
La anisotropía y el clivaje del cuarzo automorfo y sus posibles efectos sobre la talla: Una revisión bibliográfica

Carlos Rodríguez-Rellán

GEPN. Departamento de Historia I. Facultade de Xeografía e Historia. Universidade de Santiago de Compostela. Praza da Universidade, 1.15782, Santiago de Compostela, España. Email: carlos.rellan@fulbrightmail.org

Resumen:

En los últimos treinta años, los arqueólogos han comenzado a superar su tradicional desinterés por las industrias líticas realizadas en cuarzo, con un número creciente de trabajos centrados en esta materia prima. Sin embargo, la mayor parte de estas aproximaciones se han centrado fundamental o exclusivamente en el cuarzo xenomorfo o “cuarzo de filón”. En cambio, la variedad automorfa de esta materia prima – tradicionalmente conocida como “cristal de roca” o “cuarzo hialino” – ha recibido una atención comparativamente menor. En este artículo se describe sucintamente el estado de la investigación sobre dos de las características básicas del cuarzo automorfo: la anisotropía y el clivaje, con el objetivo de ofrecer, a aquellos investigadores que traten frecuentemente con este material, una base a partir de la cual poder aumentar su comprensión sobre el comportamiento mecánico del cristal de roca.

El cuarzo automorfo presenta características o comportamientos específicos durante la talla, derivados no sólo de la peculiar morfología y tamaño de sus soportes – monocristales de hábito prismático, generalmente de dimensiones reducidas – sino también de su naturaleza anisótropa (característica por la cual ciertas propiedades físicas de un material tienden a variar en función de la dirección en la que se midan) y quizás por la existencia de planos de clivaje (debilidades en la estructura del material por las que éste tiende a partirse o separarse con mayor facilidad). En este sentido, las investigaciones llevadas a cabo tanto por arqueólogos como – sobre todo – por geólogos, mineralogos y cristalógrafos coinciden en señalar un desigual comportamiento mecánico de los cristales de cuarzo en función de la dirección en la que se propaguen las fuerzas a las que éstos son sometidos. Así, las fuerzas mecánicas (incluidas las generadas por percusión o presión durante la talla lítica) tienden a progresar más fácilmente en aquellas direcciones oblicuas al eje longitudinal del prisma, mientras que su avance es comparativamente más dificultoso cuando se produce en paralelo a dicho eje mayor. En cuanto a los planos de clivaje, su presencia en el cuarzo ha sido objeto de debate durante más de un siglo, sin que los especialistas hayan podido lograr un consenso. La mayoría de los investigadores coinciden, sin embargo, en aceptar la existencia de algún tipo de control cristalográfico de las fracturas en esta materia prima, refiriéndose frecuentemente a un clivaje “imperfecto” o de “baja energía”.

El impacto que dichas características físicas tendrían sobre la talla del cuarzo automorfo están aún lejos de ser conocidas en detalle. Durante la última década del siglo pasado, se instaló entre los especialistas una cierta visión de la anisotropía como un elemento limitador de la talla del cristal de roca, quizás un factor detrás de su uso aparentemente residual a lo largo de la Prehistoria. Sin embargo, un vistazo al registro arqueológico contradice esa visión de escasez, con conjuntos en cuarzo



automorfo repartidos por yacimientos de todo el mundo y con este material llegando a alcanzar un importante peso porcentual en contextos del Paleolítico Superior o Epipaleolítico. Además, en no pocas ocasiones, su explotación ha implicado el uso de técnicas relativamente complejas, como la percusión indirecta y la presión. Así pues, parece evidente que ni la anisotropía ni la posible presencia de planos de clivaje habría sido un obstáculo insalvable para la explotación del cuarzo automorfo. Sin embargo, también resulta cierto que una presencia mayoritaria, entre los conjuntos arqueológicos con presencia de cristal de roca, de estrategias de talla en las que se explotaron preferentemente aquellos planos en los que los estudios consultados indican que se produciría una menor resistencia del material a la progresión de las fracturas, sugiere que los talladores prehistóricos probablemente estaban al tanto de estas características de la materia prima y que las usaron en su beneficio.

Palabras Clave: cuarzo automorfo; cristal de roca; anisotropía; clivaje; Península Ibérica; Prehistoria Reciente

1. Introducción

Debido a su ubicuidad, el cuarzo ha sido usado como materia prima para la fabricación de herramientas en numerosos puntos del planeta, desde la prehistoria hasta prácticamente nuestros días. A pesar de esta circunstancia, y dejando de lado algunas contribuciones que – de modo pionero – centraron su interés en esta materia prima (Barber 1981; Broadbent 1973; Flenniken 1981), el cuarzo ha sido comparativamente ignorado por los arqueólogos hasta hace relativamente pocos años, cuando un número creciente de trabajos (Ballin 2008; Driscoll 2011; Jaubert 1997; Mourre 1996; Tallavaara *et al.* 2010) ha empezado a reducir el aún enorme desequilibrio que, con respecto a otras materias primas, existe sobre el conocimiento de sus características mecánicas. Aun así, estos trabajos se han centrado fundamentalmente en lo que se ha venido en llamar “cuarzo de filón” (“*vein quartz*”) o cuarzo xenomorfo (Driscoll 2011; Mourre 1996), mientras que solo unos cuantos autores han focalizado su interés en el cuarzo automorfo (Fabián 1985; García Gazólaz & Velaz Cíaurriz 1997; Nicholas 1981; Novikov & Radililovsky 1990; Prous *et al.* 2010; Ramil Rego & Ramil Soneira 1997; Reher & Frison 1991; Villar Quinteiro 1999).

En un principio, el cuarzo automorfo – tradicionalmente conocido como “cristal de roca” o “cuarzo hialino” – fue considerado, dada su fractura concooidal y su naturaleza generalmente homogénea, como un material de buena calidad para la talla, comparable incluso a la calcedonia o al jaspe (Callahan 1979: 16). Como consecuencia, se consideró que su explotación estaría constreñida sólo por el pequeño tamaño de los cristales prismáticos, que – por otro lado – presentarían ciertas ventajas a la hora de la talla, como la de poseer una forma similar a la de un núcleo prismático listo para ser explotado (Chelidonio 1990). No obstante, algunos especialistas en industria lítica pronto empezaron a detectar importantes diferencias en la talla de esta materia prima al compararla con la de las rocas criptocristalinas (Reher & Frison 1991). Dichas especificidades habrían venido dadas, fundamentalmente, por su naturaleza anisótropa (Novikov & Radililovsky 1990), la cual habría provocado una considerable variabilidad en cuanto a su fractura, cuyas características cambiarían en función de la dirección en la que ésta se produjese.

Esta característica fue vista como un obstáculo importante para la talla del cuarzo automorfo así como una posible causa detrás de su uso aparentemente anecdótico durante la prehistoria (Collina-Girard 1997; Domanski *et al.* 1994; Mourre 1996). Sin embargo, el registro arqueológico evidencia – por el contrario – que las industrias realizadas sobre cristal de roca tienen una presencia global (Delagnes *et al.* 2006; Desrosiers & Gendron 2004; Sachanbiński *et al.* 2008), jugando incluso un papel importante en muchos contextos del Paleolítico Superior o Mesolítico (Aubry 1998; Bang-Andersen 1998; Pignat 1997) y, desde

luego, estando muy presentes en los conjuntos de la Prehistoria Reciente del Occidente Peninsular (Figura 1). Además, son varios los contextos en los que el cuarzo automorfo fue objeto de explotaciones complejas, que habrían implicado el uso de la percusión indirecta o la presión, (Desrosiers & Gendron 2004; Honegger 2001: 85-101 et sqq.; Reher & Frison 1991). Tales circunstancias sugieren que la anisotropía o el clivaje no fueron una barrera para la talla del cristal de roca y los talladores prehistóricos fueron capaces de atenuar e incluso superar sus efectos.

2. Características del cuarzo automorfo

El cuarzo automorfo es un mineral euhédrico con la forma de un cristal hexagonal terminado por seis caras romboédricas (tres mayores y tres pequeñas) (Sunagawa 2005: 199). Sus caras planas están bien desarrolladas en torno a un eje de simetría y delimitadas por bordes rectilíneos. Existe una notación convencional para identificar las caras y ejes de los cristales de cuarzo (Figura 2) que también puede ser usada de modo general para describir los prismas de mayor tamaño: las facetas «r» – el romboedro positivo – son las caras terminares más grandes de la pirámide, mientras que las «z» – el romboedro negativo – son las más pequeñas. Las facetas «m» representan cada una de las seis facetas verticales que corren paralelas al eje longitudinal del prisma. De modo adicional, la forma del sistema hexagonal refiere cuatro ejes cristalográficos básicos: los «a1, a2 y a3» en el plano horizontal y el «eje c», que corre en vertical a lo largo del prisma (Dibble 2003: 9-20 et sqq.).

El termino usado con mayor frecuencia por los arqueólogos para referirse a este material es el de “cristal de roca” (Delagnes *et al.* 2006; Desrosiers & Gendron 2004; Honegger 2001: 85-101 et sqq.); pero éste nombre sirve para definir tan sólo a aquellas variedades más puras de cuarzo automorfo, de un aspecto cristalino e incoloro. Sin embargo, existen otras muchas variedades como la amatista, citrino, ahumado o lechoso, algunas de las cuales no son translúcidas y presentan una fractura concoidal mucho menos marcada, que incluso puede llegar a ser astillosa o netamente irregular. Por otro lado, otras variedades de “cristal de roca” o “cuarzo hialino” no son estrictamente automorfas, dado que no se presentan en forma de un prisma hexagonal sino como pequeños bloques con sólo una o dos caras de cristalización (este tipo de cuarzo podría ser considerado, hasta cierto punto, como “subhedral”, “hipidiomorfo” o “hipautomorfo”). En consecuencia, sus características físicas y - o mecánicas – y también su talla – serían diferentes de aquellas variedades cuyo soporte es estrictamente prismático, al estar sujetas a un menor impacto de la anisotropía y también menos determinadas por el tamaño y la forma de los prismas pero, en cambio, presentar a una mayor cantidad de planos internos.

Para que el cristal de cuarzo desarrolle, a un nivel microscópico, el sistema romboédrico ligado a su estructura atómica hexagonal son necesarias condiciones muy estables; de lo contrario, el crecimiento puede cesar o incluso recejarse (Sunagawa 2005: 202). Así mismo, la morfología del cristal de cuarzo viene determinada por la interacción tanto de factores internos (estructura cristalina) como externos (condiciones de formación) (Sunagawa 2005: 202). La forma estructural (“hábito”), en tanto en cuanto está controlada fundamentalmente por propiedades químicas, puede ser predicha a partir de la denominada como “*Periodic Bond Chain (PBC) Theory*”. Sin embargo, esta forma “ideal” ocurre en ambientes muy estables que rara vez se dan en la vida real (Sunagawa 2010); por el contrario, la morfología del cristal tiende a desviarse de estos parámetros arquetípicos debido a las condiciones de temperatura, presión y grado de saturación del fluido en el que éste se forma, así como su naturaleza e impurezas (Iwasaki & Iwasaki 1995; Sunagawa 2005: 207). A pesar de esta variabilidad, existen atributos que ocurren con independencia de la forma del cristal, como la existencia de ángulos constantes entre caras correspondientes.

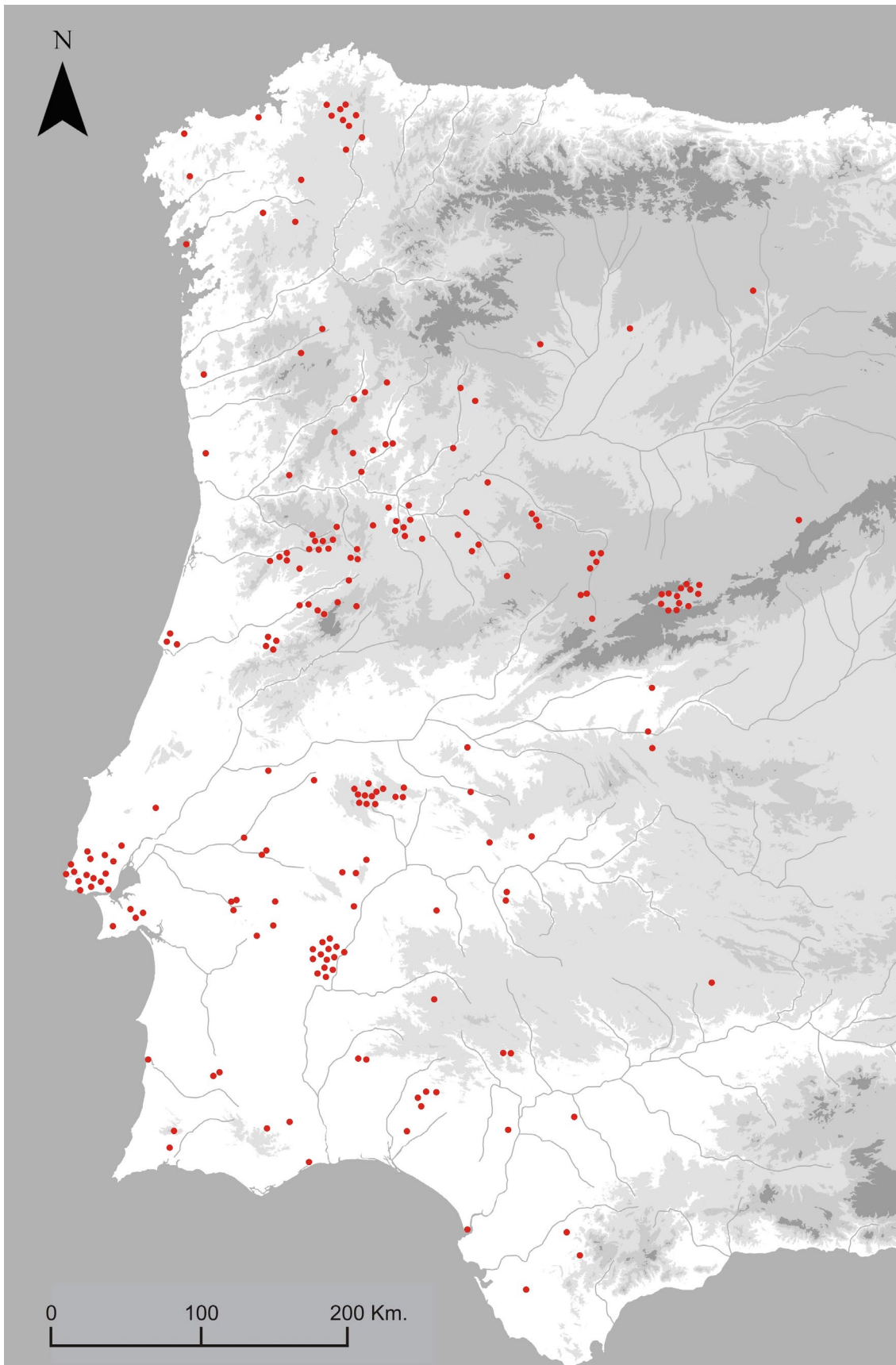


Figura 1. Algunos de los yacimientos de la Prehistoria Reciente del Occidente de la Península Ibérica en los que se ha descrito la presencia de industrias en cuarzo automorfo (Rodríguez Rellán 2010: 726).

Figure 1. Some of the Late Prehistory archaeological sites in Western Iberian Peninsula where the presence of automorphic quartz assemblages has been described (Rodríguez Rellán 2010: 726).

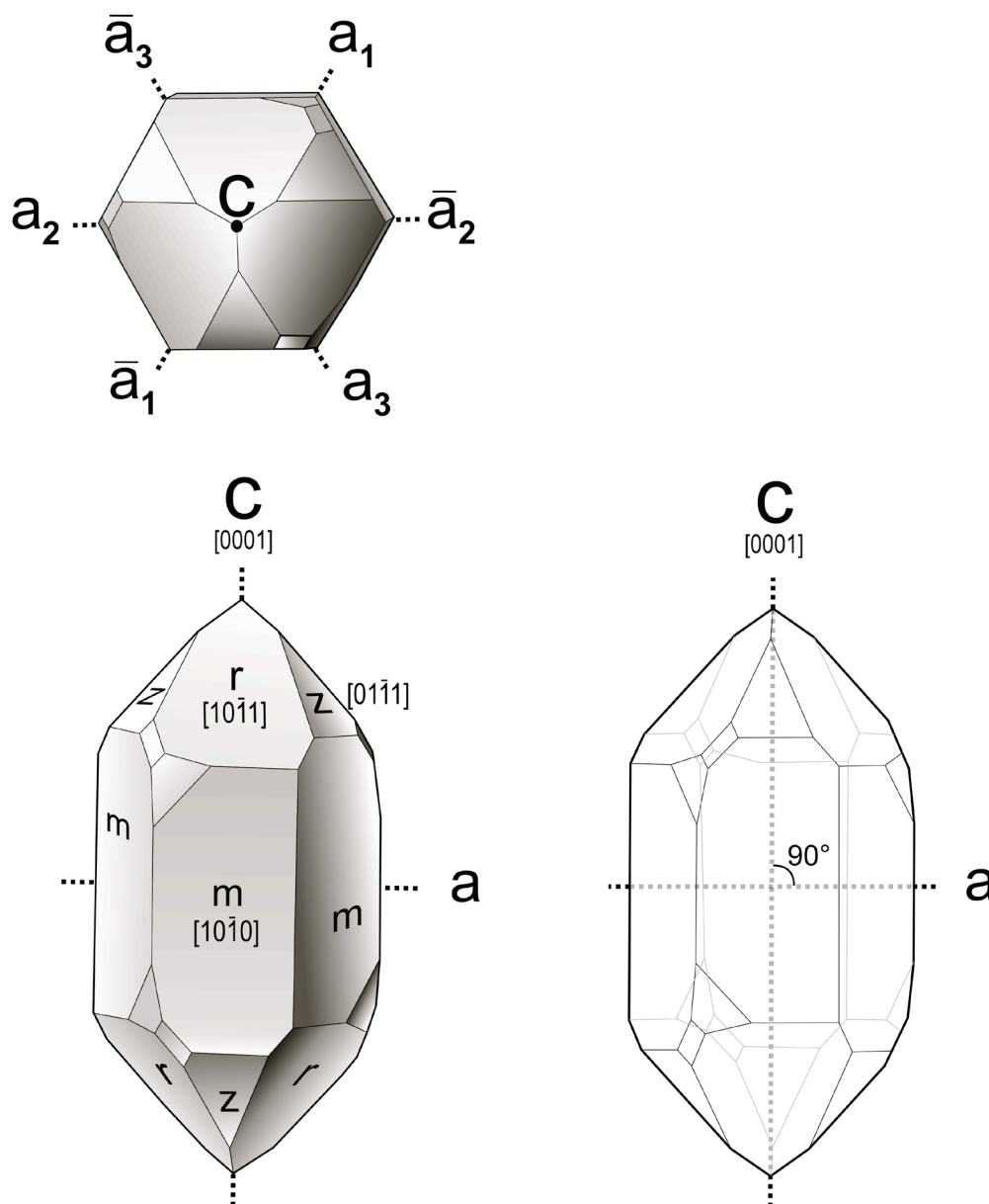


Figura 2. Principales ejes y facetas de los cristales de cuarzo (a partir de Dibble 2003: 9).
 Figure 2. Main axes and facets of quartz crystals (modified from Dibble 2003: 9).

2.1. Defectos e inclusiones

En los cristales de cuarzo es posible reconocer diversos tipos de defectos cristalinos (puntuales, lineales, de superficie...), algunos de los cuales pueden llegar a afectar, aparentemente, a sus propiedades mecánicas (Sólyom 2007: 273); así, defectos como las dislocaciones tienden a darse a lo largo de planos específicos, denominados “planos de deslizamiento” (Callister & Rethwisch 2009: 202), los cuales se cree que tienen efectos nocivos sobre la iniciación y propagación de fracturas y grietas (Tellier & Benmessaouda 1994), por lo que es posible que también hayan afectado a aquellas fracturas generadas durante la talla lítica.

Junto a estos defectos de naturaleza generalmente microscópica, existen imperfecciones de una entidad mucho mayor: dado que el cuarzo suele ser uno de los últimos minerales en cristalizar, resulta muy habitual encontrar inclusiones o impurezas en su interior, las cuales varían en cuanto a su naturaleza (fluidas, sólidas, gaseosas) y momento de aparición

(protogenéticas, singenéticas y epigenéticas) (Sunagawa 2005: 37). La concentración de estos elementos será diferente dependiendo de la dirección cristalográfica y, dado que tienen a estar relacionados con defectos cristalinos tales como las mencionadas dislocaciones o las vacancias (Broekmans 2004; Sunagawa 2005: 35), pueden dar lugar a puntos débiles en la estructura del cristal, a partir de los cuales se generen fracturas (Novikov & Radililovsky 1990). Por otro lado, estas inclusiones son una buena indicación de las características del ambiente en el que se formaron los prismas, de ahí que sean frecuentemente utilizadas para intentar determinar su origen (Cousseran *et al.* 1998; Sachanbiński *et al.* 2008).

Por último, la homogeneidad de los cristales de cuarzo también puede verse alterada por la existencia de planos o fracturas internas, algunas veces microscópicas, causadas por fuerzas tectónicas. En este sentido, las discontinuidades internas presentes en el material de una determinada formación serán el resultado de generaciones de episodios disyuntivos en los cuales se refleja la propia historia geológica del entorno; por ello, la fracturación interna de cada formación puede llegar a mostrar cierto nivel de especificidad. No obstante, también es cierto que algunos de estos defectos – caso de las microfracturas – presentan ciertas regularidades, al producirse sistemáticamente a lo largo de determinados planos cristalográficos (Vollbrecht *et al.* 1999). Las fracturas y grietas fueron definidas, junto con las inclusiones, como “*dividing*” por Novikov & Radililovsky (1990), quienes las consideraron un factor decisivo a la hora de explicar el comportamiento del cuarzo durante la talla. Este hecho que se ha visto refrendado en recientes trabajos en los que se han intentado medir los efectos de la anisotropía, el clivaje y las discontinuidades internas en el cuarzo automorfo (Rodríguez-Rellán *en prensa*).

Cabe decir que existen diferencias significativas entre el cuarzo xenomorfo y el automorfo en cuanto a la presencia de estos defectos: mientras los planos y discontinuidades internas son muy frecuentes en la variedad xenomorfa, dando lugar a fracturas frecuentes y a un cierto grado de descontrol durante la talla (de Lombera-Hermida *et al.* 2011; Driscoll 2011; Mourre 1996; Tallavaara *et al.* 2010); el cuarzo automorfo suele estar – en comparación – mucho menos afectado por esta problemática y los planos internos tienden a limitarse a la parte basal de los cristales (Rodríguez-Rellán, *en prensa*). Dicha circunstancia se debe, fundamentalmente, al hecho de que los prismas se forman en el interior de huecos dejados por el fluido magmático, por lo que no están tan sujetos a las presiones generadas por los materiales circundantes.

3. La anisotropía del cuarzo

Una de las principales características del cuarzo es su naturaleza anisótropa, es decir, la dependencia direccional de ciertas propiedades físicas tales como el módulo de elasticidad o módulo de Young – que habría jugado un papel importante durante la talla (Braun *et al.* 2009; Domanski *et al.* 1994) – pero también la difusividad térmica o eléctrica. Este tipo de propiedades son denominadas “propiedades vectoriales” y varían – continuamente o bien a lo largo de orientaciones específicas – dependiendo de la dirección en la que se midan.

La anisotropía afecta a todos los tectosilicatos del grupo del cuarzo; sin embargo, mientras ésta se encuentra plenamente desarrollada en el cuarzo automorfo, los agregados policristalinos (tradicionalmente denominados “cuarzo sacaroides” o “cuarzo granuloso”) pueden llegar a actuar, y de hecho lo hacen, como un material prácticamente isótropo. Esta circunstancia se debe a lo que algunos autores han denominado como “isotropía por compensación” (Mourre 1996), según la cual una roca compuesta por millones de cristales anisótropos de distinto tamaño y desigual orientación se comportan, a escala general, de modo casi isotrópico (Callister & Rethwisch 2009: 74).

El origen de la anisotropía del cuarzo ha sido generalmente atribuido a varias características de su estructura cristalina, tales como varianzas en su estructura atómica (Sunagawa 2005: 70). La estructura cristalina del cuarzo puede ser representada como una estructura tridimensional de tetraedros de SiO_4 ; cada tetraedro está conformado por cuatro triángulos isométricos con un átomo de Si en su centro de gravedad y un átomo de O en cada ápice (Broekmans 2004). Los tetraedros adyacentes comparten los átomos de sus ápices, convirtiéndolo en SiO_2 y formando una estructura con fuertes enlaces. Sin embargo, esta fuerza no es idéntica en todas direcciones. Ya en los años 30 del pasado siglo, H.W. Fairbairn (1939) calculó el número de enlaces Si-O por unidad de área, al considerar que las fracturas se verían incrementadas a lo largo de aquellos planos que cortasen un menor número de estos enlaces. Este autor descubrió que dichos planos serían aquellos paralelos a las caras positiva («r») y negativa («z») del romboedro, seguidos de aquellos planos paralelos a las facetas longitudinales («m») así como de otras direcciones. El trabajo de Fairbairn parecía apoyar los resultados de algunos estudios previos (Schubnikow & Zinserling 1932; Sosman 1927: 488) y, a partir de entonces, muchas otras aproximaciones llevadas a cabo en el campo de la cristalografía han alcanzado conclusiones similares (Ball & Payne 1976; Bloss & Gibbs 1963; Bloss 1957; Brace & Walsh 1962; Brace 1963; Flörke *et al.* 1981; Kimberley *et al.* 2010; Ressaygues *et al.* 2005; Vollbrecht *et al.* 1999). Sin embargo, también es cierto que otros autores han apuntado que este fenómeno estaría causada por diferentes factores (maclas, deformaciones plásticas, simetría, planos de deslizamiento, grietas preexistentes, *etc.*) que habrían actuado solos o bien de modo conjunto para dar lugar a la naturaleza anisótropa del cuarzo (Christie *et al.* 1964; Iwasa & Bradt 1987; Tellier & Benmessaouda 1994).

4. Clivaje

Un concepto intrínsecamente relacionado con la anisotropía es el de clivaje, definido como la propiedad por la cual algunas rocas tienden a partirse o separarse a lo largo de planos específicos creados por la existencia de debilidades en la estructura del material, resultando generalmente en fracturas planas y lisas. El clivaje es normalmente definido como más o menos perfecto así como también como fuerte o débil; un buen ejemplo de clivaje fuerte es el de la pizarra (Rodríguez-Rellán *et al.* 2011).

La cuestión sobre si el cuarzo tiene o no planos de clivaje ha sido objeto de debate a lo largo de más de cien años (Kimberley *et al.* 2010); en este sentido, algunos autores han sugerido que, tras su fractura concoidal, el cuarzo “esconde” un clivaje de intensidad decreciente a lo largo de aquellos planos paralelos a las caras «r», «s» y «m», así como también en otras direcciones (Ball & Payne 1976; Brace & Walsh 1962; Fairbairn 1939; Flörke *et al.* 1981; Iwasa & Bradt 1987; Kimberley *et al.* 2010; Martin & Durham 1975). Estos supuestos planos paralelos a las caras «r» y «z» ya fueron identificados en su momento a través de las fracturas obtenidas por choque térmico (Kenngott 1846, citado en Flörke *et al.* 1981: 596) e incluso se ha mencionado la posibilidad de que – en el cuarzo automorfo – las fracturas concoidales que siguen el modelo hertziano estén compuestas, en realidad, por pequeños escalones microscópicos paralelos a estos dos planos (Mallard 1890; Vollbrecht *et al.* 1999). En cambio, otros especialistas (Bloss 1957; Bloss & Gibbs 1963) han apuntado que – a pesar de que sí parece existir una tendencia estadística a que las fracturas se produzcan a lo largo de planos paralelos a los romboedros – esta es débil y el cuarzo carece de planos de clivaje claramente desarrollados (Ball & Payne 1976; Iwasa & Bradt 1987).

Así pues, a pesar de la falta de consenso acerca de la existencia o entidad de claros planos de clivaje en el cuarzo automorfo, la mayoría de los investigadores están de acuerdo en la existencia de algún tipo de control cristalográfico de las fracturas en esta materia prima, el cual es referido como clivaje “imperfecto” (Fairbairn 1939) o de “baja energía” (Ball & Payne

1976), mientras que otros autores se refieren al cuarzo como un material “*con cierta tendencia a partirse (to cleave)*” (Hartley & Wilshaw 1973).

5. La anisotropía y el clivaje del cuarzo desde una perspectiva arqueológica

Han sido muy pocos los arqueólogos o especialistas en industria lítica que han tratado la anisotropía o el clivaje del cuarzo en sus trabajos. En sus valiosos estudios, B. Cotterell y J. Kamminga (Cotterell & Kamminga 1987; 1990: 129; Cotterell 2010: 96) – siguiendo el trabajo de Hartley & Wilshaw (1973) – consideraron que el cuarzo “*puede ser tallado con cierto éxito, dado que sus planos de clivaje no están bien definidos*” (Cotterell 2010: 96) y “*por lo tanto, no afectan significativamente a la trayectoria de la fractura*” producida durante la talla (Cotterell & Kamminga 1990: 129), una noción repetida también por otros especialistas (Reher & Frison 1991).

El trabajo de S. Ichikawa (1915) alcanzó conclusiones similares, pero dándole un poco más de importancia al control estructural de las fracturas producidas en el cuarzo durante su explotación. Ichikawa, aunque no era arqueólogo, describió la fabricación de figurillas de cristal de roca por parte de artesanos japoneses, apuntando a que la fractura del cuarzo, dado su clivaje imperfecto, es casi siempre concoidal o subconcoidal; sin embargo, las fracturas perpendiculares al eje longitudinal del cristal (equivalente al «eje c») resultan concoidales con mayor regularidad que en otras direcciones.

V.P. Novikov & V.V. Radililovsky (1990), en el trabajo más específico que hasta ahora se ha llevado a cabo sobre el impacto de la anisotropía en la talla del cuarzo, apuntaban que la expresión más clara de esta propiedad eran el clivaje y el “*dividing*” (inclusiones y planos internos). Estos últimos, al estar causados por factores externos, presentarían una distribución más irregular que los planos de clivaje, que ocurrirían a lo largo de direcciones específicas: nuevamente, aquellas paralelas a las caras del romboedro («r» y «z») y, en menor medida, al eje longitudinal del cristal (o «eje c»). En su estudio de los conjuntos líticos del yacimiento neolítico de Hissar (Tayikistán), Novikov y Radililovsky observaron como los talladores prehistóricos eligieron trabajar los cristales a lo largo de aquellas direcciones con un clivaje mayor (paralelas al romboedro «r»), obteniendo durante este proceso fracturas “*amplias y lisas*”. El uso de este tipo de imperfecciones del cristal para obtener soportes de una determinada forma y tamaño fue definido por estos autores como “*splitting*”.

Hasta cierto punto, el trabajo de Novikow y Radililovsky tuvo un efecto entre los especialistas en industria lítica opuesto al que sus autores esperaban, ya que incrementó la imagen del cristal de roca como una materia prima problemática. Un buen ejemplo de ello podría ser la preconcepción con respecto a la imposibilidad de llevar a cabo una explotación longitudinal de los cristales de cuarzo (es decir, aquella en la que la cara de lascado discurre en paralelo al eje longitudinal del cristal o «eje c»).

En su trabajo experimental, G. Chelidonio consideró los prismas de cuarzo como “*preformas naturales similares a núcleos prismáticos alargados en fase de explotación/a medio explotar*” (Chelidonio 1990: 490) en los cuales las aristas rectas que separan las facetas «m» del cristal podrían ser usadas como guía para las extracciones durante la explotación longitudinal del prisma. Esta estrategia tendría ventajas obvias, al hacer posible una producción microlaminar sin falta de una preparación intensa del núcleo. Novikov y Radililovsky, sin embargo, apuntaron que las fracturas en dicha dirección longitudinal tienden a dar como resultado terminaciones prematuras de tipo “*step*” o en escalón (Novikov & Radililovsky 1990). A partir de entonces, conclusiones similares fueron alcanzadas también en otros programas experimentales (Ramil Rego & Ramil Soneira 1997) o bien durante el análisis de conjuntos del Paleolítico Superior y el Mesolítico del NO de la Península Ibérica (Villar Quinteiro 1999), en los cuales se hacía patente la dificultad que los talladores habrían

tenido para obtener productos con longitudes superiores a los 30 mm durante la talla en sentido longitudinal de los cristales, tendiendo a producirse fracturas y terminaciones prematuras.

Esta problemática podría apuntarse como una de las causas por las cuales los talladores prehistóricos utilizaron, de modo recurrente, la talla bipolar para llevar a cabo las explotaciones longitudinales en cristal de roca (Aubry 1998; Prous Poirier & Lima 1990; Prous Poirier 2004: 87; Rodríguez Rellán 2010: 757; Rodríguez-Rellán & Fábregas Valcarce 2015). Las aproximaciones experimentales en las que se ha explotado el cristal de roca usando esta técnica (Prous Poirier *et al.* 2010; Rodet *et al.* 2013; Rodríguez Rellán 2010: 757) han evidenciado como la violencia de la percusión, unida al hecho de que la fuerza en esta técnica se ejerce –de facto– al mismo tiempo en los dos extremos del núcleo, permiten llevar a cabo la talla longitudinal de los prismas de cuarzo sin mayores dificultades. Sin embargo, no está claro si la talla bipolar se empleó con tal frecuencia en el cuarzo automorfo debido exclusivamente a su habilidad para superar las dificultades derivadas de sus características mecánicas o si, por el contrario, fue utilizada también por permitir la explotación de un tipo de soporte cuyo pequeño tamaño podría haber hecho complicada su talla mediante otras técnicas.

Por otro lado, resulta bastante claro que también se emplearon otras técnicas – además de la talla bipolar – para llevar a cabo explotaciones longitudinales de los cristales de cuarzo, tales como la percusión blanda (Chelidonio 1990) o la talla por presión (Honegger 2001: 91; Rodríguez Rellán 2010: 774; Sauter *et al.* 1971). No obstante, es evidente que buena parte de las estrategias de explotación sobre cristal de roca que pueden observarse en la literatura arqueológica tienden a primar la explotación de aquellos planos paralelos a las facetas «r» y «z» (Figura 3), precisamente aquellas direcciones a través de las que buena parte de los estudios mencionados en este trabajo han evidenciado la existencia de unos efectos de la anisotropía y el clivaje que habrían facilitado la fractura de los cristales.

6. Conclusiones

En este trabajo se ha realizado una breve aproximación a la literatura, tanto arqueológica como aquella producida en otras disciplinas, en la que se haya tratado – de modo más o menos detallado – la anisotropía y el clivaje del cuarzo automorfo. El objetivo de esta recapitulación es el de aportar, a aquellos autores interesados en la caracterización mecánica del tradicionalmente denominado como cristal de roca, un conjunto de referencias que les permitan profundizar en unas características que, por su enorme complejidad, han sido frecuentemente ignoradas en los estudios sobre el cuarzo arqueológico, a pesar de que habrían tenido – sin duda alguna – algún tipo de impacto durante la explotación de esta materia prima y, por lo tanto, pueden haber condicionado en cierto modo las características de los conjuntos líticos realizados objeto de estudio.

Los estudios realizados hasta ahora sugieren que, lejos de cualquier tipo de determinismo, la anisotropía y el clivaje probablemente hayan ejercido cierta influencia durante la talla del cuarzo; sin embargo, ambas características estarían muy lejos de haber impedido o incluso determinado en gran medida la explotación de esta materia prima. En este sentido, la importante presencia en los contextos arqueológicos de explotaciones que aprovechan los planos en los que el concurso de la anisotropía y el clivaje habrían facilitado la fractura del cristal indica que, al igual que los artesanos de épocas históricas, los talladores prehistóricos estaban probablemente al tanto de las características físicas de esta materia prima y las utilizaron a su favor.

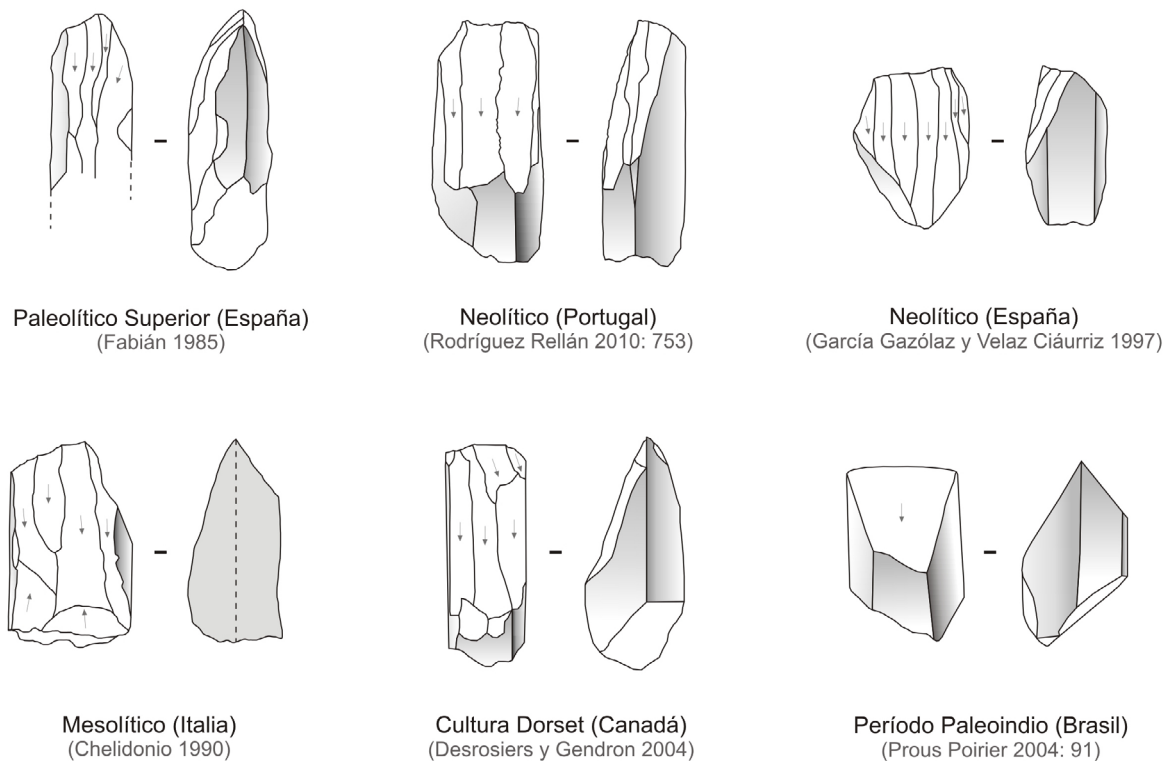


Figura 3. Núcleos de cuarzo automorfo de diferentes yacimientos europeos y americanos en los que se observa una explotación siguiendo aquellas direcciones (paralelas a las facetas «r» y «z» del ápex y oblicuas al eje longitudinal del cristal) en las que la fractura habría sido más sencilla, gracias en parte a la acción de la anisotropía y el clivaje.

Figure 3. Automorphic quartz cores from several European and American archaeological sites in which the knapping has been carried out following those directions along which the fracture would have been easier (those parallel to the «r» and «z» facets of the apex and oblique to the crystal's longitudinal axis) due – in part – to the effects of anisotropy and cleavage. Upper Palaeolithic (Spain), Neolithic (Portugal), Neolithic (Spain), Mesolithic (Italy), Dorset Culture (Canada), Paleoindian (Brazil).

Referencias

- Aubry, T. 1998, Olga Grande 4: uma sequênciã do Paleolítico superior no planalto entre o Rio Cõa e a Ribeira de Aguiar. *Revista Portuguesa de Arqueologia*, 1: 5-26. (en portugues; in Portuguese) (“Olga Grande 4: a sequence of the Upper Paleolithic on the plateau between the Coa River and the Ribeira de Aguiar”)
- Ball, A. & Payne, B. W. 1976, The tensile fracture of quartz crystals. *Journal of Materials Science*, 11: 731-740. (en inglés; in English) (“La fractura por tensión de los cristales de cuarzo”) doi:10.1007/BF01209461
- Ballin, T. B. 2008, Quartz technology in Scottish prehistory. *Scottish Archaeological Internet Report*, 26. (en inglés; in English) (“La tecnología del cuarzo en la prehistoria escocesa”).
URL: <http://archaeologydataservice.ac.uk/archives/view/sair/contents.cfm?vol=26>

- Bang-Andersen, S. 1998, Why All these White and Shiny Stones? On the Occurrence of Non-flint, Lithic Material on Mesolithic Inland Sites in South-western Norway. In: *Proceedings from the Third Flint Alternatives Conference at Uppsala, Sweden, October 18-20, 1996* (Holm, L., & Knutsson, K., Eds.) Occasional Papers in Archaeology Vol. 16. Department of Archaeology and Ancient History, Uppsala University, Uppsala: p. 39-54. (en inglés; in English) (“¿Por qué todas estas piedras blancas y brillantes? Ocurrencia de material lítico no-sílex en yacimientos mesolíticos del interior del sur-oeste de Noruega”)
- Barber, R. J. (Ed.), 1981, *Quartz Technology in Prehistoric New England*. Institute for Conservation Archaeology, Peabody Museum, Harvard, 141 p. (en inglés; in English) (“Tecnología de cuarzo en la Prehistoria de Nueva Inglaterra”)
- Bloss, D. F. 1957, Anisotropy of fracture in quartz. *American Journal of Science*, 255: 214-225. (en inglés; in English) (“Anisotropía de la fractura en el cuarzo”). doi:10.2475/ajs.255.3.214
- Bloss, D. F. & Gibbs, G. V. 1963, Cleavage in quartz. *American Mineralogist*, 48: 821-838. (en inglés; in English) (“El clivaje en el cuarzo”) URL: http://www.minsocam.org/ammin/AM48/AM48_821.pdf
- Brace, W. F. 1963, Behavior of Quartz during Indentation. *The Journal of Geology*, 71: 581-595. (en inglés; in English) (“Comportamiento de cuarzo durante la indentación”) Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/30061126>
- Brace, W. F. & Walsh, J. B. 1962, Some direct measurements of the surface energy of quartz and orthoclase. *The American Mineralogist*, 47: 1111-1122. (en inglés; in English) (“Algunas mediciones directas de la energía superficial de cuarzo y ortoclasa”). URL: http://www.minsocam.org/ammin/AM47/AM47_1111.pdf
- Braun, D. R., Plummer, T., Ferraro, J. V., Ditchfield, P. & Bishop, L. C. 2009, Raw material quality and Oldowan hominin toolstone preferences: evidence from Kanjera South, Kenya. *Journal of Archaeological Science*, 36: 1605-1614. (en inglés; in English) (“Calidad de la materia prima y adquisición preferencial de los homínidos de Olduvai: evidencia de Kanjera Sur, Kenia ”). doi:10.1016/j.jas.2009.03.025
- Broadbent, N. D. 1973, Prehistoric quartz quarrying in Norrland: a preliminary report of finds made at Gummark in Vasterbotten and some observations concerning quartz technology. *Fornvannen. Journal of Swedish Antiquarian Research*, 3: 129-137. (en inglés; in English) (“Canteras de cuarzo prehistóricas en Norrland: informe preliminar de los hallazgos realizados en Gummark y Vasterbotten y algunas observaciones con respecto a la tecnología del cuarzo”). URL: http://kulturarvsdata.se/raa/fornvannen/html/1973_129
- Broekmans, M. A. T. M. 2004, Structural properties of quartz and their potential role for ASR. *Materials Characterization*, 53: 129-140. (en inglés; in English) (“Propiedades estructurales del cuarzo y su papel potencial para la Reacción Alcalina de Agregados ”). doi:10.1016/j.matchar.2004.08.010
- Callahan, E. 1979, *The basics of biface knapping in the eastern fluted point tradition. A manual for flintknappers and lithic analysts*, Vol. 1. Eastern States Archaeological Federation, Maryland, 213 p. (en inglés; in English) (“Bases de la talla bifacial en la tradición de las puntas acanaladas orientales. Manual para talladores y especialistas en análisis lítico”)

- Callister, W. D. J. & Rethwisch, D. G. 2009, *Materials science and engineering. An introduction*. John Wiley & Sons, New York, 124 p. (en inglés; in English) (“Ciencia de los materiales e ingeniería. Una introducción”)
- Chelidonio, G. 1990, Preliminary Approach to Quartz Crystals Technology and its Meaning as Environmental Translation. En: *Le siléx de sa genèse à l’outil: Actes du Vo Colloque International sur el Siléx (Vth International Flint Symposium), Bordeaux, 17 sept.-oct. 1987* (Séronie-Vivien, M.R., & Lenoir, M., Eds.), Cahiers du Quatenaire, 17. Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris: p. 489-494. (en inglés; in English) (“Una aproximación preliminar a la tecnología de los cristales de cuarzo y su significado como traducción medioambiental”)
- Christie, J. M., Heard, H. C. & La Mori, P. N. 1964, Experimental deformation of quartz single crystals at 27 to 30 Kilobars. Confining pressure and 24oC. *American Journal of Science*, 262: 26-55. (en inglés; in English) (“Deformación experimental de cristales de cuarzo entre 27 y 30 Kilobares”). doi:10.2475/ajs.262.1.26
- Collina-Girard, J. 1997, Les outillages sommaires sur supports naturels tenaces (quartz et quartzites): Technomorphologie et évolution psychique. En: *L’Exploitation du Quartz au Paléolithique. Première Table Ronde. Aix-En-Provence, 18-19 Avril 1996* (Bracco, J-P., Ed.), Préhistoire Anthropologie Méditerranéennes Vol. 6, Aix-en-Provence: p. 211-226. (en francés; in French) (“Summary tools of tough natural materials (quartz and quartzites): Technomorphology and psychological development”)
- Cotterell, B. 2010, *Fracture and Life*. World Scientific. Imperial College Press, London, 500 p. (en inglés; in English) (“Fractura y vida”)
- Cotterell, B. & Kamminga, J. 1987, The formation of flakes. *American Antiquity*, 52: 675-708. (en inglés; in English) (“La formación de las lascas”). doi:10.2307/281378
- Cotterell, B. & Kamminga, J. 1990, *Mechanics of pre-industrial technology*. Cambridge University Press, Cambridge, 325 p. (en inglés; in English) (“Mecánica de la tecnología preindustrial”)
- Cousseran, S., Pêcher, A. & Bintz, P. 1998, Application de l’étude des inclusions fluides aux quartz taillés de quelques sites préhistoriques dans les Alpes du Nord. *Revue d’archéométrie*, 22: 103-109. (en francés; in French) (“Application of the study of fluid inclusions of knapped quartz of some prehistoric sites in the Northern Alps”). doi:10.3406/arsci.1998.966
- Delagnes, A., Wadley, L., Villa, P. & Lombard, M. 2006, Crystal quartz backed tools from the Howiesons Poort at Sibudu Cave. *Southern African Humanities*, 18: 43-56. (en inglés; in English) (“Herramientas de dorso en cristal de roca de Howiesons Poort en la Cueva de Sibudu”).
URL: <http://www.sahumanities.org/ojs/index.php/SAH/article/view/194>
- Desrosiers, P. M. & Gendron, D. 2004, The GhGk-63 Site: A Dorset Occupation in Southeastern Hudson Bay, Nunavik. *Canadian Journal of Archaeology*, 28(1): 75-99. (en inglés; in English) (“El yacimiento GhGk-63: una ocupación Dorset en el Sureste de la Bahía Hudson, Nunavik ”). Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/41103471>
- Dibble, H. L. 2003, *Quartz : An Introduction to Crystalline Quartz*. Dibble Trust Foundation Ltd., New York, 100 p. (en inglés; in English) (“El cuarzo: Una introducción al cuarzo cristalino”)

- Domanski, M., Webb, J. A. & Boland, J. 1994, Mechanical properties of stone artefact materials and the effect of heat treatment. *Archaeometry*, 36: 177-208. (en inglés; in English) (“Propiedades mecánicas de los artefactos líticos y el efecto del tratamiento térmico”). doi:10.1111/j.1475-4754.1994.tb00963.x
- Driscoll, K. 2011, Vein quartz in lithic traditions: an analysis based on experimental archaeology. *Journal of Archaeological Science*, 38: 734-745. (en inglés; in English) (“El cuarzo de filón en las tradiciones líticas: un análisis basado en la arqueología experimental”). doi:10.1016/j.jas.2010.10.027
- Fabián, J. F. 1985, Los útiles de arista diédrica sobre prismas piramidales o nódulos de cristal de roca (U.A.D.) en el yacimiento de La Dehesa, El Tejado de Bejar (Salamanca). Estudio morfotécnico. *Zephyrus*, 37-38(1984-1985): 115-124. (in Spanish) (“Dihedral edge tools on pyramidal prisms or rock crystal nodules (U.A.D.) at the site of La Dehesa, El Tejado de Bejar (Salamanca). Morphotechnical study”). URL: http://campus.usal.es/~revistas_trabajo/index.php/0514-7336/article/view/4915
- Fairbairn, H. W. 1939, Correlation of quartz deformation with its crystal structure. *The American Mineralogist*, 24(6): 351-368. (en inglés; in English) (“Correlación entre la deformación del cuarzo y su estructura cristalina”). URL: http://www.minsocam.org/ammin/AM24/AM24_351.pdf
- Flenniken, J. J. 1981, *Replicative systems analysis: a model applied to the vein quartz artifacts from the Hoko River site*. Reports of Investigations, Vol. 59. Laboratory of Anthropology. Washington State University, Pullman, 129 p. (en inglés; in English) (“Análisis de sistemas replicativos: un modelo aplicado a los artefactos de cuarzo de filón del yacimiento de Hoko River”)
- Flörke, O. W., Mielke, H. G., Weichert, J. & Kulke, H. 1981, Quartz with rhombohedral cleavage from Madagascar. *American Mineralogist*, 66: 596-600. (en inglés; in English) (“Cuarzo de Madagascar con clivaje romboédrico”). URL: http://www.minsocam.org/ammin/AM66/AM66_596.pdf
- García Gazólaz, J. & Velaz Ciáurriz, D. 1997, La Industria Lítica Tallada de las Primeras Comunidades Neolíticas en la Cuenca de Pamplona (Navarra): el caso del Cristal de Roca. *Cuadernos de Arqueología de la Universidad de Navarra*, 5: 7-29. (in Spanish) (“Knapped lithic Industry of the first Neolithic communities in the Pamplona Basin (Navarra): The case of rock crystal”). URL: <http://dadun.unav.edu/handle/10171/8183>
- Hartley, N. E. W. & Wilshaw, T. R. 1973, Deformation and fracture of synthetic α -quartz. *Journal of Materials Science*, 8: 265-278. (en inglés; in English) (“Deformación y fractura de cuarzo alfa sintético”). doi:10.1007/BF00550676
- Honegger, M. 2001, *L'industrie lithique taillée du Néolithique Moyen et Final de Suisse*. CRA Monographies Vol. 24. CNRS, Paris, 353 p. (en francés; in French) (“The knapped lithic industry of the Middle and Final Neolithic in Switzerland”)
- Ichikawa, S. 1915, Studies on the etched figures of Japanese quartz. *American Journal of Science*, 39: 455-473. (en inglés; in English) (“Estudios de figuras grabadas de cuarzo japonés”). doi:10.2475/ajs.s4-39.232.455
- Iwasa, M. & Bradt, R. C. 1987, Cleavage of natural and synthetic single crystal quartz. *Materials Research Bulletin*, 22: 1241-1248. (en inglés; in English) (“Clivaje de monocristales de cuarzo naturales y sintéticos”). doi:10.1016/0025-5408(87)90134-6

- Iwasaki, H. & Iwasaki, F. 1995, Morphological variations of quartz crystals as deduced from computer experiments. *Journal of Crystal Growth*, 151: 348-358. (en inglés; in English) (“Variaciones morfológicas de cristales de cuarzo a partir de experimentos informáticos”). doi:10.1016/0022-0248(95)00040-2
- Jaubert, J. 1997, L’Utilisation du Quartz au Paléolithique Inférieur et Moyen. En: *L’Exploitation du Quartz au Paléolithique. Première Table Ronde. Aix-En-Provence, 18-19 Avril 1996* (Bracco, J-P., Ed.), Préhistoire Anthropologie Méditerranéennes, Vol. 6, Université d’Aix-en-Provence, Aix-en-Provence: p. 239-258. (en francés; in French) (“The use of quartz during the Lower and Middle Palaeolithic”)
- Kenngott, G. A. 1846, *Lehrbuch der reinen Kristallographie*. Verlag von Eduard Trewendt, Breslau, 182 p. (en alemán; in German) (“Textbook of pure crystallography”)
- Kimberley, J., Ramesh, K. T. & Barnouin, O. S. 2010, Visualization of the failure of quartz under quasi-static and dynamic compression. *Journal of Geophysical Research*, 115: 1-13. (en inglés; in English) (“Visualización de las fracturas del cuarzo bajo compresión cuasi-estática y dinámica”). doi:10.1029/2009JB007006
- de Lombera-Hermida, A., Rodríguez, X.-P., Fábregas, R. & Moncel, M.-H. 2011, La gestion du quartz au Pléistocène moyen et supérieur. Trois exemples d’Europe Méridionale. *L’Anthropologie*, 115: 294-331. (en francés; in French) (“Quartz management during the Middle and Upper Pleistocene. Three case studies from southern Europe”). doi:10.1016/j.anthro.2011.02.003
- Mallard, E. 1890, Sur les clivages du quartz. *Bulletin de la Société française de minéralogie et de Cristallographie*, 13: 61-62. (en francés; in French) (“On the cleavages of quartz”)
- Martin, R. J. I. & Durham, W. B. 1975, Mechanisms of Crack Growth in Quartz. *Journal of Geophysical Research*, 80: 4837-4844. (en inglés; in English) (“Mecanismos de crecimiento de las grietas en el cuarzo”). doi:10.1029/JB080i035p04837
- Mourre, V. 1996, Les industries en quartz au Paléolithique: terminologie, méthodologie et technologie. *Paléo*, 8(1): 205-223. (en francés; in French) (“The quartz industries in the Palaeolithic: terminology, methodology and technology”) doi:10.3406/pal.1996.1160
- Nicholas, G. P. I. 1981, *Crystal quartz as northern New England lithic resource*. En: Quartz technology in Prehistoric New England (Barber, R. J., Ed.), Institute for Conservation Archaeology, Peabody Museum, Harvard University, Cambridge: p. 117-122. (en inglés; in English) (“El cristal de cuarzo como un recurso lítico del norte de Nueva Inglaterra”)
- Novikov, V. P. & Radililovsky, V. V. 1990, Quartz anisotropy in stone-age artifacts of the Hissar. En: *Le Silex de sa genèse à l’outil. Actes du Vo Colloque International sur le Silex* (Séronie-Vivien, M.-R. & Lenoir, M., Eds.), Cahiers du Quaternaire Vol. 17, CNRS, Paris: p. 592-598. (en inglés; in English) (“Anisotropía del cuarzo en artefactos de la Edad de Piedra de Hissar”)
- Pignat, G. 1997, The use of rock crystal during the Alpine Mesolithic. En: *Siliceous Rocks and Culture* (Ramos-Millán, A. & Bustillo, M. A., Eds.), Universidad de Granada, Granada: p. 577-585. (en inglés; in English) (“El uso de cristal de roca durante el Mesolítico Alpino”)
- Prous Poirier, A. 2004, *Apuntes para análisis de industrias líticas*. Ortegalia Vol. 2. Fundación Federico Maciñeira, Ortigueira, 172 p. (in Spanish) (“Notes for the analysis of lithic industries”)

- Prous Poirier, A. & Lima, M. A. 1990, *A tecnologia de debitage do quartzo no Centro de Minas Gerais: Lascamento bipolar*. Arquivos do Museu de História Natural, 11: 91-114. (en portugués; in Portuguese) (“The quartz debitage technology in the centre of Minas Gerais: Bipolar flaking”)
- Prous Poirier, A., Lima, M.A., Neves da Souza, G., Lima Pessoa, A. & Amoreli, F. 2010, La place et les caractéristiques du débitage sur enclume («bipolaire») dans les industries brésiliennes. *Paléo, Special Issue (2009-2010): Entre le marteau et l'enclume... La percussion directe au percuteur dur et la diversité de ses modalités d'application*, (Mourre, V. & Jarry, M. Eds.): 201-220. (en francés; in French) (“Place and characteristics of the flaking on anvil ("bipolar") in Brazilian industries”). URL: <http://paleo.revues.org/1996>
- Ramil Rego, E. & Ramil Soneira, J. 1997, La Talla del Cristal de Roca: Una primera Aproximación Experimental. *Lancia*, 2: 11-22. (in Spanish) (“The knapping of rock crystal: An initial experimental approach”)
- Reher, C. A. & Frison, G. C. 1991, Rarity, Clarity, Symmetry: quartz crystal utilization in hunter-gatherer stone tool assemblages. En: *Raw material economies among prehistoric hunter-gatherers* (Montet-White, A. & Holen, S. Eds.), Publications in Anthropology, 19. University of Kansas Press, Kansas City: p. 375-397. (en inglés; in English) (“Rareza, claridad, simetría: la utilización del cristal de roca en los conjuntos líticos de cazadores-recolectores”)
- Rességuier, T. de, Berterretche, P. & Hallouin, M. 2005, Influence of quartz anisotropy on shock propagation and spall damage. *International Journal of Impact Engineering*, 31: 545-557. (en inglés; in English) (“Influencia de la anisotropía del cuarzo en la propagación de las ondas de choque y el daño por desconchado”). doi:10.1016/j.ijimpeng.2004.01.005
- Rodet, M. J., Duarte, D., & Abrahaan, L. 2013, Experimentações da percussão sobre bigorna no cristal de quartzo. *Revista Espinhaço*, 2: 147-152. (en portugués; in Portuguese) (“Experimentations on the percussion on anvil of the quartz crystal”). URL: <http://www.cantacantos.com.br/revista/index.php/espinhaco/article/view/256>
- Rodríguez Rellán, C. 2010, *Unha perspectiva tecnolóxica e experimental das industrias sobre lousa, cristal de rocha e cuarzo na Prehistoria Recente do Noroeste Peninsular*. Doctoral Dissertation at Universidad de Santiago de Compostela, Spain. 1304 p. (en gallego; in Galician) (“A technological and experimental perspective of the slate, rock crystal and quartz industries in the Late Prehistory of the Northwest Iberian Peninsula”)
- Rodríguez-Rellán, C. *en prensa*, Variability of rebound hardness as a proxy for detecting the levels of continuity and isotropy in archaeological quartz. *Quaternary International*, 26 p. (en inglés; in English) (“Variabilidad de la dureza por rebote como proxy para la detección de los niveles de continuidad y isotropía en el cuarzo arqueológico”) doi:10.1016/j.quaint.2015.12.085
- Rodríguez-Rellán, C. & Fábregas Valcarce, R. 2015, The exploitation of local lithic resources during the Late Prehistory of Northwest Iberian Peninsula. *Lithic Technology*, 40: 147-168. (en inglés; in English) (“La explotación de recursos líticos locales durante la Prehistoria Reciente del Noroeste de la Península Ibérica”) doi:10.1179/0197726115Z.00000000061

- Rodríguez-Rellán, C., Fábregas Valcarce, R., Berriochoa Esnaola, E. 2011, Shooting out the slate: Working with flaked arrowheads made on thin-layered rocks. *Journal of Archaeological Science*, 38: 1939–1948. (en inglés; in English) (“Disparando la pizarra: trabajando con puntas de flecha realizadas en rocas laminadas”) doi:10.1016/j.jas.2011.04.003
- Sachanbiński, M., Girulski, R., Bobak, D., & Lydzba-Kopczyńska, B. 2008, Prehistoric rock crystal artefacts from Lower Silesia (Poland). *Journal of Raman Spectroscopy*, 39: 1012-1017. (en inglés; in English) (“Artefactos prehistóricos en cristal de roca de la Baja Silesia (Polonia)”). doi:10.1002/jrs.1988
- Sauter, M. R., Gallay, A. & Chaix, I. 1971, Le Néolithique du Niveau Inférieur du Petit-Chasseur à Sion, Valais. *Annuaire de la Société Suisse de Préhistoire et d’archéologie*, 56: 17-76. (en francés; in French) (“The Neolithic of the lower level of the Petit-Chasseur in Sion, Valais”)
- Schubnikow, A. & Zinserling, K. 1932, Über die Schlag- und Druckfiguren und über die mechanischen Quarzwillinge. *Zeitschrift für Kristallographie*, 83: 243-264. (en alemán; in German) (“About the impact and pressure figures and about the mechanical quartz twins”) doi:10.1524/zkri.1932.83.1.243
- Sólyom, J. 2007, *Fundamentals of the physics of solids*. Volume 1 - Structure and Dynamics. Springer, New York, 696 p. (en inglés; in English) (“Fundamentos de la física de sólidos”)
- Sosman, R. B. 1927, *The Properties of Silica; an Introduction to the Properties of Substances in the Solid Non-conducting State*. New York Book Department, New York, 856 p. (en inglés; in English) (“Las propiedades del sílice; una introducción a las propiedades de sustancias en estado sólido no-conductor”)
- Sunagawa, I. 2005, *Crystals. Growth, Morphology and Perfection. Interfaces*. Cambridge University Press, New York, 295 p. (en inglés; in English) (“Cristales. Crecimiento, morfología y perfección. Interfaces”)
- Sunagawa, I. 2010, Single crystals grown under unconstrained conditions. En: *Springer handbook of crystal growth* (Dhanaraj, G; Byrappa, K.; Prasad, V. & Dudley, M. Eds.), Springer, New York: p. 133-158. (en inglés; in English) (“Crecimiento de monocristales bajo condiciones no restringidas”)
- Tallavaara, M., Manninen, M. A., Hertell, E. & Rankama, T. 2010, How flakes shatter: A critical evaluation of quartz fracture analysis. *Journal of Archaeological Science*, 37: 2442-2448. (en inglés; in English) (“Como se fracturan las lascas: una evaluación crítica del análisis de fracturas del cuarzo”). doi:10.1016/j.jas.2010.05.005
- Tellier, C. R. & Benmessaouda, D. 1994, Scratching experiments on quartz crystals: orientation effects in chipping. *Journal of Materials Science*, 29: 3281-3294. (en inglés; in English) (“Experimentos de rayado en cristales de cuarzo: efectos de la orientación en el astillado”) doi:10.1007/BF00356676
- Villar Quinteiro, R. 1999, La Gestión Técnica de los Cuarzos durante la Prehistoria Reciente en el Noroeste Peninsular. *Minius*, 7: 9-26. (in Spanish) (“The technical management of the quartz during late prehistory in the Northwest of the Iberian Peninsula”)

Vollbrecht, A., Stipp, M., & Olesen, N. Ø. 1999, Crystallographic orientation of microcracks in quartz and inferred deformation processes: a study on gneisses from the German Continental Deep Drilling Project (KTB). *Tectonophysics*, 303: 279-297. (en inglés; in English) (“Orientaciones cristalográficas de las microfracturas del cuarzo e inferencia de los procesos de deformación: un estudio del German Continental Deep Drilling Project (KTB)”) doi:10.1016/S0040-1951(98)00265-0

Anisotropy and cleavage of automorphic quartz and their potential effects on the knapping: A literature review

Carlos Rodríguez-Rellán

GEPN. Departamento de Historia I. Facultade de Xeografía e Historia. Universidade de Santiago de Compostela. Praza da Universidade, 1.15782, Santiago de Compostela, Spain. Email: carlos.rellan@fulbrightmail.org

Abstract:

Over the last thirty years, archaeologists have begun to overcome their traditional lack of interest in lithic industries made from quartz, with a growing number of studies dealing with this raw material coming to light. However, most of these approaches have mainly or exclusively focused on the xenomorphic or “vein” quartz. Meanwhile, the automorphic quartz – traditionally called “rock crystal” or “quartz crystal” – has received comparatively less attention. In this paper, two basic characteristics of automorphic quartz are described succinctly: anisotropy and cleavage; with the aim of offering – to those researchers dealing with this raw material – a basis from which to increase their knowledge of the mechanical characteristics of rock crystal.

Automorphic quartz shows some specificity during knapping. This is due not only to the peculiar morphology and size of the blanks – single prismatic crystals, usually of small size – but also due to its anisotropic nature (a characteristic by which certain physical properties tend to vary according to the direction in which they are measured) and possibly also due to the presence of cleavage planes (structural weaknesses in the structure of materials along which they tend to break or split more easily). In this sense, the studies carried out by archaeologists and especially by geologists, mineralogists and crystallographers agree that quartz crystals show an uneven mechanical behavior depending on the direction of the forces to which these crystals are subjected. Thus, the mechanical forces (including those generated during knapping by percussion or pressure) tend to propagate more easily in those directions oblique to the longitudinal axis of the prismatic crystal, while their propagation is comparatively more difficult when it takes place in parallel to the aforementioned longitudinal axis. Regarding the presence of cleavage planes, their existence in quartz has been discussed for over a century without reaching any major consensus. Most researchers agree, nonetheless, on the existence of some type of crystallographic control of fractures in automorphic quartz, usually referring to it as an “imperfect” or “low energy” cleavage.

The impact of such physical characteristics over the knapping of automorphic quartz is far from being known in detail. The idea of anisotropy as a limiting factor for the exploitation of rock crystal was commonplace among the studies published in the last decade of the past century, this property even being considered as a possible explanation for an alleged residual use of this rock during prehistory. However, the archaeological record clearly contradicts such view of paucity, with automorphic quartz present in assemblages all over the world and even reaching an important percentage in Upper Paleolithic and Epipaleolithic sets. Furthermore, the exploitation of automorphic quartz implies the use of relatively complex techniques, such as indirect percussion and pressure flaking. Thus, it seems reasonable to assume that either anisotropy or cleavage would have been an obstacle hindering the knapping of automorphic quartz. However, it is also true that the preponderance, among the cores of automorphic quartz, of knapping strategies exploiting those planes along which the fracture would be easier, suggests that prehistoric knappers were aware of the mechanical characteristics of automorphic quartz and that they used them to their advantage.

Keywords: automorphic quartz; rock crystal; anisotropy; cleavage; Iberian Peninsula; Late Prehistory