

MUNIBE Antropología-Arkeologia	nº 68	197-216	DONOSTIA	2017	ISSN 1132-2217 • eISSN 2172-4555
--------------------------------	-------	---------	----------	------	----------------------------------

Recibido: 2017-03-22
Aceptado: 2017-07-17

Circulación de hachas prehistóricas de jade alpino en el centro-occidente de la Península Ibérica. ¿Modelo “directional trade” o “down-the-line/prestige chain”?

Prehistoric alpine jade axe circulation in central-western Iberia.
“Directional trade” or “down-the-line/prestige chain” model?

PALABRAS CLAVES: Elementos de prestigio, Modelos de Intercambio, Arqueometría, Neolítico, Edad del Cobre.

GAKO-HITZAK: Prestigiozko elementuak, truke-ereduak, Arkeometria, Neolitikoa, Eneolitoa.

KEY WORDS: Prestige artefacts, Exchange Models, Archaeometry, Neolithic, Copper Age.

Rodrigo VILLALOBOS GARCÍA⁽¹⁾ y Carlos P. ODRIOZOLA⁽²⁾

RESUMEN

En este artículo se pretende 1) actualizar la base documental de hachas de jade ibéricas exponiendo los resultados de la caracterización de cinco hachas procedentes de la Meseta Norte Española (espectroscopía Raman y UV-VIS-NIR) y 2) contrastar la hipótesis sobre el intercambio direccional entre Bretaña (hachas repulidas de jade) y el Occidente de la Península Ibérica (adornos de variscita) durante el V y IV milenios a.C

Los análisis arqueométricos apuntan a un origen alpino de las hachas en estudio. Sin embargo, distintos argumentos arqueológicos –que incluyen aspectos tipológicos y cronológicos de la distribución de hachas, adornos de variscita y otros artefactos– así como un análisis estadístico de correlación espacial entre la distribución de las hachas de jade y minas y adornos de variscita, nos facultan a rechazar dicha hipótesis: no consideramos que haya existido un intercambio directo de hachas de jade bretonas por adornos de variscita del occidente peninsular sino, más bien, una distribución de tipo “down-the-line/prestige chain”.

LABURPENA

Artikulu honen helburua da: 1) jade-aizkora iberiarren dokumentu-basea eguneratzea, Espainia Iparraldeko Goi-ordokiko bost aizkoraren ezaugarrien emaitzak azalduz (Raman espektroskopia eta UV-VIS-NIR) eta 2) K.a. V eta IV. milurtekoetan Britainiaren (jade-aizkora txukunduak) eta Iberiar Penintsulako Mendebaldearen (barisztatuko apaingarriak) arteko norabide-trukeari buruzko hipotesiak alderatzea.

Azterketa arkeometrikoen arabera, aztertutako aizkorek jatorri alpetarra dute. Baina zenbait argudio arkeologiko (horien artean aizkoren banaketaren alderdi tipologikoak eta kronologikoak, barisztatuko apaingarriak eta beste gailu batzuk) eta jade-aizkoren eta meatzeen eta barisztatuko apaingarrien banaketaren arteko korrelazio espazialaren azterketa estatistikoak hipotesi hori baztertzera garamatzate. Ez dugu uste zuzeneko trukerik izan denik Britainiako jade-aizkoren eta penintsulako mendebaldeko barisztatuko apaingarrien artean, baizik eta “down-the-line/prestige chain” motako banaketa bat

ABSTRACT

The focus of this paper is to update the Iberian jade axe database with new unpublished data and the archaeometric characterisation (Raman and UV-VIS-NIR spectroscopy) of five jade axes of the Spanish Northern Meseta. This data will be used to test the hypothesis published by other authors which suggests that during the 5th and 4th millennia BCE there was a directional exchange of sociotechnic artefacts between Brittany, France (repolished alpine jade axes), and the Western Iberian Peninsula (ornaments of variscite mined in Zamora and Huelva).

Archaeometric data shows a supra-peninsular exchange for axes based on the alpine origin of the jade. Besides this, previously untangled archaeological questions such as 1) Breton and Western Iberian jade axes and variscite ornaments typologies 2) exchange dynamics of other sociotechnic artefacts in Central Iberia and 3) the correlation of the distribution of jade axes, variscite sources and variscite beads, are analysed together. In our opinion, the data available suggest that, instead of a “directional trade” exchange, green sociotechnic objects –jade and variscite- reflect a decentralised “down-the-line/prestige chain” model.

⁽¹⁾ Departamento de Prehistoria, Arqueología, Antropología Social y CC. y TT. Historiográficas. Universidad de Valladolid. Pz del Campus s/n 47011 Valladolid rodrigovillalobosgarcia@gmail.com

⁽²⁾ Departamento de Prehistoria y Arqueología. Universidad de Sevilla. codrizola@us.es

1.- INTRODUCCIÓN

1.1. Las hachas de jade alpino en la Península Ibérica

El hacha pulimentada es un instrumento prehistórico caracterizado en lo formal por contar con un filo obtenido mediante pulimento. Funcionalmente es apto para su utilización estrictamente física en numerosas tareas, aunque existen distintos ejemplares que, debido a un tamaño poco manejable o al hecho de estar elaborados sobre una materia prima rara o exótica, se considera que fueron concebidos para cumplir un papel en el ámbito de la acción social (Leighton, 1989; Pétrequin y Jeunesse, 1995; Risch y Martínez-Fernández, 2008), esto es para actuar como artefactos sociotécnicos (sensu Binford, 1962). Uno de los casos más claros de esta estrategia lo encontramos en las hachas de jade que se distribuyeron por toda Europa Occidental entre el VI y III milenio a.C. (Pétrequin et al., 2012b).

Ya a fines del siglo XIX y comienzos del XX quedó establecido el origen alpino de las hachas prehistóricas de jade de Europa Occidental (Pétrequin et al., 2011, 2012a). Tras las numerosas investigaciones desarrolladas desde entonces tal atribución no sólo sigue vigente, sino que se ha consolidado como único origen posible para las hachas verdes pulimentadas neolíticas de jade-jadeíta (Ricq-de-Bouard, 1993; D'Amico et al., 1995, 2004; Pétrequin y Jeunesse, 1995; Pétrequin et al., 1997, 2011, 2012a; Errera, 2004; Errera et al., 2004; D'Amico, 2005; Thirault, 2005; Compagnoni et al., 2007).

Pese a que la Península Ibérica formó parte de estos circuitos es reducido el número de ejemplares que, por características apreciables de visu como tipología, acabado o color, es posible que se correspondan con hachas de jade alpino. Una parte se ha recuperado en inhumaciones de la cultura de los sepulcros en fosa, en la comarca barcelonesa del Vallés, cuya cronología oscilaría entre la segunda mitad del V milenio a.C. y la primera del IV milenio a.C. (Vaquer et al., 2012). Circunscribiéndonos al centro y occidente de la Península, entendido como los territorios cuyas aguas vierten al océano Atlántico, sólo puede hablarse de hallazgos sin información directa sobre su fórmula de amortización o cronología. Hasta hace poco se conocían en este marco 6 hachas cuyo aspecto conducía a pensar en jade pero que no habían sido analizadas: 'Bragança' (Bragança), 'Palencia' (Palencia), 'Diego Álvaro' (Ávila), 'Viñas de Abajo' (Valladolid), 'Vilapedre' (Lugo) y 'Vilamarín' (?) (Ourense) (Fábregas et al. 2012). A ellas hay que añadirle las recientemente identificadas y caracterizadas como jade-jadeíta de Aroche (Huelva) (Domínguez-Bella et al., 2016), Portela de Outeiro (Castelo Branco) (Odrizola et al., 2015) y El Pedroso (Sevilla) (Odrizola et al., 2016a).

La llegada de hachas de jade a la Península Ibérica se ha relacionado con la explotación de la variscita, un aluminofosfato verde empleado en la elaboración de adornos personales que fue minado durante la Prehistoria Reciente en los afloramientos de Can Tintorer (Barcelona) (Villalba et al., 1986), Pico Centeno (Huelva) (Odrizola y Villalobos, 2015) y Aliste (Zamora) (Villalobos y Odrizola, 2016). De este modo, se ha planteado que las comunidades de la Bretaña francesa del V milenio a.C., responsables de la erección de grandes monumentos como Mané er Hroëck, Saint-Michel, etc. y grandes consumidoras de hachas de jade-jadeíta alpina (Cassen et al., 2012), habrían sido también un foco de atracción para estos adornos de variscita, supuestamente, ibérica (Herbaut y Querré, 2004; Querré et al., 2012, 2014; Cassen et al., 2012), y que este intercambio habría servido para que, como contrapartida, llegaran a la Península Ibérica algunas de estas hachas alpinas repulidas en Bretaña (Pétrequin et al. 2012c, p. 1029; Fábregas et al., 2012, pp. 1113-1114; Domínguez-Bella et al., 2016, p. 219).

Un argumento esgrimido a favor de esta hipótesis sería el hecho de que las hachas de jade de la Península Ibérica habrían sido aparentemente amortizadas en lugares próximos a las minas de variscita, tanto en el oriente peninsular –los sepulcros en fosa de la comarca del Vallés, Barcelona (Vaquer et al., 2012)–, como en el centro-occidente –los casos de las hachas recuperadas ambas sin contexto arqueológico de Bragança (Fábregas et al., 2012, pp. 1113-1114) y Aroche (Domínguez-Bella et al., 2016, p. 219). No obstante debe decirse que recientemente algunos de estos autores han matizado esta primera interpretación (Fábregas et al. 2017).

En este artículo se pretende, por un lado, completar la base documental de hachas de jade de la Península Ibérica y, por el otro, evaluar la hipótesis sobre el intercambio entre Bretaña (hachas de jadeíta) y el Occidente de la Península Ibérica (adornos de variscita) durante el V milenio a.C.

1.2. Concepto y definición de jade

Jade, jadeíta o jadeíta son varios de los términos utilizados en la literatura arqueológica para definir de forma genérica rocas duras de color verde con las que se realizaron útiles pulimentados. Concretamente, jade es un término ambiguo acuñado por Damour (1881) para describir comercialmente una gema y arqueológicamente el utillaje lítico pulimentado verde usado en la Prehistoria. El término jade se utiliza para designar dos tipos de mineralogías, jadeitas y actinolitas (nefritas), admitiéndose el uso de jade-jadeíta y jade-nefrita. El jade-jadeíta

¹ Si bien en el texto de Fábregas y otros (2012) no se cita expresamente el que este objeto se incluya en el conjunto de hachas de jade alpina, los mapas de distribución de estos artefactos publicado en Pétrequin et al. (2012d, fig. 1) o en Domínguez-Bella et al. (2016, fig. 1) cuentan con un punto que se localiza aproximadamente en esta localidad de la provincia de Ourense.

hace referencia expresa a un grupo de rocas metamórficas (jadeititas, omfacitas y eclogitas de grano fino) con una baja tasa de ocurrencia en la naturaleza -menos de 20 fuentes en el planeta (Tsujiyori y Harlow, 2012).

Partiendo de los trabajos de Ricq-de-Bouard et al. (1990) y Ricq-de-Bouard (1993), tanto Petrequin et al. (1997, 2005, 2011, 2012b) como D'Amico et al. (1995, 2004) o Compagnoni et al. (2007, 2012) definieron tres grandes grupos de rocas asociadas al término jade: jade-jadeititas, omfacitas y eclogitas, las cuales se caracterizan por ser una solución sólida de piroxenos en el sistema Di-Jd. Utilizan, por tanto, el término jade-jadeita como un sinónimo de piroxeno-Na puro y omfacita (-jadeita) es una solución sólida de jadeita-diopsido que se utiliza para definir litologías similares a las eclogitas en las que el granate está ausente. La gran diferencia entre omfacitas y eclogitas es precisamente la presencia de granate en proporciones superiores al 5% en las eclogitas (Ricq-de-Bouard et al., 1990; Deer et al., 1992; Ricq-de-Bouard y Fedele, 1993; D'Amico et al. 1995, 2004).

2.- MATERIALES ARQUEOLÓGICOS

2.1. Las hachas de jadeíta analizadas

Los ejemplares que aquí se van a analizar proceden de una región del interior de la Península Ibérica, la Meseta Norte Española (fig. 1). En ésta se inició un proceso, a partir de la introducción de la economía productora en el VI milenio a.C., que culminó con la consolidación de una red de poblamiento organizado en

asentamientos estables y con indicios de una posible jerarquización poblacional en el III milenio a.C. (Delibes y Fernández-Manzano, 2000). De forma paralela se desarrolló una intensificación en la producción agropecuaria (Delibes, 2011) y artesana (Villalobos y Odrizola, 2016), acompañada también de la aparición de ciertas desigualdades sociales cuyos indicios se rastrean desde el IV milenio a.C. (Guerra et al., 2009) pero que, fundamentalmente, se expresan en el III milenio a.C. (Delibes et al., 1995; Villalobos, 2016a, cap. 4.1.3).

En este contexto, uno de los principales indicadores arqueológicos de la existencia de desigualdades y jerarquías es el tipo y cantidad de artefactos sociotécnicos utilizados, especialmente de los artefactos de prestigio de materias raras o exóticas. A partir del IV milenio a.C. aparecen adornos de conchas marinas (Delibes y Rojo, 1992), ámbar (Delibes y Zapatero, 1996) o minerales verdes (Villalobos y Odrizola, 2016) y en el III milenio a.C. artefactos de cobre (Delibes et al., 2006) y oro (Garrido, 2000, pp. 186-188). Respecto a las hachas pulimentadas debe apuntarse que, en cuanto a los objetos funcionales procedentes de entornos domésticos, parece existir una tendencia al uso de las de aquellas materias primas apropiadas más asequibles en cada caso (Villalobos 2016a, cap. 3.2.5), siendo en contextos funerarios donde aparecen ejemplares de un escasamente funcional gran tamaño o de materias primas raras, que podrían haber sido empleadas como artefactos sociotécnicos (Villalobos, 2015). Por ejemplo, baste citar las grandes hachas asociadas a un inhumado tardoneolítico (IV milenio a.C.) en el dolmen de

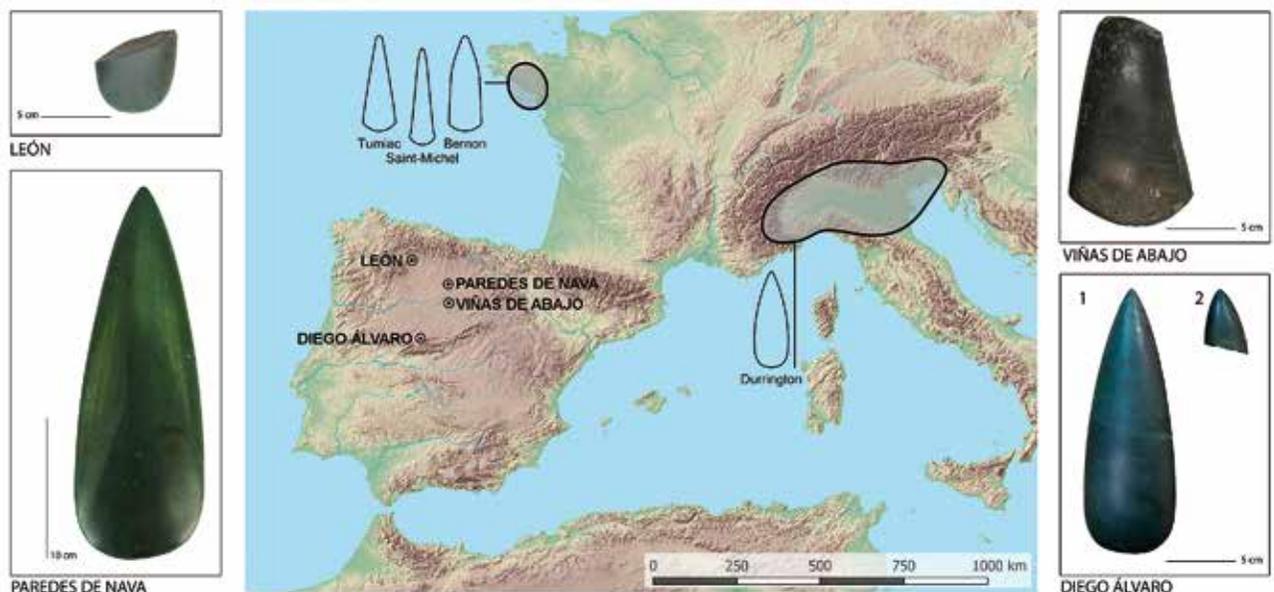


Fig. 1. En el centro, mapa de distribución de las hachas de jadeíta analizadas en este trabajo en relación con la localización de las áreas de mayor concentración de hachas de jade de los tipos Tumiác, Saint-Michel, Bernon y Durrington en el marco continental (a partir de Pétrequin et al. 2012b, figs. 85, 89, 94 y 103). En los laterales, fotografías cenitales y escaladas de las hachas analizadas en este trabajo. La fotografía del hacha de Viñas de Abajo procede de Rosa (2016), fotografías del resto, los autores / Centre: Distribution of the herein jade axes and the areas where Tumiác, Saint-Michel, Bernon and Durrington types tend to concentrate (after Pétrequin et al. 2012b, figs. 85, 89, 94 and 103). Sides: Photos from the top of the axes analysed in this work. Viñas de Abajo photo from Rosa (2016), other photos, the authors.

Castro Enríquez (Morán, 1931, pp. 47-49), el lote de pulimentados (fines IV-principios III milenio a.C.) que incluye objetos de serpentina y cuarzo citrino del túmulo de Dehesa de Río Fortes (Estremera y Fabián, 2002) o el hacha perforada del poblado calcolítico (III milenio a.C.) de Baldián (Fernández-Giménez et al., 1990). Como sucede en el resto del Occidente peninsular, en la Meseta Norte las hachas verdes pulimentadas conocidas carecen de contexto arqueológico que nos informe directamente sobre su cronología o su modo de amortización (tabla I).

2.1.1. Hacha de Paredes de Nava (Palencia)

En el Museo de Palencia se expone una gran hacha de color verde, finamente pulida, que anteriormente ha sido publicada con la referencia "Palencia" (Fábregas et al., 2012, fig. 16). Apenas se conoce información sobre su procedencia, pero podemos apuntar que en el archivo del Museo se guarda un inventario antiguo donde se hace mención a un hacha recuperada en la localidad de Paredes de Nava, cuyas dimensiones coinciden con las del gran hacha verde². Por ello, es muy probable que el hacha en cuestión proceda de dicha localidad palentina. En este término municipal se conocen varios yacimientos prehistóricos indeterminados³ y en los alrededores inmediatos otros lugares que han ofrecido materiales neolíticos (VI-IV milenio a.C.), como el Teso de la Cruz en Villaumbroso (Rojo, 1985), y un total de al menos 11 calcolíticos (III milenio a.C.) (Rojo, 1987).

2.1.2. Hacha de Viñas de Abajo (Valladolid)

A comienzos del s. XX fueron donadas por el párroco de Villabáñez un conjunto de medio centenar de hachas procedentes del término municipal de esta

localidad, en su mayoría del pago de Viñas de Abajo (Agapito, 1926), habiendo sido una de ellas ya publicada como jade tras una identificación de visu (Fábregas et al., 2012, fig. 17). Poco se conoce del contexto arqueológico de este conjunto, pero podemos apuntar que Villabáñez se encuentra en el valle del río Jaramiel, donde existen yacimientos como el neolítico (VI-IV milenios a.C.) de La Sinova II, en Villavaquerín (Estremera, 2003, pp. 104-105), o el calcolítico (III milenio a.C.) de Soto de Tovilla, en Tudela de Duero (Esparza et al., 2008). Asimismo, junto a la desembocadura del Jaramiel en el Duero se conoce el yacimiento tardoneolítico (IV milenio a.C.) de El Carrascal, en Traspinedo (Rodríguez-Marcos, 2008, pp. 50-51).

2.1.3. Hachas de Diego Álvaro (Ávila)

En el Museo de Ávila se custodian desde hace un siglo dos hachas verdes que catalogamos como Diego Álvaro 1 y 2 –el artefacto al que nos referimos como Diego Álvaro 1 es el que en Fábregas y otros (2012, fig. 16) se cita como "Diego Álvaro" y, por su parte, Diego Álvaro 2 es inédito. La única información sobre su procedencia es que Federico García, maestro nacional destinado a Ávila durante el primer tercio del s. XX, recopiló materiales arqueológicos de toda la provincia entre los que se cuentan una colección de centenares de hachas pulimentadas (Museo de Ávila, 1987). De ellas hay 2 con un detallado pulido y un color verde intenso cuyas etiquetas hacen referencia a su recogida en la localidad de Diego Álvaro. Diego Álvaro 1 está completa y Diego Álvaro 2 rota, conservándose de ella sólo un fragmento del talón.

No existe más información sobre su contexto de recuperación que la referencia a la citada localidad, la cual se localiza en el extremo occidental de la provincia

Nombre	Lugar de recuperación	Análisis	Tipo	Referencia
Paredes de Nava	Paredes de Nava (Palencia)	X	Durrington	Fábregas et al. 2012 (como "Palencia") (JADE 2008_1602)
Viñas de Abajo	Villabáñez (Valladolid)	X	Bégude	Fábregas et al. 2012 (JADE 2008_1621)
Diego Álvaro	Diego Álvaro (Ávila)	X	Durrington	Fábregas et al. 2012 (JADE 2008_1594)
Diego Álvaro 2	Diego Álvaro (Ávila)	X	Durrington?	Inédita
León	¿? (León)	X	Durrington?	Fábregas et al. 2017
Bragança	¿? (Bragança)		Bégude	Fábregas et al. 2012 (JADE 2009_0093)
Vilapedre	Vilapedre (Lugo)		Tumiac perforé	Fábregas et al. 2012 (JADE 2008_1622)
Vilamarin?	Vilamarin (Ourense)?		?	Domínguez-Bella et al. 2016
Aroche	Aroche (Huelva)	X	Durrington	Domínguez-Bella et al. 2016 (JADE 2012_0053)
Portela do Outeiro	Sertã (Branco)	X	Durrington	Odrizola et al. 2015
El Pedroso	El Pedroso (Sevilla)	X	Durrington	Odrizola et al. 2016a

Tabla 1: Relación de las hachas de jadeíta analizadas en este trabajo y del resto de las conocidas en el Centro-Occidente peninsular / Summary of jade axes herein analysed and the others known for the Central-Western Iberian Peninsula.

² Información ésta que agradecemos a Francisco Javier Pérez Rodríguez, conservador del Museo de Palencia.

³ Esta información se recoge en el Inventario Arqueológico Provincial de Palencia, y nos ha sido comunicada por F. J. Abarquero, codirector del proyecto que investiga el yacimiento romano localizado en este término palentino y su territorio circundante.

abulense. En el propio Diego Álvaro se conoce La Peña del Bardal, un asentamiento con materiales neolíticos y calcolíticos (López-Plaza, 1987), y en los inmediatos alrededores otros yacimientos de este mismo espectro cronológico como El Cerro del Berrueco (Maluquer, 1958), Coto Alto (López-Plaza, 1984), Alto del Quemado (López-Plaza, 1994) o Cuarto de la Nava (Benet et al., 1997).

2.1.4. Hacha de León (León)

En el Museo de León se custodia un fragmento de hacha pulimentada de color verde oscuro cuya forma permite asimilarla al tipo Durrington. Fue donada al Museo en mayo de 1898 por un particular, hecho el cual hace muy probable que fuera recuperada en algún lugar de esta provincia de 15.000 km².

Hay que decir que la provincia leonesa es un espacio donde la Prehistoria Reciente está poco estudiada en comparación con la del resto de la Meseta, debido probablemente a que la tradición de las Universidades de Oviedo y León se ha orientado preferentemente al Paleolítico. En todo caso, existen documentos materiales que demuestran su ocupación durante el Neolítico (VI-IV milenios a.C.) y el Calcolítico (III milenio a.C.) (Bernaldo-de-Quirós y Neira, 1999).

3.- ANÁLISIS ARQUEOMÉTRICO

El uso de técnicas de análisis modernas y no destructivas como la difracción de rayos X, fluorescencia de rayos X, espectrometría Raman o la espectrometría UV-VIS-NIR ha resultado ser extremadamente útil a la hora de caracterizar materiales a nivel mineralógico y de composición y comparar así fuentes con productos, algo particularmente interesante en el caso de las jadeítas (Errera et al., 2004, 2007, 2012; Errera, 2004; Smith, 2005; Compagnoni et al., 2012).

En este trabajo, hemos optado por utilizar tanto un espectrómetro Raman como un espectrómetro UV-VIS-NIR para aproximarnos a la mineralogía, la procedencia y colorimetría de las hachas. En este sentido la clasificación de la roca usada como soporte se basa en la espectroscopia Raman y UV-VIS-NIR, mientras que la procedencia de la misma se realiza a través de la comparación de los espectros UV-VIS-NIR con la base de datos resultante del proyecto JADE (Pétrequin et al., 2012a). Se ha utilizado un espectrómetro Raman BW-TEK iRaman Plus. El diodo láser operado a una longitud de onda de 785 nm produce una potencia de hasta 420 mW en el puerto del láser. No se utilizaron filtros para reducir la potencia del láser. El rango espectral de medida elegido fue entre 150 y 1200 cm⁻¹ con un detector CCD de alta eficiencia cuántica. La precisión de la medida seleccionada es de 4 cm⁻¹. Las condiciones de medida en cuanto a potencia del láser y tiempo de integración han variado de una pieza a otra en pro de obtener la mejor señal Raman posible.

También se ha utilizado un espectrómetro UV-VIS-NIR de rango completo PANalytical ASD Terraspec HALO. Este equipo registra el espectro de reflectancia en la región del ultravioleta-visible (350-1000 nm) y la del infrarrojo cercano (NIR) y de onda media (SWIR) (1001-2500 nm). El equipo está equipado con un sistema de detección post dispersivo basado en el monocromador Goerts, construido sobre tres redes de difracción, un CCD y dos InGaAs refrigerados.

3.1. Espectroscopía Raman

La espectroscopía Raman es una técnica idónea para la clasificación de las rocas en términos de especie mineral, pero sobre todo de pureza y procedencia que ha sido escasamente aplicada al jade europeo y mesoamericano (Smith y Gendron, 1997, Smith y Clark, 2004; Smith, 2005; Edwards y Chalmers, 2005). Las bandas vibracionales entre 150-1200 cm⁻¹ registradas en el espectro Raman de las hachas de la Meseta Norte coinciden, en sus bandas más fuertes, con las que presenta la jadeíta en la ficha R050220 de la base de datos RRUFF (<http://rruff.info>) (fig. 2).

Una característica de los espectros Raman del jade-jadeíta es el predominio de las bandas correspondientes a la vibración simétrica Si-O-Si de los modos de tensión del enlace oxígeno en los inosilicatos que ocurren en el intervalo 650-750 cm⁻¹ (Smith, 2005; Smith y Gendron, 1997). La definición y posición de esta banda y de las vibraciones del tetraedro SiO₄ entre 1033-1038 cm⁻¹, atribuidas a características de los clinopiroxenos (Smith, 2005), no son claras en los espectros registrados en este trabajo (fig. 2). En algunos casos las bandas aparecen claramente solapadas si la comparamos con la ficha R050220 como es el caso de las bandas a c. 375 y 1038 cm⁻¹. En otros, la banda se presenta muy ancha y poco definida como en el caso de la banda a c. 700 cm⁻¹ (fig. 2).

Para intentar mitigar la influencia de la fluorescencia inducida por el láser en la frecuencia de vibración de las bandas correspondientes a los modos de tensión simétrica Si-O-Si (c. 675-700 cm⁻¹) y a los modos de tensión simétrica y asimétrica Si-Onb (c. 1033-1038 cm⁻¹) características de los jade-jadeíta, como en las bandas a frecuencias inferiores a 900 cm⁻¹ (fig. 2, A), hemos calculado una nueva línea base a través del ajuste local de polinomios a los valores mínimos calculados (fig. 2, B-F).

Tras el cálculo de la línea base y su substracción se ha suavizado la señal registrada mediante el algoritmo lowess (fig. 2, G) y se ha procedido a calcular los máximos para cada banda (tabla II). Se han identificado diferentes bandas en el intervalo 150-1200 cm⁻¹. Entre ellas se aprecian fácilmente (fig. 2, G) dos bandas intensas correspondientes a los modos de tensión simétrica Si-O-Si y a los modos de tensión simétrica y asimétrica Si-Onb de los piroxenos sódicos (Smith, 2005; Prencipe, 2012; Karwoski et al., 2013) a c. 689-699 y 1033-1037 cm⁻¹ (tabla II). Lo mismo ocurre con la otra

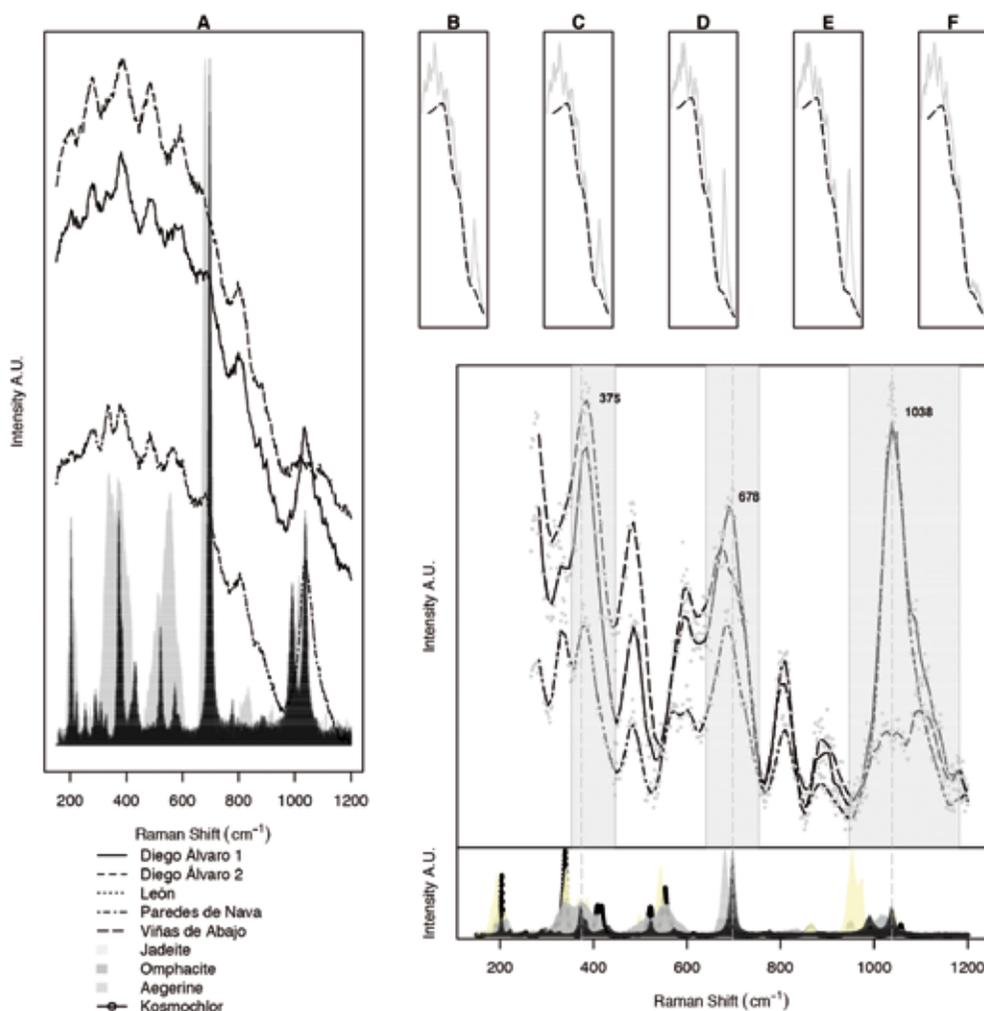


Fig. 2. A. Espectros Raman sin procesar en la región 150-1200 cm^{-1} de las muestras estudiadas comparadas con las fichas de jadeíta (R050220) y omfacita (R110038) de la base de datos RRUFF (<http://rruff.info>). B-F. Espectros Raman sin procesar y línea base calculada mediante el algoritmo loess. G. Espectros Raman suavizados mediante el algoritmo lowess (línea) de las muestras estudiadas tras restar la línea base calculada comparados (puntos) con las fichas de la base de datos RRUFF para la jadeíta (R050220), omfacita (R110038), aegirina (R040054) y kosmochlor (R120015). Se resaltan en gris las bandas c. 375, 678 y 1038 cm^{-1} correspondientes a las bandas fuertes definidas por Smith (2005a) para el jade-jadeíta / Raw Raman spectra in the 150-1200 cm^{-1} ROI compared to jadeite RRUFF (<http://rruff.info>) jadeite card R050220 and omphacite R110038. B-F. Raw raman spectra and baseline calculated using LOESS algorithm. G. Smoothed Raman spectra using LOWESS algorithm (line) after baseline subtraction (points) for the herein studied samples compared to RRUFF jadeite (R050220), omphacite (R110038), aegirine (R040054) and kosmochlor (R120015) cards. Highlighted in grey strong bands defined by Smith (2005) for jade-jadeite c. 375, 678 and 1038 cm^{-1} .

D.-A. 1	D.-A. 2	León	Paredes	Viñas-A.	Pedroso	Outeiro	Darmour	Crjd	Om	Om	AE	KO	KO
					224	224	221					230	
										237	237		
					257	257	255						256
275	274	274		277								278	
					293	293	294						
					313	312	311					317	321
329	330	335	332	323	330	330	328					343	340
										356		358	
										360			
								364					
			374		377	377	376						
381	385	382		383		386	386		382		386		
										392			
											404	400	

								414		418
									422	425
			430		434	433	430			435
486	487	485		482						499
								516	511	
			523		526	526	525		525	522
										534
									553	551
			567				561*	560	567	567
							574			568
					577					564
589	587						587*			576
			598		596					591
										621
689	688	684						685	684	687
									681	686
			697	697	702	701	699			685
								764		769
					781	779	778			
805	807	809		804						
								828		
									865	862
881	887	880		887			886*			867
								898		
				908					912	
									946	945
									967	966
983	983									984
				993	993	991	991			992
									1016	1016
				1022				1025		1025
1035	1033	1037	1036		1041	1041	1040		1034	1034
				1051						1047
										1058
65JD%	62.5JD%	52.5JD%	85JD%	85JD%	97.5JD%	95JD%	90JD%			

Tabla 2: Desplazamiento Raman (cm^{-1}) de las muestras analizadas, de las referencias bibliográficas (Smith 2005), de las hachas de la Colección Tubino (Odrizola et al. 2016a) y Portela de Outeiro (Odrizola et al. 2015) y de las fichas de la base de datos RRUFF; junto el cálculo del %Jd de cada una de las muestras. (* bandas que según Smith (2005) aparecen ocasionalmente en los espectros Raman) / Raman shift (cm^{-1}) of the herein studied samples, literature data (Smith 2005), jade axe from Tubino's collection (Odrizola et al. 2016a), jade axe from Portela de Outeiro (Odrizola et al. 2015) and RRUFF cards together with %Jd calculations. (*bands that according to Smith (2005) appears occasionally in Jade Raman spectra). impresión or incision; K Total.

banda fuerte registrada entre $374\text{-}383\text{ cm}^{-1}$ característica de las torsiones de las cadenas tetraédricas sobre su eje (Prencipe, 2012), y que junto a las restantes conforman el espectro Raman característico del miembro final de los piroxenos-Na, jade-jadeíta.

En términos generales la señal Raman de los piroxenos puede clasificarse en dos grupos: 1) las resultantes de las vibraciones del tetraedro SiO_4 , entre $600\text{-}1100\text{ cm}^{-1}$, y 2) las resultantes del desplazamiento

de los cationes metálicos presentes en un determinado mineral, por debajo de 600 cm^{-1} . Dado que el tetraedro SiO_4 es un componente regular de los piroxenos, el primer grupo de vibraciones es muy estable en cuanto a la posición de sus bandas y se pueden observar en la mayoría de los piroxenos del sistema Di-Jd (bandas a c. $1055, 1033, 991, 952, 986, 863, 789, 705$ y 680). Las restantes vibraciones en esta región tienen un carácter más complicado y parecen ser sensibles al tipo de catión metálico (Karwoski et al., 2013).

El segundo grupo de bandas localizadas por debajo de 600 cm^{-1} son el resultado de desplazamiento de los cationes y de los movimientos de inclinación y torsión del tetraedro SiO_4 (Karwoski et al., 2013). En este sentido se ha documentado que el desplazamiento de las bandas en el espectro Raman de los piroxenos se debe a variaciones en la estructura y la composición, de tal forma que el espectro característico varía entre tipos estructurales y la posición de las bandas entre los especímenes dentro de cada grupo, existiendo una correlación lineal entre la frecuencia de los modos de tensión en los enlaces Si-Ob-Si (ó Si-Ob-Al) y la distancia Si-Si (ó Si-Al) en las cadenas de piroxenos. Estudios recientes corroboran que existe un desplazamiento sistemático de modos activos en Raman en función al contenido en cationes Fe ó Mg (Wang et al., 2001, Huang et al., 2000). Estas sustituciones, cuando ocurren parcialmente, provocan cambios espectrales en la región de los modos de tensión y flexión del tetraedro SiO_4 generando un ensanchamiento de las bandas al producirse sustituciones de los cationes Na^+ y Cr^{+3} por Ca^{+2} y Mg^{+2} (Karwoski et al., 2013). Las bandas c. 700 y 1040 cm^{-1} de las hachas estudiadas en este trabajo presentan valores ligeramente inferiores a los de las referencias bibliográficas (tabla II), mientras que la tercera banda fuerte c. 375 cm^{-1} , muestra valores ligeramente superiores.

Esta correlación lineal entre el contenido en diferentes cationes de los piroxenos en el sistema Di-Hd-Jd ha sido propuesto por Smith (2005) y Smith y Gendron (1997) como un método eficaz para determinar la pureza y procedencia de los jades-jadeíta en Mesoamérica. En este sentido, la banda simétrica Si-O-Si de los modos de tensión c. 700 cm^{-1} es, de hecho, un gran indicador cuantitativo de la pureza de un piroxeno, ya que, en los otros miembros finales comunes como el diópsido, la hedenbergita y la aegirina ocurre a longitudes de onda mucho menores (Smith, 2005; Smith y Gendron, 1997). Los modos de tensión Si-O-Si para el diópsido y la hedenbergita ocurren a 666 y 660 cm^{-1} respectivamente, de manera muy similar y a la vez diferente a como ocurre en la jadeíta, c. 700 cm^{-1} (Smith, 2005). Si asumimos, tal y como indica Smith (2005), que la longitud de onda varía linealmente con la composición química desplazándose como consecuencia de los cambios en la masa atómica, radio iónico y/o carga electrónica de los elementos químicos –diferentes proporciones de Ca, Mg, Na o Al en el sistema Di-Hd-Jd–, entonces el porcentaje molar ($\%_{\text{Jd}}$) en el sistema Di-Hd-Jd viene dado directamente por la longitud de onda cambiante de la banda simple Si-O-Si. Dado que la mayoría de las jadeítas naturales contienen esencialmente Di-Hd-Jd como miembros finales, el desplazamiento de la banda simple Si-O-Si en el espectro Raman determinará el porcentaje aproximado de jadeíta. De esta manera, siempre que esta banda aparezca a longitudes de onda superiores a 700 cm^{-1} la proporción relativa de jadeíta será de al menos el 95 mol% (Smith, 2005).

Cada una de las 5 hachas estudiadas en este trabajo presenta características espectrales bien definidas y diferentes. Si atendemos a las bandas correspondientes a las vibraciones de tensión simétricas de SiO_4 c. 700 cm^{-1} , podemos apreciar (fig. 2 y tabla II) dos grupos en función a su posición. Y dado que la posición de la misma es característica del miembro final en el sistema Di-Hd-Jd podremos calcular el porcentaje relativo de jadeíta. Diego Álvaro 1 y 2 y León conforman un primer grupo con proporciones relativas de jadeíta inferiores al $65\%_{\text{Jd}}$. En concreto Diego Álvaro 1 y 2 presentan características espectrales casi idénticas con c. $65\%_{\text{Jd}}$, mientras que León ronda el $52.5\%_{\text{Jd}}$. Estaríamos, por tanto, tratando con jadeítas impuras que dentro del sistema Di-Hd-Jd presentarían sustituciones iónicas. Es posible observar en la figura 2 y la tabla 2 que estas tres muestras presentan la banda correspondiente a las vibraciones de tensión de SiO_4 a frecuencias c. $684\text{-}689\text{ cm}^{-1}$ (Karwoski et al., 2013) compatibles con las posiciones en las fichas de la base de datos RRUFF para la omfacita (R110038), y bandas a $381\text{-}385\text{ cm}^{-1}$ y $274\text{-}277\text{ cm}^{-1}$ compatibles con las posiciones en las fichas de la base de datos RRUFF para la aegirina (R040054) y el kosmochlor (R120015), respectivamente. Tanto la aegirina como el kosmochlor son miembros finales del sistema Di-Hd-Jd y la omfacita se corresponde con la composición intermedia $\text{Di}_{50}\text{Jd}_{50}$. Podríamos postular que estas 3 hachas además del contenido relativo en jadeíta presentan un contenido relativo de omfacita, aegirina y kosmochlor que deriva directamente de las diferentes proporciones de cationes de Ca, Cr y Fe que tenga este piroxeno (XYZ_2O_6) en las posiciones X en el caso de Na/Ca e Y en el caso de Al/Cr/Fe.

El segundo grupo está conformado por las hachas de Paredes de Nava y Viñas de Abajo, en el que la posición de la banda correspondiente a los modos de tensión SiO_4 a 697 cm^{-1} nos estaría indicando que estas piezas cuentan con una proporción relativa de jadeíta c. $85\%_{\text{Jd}}$. En este sentido el resto de bandas presentes en estas dos piezas es bastante consistente con las bandas activas en Raman calculadas para la jadeíta (Prencipe, 2012) y aquellas registradas experimentalmente (Smith, 2005). De cualquier modo, parece presentar un pequeño porcentaje de aegirina y kosmochlor derivado directamente de las diferentes proporciones de cationes de Cr y Fe que tenga este sólido cristalino, diferenciándose del anterior grupo no sólo por su proporción relativa de jadeíta sino también por la ausencia de sustituciones de cationes de Ca (omfacita).

En la tabla 2 se puede apreciar también como existe una diferencia notable en cuanto a la proporción relativa de jadeíta entre las piezas normeseteñas y las otras piezas de jadeíta peninsulares presentando las del Pedroso y Portela de Outeiro un porcentaje muy superior.

3.2. Espectroscopia UV-VIS-NIR

La espectroscopia UV-VIS-NIR es una técnica no destructiva que a partir de los trabajos de Errera y otros (2004, 2007, 2012) se ha convertido en la referencia a la hora de determinar la procedencia de las hachas verdes europeas. El proyecto JADE compila el excelente trabajo que desde 1999 vienen realizando en cuanto a la certera caracterización de, a día de hoy, más de 2500 materiales de referencia procedentes de los Alpes tras las prospecciones y excavaciones allí desarrolladas. A la hora de establecer la procedencia de las hachas Errera y sus colegas proceden primeramente a identificar una serie de espectrofacies características en la colección de referencia utilizando procedimientos estadísticos clásicos, para posteriormente, empleando de nuevo la estadística, clasificar los espectros de las hachas analizadas con las espectrofacies de la colección de referencia.

El enfoque utilizado en este trabajo a la hora de adquirir los espectros difiere ligeramente del de Errera. Aquí la adquisición del espectro se realiza con un espectrómetro que cuenta con tres detectores dedicados que optimizan la señal en cada región del espectro (UV-VIS-NIR) para la superficie analizada de c. 1 cm², en lugar de utilizar una técnica basada en la adquisición de imágenes hiperespectrales.

A pesar de que el procedimiento ideal a la hora de clasificar los espectros registrados sería la clasificación estadística de las hachas analizadas sobre las espectrofacies definidas por Errera, esto no es del todo factible ya que estaríamos introduciendo artificios en el derivado del uso de equipos con resoluciones y sensibilidades espectrales diferentes, del procesado de los espectros (Errera et al., 2012), algoritmos de clasificación propietarios de cada software, etc. Es por ello que en este trabajo hemos optado por utilizar las características espectrales que Errera y sus colegas asignan a cada espectrofacie (Errera et al., 2012, p. 467, fig. 21, p. 529-533, ANEXE 5) para clasificar nuestras hachas. Posteriormente, esta asignación de espectrofacie característica para cada espécimen analizado ha sido utilizado para determinar la procedencia geológica (Errera et al., 2012, ANEXE 4).

Errera y otros (2012, p. 466-468) definen 8 grupos de espectrofacies en base a la presencia/ausencia de absorciones a longitudes de onda concretas en el espectro. Las absorciones que mejor definen estos grupos se localizan a c. 434, 1400 y 1900 nm. A la hora de clasificar nuestros espectros dentro de estos grupos debemos atender en primer lugar a la absorción c. 434-436 nm. La señal registrada por nuestro equipo en la región 400-450 nm es ruidosa, y en el caso de existir la absorción, está mal o poco definida (fig. 3). Como puede observarse en la figura 3, tan sólo presentan una absorción débil a 434 nm las hachas León y Viñas de Abajo. Las restantes hachas estudiadas o carecen de absorción o la relación señal/ruido no es la adecuada

como para que podamos identificar dicha característica en estos espectros. En cualquier caso, la presencia/ausencia de esta absorción con la relación señal/ruido en esta región es difícil de determinar. La siguiente característica es la presencia/ausencia de absorción c. 1400 y 1900 nm (fig. 4). Para los especímenes en estudio, la banda a c. 1400 nm está ausente en León, y con muy poca intensidad en Diego Álvaro 2, mientras que en Diego Álvaro 1 y Paredes de Nava la absorción es débil, y grande para Viñas de Abajo. La absorción a c. 1900 nm está presente en todos los especímenes en diferentes grados de intensidad (fig. 4).

Atendiendo a las distintas combinaciones de ausencia/presencia de estas bandas y siguiendo a Errera y otros (2012, p. 467, fig. 21), hemos podido clasificar nuestras hachas en los diferentes grupos descritos por este autor. En concreto las muestras Diego Álvaro 1 y Viñas de Abajo se corresponderían con el grupo 4, mientras que las restantes muestras se corresponderían con el grupo 7b (tabla III). En cada uno de estos grandes grupos se engloban diferentes espectrofacies que se corresponden con los materiales de referencia (Errera et al., 2012, p. 529:533., ANEXE 5) y endmembers (Errera et al., 2012, p.443) que a la postre sirven para la identificación del origen del material (Errera et al., 2012, p. 522-528, ANEXE 4). En la tabla 3 hemos descrito la correspondencia entre nuestras muestras, las espectrofacies y endmembers descritos por Errera en base a la comparación de las características espectrales de nuestras muestras con la base de datos de espectrofacies del proyecto JADE (<http://jade.univ-fcomte.fr>).

En la figura 3 podemos observar en las regiones de interés (ROI 1: 1000-1800 nm; ROI 2: 1500-2500 nm) la comparación entre los espectros registrados en este trabajo y las espectrofacies a los que los hemos asignado en función a la posición de las características espectrales definidas por Errera y otros (2012, p. 529-533., ANEXE 5) y no a la intensidad de la misma. A de tenerse en cuenta que los espectros que presentamos en estas gráficas no han sido tratados, por lo que no se ha corregido la línea base ni se ha aplicado ningún filtro. Los datos son, por tanto, datos brutos.

El análisis de los espectros registrados apunta a que las hachas verdes pulimentadas peninsulares están realizadas con jade-jadeíta de procedencia alpina. El origen de estas hachas se ubicaría en el grupo Voltri (Oeste de Mont Beigua) a excepción del espécimen Diego Álvaro 1 que procedería probablemente de algún depósito de morrena de Val de Suse o Val d'Aose (tabla III).

3.3. Colorimetría

Un último aspecto analizado es el color de la pieza. A pesar de que el color es uno de los atributos más importantes de estas hachas (Pétrequin et al., 2011), pues parece determinar su distribución, uso y valor simbólico (Cooney, 2002), no hay en la literatura ningún análisis científico del mismo en términos de los tres componen-

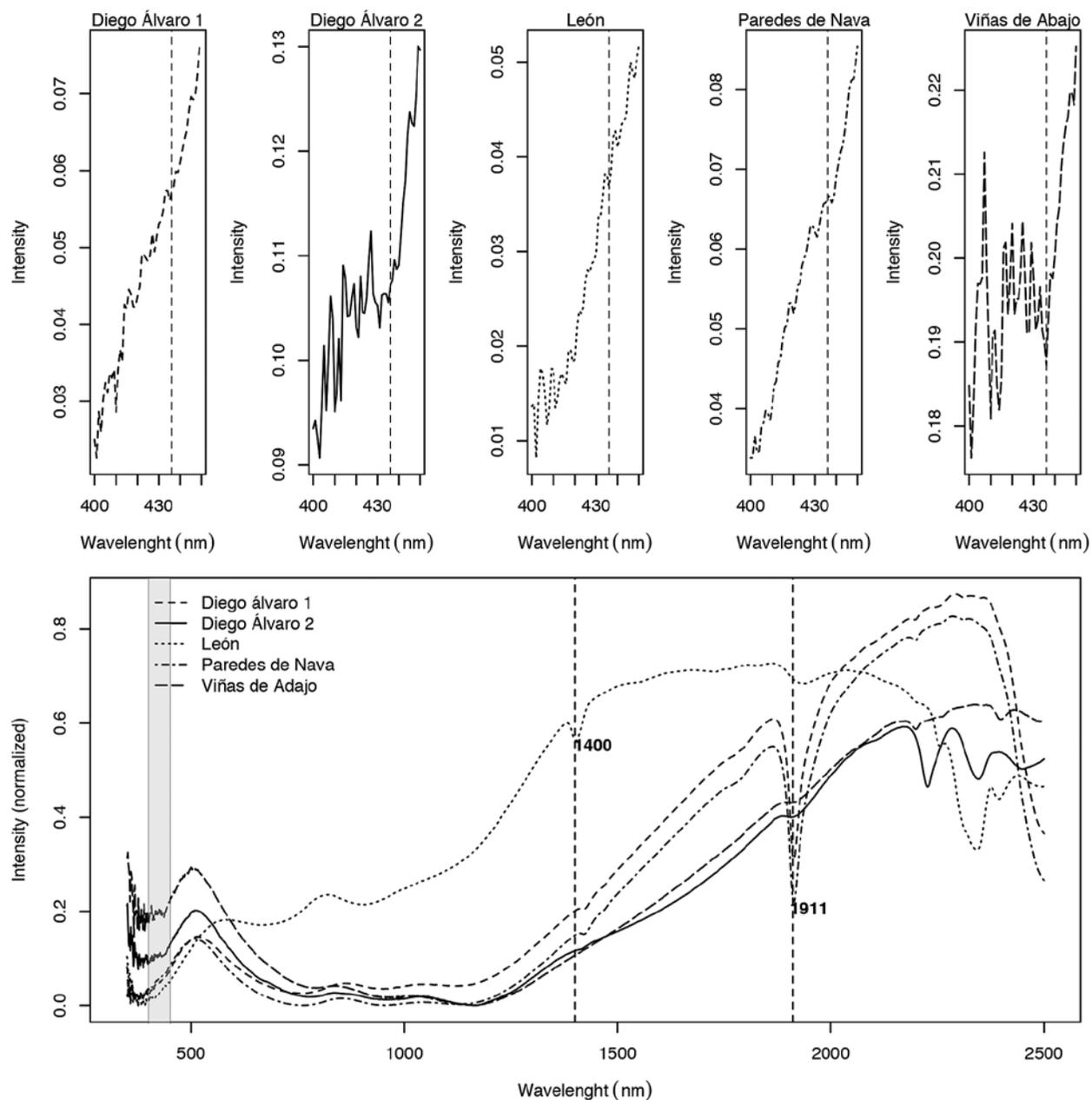


Fig. 3. Espectros UV-VIS-NIR de las muestras analizadas. Detalle de la ROI entre 400-450 nm con indicación de las absorciones a 434, 1400 y 1911 nm / UV-VIS-NIR spectra of the herein studied samples. Detail 434, 1400 y 1911 nm absorptions in the 400-500 nm ROI.

Ejemplar	Grupo	Spectrofacie	Endmember	Roca	Origen
Diego Álvaro 1	4	135	007	Jadeíta cuarzo feldespática atípica alterada	Val de Suse o Val d'Aoste (Viso Sur)
Diego Álvaro 2	7b	480	93	Jadeíta micacea, retromorfoseada en la facie esquistos verde	Grupo Voltri (Oeste Beigua) – aluviones en pontinvrea
León	7b	485	21	Jadeíta micácea ligeramente retromorfoseada	Grupo Voltri (Oeste Beigua) – aluviones en pontinvrea
Paredes de Nava	7b	411	159	Jadeíta micacea, retromorfoseada en la facie esquistos azul	Grupo Voltri (Oeste Beigua)
Viñas de Abajo	4	160	147	Jadeíta atípica particular	Urbe, grupo Voltri.

Tabla 3: Correspondencia entre las muestras analizadas, las espectrofacies y endmembers descritos por Errera (Errera et al. 2012) / Correspondance between the herein studied samples, the spectrofacies and endmembers described by Errera (Errera et al. 2012)

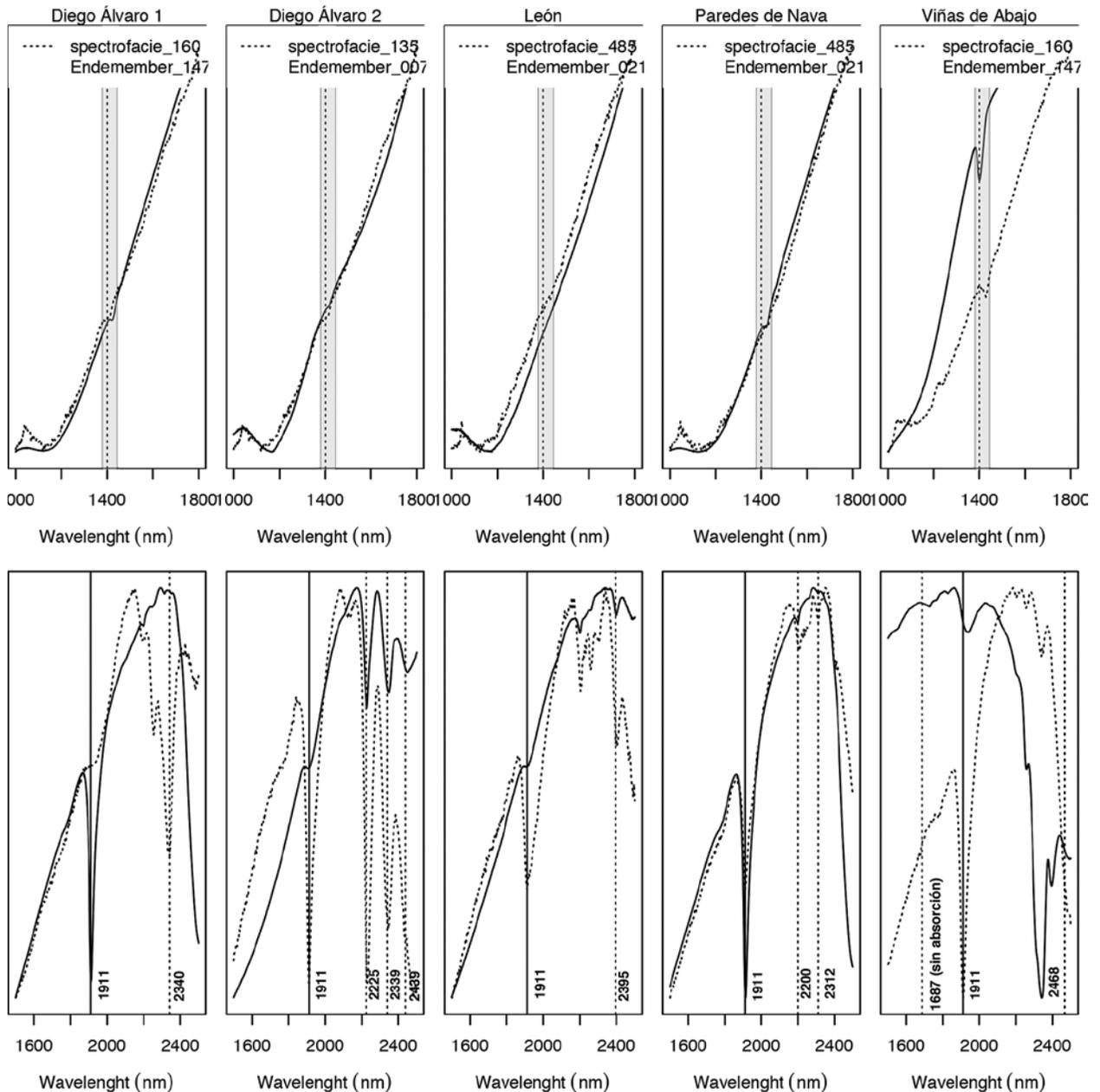


Fig. 4. Absorciones en las regiones de interés 1000-1800 y 1500-2500 nm de las muestras en estudio comparadas con las espectrofacies de referencia y con indicación de las principales características espectrales para cada región / Absorptions in the 1000-1800 and 1500-2500 nm ROI of the herein studied samples compared to the reference spectrofacie indicating the main spectral features for each ROI.

tes del color, algo especialmente importante a la luz de que el lenguaje determina en cierta medida cómo definimos los colores (Hardin y Maffoi, 1997; Jones y MacGregor, 2002). La medida precisa del color de las piezas cobra aún más importancia si tenemos en cuenta que las sociedades de la Prehistoria no catalogaban las rocas en función de sus características mineralógicas sino de la percepción que de ellas se tenía.

El color (fig. 5) de los especímenes estudiados de tono (h) verde oscila de verdes intensos a verdes ama-

rillentos. Las variaciones en h_a, b que se han medido (tabla IV) indican que a excepción de los especímenes Diego Álvaro 1 y Viñas de Abajo el tono es heterogéneo y su variación se ubica fuera del umbral de variación que no es perceptible visualmente ($h_a, b < 3^\circ$). Destaca por su luminosidad la muestra Paredes de Nava ($L = 60,41$). En este sentido debemos señalar que la luminosidad es un parámetro que depende directamente de la terminación del hacha: cuanto más pulido esté mayor valor L tendrá. En este sentido, los tratamientos superficiales (variaciones en la rugosidad de la superfi-

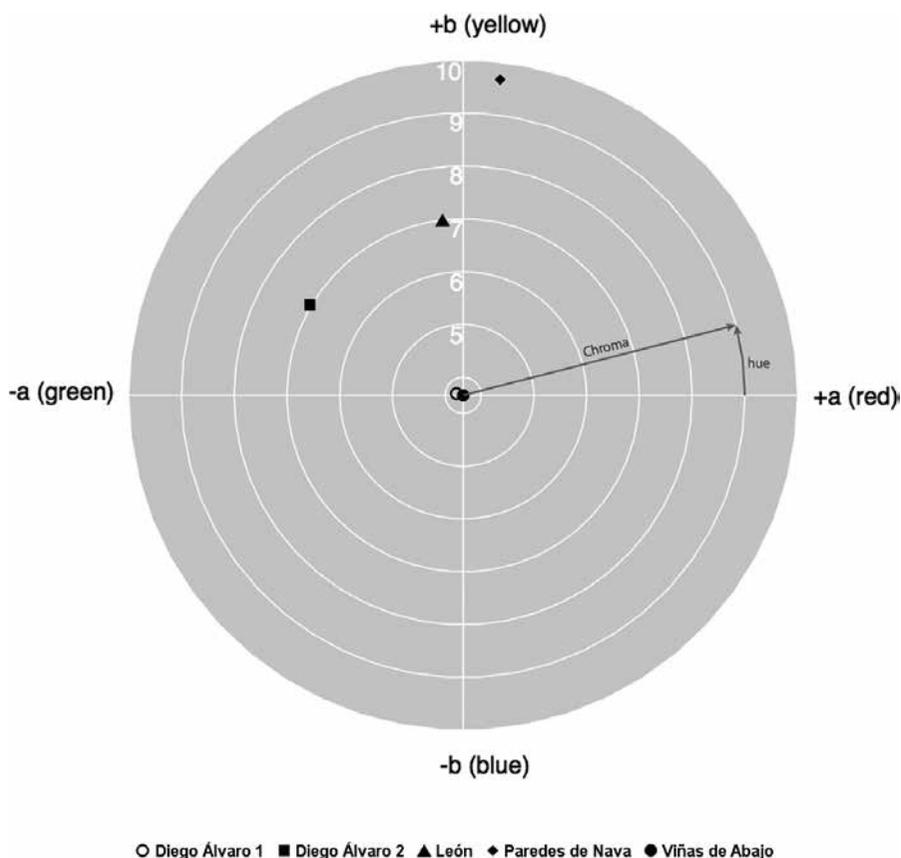


Fig. 5. Representación gráfica de los valores LCh expresados en la tabla IV. / Plot of the LCh values from table IV.

Ejemplar	X	Y	Z	L	C	h°
Diego Álvaro 2	3,7368	4,3775	4,0204	24,88	7,03	149,5
Diego Álvaro 1	5,8801	6,5706	6,7952	30,81	3,79	165,6
León	6,4290	6,8635	5,6536	31,49	6,96	96,8
Paredes de Nava	27,3816	28,5838	24,4434	60,41	9,67	83,3
Viñas de Abajo	3,5453	3,9904	4,2749	23,64	3,66	179,4

Tabla 4: Coordenadas CIE 1964 (10) D65 -XYZ-, CIE LCh de las muestras analizadas / CIE 1964 (10) D65 -XYZ- and CIE LCh coordinates of the herein studied samples.

cie de la muestra) afectan directamente a la estética de la muestra introduciendo variaciones en la textura, color y brillo percibido.

La relación de estas características organolépticas y técnicas debe relacionarse con características intrínsecas a la materia prima. En este sentido, las hachas de Viñas de Abajo y Diego Álvaro 1 presentan unas propiedades organolépticas casi idénticas (tabla IV), compartiendo incluso elecciones técnicas como la intensidad del pulido o la materia prima (ambas pertenecen al grupo 4, -tabla III). Por otro lado, en el hacha Paredes de Nava convergen tres variables muy interesantes, 1) es la de mayores dimensiones, 2) es la que presenta un mayor valor de L, es decir, un pulido más intenso y de mayor calidad, y 3) es la que presenta un tono tendente al amarillo.

4.- ANÁLISIS ESPACIAL

Una vez confirmado el origen alpino de estas hachas y con objeto de contrastar la hipótesis que defiende el intercambio de hachas de jade alpino repulidas en Bretaña por variscita ibérica (Pétréquin et al., 2012c, p. 1029; Fábregas et al., 2012, pp. 1113-1114; Domínguez-Bella et al., 2016, p. 219), que a grandes rasgos se correspondería con el modelo “directional trade” de Renfrew (1972, cap. 20; 1975), nos parece adecuado realizar un análisis de correlación espacial que incluya una prueba estadística Kolmogorov-Smirnov (Murrieta et al., 2011) que sirva para identificar si existe una relación significativa entre la distribución de las hachas de jadeíta y la ubicación de los afloramientos de variscita geológica.

Debido a las diferencias que hay entre las hachas de jadeíta del noreste y las del centro-oeste peninsular (véase Fábregas et al., 2012; Vaquer et al., 2012) se ha subdividido la Península Ibérica en tres espacios correspondientes a las tres grandes vertientes hidrográficas, que son la mediterránea –que engloba la franja costera suroriental, levantina y el valle del Ebro–, la cantábrica –que se corresponde con la franja costera septentrional– y la atlántica –que incluye las grandes planicies del interior peninsular por las que discurren los grandes ríos hasta su desembocadura en el océano. Puesto que en la Región Cantábrica sólo se conocen 3 ejemplares de probables hachas de jade, insuficientes para realizar un análisis significativo, este procedimiento se ha aplicado a los casos de las vertientes mediterránea y atlántica (fig. 6).

En la vertiente mediterránea se conocen 8 ejemplares de hachas de jade procedentes de yacimientos que se localizan en la comarca del Vallés (Barcelona) y 3 más repartidas por los yacimientos de Cardona (Barcelona), La Bisbal (Girona) y Sadaba (Zaragoza) (Fá-

bregas et al., 2012; Vaquer et al., 2012). Al respecto de los afloramientos de variscita sólo hay uno, el que durante el neolítico fue explotado en Can Tintorer (Gavà, Barcelona) (Villalba et al., 1986). La elevada presencia de hachas de jade en la comarca del Vallés, próxima a las minas de Can Tintorer, sugiere, a priori, una relación positiva. Así, el test de correlación Kolmogorov-Smirnov muestra efectivamente una diferencia máxima entre la frecuencia acumulativa esperada y la frecuencia acumulativa obtenida de 0,7419 (tabla V). Puesto que se supera el valor crítico de 0,556 establecido para análisis de este tipo con n=11 casos a un nivel de confianza de 0,001, puede afirmarse que para el marco de la vertiente mediterránea existe una relación estadísticamente significativa entre la distribución de hachas de jadeíta y la ubicación del afloramiento de variscita.

Al respecto de la Iberia que vierte al atlántico se conocen las hachas certificadas como jadeíta de Aroche (Dominguez-Bella et al., 2016), Portela de Outeiro (Odriozola et al., 2015), El Pedroso (Odriozola et al., 2016a) y las que aquí se analizan de Diego Álvaro 1,

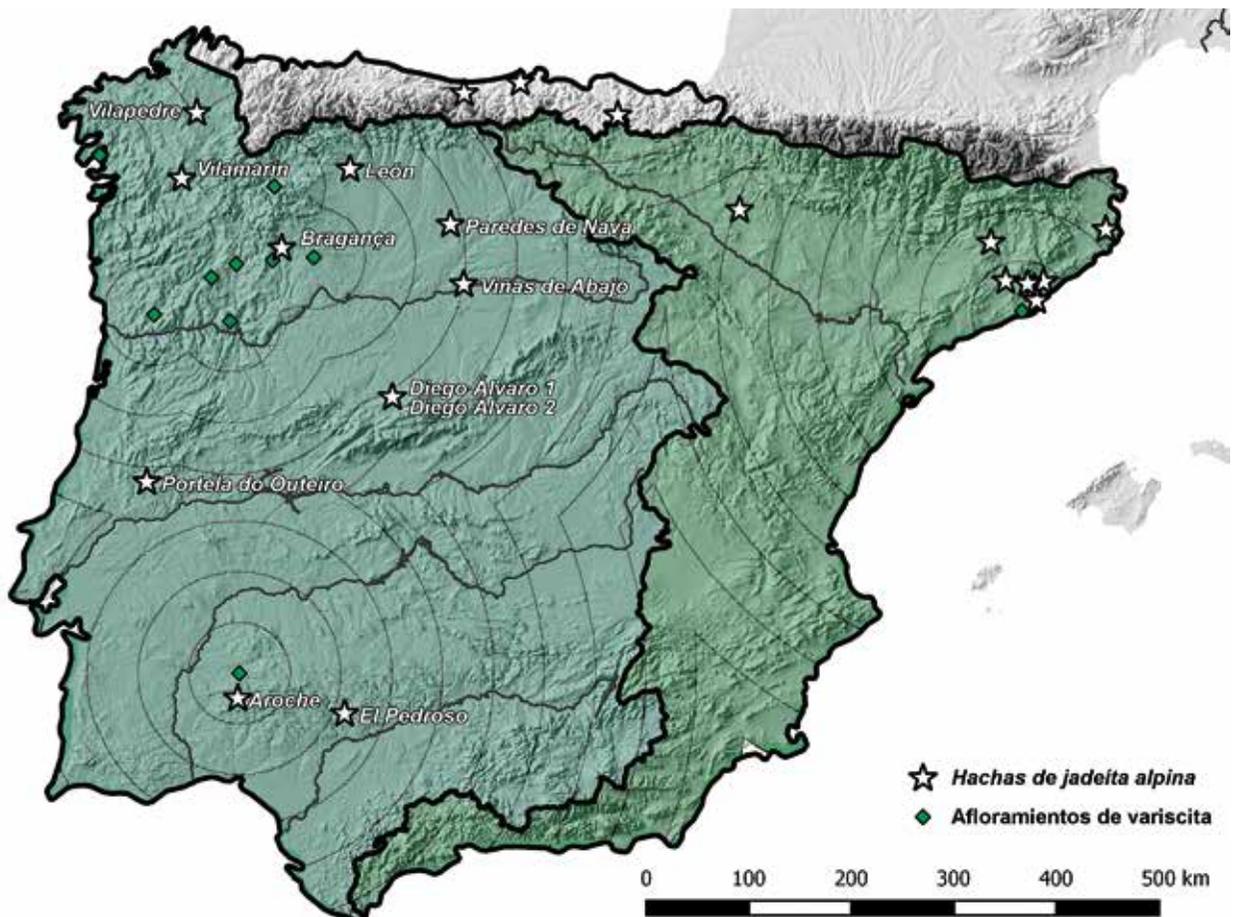


Fig. 6. Información –localización de las hachas y de los afloramientos de variscita– empleada en el análisis espacial de distribución de hachas de jadeíta de la vertiente atlántica y la vertiente mediterránea. Las líneas gruesas indican el cambio de vertiente, las líneas finas la división del territorio en categorías –en función de la distancia a los afloramientos de variscita– cuya cuantificación se recoge en las tablas V y VI. / Spatial data –localisation of axes and variscite sources– employed in the statistical tests regarding the distribution of jade axes in the atlantic and Mediterranean basins. Thick lines represent the boundaries of the basins, thin lines represent the classes of territory dependant on its distance to the variscite sources –these aspects are quantified in tables V and VI.

Marco de estudio (vertiente mediterránea)				Casos arqueológicos			dMAX
Categoría	Km ²	% total área	% acumulado	N casos	% casos	% acumulado	
1	3.832,02	0,0205	0,0205	8	0,7273	0,7273	0,7068
2	10.962,72	0,0587	0,0792	1	0,0909	0,8182	0,7400
3	16.435,30	0,0880	0,1671	1	0,0909	0,9091	0,7419
4	16.247,67	0,0870	0,2541	0	0,0000	0,9091	0,6550
5	28.165,54	0,1507	0,4048	0	0,0000	0,9091	0,5042
6	35.639,96	0,1907	0,5956	1	0,0909	1,0000	0,4044
7	26.481,87	0,1417	0,7373	0	0,0000	1,0000	0,2627
8	17.650,46	0,0945	0,8318	0	0,0000	1,0000	0,1682
9	21.387,77	0,1145	0,9463	0	0,0000	1,0000	0,0537
10	10.039,45	0,0537	1,0000	0	0,0000	1,0000	0,0000
TOTAL	186.842,76	1,0000		11	1,0000		

Tabla 5: Resultado del test Kolmogorov-Smirnov aplicado a la distribución de hachas de jade en función de las minas de variscita en la vertiente mediterránea / Result of the Kolmogorov-Smirnov test applied to the distribution of jade axes in relation with the variscite mines on the context of the Mediterranean basin.

Diego Álvaro 2, Viñas de Abajo, Paredes de Nava y León. Además, es probable que por su aspecto las hachas de Bragança, Vilamarín y Vilapedre sean también de jadeíta. Respecto al hacha de León, puesto que se desconoce su lugar exacto de amortización, se considerará como recuperada en el centro geográfico de esta provincia. En cuanto a la variscita geológica, se considerarán las minas de variscita de Pico Centeno (Odrizola y Villalobos, 2015), Aliste (Villalobos y Odrizola, 2016) y los afloramientos de variscita de Bragança (Meireles et al., 1987), Punta Corveiro (Comendador, 1995) y El Bierzo (Arias y Jiménez-Martínez, 2012). Pese a que la proximidad de las hachas de Bragança y Aroche a las minas de variscita haya servido de indicio para sugerir una posible relación entre ambas (Fábregas et al., 2012, pp. 1113-1114; Domínguez-Bella et al., 2016, p. 219), el test de correlación espacial que incluye todas las hachas de la vertiente atlántica ofrece una

diferencia máxima entre la frecuencia acumulativa esperada y obtenida de 0,3440 (tabla VI), que ni siquiera supera el valor crítico de 0,3524 que se exige para un nivel de confianza de 0,10 siendo n=11 casos.

Puesto que contamos con una base de datos completa sobre la distribución de adornos prehistóricos de variscita y de otras piedras verdes en el centro-occidente peninsular (véase Odrizola et al. 2016c, fig. 1) se ha realizado el test para comprobar si existe alguna relación entre la distribución de las hachas de jadeíta y la de los adornos de variscita y, también, la de todos los adornos verdes, sean del mineral que sean. La diferencia entre lo esperado y lo observado es de 0,2291 en el primer caso y de 0,1303 en el segundo, unos valores que, al igual que sucedía con el test relativo a los afloramientos geológicos de variscita, no superan ese valor crítico de 0,3524 para un nivel de confianza de 0,10 siendo n=11 casos⁴.

Marco de estudio (vertiente atlántica)				Casos arqueológicos			dMAX
Categoría	Km ²	% total área	% acumulado	N casos	% casos	% acumulado	
1	45.695,34	0,1207	0,1207	2	0,1818	0,1818	0,0612
2	66.990,79	0,1769	0,2975	2	0,1818	0,3636	0,0661
3	67.856,01	0,1792	0,4767	3	0,2727	0,6363	0,1600
4	67.890,66	0,1793	0,6560	4	0,3636	1,0000	0,3440
5	44.597,86	0,1178	0,7737	0	0,0000	1,0000	0,2263
6	31.699,98	0,0837	0,8574	0	0,0000	1,0000	0,1426
7	31.190,55	0,0824	0,9398	0	0,0000	1,0000	0,0602
8	19.569,63	0,0517	0,9915	0	0,0000	1,0000	0,0085
9	3.235,47	0,0085	1,0000	0	0,0000	1,0000	0,0000
TOTAL	378.726,28	1,0000			1,0000		

Tabla 6: Resultado del test Kolmogorov-Smirnov aplicado a la distribución de hachas de jadeíta en función de las minas de variscita en la vertiente atlántica / Result of the Kolmogorov-Smirnov test applied to the distribution of jade axes in relation with the variscite mines on the context of the Atlantic basin.

⁴ Por motivos de espacio las figuras y tablas con el conjunto de datos relativos a estos dos últimos análisis no se han incluido en este artículo, pero pueden consultarse en http://personales.us.es/codrizola/assets/tablas_jade_munibe.pdf

Por tanto, no puede decirse que en el marco de la vertiente atlántica exista una relación estadísticamente significativa entre la distribución de las hachas de jadeíta y la localización de los afloramientos de variscita geológica, la distribución de los adornos de variscita o la distribución de los adornos de minerales verdes en general.

5.- DISCUSIÓN

No podemos afirmar que las hachas verdes normeses pertenecan a una cronología específica en cada caso, pero lo que sí puede decirse es que todas ellas fueron recuperadas en espacios que sin duda alguna fueron ocupados tanto durante el Neolítico (VI a IV milenios a.C.) como el Calcolítico (III milenio a.C.). A este respecto debe decirse que las dinámicas observadas en cuanto al empleo de artefactos sociotécnicos a nivel regional muestran que en el Neolítico Antiguo (c. VI-V milenios a.C.) todos los elementos de adorno conocidos se encuentran elaborados sobre materiales locales, que en el Neolítico Final (c. IV milenio a.C.) aparecen redes de circulación de elementos exóticos que procederían de fuentes alejadas hasta 200 km y que no es ya sino hasta el Calcolítico (III milenio a.C.) cuando en este territorio se identifican elementos –marfil, oro, posiblemente ciertos vasos campaniformes– de origen claramente extrapeninsular (Villalobos, 2016a, cap. 3.4.1). Insistimos en que no existe un contexto arqueológico lo suficientemente definido como para adscribir las hachas verdes a una cronología específica, pero sería ciertamente extraño que en un Neolítico Antiguo en el que priman adornos de hueso, conchas fluviales y piedras comunes y asequibles como la caliza o la pizarra (Villalobos, 2016b), circularan elementos de origen alpino. Por tanto, consideramos los milenios IV o III a.C. como la opción más coherente, vistas las dinámicas regionales, para la circulación de estas hachas verdes.

Con base en la nueva documentación es posible asimismo discutir ciertas cuestiones sobre el funcionamiento de dichos circuitos. En el caso de las hachas de jadeíta de la vertiente mediterránea existe una relación espacial entre su distribución y las minas de variscita de Can Tintorer. Asimismo, los contextos arqueológicos de amortización de las mismas, fechados en la segunda mitad del V milenio a.C. y la primera mitad del IV milenio a.C. (Vaquer et al., 2012), coinciden con el periodo de explotación de las minas de variscita, que fue de c. 4250-3000 a.C. (Odriozola et al., 2016b, figs. 6 y 7). Por tanto, parece bastante probable que las hachas de jadeíta del noreste peninsular hayan circulado a través de las mismas vías de comunicación que posibilitaron que los adornos de variscita de Can Tintorer llegaran al Midí francés (Villalba et al., 2001) y por las que otros materiales como sílex bédouliense, obsidiana sarda, etc. (Borrell et al., 2012) atravesaron los Pirineos o el Golfo de León.

En el caso del centro-occidente peninsular, en cambio, las cosas no están tan claras al respecto de esa pretendida relación que uniría Bretaña con la Península Ibérica en un intercambio directo de hachas repulidas de jadeíta por adornos de variscita. El análisis de distribución de las hachas de jadeíta no permite hablar de una relación segura con las minas de variscita. A excepción del caso único del hacha de Vilapedre (Tumiác perforé), los tipos de hacha de jadeíta documentados aquí, Durrington y Begude, no son los habituales de entre las empleadas en los túmulos bretones, que son fundamentalmente los tipos Tumiác, Saint-Michel o Bernon (Pétrequin et al., 2012b) (véase Fig. 1). Cabe destacar que las hachas de Bragança y Aroche a las que se ha relacionado con las minas de variscita ibérica de Aliste y Pico Centeno, son Begude y Durrington, respectivamente, esto es tipos escasamente representados en la Bretaña francesa. El momento de apogeo de los túmulos bretones se fecha a mediados del V milenio a.C. (Cassen et al., 2012) mientras que el momento álgido de la producción y distribución de variscita en el centro-occidente peninsular es posterior: aunque efectivamente hay adornos de este mineral datados a finales del V milenio a.C. éstos son casos esporádicos; para el IV milenio a.C. la distribución de variscita se amplía pero aun así sigue siendo de alcance eminentemente local, como demuestra la caída de su consumo en los espacios distantes más de 50 km de las minas de Aliste (fig. 7); y no es sino hasta el III milenio a.C. cuando en este área su manufactura se intensifica (Villalobos y Odriozola, 2016) y su uso se generaliza (Odriozola et al., 2016b, fig. 6). Entre los conjuntos de adornos de variscita recuperados en los túmulos bretones aparecen abundantes ejemplares de tipo “colgante en lágrima” (Herbaut y Querré 2004; Cassen et al., 2012), pero si bien colgantes de formas triangulares son conocidos en el noreste de la Península Ibérica (Edo et al., 1990, fig. 1) y en el valle del Ebro (Baldellou et al., 2012) durante el V milenio a.C., en cambio no aparecen en ningún caso en el centro-occidente peninsular. En último lugar, cabe añadir que el origen ibérico de los adornos de variscita recuperados en los túmulos bretones no es un “fait démontré” tal y como reclaman Cassen y otros (2012, p. 973), sino una hipótesis en cuya defensa no existe consenso científico (véase Odriozola et al., 2010, 2016c, Odriozola, 2015).

Aunque existen indicios arqueológicos que relacionan el occidente peninsular con el resto de la Europa Atlántica desde el V milenio a.C. –paralelos tipológicos de determinadas cerámicas y estilísticos de arte esquemático, presencia de posibles imitaciones de hachas bretonas en materiales locales (Cassen et al., 2012, pp. 976-979; Fábregas et al., 2012, pp. 1113-1114, 2017; Domínguez-Bella et al., 2016, p. 219)– que demuestran la existencia innegable de contactos culturales a lo largo de la costa atlántica, no parece que coincidan la distribución, los tipos y la cronología de los artefactos “verdes” de Bretaña (hachas de jade Tumiác, Saint-Michel

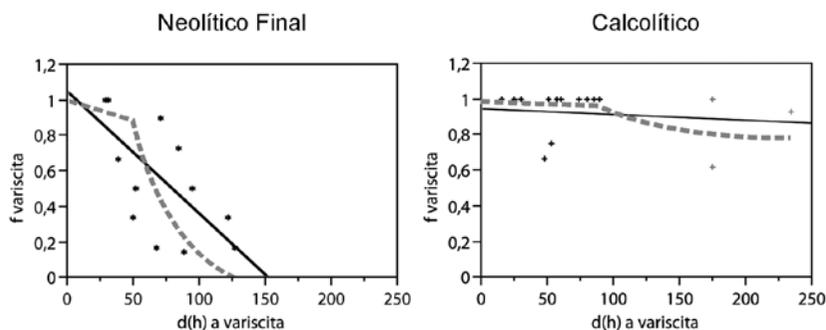


Fig. 7. Gráficos bivariantes que representan la relación entre la proporción de adornos de variscita alis-tana respecto del total de adornos verdes de cada yacimiento con adornos verdes de la Meseta Norte Española (eje y) en relación con la distancia –en horas a pie– desde dicho yacimiento hasta Aliste (eje x), tanto para el Neolítico Final (c. IV milenio a.C.) como para el Calcolítico (c. III milenio a.C.) (original Villalobos 2016a, fig 38) / Bivariate diagram showing the proportion of Aliste's variscite ornaments among the whole quantity of greenstone ornaments of each site (y axis) and the distance –measured as hours of walk– from the site to Aliste (x axis) for the Late Neolithic (c. 4th millennium BCE) and the Copper Age (c. 3rd millennium BCE) (after Villalobos 2016a, fig 38).

y Bernon y adornos de variscita en forma de colgantes en lágrima de mediados del V milenio a.C.) con los del centro-occidente de la Península Ibérica (hachas de jade Durrington y Begude de ¿V-IV milenios a.C.? distribuidas sin relación con las minas de variscita, adornos de variscita de IV-III milenios a.C.). Si nos fijamos en las dinámicas locales de distribución y consumo de ítems sociotécnicos lo más sensato parece, por el momento, adscribir las hachas de jade-jadeíta como muy pronto al IV milenio a.C., cuando en el centro-occidente Peninsular comienzan a circular elementos exóticos como son los adornos de variscita, lignito, pizarra e, incluso, casos puntuales de ámbar o ya al III milenio a.C., al realizar su aparición el marfil (Villalobos 2016a, caps. 2.1.2.2 y 4.1.3).

Por todo esto, nos parece que un intercambio de tipo "directional trade" (sensu Renfrew, 1972, cap. 20, 1975) que uniría directamente y a través de unos 1.000 km a las comunidades del golfo de Morbihan con las del centro-occidente de la Península Ibérica en el V y comienzos del IV milenios a.C. no cuenta con un fundamento empírico lo suficientemente robusto. Debido a que a excepción del hacha de Vilapedre los tipos de hachas recuperados en el centro-occidente de la Península Ibérica son Durrington y Begude, cuya distribución se dio fundamentalmente en la Europa Meridional (Pétrequin et al., 2012b), cabe aventurar una posible vía mediterránea como la identificada para otros elementos del IV y III milenio a.C. como el ámbar siciliano (Murillo y Martín, 2012) o el marfil africano y asiático (Schuhmacher, 2012). En todo caso, la escasa cuantía de hachas de jade-jadeíta en el centro-occidente de la Península Ibérica no puede leerse sino como el extremo final de un modelo de distribución "down-the-line/prestige chain" (sensu Renfrew, 1972, cap. 20, 1975) por el que a estos grupos les habrían llegado unos pocos ejemplares como resultado lejano del espectacular proceso desarrollado en los alrededores de los Alpes y otras regiones europeas.

6.- CONCLUSIONES

La espectroscopia Raman y UV-VIS-NIR ha demostrado que las 5 hachas en estudio en este trabajo han sido elaboradas en jade-jadeíta alpino procedentes del

Oeste de Mont Beiguda, concretamente del grupo Voltri, a excepción del hacha Viñas de Abajo que parece proceder de un depósito de morrena del SW de Viso. Según la base de datos del proyecto JADE la mayor parte de las hachas de jadeíta identificadas en el noreste de la Península Ibérica en relación con los sepulcros en fosa procederían de la zona SW de Viso. Vistas las diferencias entre tipos y cantera de origen, es de suponer que las hachas del noreste y las del centro-occidente de la Península ibérica tuvieron una distinta vía de entrada.

Con respecto al objeto que motiva este trabajo, la comprobación de la hipótesis que defiende el intercambio de hachas de jade-jadeíta alpina desde la Bretaña francesa a la Península Ibérica a cambio de variscita, apuntamos varios motivos por los cuales consideramos necesario rechazarla.

1. La distribución y los tipos de las hachas bretonas de jade-jadeíta (Tumiac, Saint-Michel y Bernon) y, a excepción del hacha de Vilapedre, los del centro-occidente de la Península Ibérica (tipos Durrington y Begude) no son coincidentes.
2. La cronología propuesta para los megalitos y las hachas bretonas –el V y comienzos del IV milenios a.C.– es más antigua que la que se identifica para la explotación y distribución de variscita en el centro-occidente peninsular –la segunda mitad del IV y, fundamentalmente, el III milenio a.C.
3. El origen geológico en la Península Ibérica de las cuentas de variscita bretonas no es un hecho, tal y como en ocasiones se ha querido considerar, pues existe un debate abierto en el que a día de hoy no existe consenso.
4. La prueba estadística de correlación entre minas o productos de variscita y los lugares de amortización de hachas de jade-jadeíta alpino en el centro-occidente peninsular no resulta concluyente. Al contrario de como sucede en el noreste peninsular (Can Tintorer y la comarca del Vallés), en donde el resultado es positivo, no se puede defender relación alguna entre las fuentes de variscita y la distribución de hachas alpinas en el espacio centro-occidental.

La llegada de hachas de jade-jadeíta alpina al centro-occidente de la Península Ibérica no parece haber

tenido relación ni con el foco de Bretaña ni, tampoco, con el foco de Can Tintorer. Dado su escaso número y su amplia zona de distribución probablemente se corresponda con las ramificaciones finales de una red de intercambio según el modelo "down-the-line/prestige chain" que podría tener una vía de penetración, ya atlántica, ya mediterránea o terrestre, que en todo caso sería diferente de las propuestas hasta el momento.

7.- AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al MINECO la financiación de este trabajo a través del proyecto de investigación HAR2012-34620 y al personal de los Museos de Ávila, León, Palencia y Valladolid su colaboración y buena disposición.

8.- BIBLIOGRAFIA

Agapito, J., 1926. Lo prehistórico, protohistórico y romano en la provincia de Valladolid. II. Las piedras pulimentadas y los depósitos de huesos. *Boletín de la Comisión de Monumentos Históricos y Artísticos de la provincia de Valladolid* 2, 129–134.

Arias, F., Jiménez-Martínez, R., 2012. La perla del Bierzo: variscitas del Parque Cultural de Las Médulas. *Estudios Bercianos* 37, 191–198.

Baldellou, V., Utrilla, P., García, J., 2012. Variscita de Can Tintorer en el Neolítico Antiguo del Valle Medio del Ebro. In: Borrell, M., Borrell, F., Bosch, J., Clop, X., Molist, M. (Eds.), *Actes Xarxes al Neolític*, 307–314. Museu de Gavà, Gavà (Barcelona).

Benet, N., Pérez, R., Santonja, M., 1997. Evidencias campaniformes en el Valle medio del Tormes. In: Balbín, R., Bueno, P. (Eds.), *II Congreso de Arqueología Peninsular*. Tomo II, 449–470. Fundación Rei Afonso Henriques, Zamora.

Bernaldo-de-Quirós, F., Neira, A., 1999. Prehistoria. In: *La Historia de León*. Prehistoria y Edad Antigua, 15–113. Universidad de León, León.

Binford, L.R., 1962. *Archaeology as Anthropology*. *American Antiquity* 28, 217–225.

Borrell, M., Borrell, F., Bosch, J., Clop, X., Molist, M. (Eds.), 2012. *Actes Xarxes al Neolític*. Museu de Gavà, Gavà (Barcelona).

Cassen, S., Boujot, C., Domínguez-Bella, S., Guiavarc'h, M., Le Pennec, C., Prieto, M. P., Querré, G., Santrot, M., Vigier, E., 2012. Dépôts bretons, tumulus carnacéens et circulations à longue distance. In: Pétrequin, P., Cassen, S., Errera, M., Klasen, L., Sheridan, A., Pétrequin, A.-M. (Eds.), *JADE. Grandes haches alpines du Néolithique européen*. Ve et IVe millénaires av. J.-C., 918–995. Presses Universitaires de Franche-Comté, Besançon.

Comendador, B., 1995. Sobre la presencia de aluminofosfatos y otros minerales en la provincia de Pontevedra. In: *Actas del XXII Congreso Nacional de Arqueología*, 63–68. Xunta de Galicia, Vigo.

Compagnoni R., Rolfo, F., Castelli, D., 2012. Jadeite from the Monviso meta-ophiolite, western Alps: occurrence and genesis. *European Journal of Mineralogy* 24, 333–343.

Compagnoni, R., Rolfo, F., Manavella, F., Salusso, F., 2007. Jadeite in the Monviso meta-ophiolite, Piemonte Zone, Italian western Alps. *Periodico di Mineralogia* 76, 79–89.

Cooney, G., 2002. So Many Shades of Rock: Colour Symbolism and Irish Stones Axeheads. In: A. Jones, G. MacGregor (Eds.), *Colouring the Past. The Significance of Colour in Archaeological Research*, 93–108. Berg, Oxford.

D'Amico, C., 2005. Neolithic "greenstone" axe blades from northwestern Italy across Europe: a first petrographic comparison. *Archaeometry* 47, 235–252.

D'Amico, C., Campana, R., Felice, G., Ghedini, M., 1995. Eclogites and jades as prehistoric implements in Europe. A case of petrology applied to cultural heritage. *European Journal of Mineralogy* 7, 29–42.

D'Amico, C., Starnini, E., Gasparotto, G., Ghedini, M., 2004. Eclogites, jades and other HP-metaophiolites employed for prehistoric polished stone implements in Italy and Europe. *Periodico di Mineralogia* 73, 17–42.

Damour, A., 1881. Nouvelles analyses sur la jadeite et sur quelques roches sodifères. *Bulletin de la Société Française de Minéralogie* 4, 157–164.

Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J., 1992. *An introduction to the rock forming minerals*. Pearson, Harlow.

Delibes, G., 2011. El Pan y la Sal: La vida campesina en el Valle Medio del Duero hace cinco mil años. *Real Academia de Bellas Artes de la Purísima Concepción*, Valladolid.

Delibes, G., Fernández-Manzano, J., 2000. La trayectoria cultural de la Prehistoria Reciente (6400-2500 BP) en la Submeseta Norte: principales hitos de un proceso. In: Jorge, V.O. (Ed.), *Actas do 3o Congresso de Arqueologia Peninsular. Pré-Historia Recente da Península Ibérica*, 95–112. Adecap, Porto.

Delibes, G., Fernández-Manzano, J., Herrán, J.I., 2006. La metalurgia del inicio de la Edad del Cobre en la Submeseta Norte Española: Los desafíos del aprovisionamiento. *Sautuola* 12, 127–134.

Delibes, G., Herrán, J.I., Santiago, J., Val, J., 1995. Evidence for Social Complexity in the Copper Age of the Northern Meseta. In: Lillios, K.T. (Ed.), *The Origins of Complex Societies in Late Prehistoric Iberia*, 44–63. *International Monographs in Prehistory*, Ann Arbor.

Delibes, G., Rojo, M.Á., 1992. Ecos mediterráneos en los ajuarres dolménicos burgaleses. In: *Actas del Congreso Aragón/Litoral Mediterráneo. Intercambios culturales durante la Prehistoria*. Homenaje a Juan Maluquer de Motes, 383–388. Institución Fernando el Católico, Zaragoza.

Delibes, G., Zapatero, P., 1996. De lugar de habitación a sepulcro monumental: Una reflexión sobre la trayectoria del yacimiento Neolítico de La Velilla, en Osorno (Palencia). In: *I Congrès del Neolític a la Península Ibérica*, 337–348. Museu de Gavà, Gavà (Barcelona).

Domínguez-Bella, S., Cassen, S., Pétrequin, P., Přichystal, A., Martínez, J., Ramos, J., Medina, N., 2016. Aroche (Huelva, Andalucía): a new Neolithic axehead of Alpine jade in the southwest of the Iberian Peninsula. *Archaeological and Anthropological Sciences* 8 (1), 205–222.

Edo, M., Blasco, A., Villalba, M.J., 1990. Approche de la carte de distribution de la variscite des mines de Can Tintorer, Gavà (Catalogne). In: Séronie-Vivien, M.-R., Lenoir, M. (Eds.), *Le silex. De sa genèse à l'outil*, 287–298. CNRS Éditions, Paris.

Edwards, H.G.M., Chalmers, J.M. (Eds.), 2005. *Raman Spectroscopy in Archaeology and Art History*. Royal Society of Chemistry, Cambridge.

Errera, M., 2004. Découverte du premier gisement de jade-jadeite dans les Alpes (2004). Implications concernant plusieurs lames de hache néolithiques trouvées en Belgique et dans les régions limitrophes. *Notae Prehistoricae* 24, 191–202.

- Errera, M., Pétrequin, P., Pétrequin, A.-M., 2004. De l'image à l'objet: détermination de la provenance d'artefacts archéologiques par spectroradiométrie en reflectance diffuse. *Revue Française de Photogramétrie et de Télédétection* 193, 27–38.
- Errera, M., Pétrequin, P., Pétrequin, A.-M., 2012. Spectroradiométrie, référentiel naturel et étude de la diffusion des haches alpines. In: Pétrequin, P., Cassen, S., Errera, M., Klassen, L., Sheridan, A., Pétrequin, A.-M. (Eds.), *JADE. Grandes haches alpines du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av. J.-C.*, 440-533. Presses Universitaires de Franche-Comté, Besançon.
- Errera, M., Pétrequin, P., Pétrequin, A.-M., Cassen, S., Croutsch, C., 2007. Contribution de la spectroradiométrie à la compréhension des transferts longue-distance des lames de hache au Néolithique. *Bulletin de la Société Tournaisienne de Géologie, Préhistoire et Archéologie* 10 (4), 101–142.
- Esparza, Á., Delibes, G., Velasco, J., Cruz, P.J., 2008. Historia de un golpe en la cabeza: Sobre el enterramiento calcolítico del hoyo 197 de "El Soto de Tavilla" (Tudela de Duero, Valladolid). *BSAA Arqueología* 74, 9–48.
- Estremera, M.S., 2003. Primeros agricultores y ganaderos en la Meseta Norte: el Neolítico de la Cueva de la Vaquera (Torreiglesias, Segovia). *Junta de Castilla y León, Valladolid*.
- Estremera, M.S., Fabián, J.F., 2002. El túmulo de la Dehesa de Río Fortes (Mironcillo, Avila): Primera manifestación del Horizonte Rechaba en la Meseta Norte. *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología* 68, 9–41.
- Fábregas, R., Lombera, A., Rodríguez-Rellán, C., 2012. Spain and Portugal: long chisels and perforated axes. Their context and distribution. In: Pétrequin, P., Cassen, S., Errera, M., Klassen, L., Sheridan, A., Pétrequin, A.-M. (Eds.), *JADE. Grandes haches alpines du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av. J.-C.*, 1108-1135. Presses Universitaires de Franche-Comté, Besançon.
- Fábregas, R., Rodríguez-Rellán, C., Lombera, A., 2017. Des Alpes à la péninsule Ibérique: une longue route sinueuse. In: Pétrequin, P., Cassen, S., Errera, M., Klassen, L., Sheridan, A., Pétrequin, A.-M. (Eds.), *JADE. Objects-signes et interprétations sociales des jades alpins dans l'Europe néolithique*, 419–429. Presses Universitaires de Franche-Comté, Besançon.
- Fernández-Giménez, J.M., Pérez-Rodríguez, F.J., Puertas, F., 1990. Asentamientos del III milenio en el Bajo Ucieza. In: *Actas del II Congreso de Historia de Palencia*, 71-93. Diputación de Palencia, Palencia.
- Garrido, R., 2000. *El Campaniforme en La Meseta Central de la Península Ibérica (c. 2500-2000 AC.)*. Archaeopress, Oxford.
- Guerra, E., Delibes, G., Zapatero, P., Villalobos, R., 2009. *Primus Inter Pares: estrategias de diferenciación social en los sepulcros megalíticos de la Submeseta Norte Española*. *BSAA Arqueología* 75, 41–65.
- Hardin, C.L., Maffoi, L. (Eds.), 1997. *Colour Categories in Thought and Language*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Herbaut, F., Querré, G., 2004. La parure néolithique en variscite dans le sud de l'Armorique. *Bulletin de la Société Préhistorique Française* 101, 497–520.
- Huang, E., Chen, C.H., Huang, T., Lin, E.H., Xu, J., 2000. Raman spectroscopic characteristics of Mg-Fe-Ca pyroxenes. *American Mineralogist* 85, 473–479.
- Jones, A., MacGregor, G. (Eds.), 2002. *Colouring the Past. The Significance of Colour in Archaeological Research*. Berg, Oxford.
- Karwowski, L., Helios, K., Kryza, R., Muszyński, A., Drożdżewski, P., 2013. Raman spectra of selected mineral phases of the Morasko iron meteorite. *Journal of Raman Spectroscopy* 44, 1181–1186.
- Leighton, R., 1989. Ground Stone Tools from Serra Orlando (Morgantina) and Stone Axe Studies in Sicily and Southern Italy. *Proceedings of the Prehistoric Society* 55, 135–159.
- López-Plaza, S., 1984. Coto Alto, La Tala (Salamanca): nuevo yacimiento con cerámica Campaniforme y de Boquique en la Meseta Norte Española. *Arqueología GEAP* 9, 59–67.
- López-Plaza, S., 1987. El comienzo de la metalurgia en el S.O. de la cuenca del Duero. In: Fernández-Miranda, M. (Ed.), *El Origen de la Metalurgia en la Península Ibérica*, 52-65. Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- López-Plaza, S., 1994. El Alto del Quemado, poblado calcolítico fortificado en el SO de la Meseta Norte Española. *Trabalhos de Arqueologia da Estudo Arqueológico da Bacia do Mondego* 2, 201–214.
- Maluquer, J., 1958. Excavaciones arqueológicas en el Cerro del Berrueco (Salamanca). *Ediciones de la Universidad de Salamanca, Salamanca*.
- Meireles, C., Ferreira, N., Reis, M.L., 1987. Variscite Occurrence in Silurian Formations from Northern Portugal. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal* 73, 21–27.
- Morán, C., 1931. *Excavaciones en los dólmenes de Salamanca*. Junta Superior de Excavaciones y Antigüedades, Madrid.
- Murillo, M., Martínón, M., 2012. Amber Sources and Trade in the Prehistory of the Iberian Peninsula. *European Journal of Archaeology* 15, 187–216.
- Murrieta, P.A., Wheatley, D.W., García-Sanjuán, L., 2011. Movilidad y vías de paso en los paisajes prehistóricos: megalitos y vías pecuarias en Almadén de la Plata. In: Mayoral, V., Celestino, S. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica y Análisis Arqueológico del Territorio*, 411-423. Instituto de Arqueología, Mérida.
- Museo de Ávila, 1987. *Exposición. Pioneros de la Arqueología Abulense*. Junta de Castilla y León, Valladolid.
- Odriozola, C.P., 2015. A new approach to determine the geological provenance of variscite artifacts using the P/Al atomic ratios. *Archaeological and Anthropological Sciences* 7, 329–350.
- Odriozola, C. P., Benítez, L., Villalobos, R., Martínez, J.M., Avilés, M.A., Palomares, N., Benito, M., Salazar, D.C., 2016c. Personal body ornamentation on the Southern Iberian Meseta: An archaeomineralogical study. *Journal of Archaeological Science Reports* 5, 156–167.
- Odriozola, C.P., Linares, J.A., Hurtado, V., 2010. Variscite source and source analysis: testing assumptions at Pico Centeno (Encinasola, Spain). *Journal of Archaeological Science* 37, 3146–3157.
- Odriozola, C.P., Martínez, J.M., Vargas, J.M., García, L., 2016a. El hacha pulimentada de jade de la Colección Tubino (Museo Municipal, Valencina de la Concepción, Sevilla). *Spal* 25, 211–227.
- Odriozola, C.P., Villalobos, R., 2015. La explotación de variscita en el Sinforme de Terena: el complejo minero de Pico Centeno (Encinasola, Huelva). *Trabajos de Prehistoria* 72, 342–352.
- Odriozola, C. P., Villalobos, R., Boaventura, R., Sousa, A.C., Batata, C., Martínez, J.M., 2015. El hacha de jadeíta de Portela do Outeiro (Sertã, Branco, Portugal). *Saguntum* 47, 256–260.
- Odriozola, C. P., Villalobos, R., Burbidge, C.I., Boaventura, R., Sousa, A.C., Rodríguez, O., Parrilla, R., Prudêncio, M.I., Dias, M. I., 2016b. Iberian Variscite mining and consumption: distribution and chronological framework from Pico Centeno (Encinasola, Spain). *Quaternary Research* 85, 159–176.
- Pétrequin, P., Cassen, S., Croutsch, C., Weller, O., 1997. Haches alpines et haches carnacéennes dans l'Europe du Ve millénaire. *Notae praehistoricae* 17, 135–150.

- Pétrequin, P., Cassen, S., Errera, M., Klassen, L., Sheridan, A., Pétrequin, A.M. (Eds.), 2012a. JADE. Grandes haches alpines du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av. J.-C. Presses Universitaires de Franche-Comté, Besançon.
- Pétrequin, P., Cassen, S., Gauthier, E., Klassen, L., Pailler, Y., Sheridan, A., 2012b. Typologie, chronologie et répartition des grandes haches alpines en Europe occidentale. In: Pétrequin, P., Cassen, S., Errera, M., Klassen, L., Sheridan, A., Pétrequin, A.-M. (Eds.), JADE. Grandes haches alpines du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av. J.-C., 574-727. Presses Universitaires de Franche-Comté, Besançon.
- Pétrequin, P., Cassen, S., Klassen, L., Fábregas Valcarce, R., 2012c. La circulation des haches carnacéennes en Europe occidentale. In: Pétrequin, P., Cassen, S., Errera, M., Klassen, L., Sheridan, A., Pétrequin, A.-M. (Eds.), JADE. Grandes haches alpines du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av. J.-C., 1015-1045. Presses Universitaires de Franche-Comté, Besançon.
- Pétrequin, P., Errera, M., Cassen, S., Billand, G., Colas, C., Maréchal, D., Prodéo, F., 2005. Des Alpes italiennes à l'Atlantique au Ve millénaire. Les quatre grandes haches polies de Vendeuil et Maizy (Aisne), Brenouille (Oise). *Revue archéologique de Picardie* 22 (1), 75-104.
- Pétrequin, P., Errera, M., Martin, A., Fábregas Valcarce, R., Vaquer, J., 2012d. Les haches en jades alpins pendant les Ve et IVe millénaires. L'exemple de l'Espagne et du Portugal dans une perspective européenne. In: Borrell, M., Borrell, F., Bosch, J., Clop, X., Molist, M. (Eds.), *Actes Xarxes al Neolític*, 213-222. Museu de Gavà, Gavà (Barcelona).
- Pétrequin, P., Jeunesse, C., 1995. La hache de pierre. Carrières vosgiennes et échanges de lames polies pendant le Néolithique (5400-2100 av. J.-C.). Editions Errance, Paris.
- Pétrequin, P., Sheridan, A., Cassen, S., Errera, M., Gauthier, E., Klassen, L., Le Maux, N., Pailler, Y., Pétrequin, A.-M., Rossy, M., 2011. Eclogite or jadeite: The two colours involved in the transfer of alpine axeheads in Western Europe. In: Davis, V., Edmonds, M. (Eds.), *Stone Axe Studies III*, 55-82. Oxbow books, Oxford.
- Prencipe, M., 2012. Simulation of vibrational spectra of crystals by ab initio calculations: an invaluable aid in the assignment and interpretation of the Raman signals. The case of jadeite (NaAlSi₂O₆). *Journal of Raman Spectroscopy* 43, 1567-1569.
- Querré, G., Calligaro, T., Domínguez-Bella, S., Cassen, S., 2014. PIXE analyses over a long period: The case of Neolithic variscite jewels from Western Europe (5th-3th millennium BC). *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* 318, Part A, 149-156.
- Querré, G., Domínguez-Bella, S., Cassen, S., 2012. La variscite ibérique. Exploitation, diffusion au cours du Néolithique. In: Marchand, G., Querré, G. (Eds.), *Roches et Sociétés de la Préhistoire. Entre massifs cristallins et bassins sédimentaires*, 307-315. Presses Universitaires de Rennes, Rennes.
- Renfrew, C., 1972. *The Emergence of Civilisation. The Cyclades and the Aegean in the Third Millennium B.C.* Methuen, London.
- Renfrew, C., 1975. Trade as Action at a Distance: Questions of Integration and Communication. In: Sabloff, J.A., Lamberg-Karlovsky, C.C. (Eds.), *Ancient Civilization and Trade*, 3-59. University of New Mexico Press, Albuquerque.
- Ricq-de-Bouard, M., 1993. Trade in Neolithic Jadeite Axes from the Alps: New Data. In: *Trade and Exchange in Prehistoric Europe*, 61-68. Oxbow Books, Exeter.
- Ricq-de-Bouard, M., Compagnoni, R., Desmons, J., Fedele, F., 1990. Les roches alpines dans l'outillage poli néolithique de la France méditerranéenne. *Gallia préhistoire* 32, 125-149.
- Ricq-de-Bouard, M., Fedele, F., 1993. Neolithic rock resources across the western alps: Circulation data and models. *Geoar-chaeology* 8, 1-22.
- Risch, R., Martínez-Fernández, F., 2008. Dimensiones naturales y sociales de la producción de hachas de piedra en el Noreste de la Península Ibérica. *Trabajos de Prehistoria* 65, 47-71.
- Rodríguez-Marcos, J.A., 2008. Estudio secuencial de la Edad del Bronce en la Ribera del Duero (provincia de Valladolid). Junta de Castilla y León, Valladolid.
- Rojo, M.Á., 1985. Edad del Bronce y Primer Hierro en la Tierra de Campos palentina: 1.- Antigua Cuenca de la Nava. Memoria de Licenciatura inédita, Universidad de Valladolid.
- Rojo, M.Á., 1987. Asentamientos prehistóricos en la Cuenca de la Nava: estudio de sus relaciones. In: *Actas del I Congreso de Historia de Palencia*, 409-422. Diputación de Palencia, Palencia.
- Rosa, R., 2016. Hachas prehistóricas del valle medio del Duero: La colección del Museo Arqueológico de Valladolid. Trabajo Fin de Grado inédito, Universidad de Valladolid. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/22353> (consultado 13/3/2017).
- Schuhmacher, T.X., 2012. El marfil en España desde el Calcolítico al Bronce Antiguo. In: Banerjee, A., López-Padilla, J.A., Schuhmacher, T.X. (Eds.), *Elfenbeinstudien faszikel 1. Marfiles y elefantes en la península Ibérica y el Mediterráneo Occidental*, 45-68. Verlag Philipp von Zabern, Mainz.
- Smith, D.C., 2005. Case Study: Mesoamerican Jade. In: Edwards, H.G.M., Chalmers, J.M. (Eds.), *Raman spectroscopy in archaeology and art history*, 412-426. Royal Society of Chemistry.
- Smith, G.D., Clark, R.J.H., 2004. Raman microscopy in archaeological science. *Journal of Archaeological Science* 31, 1137-1160.
- Smith, D.C., Gendron, F., 1997. Archaeometric application of the Raman microprobe to the non-destructive identification of two pre-Columbian ceremonial polished "greenstone" axeheads from Mesoamerica. *Journal of Raman Spectroscopy* 28, 731-738.
- Thirault, E., 2005. The politics of supply: the Neolithic axe industry in Alpine Europe. *Antiquity* 79, 34-50.
- Tsujimori, T., Harlow, G.E., 2012. Petrogenetic relationships between jadeite and associated high-pressure and low-temperature metamorphic rocks in worldwide jadeite localities: a review. *European Journal of Mineralogy* 24, 371-390.
- Vaquer, J., Martín, A., Pétrequin, P., Pétrequin, A.-M., Errera, M., 2012. Les haches alpines dans les sépultures du Néolithique moyen pyrénéen: importations et influences. In: Pétrequin, P., Cassen, S., Errera, M., Klassen, L., Sheridan, A., Pétrequin, A.-M. (Eds.), JADE. Grandes haches alpines du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av. J.-C., 872-917. Presses Universitaires de Franche-Comté, Besançon.
- Villalba, M.J., Bañolas, L., Arenas, J., Alonso, M. 1986. Les mines néolithiques de Can Tintorer, Gavà. *Excavacions 1978-1980*. Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya, Barcelona.
- Villalba, M.J., Edo, M., Blasco, A., 2001. La callaïs en Europe du Sud-Ouest. État de la question. In: Le Roux C.-T. (Ed.), *Du monde des chasseurs à celui des métallurgistes*, 267-276. Université Rennes I, Rennes.
- Villalobos, R., 2015. El simbolismo de las hachas pulimentadas neolíticas a través de los documentos arqueológicos de la Submeseta Norte Española. Entre el colectivismo y la individualización. In: Gonçalves, V.S., Diniz, M., Sousa, A.C. (Eds.), *5º Congresso do Neolítico Peninsular*, 578-584. Universidade de Lisboa, Lisboa.

Villalobos, R., 2016a. Análisis de las transformaciones sociales en la Prehistoria Reciente de la Meseta Norte Española (milenios VI-III cal a.C.). Universidad de Valladolid, Valladolid.

Villalobos, R., 2016b. Evolución de los sistemas de artefactos sociotécnicos empleados en la Meseta Norte Española durante el Neolítico y Calcolítico. *BSAA Arqueología* 82, 35-62.

Villalobos, R., Odriozola, C.P., 2016. Organizing the Production of Variscite Personal Ornaments in Later Prehistoric Iberia: The Mines of Aliste and the Production Sites of Quiruelas de Vidriales (Zamora, Spain). *European Journal of Archaeology* 19, 631-651.

Wang, A., Jolliff, B.L., Haskin, L.A., Kuebler, K.E., Viskupic, K.M., 2001. Characterization and comparison of structural and compositional features of planetary quadrilateral pyroxenes by Raman spectroscopy. *American Mineralogist* 86, 790-806.