o PPA). A diferencia del caso anterior, cada nodo se conectará a los tres nodos más próximos (k vecinos más cercanos), independientemente de la distancia a la que estos se encuentren. Esta aproximación supera, en parte, una de las limitaciones de las redes de distancia máxima (MDN): el hecho de que determinadas medidas de los nodos puedan correlacionarse con factores como la densidad (Rivers *et al.*, 2013). En las redes PPA, aunque la distancia sigue jugando un papel relevante (ayuda a definir el rango de vecindad), ya no es el único factor determinante en la definición de relaciones entre nodos (*ibidem*).

Ambas aproximaciones (MDN y PPA) implicaron la construcción de redes ponderadas en las que los nodos representan a los yacimientos y las aristas el tiempo en horas para llegar caminando de un nodo a otro. A su vez, se tratan de redes dirigidas bidireccionales en las que un mismo par de nodos (a y b) están conectados por dos aristas en direcciones opuestas. Esto se debe a que, al tratarse de un cálculo de coste anisotrópico, el tiempo empleado en caminar de un yacimiento a otro puede variar en función de la dirección en la que se efectúe el viaje. Sin embargo, siguiendo el ejemplo de trabajos anteriores (Rivers *et al.*, 2013), estas redes fueron —en último término— convertidas a no dirigidas y no ponderadas con el fin de poder calcular algunas de las medidas o métricas empleadas en análisis de redes que no funcionan del todo bien con redes ponderadas o dirigidas.

Dentro de la teoría de grafos existe una enorme diversidad de métricas que permiten evaluar ciertas características de nodos y aristas, así como de la estructura de la red en su conjunto (Collar *et al.*, 2015; Wasserman y Faust, 1994). Hemos

empleado algunas de estas métricas con el fin de determinar la existencia de nodos (yacimientos arqueológicos) que pudiesen haber jugado un rol central dentro de las redes de distribución de objetos de adorno. Acto seguido comprobamos la correlación entre dichas métricas y la cantidad de adornos fabricados en piedra verde, el número total de adornos (independientemente de la materia prima) y la diversidad de materias primas identificadas en cada yacimiento con el fin de comprobar si alguna de estas variables podía haberse visto explicada por el rol que cada sitio concreto jugó en la red de distribución. La lógica detrás de este proceder es la de que los nodos más intensamente interconectados o con un papel más importante dentro de la red habrían tenido más interacciones y, por lo tanto, más oportunidades para conseguir un mayor número y/o variedad de adornos que otros nodos peor conectados (Rivers *et al.*, 2013).

Así mismo, hemos calculado métricas generales (estructura general de la red) para establecer comparaciones entre cada uno de las cinco compartimentos cronológicos definidos en el apartado 2.3. El objetivo era el de observar su evolución a lo largo del tiempo, identificando cambios tanto en el tamaño, como en el nivel de integración y complejidad de las redes. Por último, también implementamos algoritmos destinados a la detección de comunidades (clústeres), como Leiden (Traag *et al.*, 2011), Louvain (Blondel *et al.*, 2008) y Walktrap (Pons y Latapy, 2005).

Los cálculos y representación gráfica de las redes fueron realizados con el programa Visone 2.25 (Baur *et al.*, 2002) y los paquetes de R *igraph*, *tidygraph*, *sfnetworks* y *ggnetwork*, entre otros (Briatte, 2021; Csardi y Nepusz, 2006; Meer *et al.*, 2023; Pedersen, 2020).

RESULTADOS

Resultados del análisis espacial

Los mapas de distribución dejan patente que los adornos fabricados en piedra verde presentan un reparto geográfico marcadamente irregular. El KDE evidencia cómo las mayores concentraciones de yacimientos con adornos de piedra verde se sitúan en la actual provincia de Barcelona, la Estremadura portuguesa y la Serra Mariola y el curso alto del Río Serpis (entre las provincias de Alicante y Valencia). A estas les siguen otras concentraciones de menor entidad en lugares como la Sierra de Aralar (entre Guipúzcoa y Navarra) y la Rioja Alavesa, el curso alto del Río Almanzora (Almería), la frontera entre Cáceres y la Beira portuguesa y la falda Norte de la Sierra de Gredos (en Salamanca y Ávila). Por el contrario, zonas del Este y Noroeste de la península aparecen prácticamente vacías de yacimientos (fig. 1).

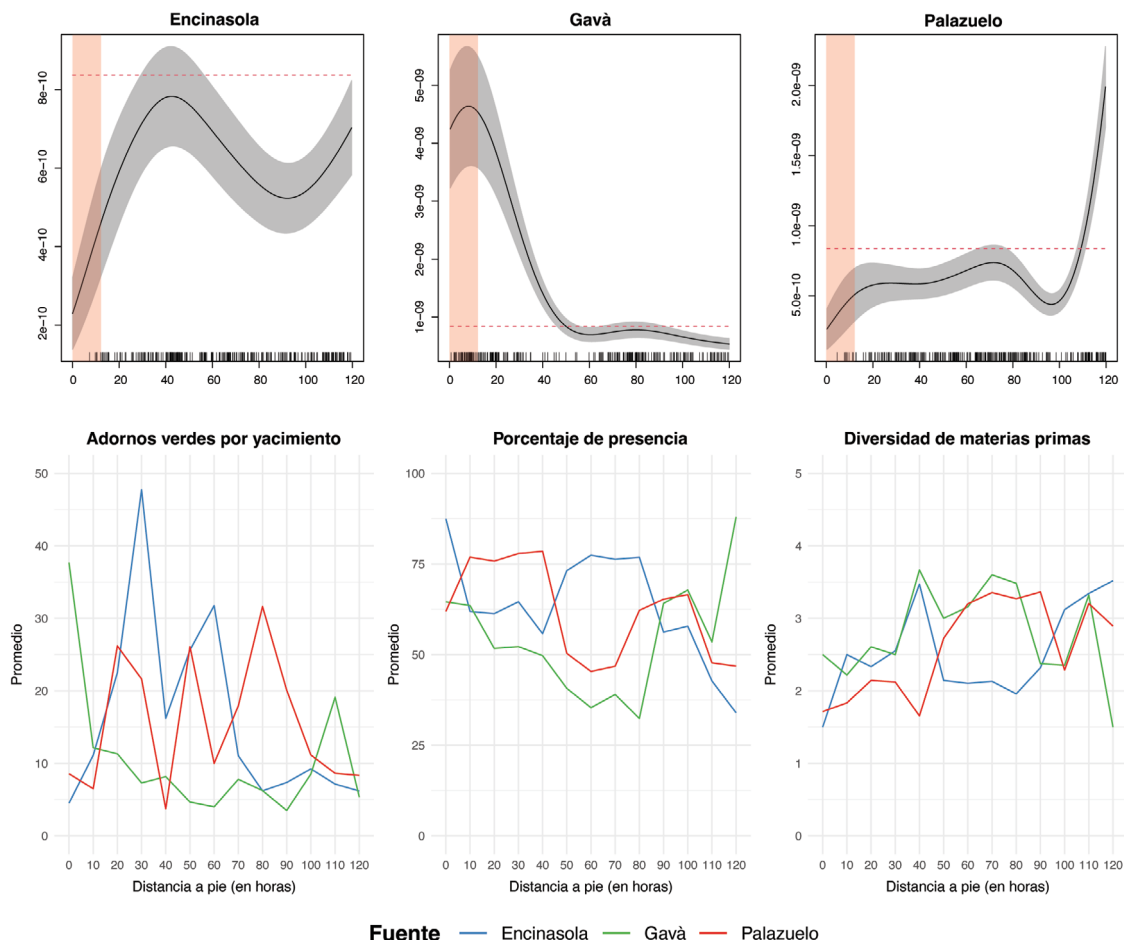
La K de Ripley (Material complementario 04 publicado en la edición digital), que compara la distribución real de los 488 yacimientos analizados en este artículo con 999 poblaciones de 488 puntos aleatoriamente repartidos a lo largo del área de estudio, no sólo descarta que la distribución espacial de los yacimientos penin-

sulares con adornos de piedra verde presente una aleatoriedad espacial completa (Baddeley *et al.*, 2015), sino que sugiere que estos se encuentran más agrupados de lo que cabría esperar si su distribución fuese fortuita. El test de Hopkins-Skellam ($A = 0.16535$; $p\text{-value} = <2.2 \cdot 10^{-16}$) reafirma dicha impresión, pues certifica la tendencia de los yacimientos a agruparse entre sí (el test arroja un valor A menor a 1, lo que significa que su distribución está agrupada).

Una pregunta obvia es si la distancia con respecto a las posibles fuentes de aprovisionamiento puede haber jugado un papel relevante a la hora de explicar esta distribución irregular de los adornos verdes. Probablemente, el modelo de decaimiento de distancia más conocido en Arqueología sea el “*down-the-line*” utilizado por Renfrew en su estudio de la circulación de obsidiana en el Egeo (Renfrew *et al.*, 1969). Este modelo ha sido posteriormente criticado debido, fundamentalmente, a problemas de equifinalidad (Hodder, 1978) o su limitación a la hora de reconocer la complejidad y multiplicidad de factores que habrían entrado en juego en el funcionamiento y evolución de las redes de intercambio (Ortega *et al.*, 2014). No obstante, es muy probable que —como sucede hoy en día— la distancia haya jugado un papel relevante en las características y funcionamiento de los sistemas de intercambio del pasado, y buena parte de los modelos explicativos siguen otorgando un rol importante a esta variable (Amati *et al.*, 2018; Evans *et al.*, 2012; Knappett *et al.*, 2008).

En nuestro caso de estudio, de todas las concentraciones de yacimientos con adornos de piedra verde reflejadas en la figura 1 (fig. 1), sólo el núcleo de la provincia de Barcelona podría explicarse —al menos en parte— por su proximidad a uno de los grandes centros productores: las minas de variscita de Gavà. En cambio, Encinasola y Palazuelo de las Cuevas sólo presentan agrupaciones menores de yacimientos en las cercanías. Las estimaciones de distribución relativa de los yacimientos en función al coste de tránsito a pie desde las tres fuentes principales de variscita inciden en esta dinámica (fig. 3). Sólo Gavà presenta el pico máximo de yacimientos con piedra verde en el tramo más próximo (0-10 horas), mientras que para Encinasola y Palazuelo ese pico se alcanza —respectivamente— a las 40 y 80 horas de distancia (correspondiéndose, en ambos casos, con los yacimientos de la Estremadura portuguesa).

Los resultados tanto de los test de Kolmogorov-Smirnov como de Berman respaldan las dinámicas que acabamos de describir. Si bien evidencian que la distancia a las tres fuentes es estadísticamente significativa a la hora de explicar la desigual densidad de yacimientos con piedra verde, también apuntan a una importante diferencia entre las tres minas (tabla 2). Los valores negativos que presentan las métricas $Z1$ y $Z2$ de Berman para el caso de Gavà reflejan que la distancia media con respecto a esa mina es inferior en el caso de los yacimientos reales que en el de las 999 poblaciones de 488 puntos distribuidos aleatoriamente. Por la contra, tanto Encinasola como Palazuelo presentan valores positivos de esa misma métrica, constatándose así que los yacimientos reales se encuentran —de media— más alejados de ambas minas que las poblaciones aleatorias simuladas.



Fuente — Encinasola — Gavà — Palazuelo

Fig. 3.—Arriba: Estimación no paramétrica de la intensidad de yacimientos con piedra verde en función de la distancia a pie en horas con respecto a las tres principales minas de variscita de la península ibérica. Abajo: Número de cuentas verdes, porcentaje de presencia de esta materia prima con relación al total de adornos y diversidad de materias primas utilizadas para la fabricación de cuentas y collares en relación con la distancia a pie entre yacimientos y minas de variscita.

TABLA 2
RESULTADOS DE APLICAR LOS TEST DE KOLMOGOROV-SMIRNOV (K-S) Y BERMAN A LA DISTANCIA DE LOS YACIMIENTOS EN LOS QUE SE HAN LOCALIZADO ADORNOS DE PIEDRA VERDE CON RESPECTO A LAS TRES GRANDES MINAS DE VARISCITA LOCALIZADAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

Covariate	K-S		Berman			
	D	p-value	Z1	p-value	Z2	p-value
Distancia (en horas a pie) a Encinasola	0,2123	2,2e-16*	4,418	9,09e-06*	7,4374	1,02e-013*
Distancia (en horas a pie) a Gavà	0,2078	2,2e-16*	-3,066	0,00217*	-5,8931	3,79e-09*
Distancia (en horas a pie) a Palazuelo	0,2850	2,2e-16*	4,7874	1,69e-06*	10,014	2,2e-16*

Otra variable relevante a considerar es la cantidad de adornos de piedra verde recuperados en cada yacimiento (fig. 3). Teniendo siempre en consideración las limitaciones de nuestros datos, los recuentos sugieren la existencia de diferencias muy marcadas en cuanto al nivel de acceso a estos objetos por parte de las comunidades prehistóricas. En la inmensa mayoría de contextos (77.2%) se recuperaron menos de diez cuentas o colgantes, mientras que sólo unos pocos (3.2%) acumulan más de un centenar de piezas. Esta dinámica también se observa en aquellas materias primas *a priori* más comunes o accesibles, como el hueso, el esquisto o la concha (Material complementario 05 publicado en la edición digital). Esto plantea la posibilidad de que las diferencias entre yacimientos no se debiesen exclusivamente a distintas capacidades de adquisición o movilización de recursos, sino también a que el uso y exhibición de estos objetos estuviese fuertemente restringido.

El análisis del número de adornos fabricados en piedra verde por yacimiento en relación con la distancia a pie con respecto a las tres principales minas de variscita deja patente, de nuevo, la existencia de diferencias entre los núcleos occidentales y el catalán (fig. 3). En este último se evidencia cómo aquellos yacimientos más cercanos a las minas son los que acumulan una mayor cantidad de adornos, y el número va reduciéndose —a veces de manera drástica— según nos alejamos de Gavà. Por su parte, Encinasola y Palazuelo alcanzan el número máximo de piezas a distancias más alejadas (rangos de 30 y 80 horas, debido nuevamente a los yacimientos de la Estremadura portuguesa). Tanto la mina zamorana como la onubense presentan concentraciones secundarias derivadas, en gran parte, de las piezas recuperadas en los yacimientos de La Ermita de Galisancho, El Teriñuelo (Salamanca) y Valle de las Higueras (Toledo).

Estas diferencias entre las tres grandes explotaciones ibéricas tienen su reflejo en los resultados de la correlación entre las variables “número de objetos de piedra verde recuperados en cada yacimiento” y “distancia a pie con respecto a las fuentes de variscita”. Mientras Encinasola y Palazuelo no presentan resultados significativos, Gavà muestra una correlación negativa estadísticamente significativa, aunque débil ($p\text{-value} = 0.004$; ρ de Spearman = -0.1657362), certificando la tendencia en la reducción de efectivos en función a la distancia.

Una de las hipótesis principales de las aproximaciones basadas en el decaimiento de distancia es que, según nos alejamos del centro productor, el peso porcentual de artefactos con ese origen tenderá a reducirse en beneficio de piezas fabricadas en otras materias primas. En nuestro caso, esta dinámica se traduciría en una reducción paulatina del porcentaje de piezas de adorno fabricadas en piedra verde acompañado, quizás, de un incremento de la diversidad de materias primas empleadas para fabricar cuentas y colgantes.

El análisis del porcentaje de presencia de adornos de piedra verde en relación con los fabricados en otras materias primas muestra una tendencia a reducirse según nos alejamos de los tres centros productores (fig. 3). Este descenso es bastante irregular en el caso de Encinasola y Palazuelo y mucho más marcado en el entorno de Gavà (si bien, este último, experimenta un repunte muy notable a partir del tramo de 80 horas). El análisis de correlación de Spearman evidencia la

existencia de una correlación negativa significativa en los tres casos (Encinasola: p.value = 0.0006, rho = -0.2167; Gavà: p.value = 0.0099, rho = -0.1426; Palazuelo: p.value = 1.904e-05, rho = -0.2179), lo que deja claro la tendencia de la presencia porcentual de los adornos en piedra verde a reducirse según aumenta la distancia a pie con respecto a los tres grandes centros productores de variscita.

En lo referente a la diversidad de materias primas, la interpolación de esta variable (fig. 1) sugiere que la variedad de materiales en torno a los tres grandes centros productores tiende a ser baja o —como mucho— moderada, mientras que los valores más altos se encuentran en puntos más alejados, como la Estremadura portuguesa, la Cordillera Cantábrica y externo norte de la Meseta o el Levante. La traslación de esta dinámica a un gráfico de líneas (fig. 3) sugiere un incremento ligero y muy irregular de la diversidad de materiales según nos alejamos de las minas de variscita. Los análisis de correlación apuntan a que esta relación entre diversidad y distancia es significativa para los casos de Gavà (p.value = 0.0439; rho de Spearman = 0.1183) y Palazuelo (p.value = 3.037e-06; rho de Spearman = 0.2567) pero no en el de Encinasola. En ambos casos se tratan de correlaciones positivas y, para Palazuelo, de fortaleza moderada.

Resultados del análisis de redes

Las redes espaciales creadas a partir de las distancias establecidas en horas a pie han arrojado resultados bastante interesantes. La creación de “Redes de Distancia Máxima” (MDN) basadas en el establecimiento de conexiones entre nodos separados por distancias a pie de menos de 12.20 horas ha permitido observar cómo surgían diversos componentes (subgrupos de la red en el que todos los nodos que los conforman están directa o indirectamente conectados entre sí pero no con los nodos fuera de ellos) y comunidades (agrupaciones de nodos dentro de un mismo componente definidos por los algoritmos de clusterización) (fig. 4).

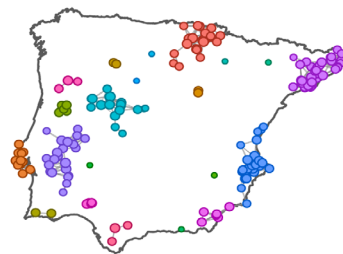
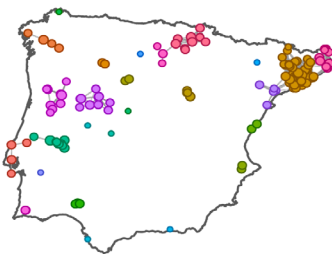
Para la ventana temporal de 5600-4200 a.C. se observa la aparición de un pequeño componente de nueve yacimientos con cuentas verdes situados en las proximidades de las minas de Gavà, seguido de otro más pequeño (6 yacimientos) en el valle medio del Ebro y las montañas aragonesas. El resto de los contextos se encuentran distribuidos de manera muy dispersa por la península. La presencia de yacimientos en los que se ha detectado variscita procedente de Palazuelo y Encinasola (fig. 6), apunta a que también las fuentes occidentales estarían siendo explotadas —probablemente de manera muy poco intensa— en estos momentos tan tempranos.

En la siguiente ventana temporal (4200-3500 a.C.) se observa un incremento importante tanto en el número de contextos con piedra verde como en el nivel de interconexión entre ellos. Así, aumenta el número de componentes (22) con respecto a la fase anterior. El núcleo en torno a las minas de Gavà se amplía de modo notable, conformándose un componente de 87 sitios, divididos en tres clústeres o agrupaciones distintas, una central (67 sitios) y dos más pequeñas inmediatamente

5600 – 4200 a.C.

4200 – 3500 a.C.

3500 – 3000 a.C.



3000 – 2300 a.C.

2300 – 1800 a.C.

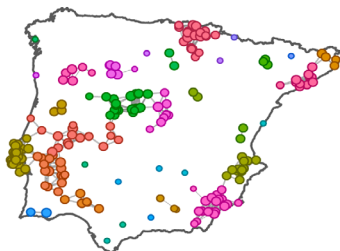


Fig. 4.—Red de distancia máxima (MDN) de los yacimientos con adornos de piedra verde; el tamaño de los nodos representa la “betweenness centrality” mientras que su color se corresponde con el clúster detectado por los algoritmos de identificación de comunidades.

hacia el NE (Empordà, 14 sitios) y hacia el SO (Priorat, Baix Camp y Baix Ebre, 6 sitios). Los puntos del valle medio del Ebro desaparecen, siendo sustituidos por un componente bastante numeroso (13 sitios) en las provincias de Guipúzcoa, Álava y Burgos. En la Meseta destaca el componente ubicado en la provincia de Salamanca (10), que prácticamente entra en conexión con el de la Beira Alta portuguesa (10). Un último componente aúna a dos clústeres distintos, uno el conformado por yacimientos de Valencia de Alcántara y el Alto Alentejo (11) y otro compuesto por los sitios del Ribatejo y la Estremadura portuguesa (4). A tenor de los análisis de composición disponibles, parece producirse una expansión del rango geográfico alcanzada por los productos tanto de Gavà como de Palazuelo mientras que las producciones de Encinasola parecen circunscribirse al Sur peninsular (fig. 5).

El intervalo 3500-3000 a.C. continúa la tendencia anterior de incremento tanto en el número de nodos como en la entidad de los componentes que conforman la red (fig. 4). El grupo catalán se constituye ahora como un único componente pero, aunque sigue siendo uno de los de mayor tamaño de toda la península (39 yacimientos), se ve reducido casi a la mitad con respecto a la fase anterior, quizás como resultado de la reducción de actividad en la mina a partir de la segunda mitad del IV Milenio a.C. (Borrell y Bosch, 2012). Una explicación alternativa pudiese estar en el traslado de la demanda de variscita a otras áreas de la península, como el Levante y Sureste, donde aparece un componente conformado por dos clústeres que —en conjunto— superan en tamaño (45 sitios) al núcleo catalán. Desafortunadamente, la ausencia de análisis de procedencia (Material complementario 03

publicado en la edición digital) no permite determinar el origen geológico de las cuentas aparecidas en esta región. Otro de los posibles destinos de las cuentas de Gavà pudiese ser el componente de yacimientos (27) de Euskadi, Navarra y Burgos, que también experimenta un notable crecimiento con respecto a la fase anterior.

Otras de las regiones que parecen haber experimentado un importante incremento durante la fase 3500-3000 a.C. son el Alentejo (24 yacimientos) y la Estremadura portuguesa (12), anticipando quizás la importancia que ambas alcanzarán en la fase siguiente. A tenor de los escasos análisis disponibles, estas regiones se habrían nutrido principalmente de variscita de Palazuelo (fig. 5). Esta circunstancia no deja de ser llamativa, debido no solo a la mayor proximidad de Encinasola, sino también a que el Alentejo forma parte del mismo componente que la mina onubense. Quizás la mayor presencia de cuentas zamoranas se deba a un incremento de la producción de este centro, como sugiere la notable expansión del rango geográfico alcanzado por sus productos durante esta fase (llegando a Bizkaia, en el Norte, y Cádiz, en el Sur).

El período cronológico de 3000-2300 a.C. supone el punto álgido del fenómeno verde, sobre todo en la mitad occidental de la península ibérica (Schulz *et al.*, 2019).

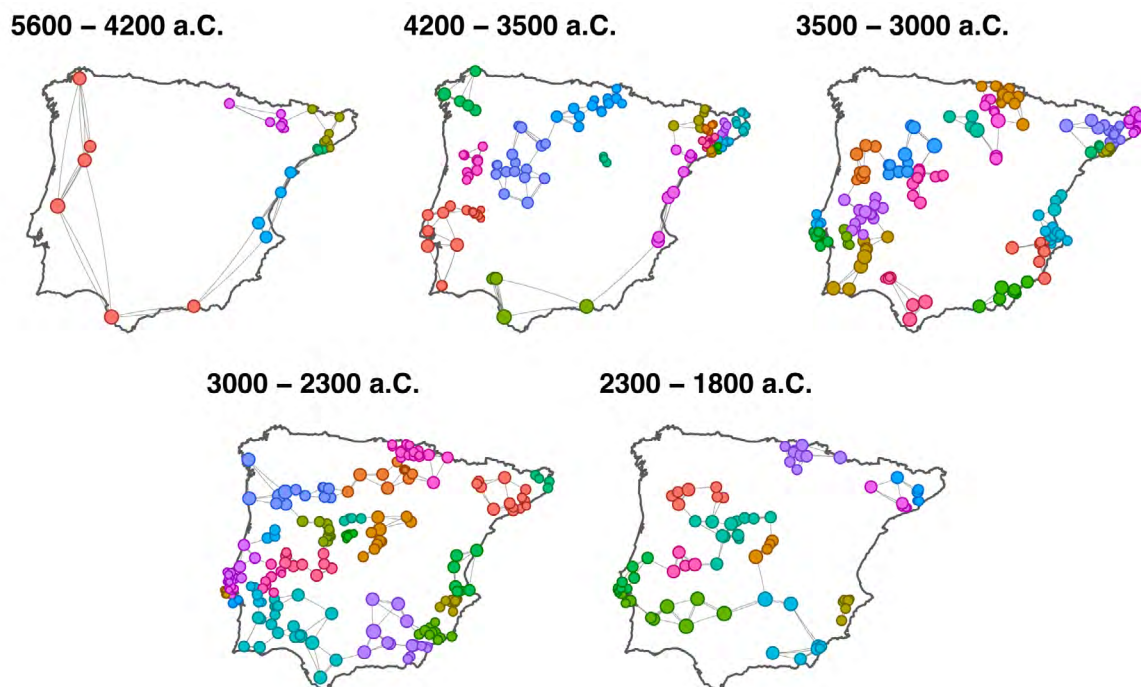


Fig. 5.—Red de análisis de punto proximal (PPA) de los yacimientos con adornos de piedra verde; el tamaño de los nodos representa la “betweenness centrality” mientras que su color se corresponde con el clúster detectado por los algoritmos de identificación de comunidades.

Esto se refleja tanto en un mayor número de yacimientos (fig. 2) como de piezas en circulación (4908). El análisis de redes MDN para esta fase evidencia la existencia de un gran componente (112 yacimientos) que ocupa una parte muy significativa de la mitad suroccidental de la península ibérica. Dentro de ese subgrupo, los algoritmos de identificación de comunidades han referido varios clústeres diferentes, el mayor de los cuales se corresponde con la región de la Estremadura portuguesa (38 yacimientos). La concentración de elementos suntuarios (marfil, ámbar...) en esta región durante el Calcolítico evidencia la enorme capacidad de movilización de recursos que habrían tenido estas comunidades lusas del III Milenio a.C.

Otra de las grandes comunidades (18 yacimientos) detectadas dentro de este componente suroccidental es la que ocupa buena parte del centro y Sur del Alentejo, el cual conecta la región de Lisboa con las minas de Encinasola así como con una agrupación de yacimientos (6) situados en las provincias de Huelva y Sevilla. Ocupando la parte norte del Alentejo y la provincia de Cáceres, se observa la existencia de un grupo de 19 yacimientos que comunican la agrupación del estuario del Tajo con otras dos importantes acumulaciones de yacimientos distribuidos —respectivamente— por las provincias de Salamanca, Ávila y Segovia (23) y Madrid (8). A tenor de los análisis realizados en cuentas recuperadas en yacimientos de esta agrupación, parece que estos se estarían nutriendo fundamentalmente de variscita de Palazuelo, si bien con una considerable aportación de piezas de Encinasola en la parte Sur e incluso la presencia puntual de producciones de Gavà en yacimientos madrileños (fig. 5).

El componente de Euskadi y Navarra continúa siendo numéricamente muy significativo (25 yacimientos), aunque se ve reducido con respecto a la fase anterior. Lo mismo ocurre con el catalán (18 yacimientos repartidos en dos clústeres diferentes), lo que nuevamente abre la incógnita de si la demanda de producciones de Gavà puede haberse reconducido hacia el Sureste y el Levante. En esta última zona se detecta un componente compuesto por dos clústeres (fig. 4): uno más grande (21 sitios) que ocupa la provincia de Almería y Murcia y otro de menores dimensiones (13 sitios) situado más al Norte, en la provincia de Alicante. El clúster meridional se explica probablemente por la importancia que adquiere esta región en paralelo al apogeo de Los Millares.

El período cronológico que va desde el 2300 al 1800 a.C. supone, en la práctica, el derrumbe de las producciones de piedra verde que, aunque continuarán incluso hasta la Edad del Hierro y época romana, lo harán ya de modo testimonial. En este sentido, se observa una reducción general de yacimientos con presencia de piedra verde en toda la península. La Estremadura portuguesa continúa siendo el componente de mayor entidad (17 sitios), aunque reduciendo notablemente su tamaño con respecto al período anterior. Aún más marcado es el descenso de yacimientos en el Sureste, donde el componente pasa de 21 sitios a tan sólo 4, entre los que se incluyen —eso sí— yacimientos tan relevantes como El Argar. Esta situación parece corresponderse con el colapso de Los Millares y el paulatino desplazamiento de los centros políticos hacia el Norte, con el desarrollo de la Cultura del Argar, en la cual la piedra verde jugará un papel comparativamente minoritario.

En el Norte, el descenso es, quizás, menos pronunciado, con una cierta concentración de yacimientos en las proximidades de las minas de Gavá (9 sitios) y también Palazuelo (fig. 4), así como un componente relativamente numeroso de sitios (11) inmediatamente al Norte del Sistema Central. Los análisis de composición sugieren que la actividad en las minas zamoranas habría sufrido una caída menos abrupta, pues sus productos siguieron distribuyéndose por buena parte de la vertiente atlántica durante esta fase (fig. 5).

En lo que respecta a las redes de “análisis de punto proximal” (PPA), esta aproximación —menos limitada en términos de distancia geográfica que las redes de distancia máxima (MDN)— muestra un mayor nivel de interconexión entre nodos (fig. 6).

Para la fase más antigua (5600-4200 a.C.), los nodos conforman un único componente conectado por aristas que siguen una distribución manifiestamente costera. Dentro de este único componente, los algoritmos de detección de comunidades identifican varios clústeres de los cuales —al igual que sucedía en la red

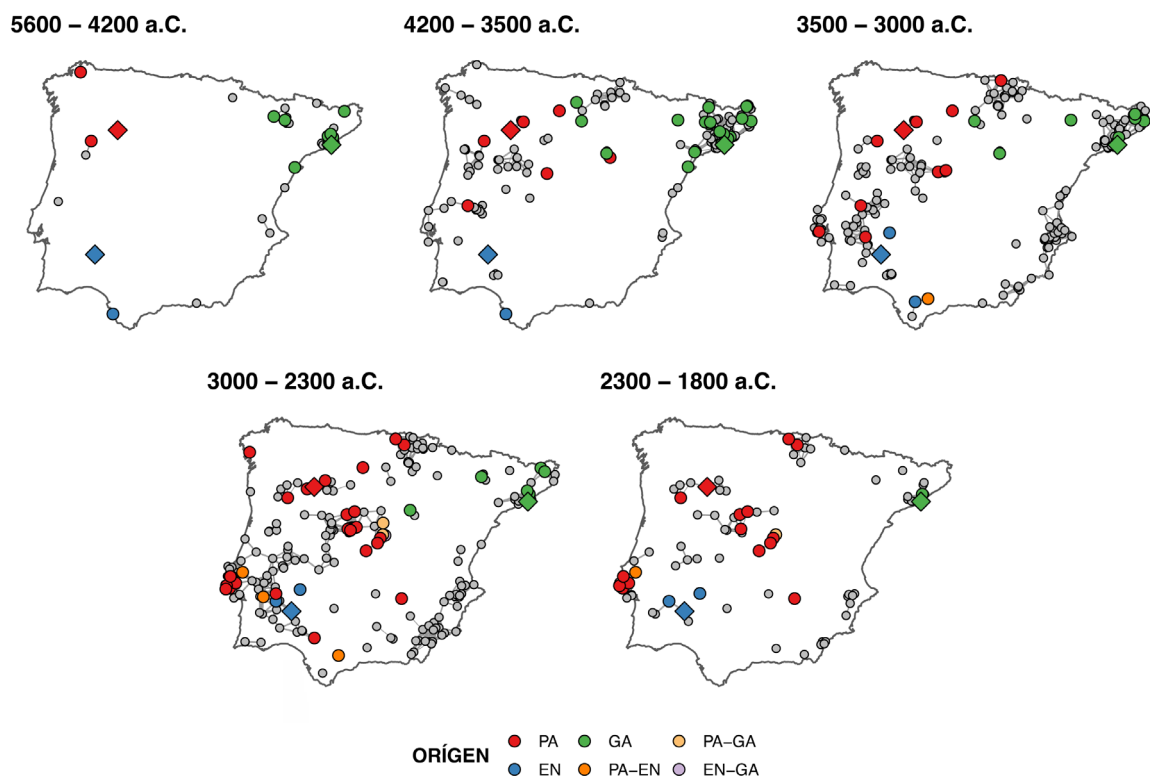


Fig. 6.—Red de distancia máxima (MDN) de los yacimientos con adornos de piedra verde; el color identifica piezas de variscita cuya proveniencia ha sido determinada analíticamente: EN (Encinasola), GA (Gavá) y PA (Palazuelo de las Cuevas); los rombos representan las tres principales minas prehistóricas de variscita.

MDN— el catalán es el más numeroso (7 yacimientos), aunque empatado ahora con el del Pirineo Oscense y Navarra.

Durante el siguiente compartimento temporal (4200 y 3500 a.C.), aumenta el número de componentes que conforman la red (9) (fig. 6). Los yacimientos catalanes —los más numerosos— aparecen divididos en ocho clústeres diferentes, en vez de los tres identificados en la red MDN, si bien sigue pudiendo observarse una aparente separación entre los yacimientos del centro de esta comunidad y aquellos situados más al NE y SO. Por su parte, los yacimientos portugueses situados al Sur del Río Mondego, que en la red MDN aparecían divididos en varios subgrupos y puntos desconectados, conforman ahora un único componente de gran tamaño (42 sitios) que incluye también los contextos extremeños, andaluces y levantinos. Finalmente, cabe destacar la aparición de un extenso componente (32 sitios) que incluye gran parte de los yacimientos de Castilla y León, la región de Extremadura al Norte del Duero y las provincias de Burgos, Guipúzcoa y Álava (fig. 6).

En el período 3500-3000 a.C. la red PPA presenta un número de componentes similar al de la fase anterior (8), si bien los nodos que los conforman aparecen divididos en un número mucho más elevado de clústeres (también en comparación con la red MDN correspondiente a este mismo intervalo). La práctica totalidad de yacimientos portugueses (a excepción de los situados en la región de Lisboa), Norte de Extremadura y Occidente de Castilla y León conforman el componente más numeroso (60 sitios). Este está dividido en 6 clústeres diferentes (fig. 6), entre los que destaca el que ocupa las regiones del Alentejo, Beira y Valencia de Alcántara (14 sitios). Al igual que en la etapa anterior, el conjunto de yacimientos al Norte del Mondego se conforma como un grupo específico (9 sitios), si bien ahora conectado con sus vecinos al Sur y al Este. Finalmente los yacimientos situados en Burgos, Soria, La Rioja, Navarra y Euskadi constituyen un único componente, aunque dividido en tres clústeres de los cuales el más numeroso (14 sitios) es el situado más al Norte.

De igual modo, se confirma la importancia del núcleo levantino (ya evidenciada por el MDN), que conforma un componente numeroso de yacimientos (47) dividido en dos clústeres, uno al Norte (el mayor de la península, con 20 sitios) y otro al Sur, ligeramente más pequeño (16 sitios). La división entre ambos grupos parece situarse en torno a la Serra de Mariola. El núcleo catalán, por su parte, continúa siendo muy potente numéricamente, y —al igual que en la fase anterior— aparece dividido en dos componentes y diversos clústeres que, una vez más, diferencian entre una agrupación central y otras dos más al NO y al SE.

En el intervalo siguiente (3000-2300 a.C.) buena parte de los yacimientos de la península aparecen formando parte de un gran componente (151 sitios) que conecta a los yacimientos murcianos, andaluces, portugueses (salvo, otra vez, aquellos situados en la región de Lisboa) y extremeños así como aquellos situados en el Norte de la Meseta, la parte oriental de la Cordillera Cantábrica y el curso alto del Río Ebro (fig. 6). Los algoritmos de detección de comunidades dividen este gran componente en 10 clústeres distintos, de los cuales el más numeroso es el constituido por los yacimientos de la mitad occidental de Andalucía, el Baixo

Alentejo y el Algarve (22 sitios). El centro de la península aparece ocupado por dos componentes, uno concentrado en torno al Valle del Amblés (Ávila) y otro, de mayor tamaño (15 sitios), distribuido a lo largo del SE de Castilla y León y Madrid. Por último, en la parte oriental de la península se identifican tres componentes, uno en la Comunidad Valenciana (16 sitios) y dos en Cataluña. En cuanto al núcleo valenciano se identifican dos clústeres diferentes (Norte y Sur) que —una vez más— parecen tener su frontera en la Serra de Mariola. Por su parte, los yacimientos catalanes aparecen nuevamente divididos, con un componente ocupando la parte central (17 yacimientos) y otro la NE (6 sitios).

En la última fase a considerar (2300-1800 a.C.), los yacimientos con adornos de piedra verde aparecen divididos en cuatro componentes. El primero y mayor (60 sitios) ocupa el Centro y el Occidente de la península ibérica así como varios yacimientos de Granada y Almería (fig. 6). Este subgrupo aparece configurado por varios clústeres entre los que destacan, por su número, el localizado en el Algarve (13 sitios) y el repartido por el Sur de Castilla y León y Madrid (12 sitios). Además del principal, nos encontramos otros tres componentes de menor tamaño: el conformado por los yacimientos vascos (9 sitios), el del Levante (6 sitios), y el catalán.

A partir del cálculo de redes hemos intentado establecer qué porcentaje de adornos verdes cuya proveniencia ha sido determinada analíticamente habría podido llegar desde las fuentes de origen hasta su destino final bien a partir de un intercambio entre comunidades vecinas separadas por menos de una jornada a pie (MDN) (fig. 6), bien entre una comunidad y sus tres vecinos más próximos (PPA) (fig. 7). Los resultados son bastante variables en función del método empleado, el período cronológico y la fuente que consideremos (fig. 8).

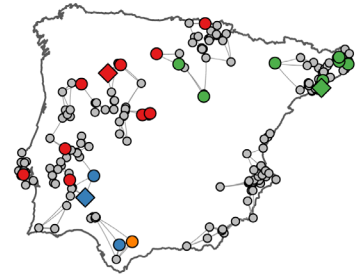
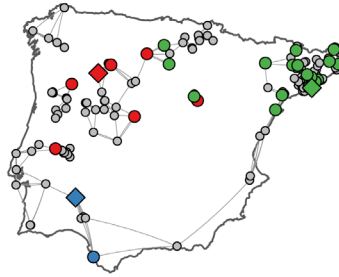
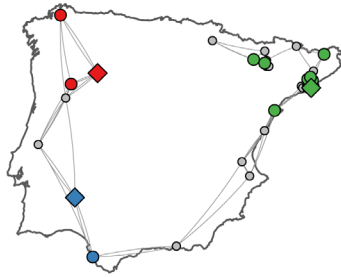
En las redes MDN, más del 80% de los adornos verdes con origen en Gavà documentados en el período 4200-3500 a.C. podrían haberse distribuido a través del simple intercambio entre comunidades separadas por menos de una jornada a pie. En el período 3000-2300 a.C., este porcentaje se reduce al 44%. Por su parte, la proporción de piezas de Encinasola y Palazuelo que podrían haber alcanzado su destino final por esta vía varía entre el 66% y el 0% según el período. En lo que respecta a las redes PPA, al encontrarse estas menos limitadas desde un punto de vista geográfico, resulta lógico que sea mayor el porcentaje de piezas cuyo desplazamiento entre las fuentes de origen y su destino final puede explicarse por el intercambio entre los 3 vecinos más próximos. Así, al menos el 25% de las piezas pudieron haberse distribuido de esta manera, mientras que en varios casos este porcentaje supera el 75% e incluso alcanza el 100% (fig. 8).

Estos resultados, especialmente en el caso de las redes MDN, pueden llevar a la impresión de que los centros productores estaban bastante desconectados de los yacimientos a los que abastecían. Sin embargo, debemos tener en cuenta que lo que observamos aquí no es más que una instantánea muy parcial de lo que seguramente fue una red mucho más amplia y compleja. Así, para buena parte de las ventanas cronológicas, la inclusión de tan sólo dos o tres yacimientos en puntos concretos de la red pondría en contacto a las tres grandes minas con entre el 70 y el 90% de los yacimientos en los que se han recuperado sus productos.

5600 – 4200 a.C.

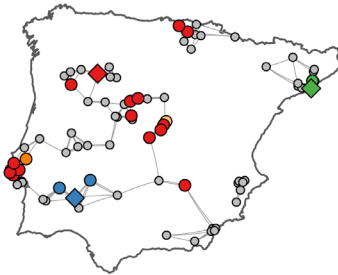
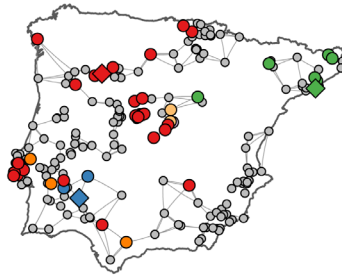
4200 – 3500 a.C.

3500 – 3000 a.C.



3000 – 2300 a.C.

2300 – 1800 a.C.



ORÍGEN

● PA	● GA	● PA-GA
● EN	● PA-EN	● EN-GA

Fig. 7.—Red de de análisis de punto proximal (PPA) de los yacimientos con adornos de piedra verde; el color identifica piezas de variscita cuya proveniencia ha sido determinada analíticamente: EN (Encinasola), GA (Gavà) y PA (Palazuelo de las Cuevas); los rombos representan las tres principales minas prehistóricas de variscita.

Uno de los aspectos fundamentales que quisimos explorar fue si el rol o importancia jugado por cada nodo (yacimiento) en el marco de las redes MDN y PPA podía correlacionarse de alguna manera con las características del conjunto de adornos recuperados en cada uno de ellos. Como ya hemos apuntado, la lógica detrás de este proceso es que los nodos más importantes habrían tenido más interacciones y, por lo tanto, más oportunidades de conseguir una mayor cantidad y variedad de adornos (Rivers *et al.*, 2013). Con el fin de comprobar dicha posibilidad, aplicamos los análisis de correlación de la Rho de Spearman al número de adornos de piedra verde recuperados en cada yacimiento, el número total de elementos de adorno (independientemente de su materia prima) y la diversidad de materiales con respecto a distintas métricas destinadas a medir la centralidad o prominencia de los nodos de red.

En el caso de las redes MDN, todas las variables del conjunto de piezas que hemos considerado (número de adornos verdes, número de adornos totales y diversidad de materias primas) muestran correlaciones estadísticamente significativas con varias de las métricas de nodo. La variable número de cuentas verdes presente se correlaciona con “*closeness centrality*” (indica lo cerca que un nodo está de todos

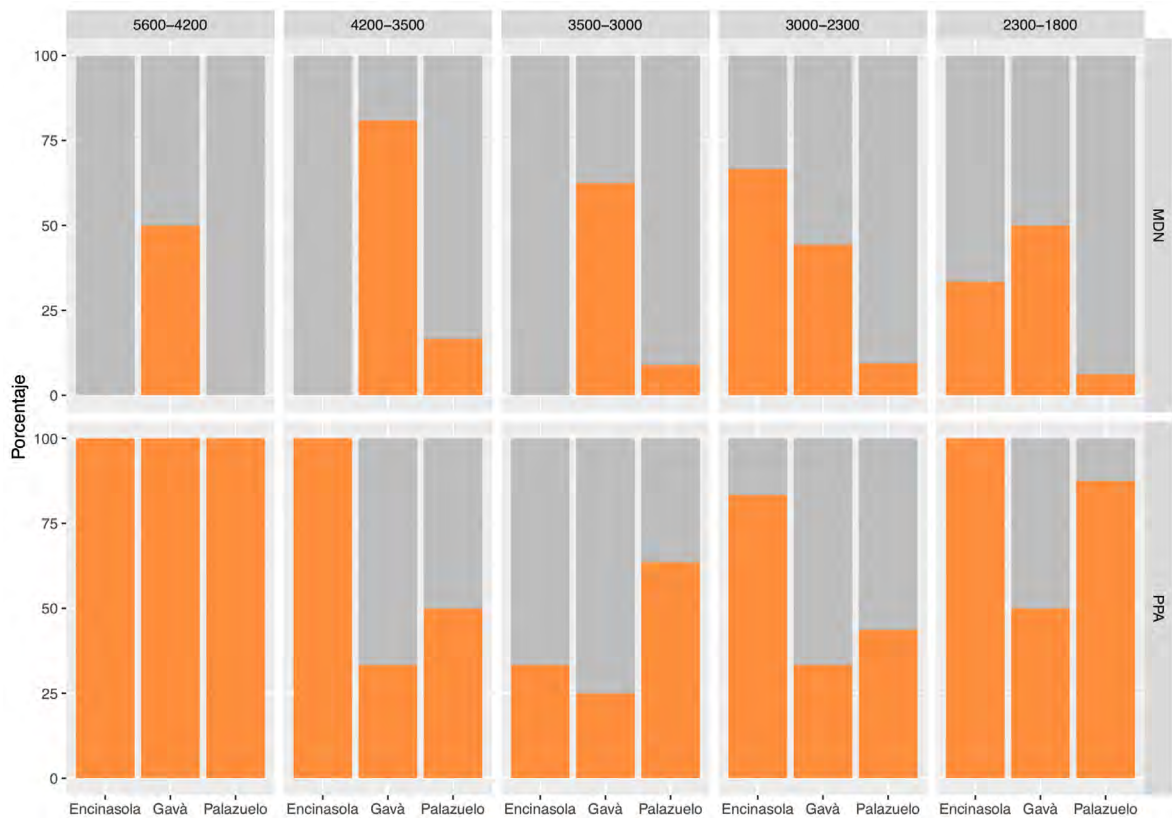


Fig. 8.—Porcentaje de piezas de variscita que podrían haber circulado desde su fuente de origen al yacimiento en el que fueron recuperadas, bien a través del intercambio entre comunidades separadas por menos de un día de viaje a pie (MDN), o bien por medio del intercambio entre una comunidad y sus tres vecinos más cercanos (PPA).

los demás de la red), “*degree centrality*” —y las relacionadas con esta: “*Indegree*” y “*outdegree*”— (número de relaciones que un nodo establece con otros nodos de la red), “*status centrality*” (importancia de un nodo en función a su número de conexiones en comparación con la media de los nodos de la red) o “*radiality*” (mayor o menor facilidad de un determinado nodo para alcanzar otros nodos de la red). Todas estas variables muestran una correlación positiva que, aunque débil, es estadísticamente significativa (Material complementario 06 publicado en la edición digital). Esto sugiere que, en efecto, el rol que cada yacimiento jugó en la red de intercambio parece haber tenido alguna relación con la cantidad de piezas verdes recuperadas en él, con los nodos (yacimientos) mejor y más intensamente conectados tendiendo a acumular mayor cantidad de ítems.

Esta dinámica no es exclusiva de la piedra verde, pues el número total de adornos también se correlaciona con varias de las métricas anteriormente mencionadas (Material complementario 06 publicado en la edición digital), a las que se le añade “*betweenness centrality*” (los nodos con valores altos en esta métrica pueden considerarse “puentes” o “intermediarios” importantes con capacidad

para controlar el flujo de objetos entre otros nodos de la red), “*stress centrality*” (métrica similar a la anterior), “*authority*” (nodos de una red con un número de conexiones entrantes mucho mayor que los demás) y “*hub*” (nodos de una red con un número de conexiones salientes mucho mayor que los demás).

Finalmente, la diversidad de materias primas también presenta cierta correlación con algunas de las métricas de nodo (Material complementario 06 publicado en la edición digital) aunque destaca la significación que alcanza la correlación con la métrica “*clustering*” (tendencia de un nodo a agruparse con otros nodos vecinos) lo que, curiosamente, no impide que —para determinados períodos— también se correlacione positivamente con la métrica “*eccentricity*” (distancia entre un nodo y cualquier otro de la red). Esto sugiere que una mayor variedad de materias tiende a ocurrir tanto en nodos muy bien conectados y cercanos a otros nodos como en nodos que ocupan posiciones periféricas de la red. Posiblemente, esta situación se deba a dinámicas diferentes: mientras los nodos mejor conectados adquirirían una mayor variedad de productos debido a su interacción más intensa con otros yacimientos, los nodos más periféricos quizás recurrieron a una mayor diversidad de materias primas debido a las dificultades para adquirir materiales como la variscita.

En lo que respecta a las redes PPA, los resultados han sido más discretos que en el caso de las MDN. Por ejemplo, el número de adornos verdes no ha mostrado una correlación significativa con ninguna de las métricas de nodo consideradas (Material complementario 07 publicado en la edición digital). Por su parte, el número total de adornos y la diversidad de materias primas sí han mostrado —sobre todo del III Milenio a.C. en adelante— correlaciones significativas con varias de las métricas de centralidad mencionadas con anterioridad, a las que se suman “*eigenvector centrality*” (medida que identifica a nodos que están muy bien conectados con otros nodos de la red que también están muy bien conectados) y “*PageRank centrality*” (medida similar a la anterior).

Por último, hemos calculado algunas de las principales métricas generales de las redes, observando su evolución a lo largo de los cinco compartimentos temporales considerados en este trabajo (fig. 9). Hemos cuantificado el número de nodos y aristas, la densidad de red (indicativo de su grado de conectividad interna), diámetro (cuán distantes están entre sí los nodos más alejados de la red), modularidad (grado de división interna) y transitividad (tendencia de una red a agruparse). El comportamiento a lo largo del tiempo de estas métricas estructurales apunta a un aumento en el tamaño de las redes que se hace patente tanto en su diámetro como en el número de nodos y de aristas que las componen. A su vez, la modularidad, densidad y transitividad nos hablan de redes no sólo más grandes, sino también más complejas, con la presencia creciente de subgrupos internos mucho más conectados entre sí que con el exterior. Esta dinámica tiene su punto culminante en el período 3000-2300 a.C. que, como ya hemos comentado, marca el cénit del fenómeno verde en la península ibérica. A partir de ahí, se evidencia un cierto colapso de las redes de circulación de estos objetos, con una caída —en algunos casos muy marcada— tanto del tamaño como de su extensión geográfica y complejidad.

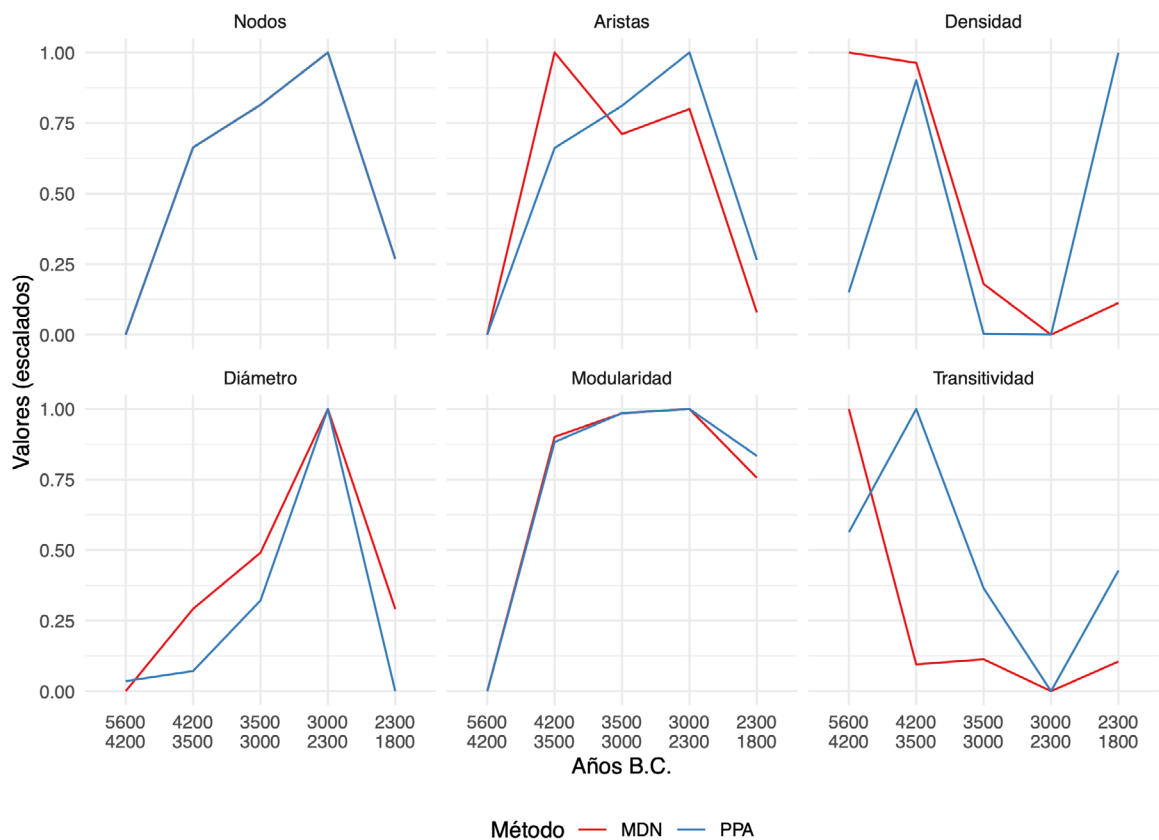


Fig. 9.—Métricas globales sobre la estructura de red.

DISCUSIÓN

El análisis de los conjuntos de adornos fabricados en piedra verde y otras materias primas recuperados en casi medio centenar de yacimientos con cronologías que van desde el Neolítico Antiguo hasta el Bronce Inicial y que se encuentran repartidos a lo largo de toda la península ibérica ha dejado patente la existencia de una distribución cronoespacial profundamente variable, tanto en lo que respecta al número de yacimientos con presencia de cuentas y colgantes como a la cantidad de estos objetos que habrían estado en circulación.

Desde un punto de vista cronológico, resulta evidente que el apogeo de la producción y distribución de adornos fabricados en piedra verde en la península ibérica se produjo —*grosso modo*— entre el 3500 y el 2300 a.C. En este período habrían circulado el grueso de las cuentas verdes consideradas en este artículo (6949; 79,5%). La razón de esta mayor intensidad durante el Neolítico Final y el Calcolítico quizás deba correlacionarse con un aparente incremento demográfico que parece haber afectado por igual a buena parte de la península ibérica (Blanco-González *et al.*, 2018; Fyfe *et al.*, 2019), unida a una complejidad económica y una creciente estratificación social que vería el surgimiento de unas élites de naturaleza

política y/o religiosa que habrían necesitado exhibir elementos de prestigio que remarcasen su status ante el resto de la comunidad (García, 2017).

A partir del 2300 a.C. parece producirse un descenso significativo (de aproximadamente el 150%) en el número de adornos verdes en circulación con respecto a la etapa inmediatamente precedente. Este desplome quizás pueda relacionarse con los cambios políticos, económicos y demográficos acontecidos en torno al evento 4.2, por mucho que la intensidad y significación de tales alteraciones está aún lejos de conocerse en detalle (Blanco-González *et al.*, 2018; Fyfe *et al.*, 2019).

Esta dinámica temporal, que ya ha sido apuntada en trabajos anteriores (Odriozola *et al.*, 2016; Schulz *et al.*, 2019), esconde una importante variabilidad regional. Así, el cénit de la circulación de adornos verdes en el Noreste parece alcanzarse en momentos más tempranos que en el resto de la península (finales del V y primera mitad del IV Milenio a.C.), atendiendo probablemente al episodio de mayor productividad de las minas de variscita de Gavà (Borrell y Bosch, 2012). De igual modo, el fin de la circulación de piedras verdes da la impresión de haberse retrasado ligeramente en la vertiente atlántica peninsular, donde los productos de Palazuelo parecen seguir gozando de una significativa distribución geográfica durante los primeros compases del II Milenio a.C.

En lo que respecta a la distribución espacial, hemos podido documentar concentraciones especialmente relevantes tanto de yacimientos como de adornos fabricados en piedra verde en distintos puntos de la geografía peninsular, como el territorio catalán o la Estremadura portuguesa. Junto a estas, aparecen agrupaciones de menor entidad en el entorno del Sistema Central y en la Comunidad Valenciana. En marcado contraste, algunos puntos del Noroeste y del Este aparecen prácticamente vacíos de adornos verdes.

Los resultados de nuestro análisis espacial sugieren que la distancia con respecto a los tres grandes minas de variscita (Encinasola, Gavà y Palazuelo de las Cuevas) presenta una correlación significativa, aunque débil, con el número de cuentas verdes recuperadas en cada yacimiento, el peso porcentual de la piedra verde dentro del conjunto de adornos y la propia diversidad de materias primas que conforman dichos conjuntos. De ello se deduce que la distribución geográfica de los adornos pudiera presentar alguno de los rasgos definitorios de los modelos clásicos de decrecimiento de distancia (Renfrew *et al.*, 1969), como la reducción en la presencia de objetos según nos alejamos de las fuentes de origen y su substitución por otras materias primas alternativas, con el consiguiente incremento en la diversidad de materiales utilizados. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que esta aproximación lleva implícita un cierto reduccionismo, al considerar esas “otras” materias primas como meros recursos secundarios o de substitución, al tiempo que ignora la posibilidad de que la mayor diversidad de materias primas detectada en ciertos yacimientos no venga derivada de una dificultad en el acceso a un determinado recurso sino, más bien al contrario, de una importante capacidad de movilizar ítems de diversas procedencias.

De cualquier modo, tal como otros autores han apuntado (Villalobos y Odriozola, 2017), el hecho de que la distribución de adornos de piedra verde muestre

ciertas características propias de los modelos clásicos de decrecimiento, no debe interpretarse necesariamente como una evidencia de que esta siguió un modelo de tipo “down-the-line”. Este no parece ser el caso de Encinasola y Palazuelo, donde —en contra de estipulado por dicho modelo— la mayor concentración de adornos verdes no se documenta en las áreas más cercanas a las minas, sino a varias jornadas de distancia (fundamentalmente en la Estremadura portuguesa). En Gavà, en cambio, sí se aprecia lo que parece ser una clara concentración del consumo entre las comunidades situadas en el espacio más inmediato a las minas, para luego ir reduciéndose la densidad de yacimientos y piezas según nos alejamos de ellas.

Estas diferencias en la distribución espacial de las producciones orientales y occidentales quizás pueda deberse, simplemente, a una exploración arqueológica menos intensa en el entorno de Encinasola y Palazuelo en comparación con el de Gavà. Sin embargo, esta hipótesis resulta difícil de conciliar con los resultados de las intervenciones llevadas a cabo en los conjuntos megalíticos del Andévalo (Huelva) que, pese a haber sido analizados en profundidad y encontrarse muy próximos a las minas de Encinasola, apenas sí han aportado cuentas de variscita (Linares y Odriozola, 2011).

En el pasado, hemos apuntado la posibilidad de que la escasez o incluso ausencia de adornos verdes en contextos del III Milenio a.C. de ciertas regiones del occidente peninsular se deba a una fuerte direccionalidad en la distribución de estos objetos, nacida quizás de la demanda de estos productos que parece detectarse en los yacimientos de la actual región de Lisboa (Thomas, 2011; Schuhmacher *et al.* 2009). Ejemplo de ello es que aproximadamente el 18% de los yacimientos y el 32% de las cuentas verdes en circulación durante entre el 3000 y el 2300 a.C. se han documentado en esta pequeña porción de la costa lusa que supone menos del 1% de nuestra área de estudio y que se encuentra a más de 200 km de las dos principales minas de variscita conocidas en el occidente peninsular.

La inversión estructural detectada tanto en tumbas como poblados o la cantidad de objetos de origen exógeno, como el marfil y el ámbar, atestiguan la complejidad, el poder y la capacidad de movilización de esfuerzo y recursos que debieron tener algunas comunidades de la Estremadura portuguesa durante el Neolítico Final y el Calcolítico (Thomas, 2011; Schuhmacher *et al.*, 2009; Murillo-Barroso *et al.*, 2018). Sin embargo, la “potencia movilizadora” tampoco parece explicar —por sí sola— las distintas densidades de adornos documentadas en ciertos puntos de la península. Así, a tenor de las evidencias arqueológicas, los grupos humanos que habitaron Los Millares (Almería) o Valencina de la Concepción (Sevilla) debieron de haber gozado de una capacidad de atracción de elementos suntuarios igual o superior a la de sus homólogos portugueses, pero —a diferencia de estos últimos— apenas han proporcionado cuentas y colgantes verdes (García, 2017), incluso pese a hallarse —en el caso de Valencina— relativamente próximos a las minas de Encinasola.

El análisis que hemos llevado a cabo por medio de las redes espaciales exploradas en este artículo sugiere que la distribución de una parte significativa de los adornos fabricados en piedra verde puede explicarse a partir, simplemente, del intercambio entre comunidades separadas entre sí por menos de una jornada a pie

(“Redes de Distancia Máxima”) o bien entre los núcleos vecinos más próximos (“Análisis de Punto Proximal”). Así mismo, nuestros resultados sugieren que el rol que cada uno de los casi 500 yacimientos analizados habría jugado dentro de estas redes espaciales se correlaciona de manera significativa, aunque discreta, tanto con la cantidad de adornos recuperados en su interior como con la diversidad de materias primas en las que estos fueron fabricados. De este modo, los sitios mejor conectados u ocupando posiciones estratégicas dentro de las redes espaciales exploradas también habrían sido aquellos que, en general, habrían logrado acumular mayor número y variedad de cuentas y colgantes. Ejemplos de ello serían los yacimientos de Bòbila Madurell y Can Gambús (Barcelona), Casal do Pardo (Palmela) o Valle de las Higueras (Toledo), entre otros.

Sin embargo, también encontramos el caso opuesto, con yacimientos ocupando un lugar central en nuestras redes y que —sin embargo— han proporcionado un número discreto de piezas (e.g. Leceia, en Oeiras, o Perdigoões, en Reguengos de Monsaraz). De igual modo, también contamos con yacimientos que no parecen haber jugado un papel relevante en las redes de distribución pero que, en cambio, fueron capaces de acumular un importante número de piezas (e.g. Anta Grande do Zambujeiro, Évora).

En lo que respecta a la evolución de las redes de distribución a lo largo de las distintas fases cronológicas consideradas en este trabajo, el análisis de las métricas estructurales generales ha permitido observar un incremento del tamaño, complejidad y nivel de integración de estas redes que alcanza su punto culminante en la primera mitad del III Milenio a.C. Durante el Neolítico Final y el Calcolítico observamos un incremento substancial en el número de yacimientos que conforman dichas redes así como la superficie que estas ocupan. Sin embargo, también se aprecia una importante compartimentación interna, con grupos de yacimientos mucho más densamente conectados entre sí que con aquellos pertenecientes a otros grupos. Es posible que esta dinámica apunte hacia un surgimiento de identidades culturales y/o políticas de escala regional, que serían fruto —quizás— de la complejidad económica y social que se estaría dando en determinadas regiones de la península durante el III Milenio a.C. Nuevamente, este proceso no está exento de cierta variabilidad, con el Noreste experimentando un ritmo hasta cierto punto distinto al del resto de las regiones peninsulares, marcado por un auge y un declive más tempranos de las redes de intercambio de adornos verdes.

En todo caso, cabe destacar que incluso en los momentos en los que la circulación de adornos de piedra verde fue más intensa, la gran mayoría de las comunidades prehistóricas de la península ibérica no parece haber tenido capacidad de adquirir más que una decena de adornos fabricados en este material, y tan sólo un pequeño grupo de sitios concentra más de un centenar de cuentas y colgantes. El hecho de que esta dinámica se aprecie en casi todas las materias primas contempladas en nuestro estudio, incluso en aquellas que —a priori— deberían haber sido comparativamente accesibles (e.g. hueso, esquisto, concha) apuntan, quizás, a que el uso o exhibición de estos objetos estuviese fuertemente restringido.

CONCLUSIONES

La aplicación combinada de análisis espacial e investigación de redes a una amplia base de datos de adornos fabricados en piedra verde y otras materias primas repartidos por medio millar de yacimientos de España y Portugal, nos ha permitido obtener una perspectiva bastante completa sobre la circulación de estos objetos a lo largo de un período de tiempo que va desde mediados del VI Milenio hasta el primer cuarto del II Milenio a.C.

Los resultados de este trabajo apuntan a la existencia de una enorme variabilidad cronoespacial en la distribución de los adornos de piedra verde, con el grueso de estos objetos circulando durante la primera mitad del III Milenio a.C. y concentrándose en mayor medida en el Noreste y la Estremadura portuguesa. Las razones de esta presencia más intensa durante el Neolítico Final y Calcolítico pudieran relacionarse con un incremento demográfico y con la creciente estratificación social que habría dado lugar a unas élites que posiblemente fuesen los consumidores preferentes de estos objetos de adorno. Este mayor dinamismo se trasladaría también al funcionamiento de las propias redes, que durante el III Milenio a.C. alcanzan su punto álgido en lo que respecta a tamaño, extensión y complejidad de su estructuración interna.

Las causas de la desigual distribución de los objetos de adorno fabricados en piedra verde a lo largo de la península siguen siendo una incógnita, aunque parece claro que estas habrían sido varias y complejas. Los resultados de nuestro trabajo sugieren que variables como la distancia a las fuentes de aprovisionamiento o la importancia que cada yacimiento alcanzó en el marco de las redes de intercambio habrían jugado un papel a la hora de determinar el número y variedad de objetos de adorno a los que cada comunidad tuvo acceso. Junto a estas, sin duda habrían entrado en juego otros aspectos mucho más difíciles de evaluar, como la capacidad de atracción o movilización de recursos de cada comunidad, derivada quizás de su mayor poderío económico o político. Por último, parece claro que cuestiones de naturaleza ideológica, política o identitaria habrían condicionado la circulación de las piezas de adorno fabricadas en piedra verde, fortaleciéndola u obstaculizándola.

Estas dinámicas que ahora apuntamos deberán ser necesariamente revisadas a la luz de más análisis de composición, nuevas excavaciones y dataciones radiocarbónicas unidas a una higiene cronométrica derivada de un análisis más pormenorizado del que ofrecemos en este trabajo. Esto, unido al incremento de la muestra de análisis para la inclusión de otros objetos y yacimientos, nos permitirá empezar a conocer con mayor detalle las características, funcionamiento y evolución de las redes de circulación de objetos, personas e ideas durante la Prehistoria Reciente de la península ibérica.

AGRADECIMIENTOS

CRR es beneficiario de un contrato EMERGIA (EMERGIA20_00349) financiada por la Secretaría General de Universidades, Investigación y Tecnología de la Junta de Andalucía.

BIBLIOGRAFÍA

- AMATI, V., MUNSON, J., SCHOLNICK, J. y HABIBA (2019): "Applying event history analysis to explain the diffusion of innovations in archaeological networks", *Journal of Archaeological Science* 104.
- AMATI, V., SHAFIE, T. y BRANDES, U. (2018): "Reconstructing Archaeological Networks with Structural Holes", *Journal of Archaeological Method and Theory* 25:1, pp. 226-253.
- BADDELEY, A.J., RUBAK, E. y TURNER, R. (2015): *Spatial point patterns: methodology and applications with R*, Chapman and Hall/CRC Press, London.
- BARROSO BERMEJO, R., ODRIOZOLA LLORET, C.P., BUENO RAMIREZ, P., VILLALOBOS GARCÍA, R., BALBÍN BEHRMANN, R.D. y MARTÍNEZ BLANES, J.M. (2021): "Mineral adornments at chalcolithic sites in Inland Iberia: variscite beads at Valle de las Higueras (Huecas, Toledo) Spain", *Mediterranean Archaeology and Archaeometry* 21:3, pp. 177-203.
- BARTHELEMY, M. (2011): "Spatial networks", *Physics Reports*, 499:1-3, pp. 1-101.
- BAUR, M., BENKERT, M., BRANDES, U., CORNELSEN, S., GAERTLER, M., KÖPF, B., LERNER, J. y WAGNER, D. (2002): "Visone Software for Visual Social Network Analysis", *Graph Drawing* (P. Mutzel, M. Jünger y S. Leipert, eds.), Springer, Berlin Heidelberg, pp. 463-464.
- BERNABEU AUBÁN, J., LOZANO, S. y PARDOGORDÓ, S. (2017): "Iberian Neolithic Networks: The Rise and Fall of the Cardial World", *Frontiers in Digital Humanities* 4.
- BIVAND, R.S., PEBESMA, E. y GÓMEZ-RUBIO, V. (2013): *Applied Spatial Data Analysis with R*, Springer, New York.
- BLANCO-GONZÁLEZ, A., LILLIOS, K. T., LÓPEZ-SÁEZ, J. A. y DRAKE, B. L. (2018): "Cultural, demographic and environmental dynamics of the Copper and Early Bronze Age in Iberia (3300-1500 BC): Towards an interregional multiproxy comparison at the time of the 4.2 ky BP event", *Journal of World Prehistory* 31:1, pp 1-79.
- BLASCO, A., VILLALBA, M.J. y EDO, M. (1996): "Intercambio de bienes de prestigio en Catalunya durante el neolítico: el desarrollo de la desigualdad social", *Rubricatum: revista del Museu de Gavà* 1-2, pp. 549-556.
- BLASCO, A., VILLALBA, M.J. y EDO, M. (1998): "Explotación, manufactura, distribución y uso como bien de prestigio de la «calaita» en el Neolítico: el ejemplo del complejo de Can Tintorer", *Minerales y metales en la prehistoria reciente: algunos testimonios de su explotación y laboreo en la Península Ibérica* (G. Delibes de Castro, ed.), Universidad de Valladolid. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial, pp. 41-70.
- BLONDEL, V.D., GUILLAUME, J.-L., LAMBIOTTE, R. y LEFEBVRE, E. (2008): "Fast unfolding of communities in large networks", *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2008.
- BORRELL, F. y BOSCH, J. (2012): "Las minas de Variscite de Gavà (Barcelona) y las redes de circulación en el Neolítico", *Rubricatum: revista del Museu de Gavà* 5, pp. 315-322.
- BOSCH ARGILAGÓS, J. (2019): "Gavà (Barcelone), mine et atelier au Néolithique", *La parure en callaïs du Néolithique européen* (G. Querré, S. Cassen y E. Vigier, eds.), Archaeopress, Oxford, pp. 43-58.
- BOSCH, J., GÓMEZ, A., CALVO, S. y MOLIST, M. (2019): "Green beads during the Late Prehistory in the northeast Iberian Peninsula: social dynamics in a production and consumption context", *A taste of green: A global perspective on ancient jade, turquoise and variscite Exchange* (C. Rodríguez, B. Nelson y R. Fábregas, eds.), Oxbow, Oxford, pp. 69-76.
- BRANDES, U. y ERLEBACH, T. (2005): "Fundamentals", *Network analysis: methodological foundations* (U. Brandes y T. Erlebach, eds.), Springer, Berlin, pp. 7-15.
- BRIATTE, F. (2021): *ggnetwork: Geometries to Plot Networks with «ggplot2»*. Disponible en: <https://CRAN.R-project.org/package=ggnetwork>.
- BRUGHMANS, T. (2013): "Thinking through networks: a review of formal network methods in Archaeology", *Journal of Archaeological Method and Theory*, 20:4, pp. 623-662.

- BRUGHMANS, T. y PEEPLES, M.A., 2020. "Spatial networks", *Archaeological spatial analysis: a methodological guide* (M. Gillings, P. Hacıgüzeller y G.R. Lock, eds.), Routledge, New York, pp. 273-295.
- CASSEN, S., PÉTREQUIN, P., QUERRÉ, G., GRIMAUD, V. y RODRÍGUEZ RELLÁN, C. (2019): "Spaces and signs for the transfer of jade and callaïs in the Neolithic of Western Europe", *A taste of green: A global perspective on ancient jade, turquoise and variscite Exchange* (C. Rodríguez, B. Nelson y R. Fábregas, eds.), Oxbow, Oxford, pp. 121-139.
- COLLAR, A. (2013): *Religious networks in the Roman Empire. The spread of new ideas*, Cambridge University Press, Cambridge.
- COLLAR, A., COWARD, F., BRUGHMANS, T. y MILLS, B.J. (2015): "Networks in Archaeology: Phenomena, Abstraction, Representation", *Journal of Archaeological Method and Theory* 22, pp. 1-32.
- CSARDI, G. y NEPUSZ, T. (2006): "The igraph software package for complex network research", *InterJournal*, vol. Complex Systems.
- DOMÍNGUEZ BELLA, S., QUERRÉ, G., CALLIGARO, T., MARTÍNEZ LÓPEZ, J. y CARDOSO, J.L. (2019): "Iberian variscite: ICP-MS-LA and PIXE analysis of recent prehistory beads and pendants from Spain and Portugal", *La parure en callaïs du Néolithique européen* (G. Querré, S. Cassen y E. Vigier, eds.), Archaeopress, Oxford, pp. 201-239.
- EDO BENAIGES, M., FERNÁNDEZ TURIEL, J.L., VILLALBA, M.J. y BLASCO, A. (1997): "La calaíta en el cuadrante NW de la Península Ibérica", *II Congreso de Arqueología Peninsular* (Zamora, 1996) (R. de Balbín Behrmann y P. Bueno Ramírez, eds.), Fundación Rei Afonso Henriquez, Zamora, pp. 99-122.
- EVANS, T. (2016): "Which network model should I use? Towards a quantitative comparison of spatial network models in Archaeology", *The connected past: challenges to network studies in archaeology and history* (T. Brughmans, A. Collar y F. Coward, eds.), Oxford University Press, Oxford, pp. 149-173.
- EVANS, T.S., RIVERS, R.J. y KNAPPETT, C. (2012): "Interactions in space for archaeological models", *Advances in Complex Systems* 15:1-2.
- FERNÁNDEZ VEGA, A. y PÉREZ CAÑAMARES, E. (1988): "Los objetos de adorno en «piedras verdes» de la Península Ibérica", *Espacio, Tiempo y Forma, Serie I, Prehistoria y Arqueología* I, pp. 239-252.
- FYFE, R. M., WOODBRIDGE, J., PALMISANO, A., BEVAN, A., SHENNAN, S., BURJACHS, F., LEGARRA HERRERO, B., GARCÍA PUCHOL, O., CARRIÓN, J.-S., REVELLES, J. y ROBERTS, C. N. (2019): "Prehistoric palaeodemographics and regional land cover change in eastern Iberia", *The Holocene* 29:5, pp. 799-815.
- GALMÉS-ALBA, A. (e.p.): "Conexiones visuales, arquitectura y análisis de redes en Mallorca durante la Edad del Hierro", *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada*.
- GARCÍA SANJUÁN, L. (2017): "Farming economy and wealth economy in the Copper Age of the Lower Guadalquivir River. Debating strategic resources at Valencina de la Concepción (Seville, Spain)", *Key resources and socio-cultural developments in the Iberian Chalcolithic* (M. Bartelheim, P. Bueno Ramírez y M. Kunst, eds.), Eberhard Karls Universität Tübingen, Tübingen Library Publishing, pp. 237-256.
- GARRIDO-CORDERO, J.Á., ODRIOZOLA, C.P., SOUSA, A.C., GONÇALVES, V.S. y CARDOSO, J.L. (2020): "Distribución y consumo de cuentas de fluorita y translúcidas en la península ibérica del VI al II milenios ANE", *Trabajos de Prehistoria* 77:2, pp. 273-283.
- HASLETT, J. y PARNELL, A. (2008): "A Simple Monotone Process with Application to Radiocarbon-Dated Depth Chronologies", *Journal of the Royal Statistical Society Series C: Applied Statistics* 57:4, pp. 399-418.
- HIJMANS, R.J. (2022): *raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 3.5-15*. Disponible en: <https://CRAN.R-project.org/package=raster>.
- HODDER, I. (1978): "Some Effects of Distance on Patterns of Human Interaction", *The Spatial Organisation of Culture* (I. Hodder, ed.), University of Pittsburgh Press, Pittsburgh, pp. 155-178.
- ISAKSEN, L. (2007): "Network analysis of transport vectors in Roman Baetica", *Digital discovery: exploring new frontiers in human heritage*.

- Proceedings of the 34th CAA conference* (Fargo, 2006) (J.T. Clark y E.M. Hagenmeister, eds.), Budapest, pp. 76-87.
- KNAPPETT, C., EVANS, T. y RIVERS, R. (2008): “Modelling maritime interaction in the Aegean Bronze Age”, *Antiquity* 82:318, pp. 1009-1024.
- LANGMUIR, E. (2013): *Mountaincraft and leadership: a handbook for mountaineers and hillwalking leaders in the British Isles*, Mountain Training England and Mountain Training Scotland, Conwy.
- LINARES CATELA, J.A. y ODRIOZOLA LLORET, C.P. (2011): “Cuentas de collar de variscita y otras piedras verdes en tumbas megalíticas del Suroeste de la Península Ibérica. Cuestiones acerca de su producción, circulación y presencia en contextos funerarios”, *Menga. Revista de Prehistoria de Andalucía* 6, pp. 335-370.
- LUCIAÑEZ-TRIVIÑO, M., GARCÍA SANJUÁN, L. y SCHUHMACHER, T. (2022): “Crafting Idiosyncrasies. Early Social Complexity, Ivory and Identity-Making in Copper Age Iberia”, *Cambridge Archaeological Journal* 32:1, pp. 23-60.
- MEER, L. van der, ABAD, L., GILARDI, A. y LOVELACE, R. (2023): *sfnetworks: Tidy Geospatial Networks*. Disponible en: <https://CRAN.R-project.org/package=sfnetworks>.
- MILLS, B.J., ROBERTS, J.M., CLARK, J.J., JR., W.R.H., HUNTLEY, D., PEEPLES, M.A., BORCK, L., RYAN, S.C., TROWBRIDGE, M. y BREIGER, R.L. (2013): “The dynamics of social networks in the Late Prehispanic U.S. Southwest”, *Network analysis in archaeology. New approaches to regional interaction* (C. Knappett, ed.), Oxford University Press, Oxford, pp. 181-202.
- MONFORTE-BARBERÁN, A., CUEVAS, A. y PARDO-GORDÓ, S. (e.p.): “Adornos personales, contextos funerarios y redes sociales. El horizonte de los Sepulcros de Fosa como caso de estudio”. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada*.
- MURILLO-BARROSO, M. y MARTINÓN-TORRES, M. (2012): “Amber Sources and Trade in the Prehistory of the Iberian Peninsula”, *European Journal of Archaeology* 15:2, pp. 187-216.
- MURILLO-BARROSO, M., PEÑALVER, E., BUENO, P., BARROSO, R., DE BALBÍN, R. y MARTINÓN-TORRES, M. (2018): Amber in prehistoric Iberia: New data and a review. *PLoS ONE* 13:8, e0202235. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202235>
- MURILLO-BARROSO, M., CÓLLIGA, A.M. y MARTINÓN-TORRES, M. (2023): The earliest Baltic amber in Western Europe, *Scientific Reports*, 13:14250. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41293-0>
- ODRIOZOLA, C.P., VILLALOBOS GARCÍA, R., BURBIDGE, C.I., BOAVENTURA, R., SOUSA, A.C., RODRÍGUEZ-ARIZA, O., PARRILLA-GIRALDEZ, R., PRUDÊNÇIO, M.I. y DIAS, M.I. (2016): “Distribution and chronological framework for Iberian variscite mining and consumption at Pico Centeno, Encinasola, Spain”, *Quaternary Research* 85:1, pp. 159-176.
- ODRIOZOLA LLORET, C.P., BENÍTEZ DE LUGO ENRICH, L., VILLALOBOS GARCÍA, R., MARTÍNEZ-BLANES, J.M., AVILÉS, M.A., PALOMARES ZUMAJO, N. y BENITO SÁNCHEZ, M. (2016): “Personal body ornamentation on the Southern Iberian Meseta: An archaeomineralogical study”, *Journal of Archaeological Science: Reports* 5, pp. 156-167.
- ODRIOZOLA LLORET, C. P., SOARES, J., TAVARES DA SLIVA, C. y FONSECA, P. E. (2016): “Iberian Southwest Middle Bronze Age. Reading social complexity in greenstone beads from the cist necropolis of Sines”, *Social complexity in a long term perspective. Session B15. Setúbal Arqueológica, Vol 16*. (J. Soares ed.), MAEDS/AMRS, pp. 131-152.
- OLIVA POVEDA, M. (2012): “Los adornos, producto de intercambio de ideas, materias y tecnología. Contactos e influencias entre las Comunidades Prehistóricas en el Noreste Peninsular entre el VI-IV Milenios ANE”, *Rubricatum: revista del Museu de Gavà* 5, pp. 257-264.
- ORTEGA, D., IBAÑEZ, J.J., KHALIDI, L., MÉNDEZ, V., CAMPOS, D. y TEIRA, L. (2014): “Towards a Multi-Agent-Based Modelling of Obsidian Exchange in the Neolithic Near East”, *Journal of Archaeological Method and Theory* 21, pp. 461-485.
- PEDERSEN, T.L. (2020): *tidygraph: A Tidy API for Graph Manipulation*. Disponible en: <https://CRAN.R-project.org/package=tidygraph>.

- PEEPLES, M.A., MILLS, B.J., HAAS, JR., W.R., BEHM, J.J. y ROBERTS JR., J.M. (2016): "Analytical Challenges for the Application of Social Network Analysis in Archaeology", *The connected past: challenges to network studies in archaeology and history* (T. Brughmans, A. Collar y F. Coward, eds.), Oxford University Press, Oxford, pp. 59-84.
- PONS, P. y LATAPY, M. (2005): "Computing communities in large networks using random walks", *Computer and Information Sciences-ISCIS 2005*. Lecture Notes in Computer Science (P. Yolum, T. Güngör, F. Gürgen y C. Özturan, eds.), 3733. Springer, Berlin, pp. 284-293.
- QUERRÉ, G., CASSEN, S. y VIGIER, E. (eds.) (2019): *La parure en callaïs du Néolithique européen*, Archaeopress Publishing Ltd., Oxford.
- R CORE TEAM (2022): *R: a language and environment for statistical computing*, Vienna. Disponible en: <https://www.R-project.org/>.
- RENFREW, C., DIXON, J.E. y CANN, J.R. (1969): "Further Analysis of Near Eastern Obsidians", *Proceedings of the Prehistoric Society* 34, pp. 319-331.
- RIVERS, R., KNAPPETT, C. y EVANS, T. (2013): "What makes a site important? Centrality, gateways, and gravity", *Network analysis in archaeology. New approaches to regional interaction* (C. Knappett, ed.), Oxford University Press, Oxford, pp. 125-150.
- RODRÍGUEZ-RELLÁN, C. y FÁBREGAS VALCARCE, R. (2019): "Going soft on green? Variscite and other green beads in Western Spain", *La parure en callaïs du Néolithique européen* (G. Querré, S. Cassen y E. Vigier, eds.), Archaeopress, Oxford, pp. 365-375.
- RODRÍGUEZ-RELLÁN, C., FÁBREGAS VALCARCE, R. y FAUSTINO CARVALHO, A. (2019): "From the green belt: an appraisal on the circulation of Western Iberian variscite", *A taste of green: A global perspective on ancient jade, turquoise and variscite Exchange* (C. Rodríguez, B. Nelson y R. Fábregas, eds.), Oxbow, Oxford, pp. 77-96.
- SCHUHMACHER, T.X., CARDOSO, J.L. y BANNERJEE, A. (2009): "Sourcing African ivory in Chalcolithic Portugal", *Antiquity* 83:322, pp. 983-997.
- SCHULZ PAULSONN, B., CASSEN, S., RODRÍGUEZ RELLÁN, C., CARVALHO, A.F., VAQUER, J., MOLIST MONTAÑA, M. y OLIVA POVEDA, M. (2019): "The time of the callaïs: radiocarbon dates and Bayesian analysis", *La parure en callaïs du Néolithique européen* (G. Querré, S. Cassen y E. Vigier, eds.), Archaeopress, Oxford, pp. 479-507.
- THOMAS, J.T. (2011): "Fashioning Identities, Forging Inequalities: Late Neolithic/Copper Age Personal Ornaments of the Portuguese Estremadura", *European Journal of Archaeology* 14:1-2, pp. 29-59
- TRAAG, V.A., VAN DOOREN, P. y NESTEROV, Y. (2011): "Narrow scope for resolution-limit-free community detection", *Physical Review E* 84:1.
- URIARTE GONZÁLEZ, A., FERNÁNDEZ FREIRE, C., FRAGUAS BRAVO, A., CASTAÑEDA, N., CAPDEVILA MONTES, E., SALAS TOVAR, E., GILMAN GUILLÉN, A., BOSQUE GONZÁLEZ, I. DEL, y VICENT GARCÍA, J. M. (2017): "IDEArq-C14: Una infraestructura de Datos Espaciales para la cronología radiocarbónica de la Prehistoria Reciente ibérica", *Iber-Crono: Actas del Congreso de Cronometrías para la Historia de la Península Ibérica* (J. A. Barceló, I. Bogdanovic y B. Morell Rovira, coords.), Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, pp. 209-225.
- VILLALOBOS GARCÍA, R. (2012): "Adornos exóticos en los sepulcros tardoneolíticos de la Submeseta Norte Española. El ejemplo de Las Tuerces como nodo de una red descentralizada de intercambios", *Rubricatum: Revista del Museu de Gavà* 5, pp. 265-272.
- VILLALOBOS GARCÍA, R. (2015): *Análisis de las transformaciones sociales en la prehistoria reciente de la meseta norte española (milenios VI-III cal a.C.) a través de empleo de la variscita y otros minerales verdes como artefactos sociotécnicos*, Tesis Doctoral, Universidad de Valladolid, Valladolid.
- VILLALOBOS GARCÍA, R. y ODRIOZOLA, C.P. (2017): "Circulación de hachas prehistóricas de jade alpino en el centro-occidente de la Península Ibérica. ¿Modelo 'directional trade' o 'down-the-line/prestige chain'?", *Munibe Antropología - Arkeologia* 68, pp. 197-216.

- VILLALOBOS GARCÍA, R. y ODRIOZOLA LLORET, C.P. (2016): "First approach to the organisation of variscite body ornament production during Late Prehistory in the Iberian Peninsula: the mines of Aliste and production loci of Quiruelas de Vidriales (Zamora, Spain)", *European Journal of Archaeology* 19:4, pp. 631-651.
- WASSERMAN, S. y FAUST, K. (1994): *Social Network Analysis: Methods and Applications*, Cambridge University Press, Cambridge.

