

CLASIFICACION TEXTURAL DEL CUARZO EPITERMAL (Au-Ag) DE RELLENO FILONIANO DEL AREA VOLCANICA DE CABO DE GATA, ALMERIA.

Por A. DEMOUSTIER (*)(**), R. CASTROVIEJO (*) y J. M. CHARLET (**)

R E S U M E N

El estudio de filones epitermales, particularmente del tipo *low-sulphidation* o adularia-sericitita, pone de manifiesto la existencia, en el relleno hidrotermal, de frecuentes manifestaciones de cuarzo anómalo, por sus texturas y características petrográficas. La interpretación de estos tipos de cuarzo plantea problemas a la hora de establecer su origen y para cualquier estudio de inclusiones fluidas, al obligar a cuestionar el carácter primario de asociaciones de inclusiones que en otras condiciones sería indudable (por ejemplo, las asociadas a zonado de crecimiento).

El campo filoniano de Cabo de Gata (Almería) ofrece un amplio muestrario de este tipo de manifestaciones de cuarzo epitermal, el cual ha servido de base para proponer una clasificación de dichas texturas, como primer paso para abordar, con el rigor y precisión debidos, ulteriores estudios mineralógicos, geoquímicos y, en particular, microtermométricos por inclusiones fluidas. Se recogen de la literatura internacional y se aplican las ideas derivadas de otros campos similares y se propone una clasificación —Cuadros 1 y 2— que distingue las generaciones de cuarzo estrictamente primario (es decir, no transformadas por procesos ulteriores) y las modificadas, recristalizadas, secundarias, etc... Todas ellas se documentan gráficamente. Las texturas recristalizadas son particularmente engañosas, ya que pueden mostrar rasgos aparentemente primarios, como zonado de crecimiento, que inducen a error al interpretar las inclusiones correspondientes como primarias.

Dicha clasificación tiene por objeto no sólo el asegurar el rigor necesario para abordar la petrografía de inclusiones fluidas, sino también el apoyo a la exploración y a la caracterización tipológica de las concentraciones de metales preciosos. Se aportan criterios para facilitar la interpretación y reconocimiento de procesos epitermales en general y, particularmente, mediante la caracterización de las texturas de relleno en campo y laboratorio, para distinguir ambientes epitermales de otros (vbgr. metamórficos, mesotermales o ligados a zonas de cizalla), relevantes o no para la exploración.

Se ha hecho el esfuerzo de referir las texturas a términos castellanos, evitando la repetición "ad infinitum", no siempre necesaria, de términos anglosajones. Lo que en algunos casos obliga a innovar, pero, para evitar toda confusión, se ha reducido al mínimo indispensable la terminología nueva. Para mayor precisión y para facilitar la comparación con otros trabajos, se propone —Cuadro 3— una tabla de equivalencias entre la terminología (española) empleada y definida en este trabajo y la más extendida en la literatura internacional (inglés, francés).

Palabras clave: Clasificación textural, Cuarzo de relleno, Filones epitermales, Oro, Plata, Petrografía, Inclusiones fluidas, Exploración, Cabo de Gata, Almería.

A B S T R A C T

The petrographic study of epithermal veins (especially from the low sulphidation type), shows the frequent occurrence of anomalous quartz in the hydrothermal infill. The interpretation of these anomalous quartz is a key to establish the origin, and for fluid inclusion studies, to ascertain their primary origin, even if it may look unquestionable (for instance, fluid inclusions related to growth zones).

The vein field of Cabo de Gata (Almería) has many showings with such textural characteristics, and was used as a test-site for their reconnaissance. The textural classification is an important first step to lead further studies (mineralogical, geochemical,

(*) ETSI Minas (UPM), c/ Ríos Rosas 21, 28003-Madrid.

(**) Faculté Polytechnique de Mons, Rue de Houdain 9, 7000-Mons (BELGICA).

and, above all, microthermometry of fluid inclusions) with the required rigour and precision. The textural terms used are referred to the international literature. Concepts established in other similar fields are applied, and a classification is proposed. It is summarized in Tables 1 and 2. Table 1 shows the different types of quartz related to gold ores in the Cabo de Gata vein field and their typology. The most important type is the vein infill quartz Qv. This is classified after its textures in Table 2. There are various sub-types: crystalline, Qvx (according to grain size: buck, medium, fine, micro- to kryptocrystalline); fibrous, Qvf; sub-crystalline or amorphous (opal), Qvo; pseudomorphous or secondary, replacing other minerals, Qvs. Other types of quartz are also proposed in Table 1 but are less important for this study. Table 2 summarizes the different generations of quartz, distinguishing (i) the strictly primary quartz (not transformed by further processes), which appears as crustiform, colloform, cockade, comb, cavity infill and massive textures, from (ii) the modified textures: residual, recrystallized (jigsaw, feathery, flamboyant, ghost-sphere), replacement (ghost crystals, lattice bladed, ghost-bladed, saccharoidal), deformation (spider veinlet; breccia: matrix- or clast-supported). All the textures are shown in photomicrographs. The recrystallized textures may be particularly misleading because they can show apparently primary characteristics (growth zones for instance) and produce errors in the interpretation of their fluid inclusions as primary.

This classification does not only aim at ensuring the necessary rigor to begin fluid inclusion studies. It also provides help for the exploration and typological characterization of precious metals concentrations. Criteria are given to make easier the interpretation and survey of epithermal processes in general; the characterization of infill quartz textures, in situ and laboratory, allows to distinguish epithermal from other environments (for instance, metamorphic, mesothermal or related to shear zones), of differing significance for exploration.

An effort was made to refer the textures to Spanish terms, even if it may imply the introduction of new words in some cases, but the new terminology has been reduced to the essential to avoid confusion. To give greater precision and to make easier the comparison with previous works, Table 3 gives the equivalences between the terminology established and used here (Spanish) and that used in the international literature (French and English).

Key words: Textural classification, Infill quartz, Epithermal veins, Gold, Silver, Fluid inclusions, Petrography, Exploration, Cabo de Gata, Almería.

INTRODUCCION

La petrografía de inclusiones fluidas sobre el cuarzo de relleno hidrotermal del campo filoniano epitermal de Cabo de Gata (Almería), puso de manifiesto la existencia de texturas anómalas cuya frecuencia obliga a tomarlas en consideración y cuya interpretación escapa a los criterios habitualmente empleados. En la literatura internacional se encuentran referencias tempranas (ADAMS, 1920) a las mismas, pero posteriormente se les ha prestado poca atención. Recientemente parece haberse renovado el interés por su estudio (vbgr. SANDER y BLACK, 1988; DONG *et al.*, 1995) y los resultados prácticos avallan este interés. No sólo proporcionan criterios indispensables para estudios geoquímicos y cristalográficos o para la interpretación petrográfica, sino también para la caracterización sobre el terreno de filones epitermales y de otros tipos, con vistas a la exploración minera. Todas estas razones han conducido al estudio sistemático, con estos criterios, del relleno epitermal en el campo filoniano citado. Posteriormente se espera aplicarlos a otras formaciones hidrotermales.

El presente estudio se apoya en trabajos previos de exploración y de cartografía, mineralógicos, etc. de este campo filoniano (*low sulphidation*), que constituye un metalotecto aurífero, ubicado en un campo de domos andesítico relacionado con el volcanismo terciario calco-alcalino del SE español (CASTROVIEJO, 1994). La Fig. 0 presenta sintéticamente la localización de los filones en las principales áreas de la zona de Cabo de Gata. Los criterios empleados combinan todas las escalas, desde el reconocimiento sobre el terreno y selección de muestras, pasando por su estudio "de visu" y con esteromicroscopio (muestras de mano o pulidas), hasta el estudio microscópico. El estudio se circunscribe al relleno filoniano y a las texturas correspondientes. Otros aspectos de indudable interés para exploración como el reconocimiento y caracterización a gran escala de los procesos explosivos o de fracturación, los debidos a sobrepresión de fluidos, fracturación hidráulica, brechas de erupción hidrotermal, etc., que por su naturaleza y escala desbordan el ámbito de este trabajo, son ahora abordados únicamente en los aspectos relevantes para el objetivo propuesto.

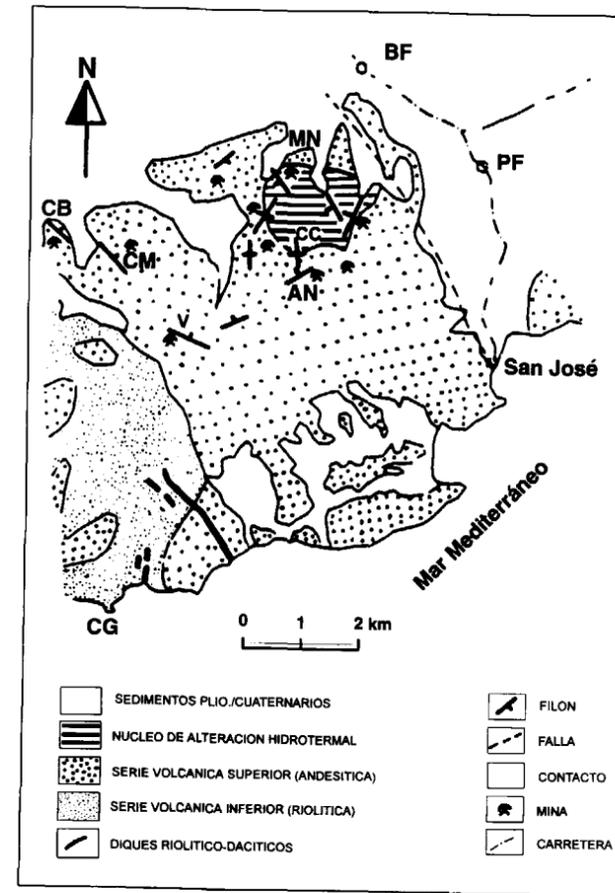


Fig.0.—Plano sintético del campo filoniano de Cabo de Gata con localización de las principales áreas. CG: Cabo de Gata; CB: Cerro Bóveda; CM: Cerro Martos; MN: Mina Navidad; CC: Cerro Carneros; AN: Alemanes Nuevos; V: Venancia; BF: Boca de los Frailes; PF: Pozo de los Frailes (modificado de CASTROVIEJO, 1994).

Debido a sus características morfológicas, estructura cristalina, composición y propiedades físico-químicas, el cuarzo refleja los diferentes factores que han condicionado el proceso hidrotermal, el desarrollo de los filones y la deposición de las mineralizaciones. Una descripción detallada de las texturas del cuarzo es en realidad, en el ambiente epitermal, más compleja de lo que parece, por su diversidad y peculiaridad. Para llevar a cabo un estudio de inclusiones fluidas, es imprescindible determinar con certeza el carácter primario o modificado de las texturas de cuarzo para poder afirmar que una inclusión es primaria o secundaria, ya que este criterio condiciona todas las interpretaciones ulteriores.

La presente publicación trata de describir de manera clara y reproducible las texturas de cuarzo, de clasificarlas y de posibilitar la aplicación de los resultados a otras formaciones hidrotermales. Se intentará, en una segunda fase, explicar los procesos de formación de los filones, interpretar el origen de las texturas, las condiciones reinantes en los fluidos, y ver si existen correlaciones entre los tipos de texturas y las mineralizaciones auríferas. Se aplica, para caracterizar las texturas, una clasificación previamente establecida (DEMOUSTIER, 1995; DEMOUSTIER y CASTROVIEJO, 1997), que considera el tipo de cuarzo y el tamaño de grano individual (Cuadro 1). De los varios tipos de cuarzo allí definidos, el más importante para este estudio es el **cuarzo de relleno de vetas (Qv)**, que puede ser:

- cristalino (Qvx)** y, según el tamaño de grano, grueso (Qvxg: >10mm), medio (Qvxm: 1-10mm), fino (Qvxf: 0,1-1mm) o micro- a criptocrystalino (Qvxk: <0,1mm). En el caso de la textura en cresta, descrita en el texto y observable a escala macroscópica, se trata con frecuencia de cuarzo muy grueso y los cristales pueden alcanzar dimensiones del orden del cm a decenas de cm;
- fibroso (Qvf)**, generalmente tipo calcedonia;
- subcristalino o amorfo (Qvo)**, esencialmente ópalo;

CUARZO DE RELLENO DE VETA Qv	Cristalino Qvx	grueso Qvxg (>10 mm)
		medio Qvxm (1-10 mm)
		fino Qvxf (0,1-1 mm)
		micro- a criptocrystalino Qvxk (<0,1 mm)
	Fibroso Qvf	
Subcristalino o amorfo Qvo (ópalo)		
Seudomórfico o de sustitución de otros minerales Qvs		
CUARZO RELACIONADO CON EL ENCAJANTE Qe	Cuarzo de reemplazamiento masivo QeM (metasomatismo o silicificación)	
	Cuarzo de tapizado de poros Qep	
CUARZO PRIMARIO EN CLASTOS Qc	Descripción según cristalinidad, textura, etc...	

Cuadro 1.—Tipología del cuarzo relacionado con las mineralizaciones auríferas en el campo filoniano de Cabo de Gata. El tipo principal, el cuarzo de relleno de veta Qv, es objeto de clasificación textural en el Cuadro 2 (modificado de DEMOUSTIER, 1995).

-seudomórfico o de sustitución **Qvs**, por reemplazamiento de otros minerales.

Se han definido **otros tipos de cuarzo**, no objeto directo de este estudio:

-los cuarzos **relacionados con el encajante (Qe)**, que son el cuarzo de reemplazamiento masivo del encajante (**QeM**) (se trata entonces de metasomatismo o silicificación) y el cuarzo de tapizado de poros (**Qep**);

-el cuarzo primario, más antiguo, en clastos (**Qc**), en el encajante o en filones posteriores de cuarzo.

Descripción de las texturas

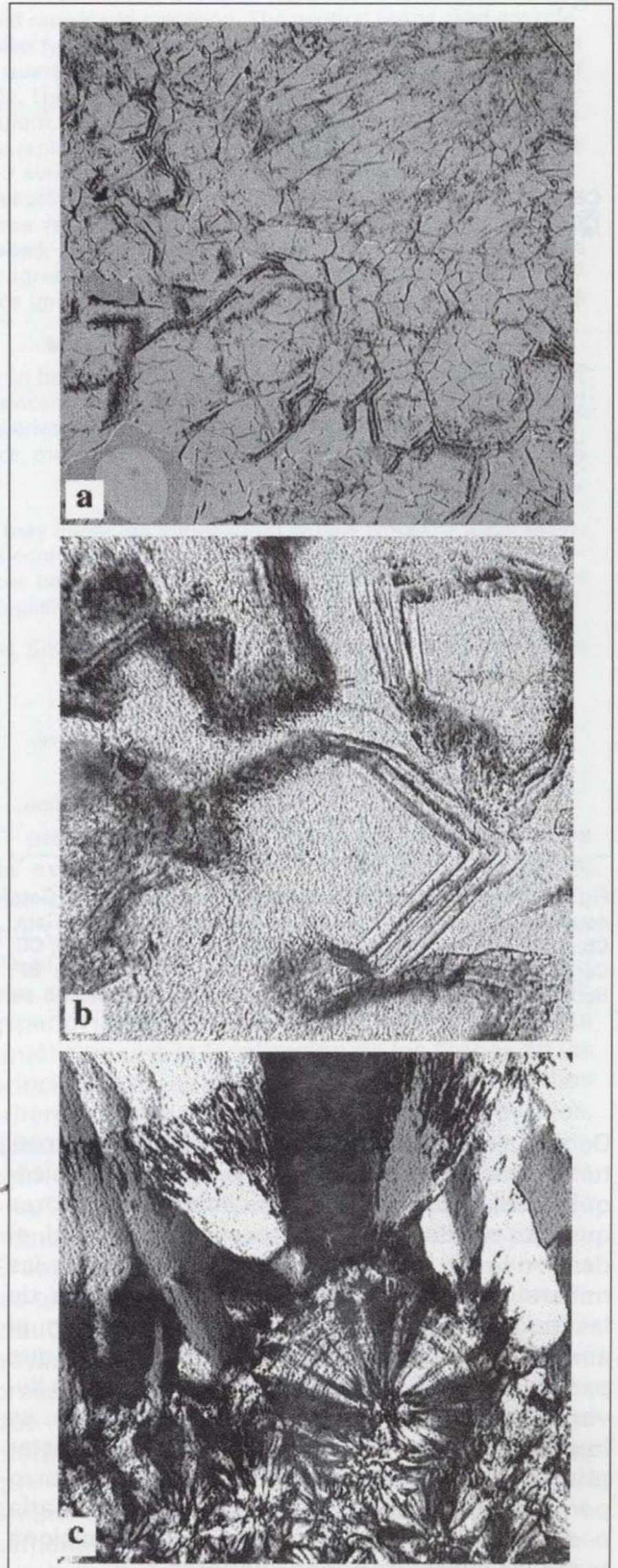
La clasificación de las texturas se ha establecido con referencia a la literatura disponible y a la observación de abundantes muestras procedentes de diferentes áreas de la zona de Cabo de Gata, provincia de Almería. Los términos utilizados en esta clasificación adoptan la terminología establecida a nivel internacional, con las modificaciones necesarias: ADAMS (1920), SANDER y BLACK (1988), VEARNCOMBE (1988), DOWLING y MORRISON (1990), DONG *et al.* (1995), etc...

Los criterios utilizados para establecer la clasificación textural son esencialmente morfológicos. Se puede efectuar una subclasificación considerando la estructura interna de los cristales. Las estructuras internas más frecuentes son:

-la estructura zonada: se manifiesta esencialmente de dos maneras:

a) por alternancia de zonas límpidas y turbias, cuajadas de inclusiones sólidas o fluidas. Puede

Fig.1.—Estructuras internas más frecuentes. **a**: Estructura zonada que se caracteriza por alternancia, dentro de los cristales de cuarzo, de zonas límpidas y turbias, cuajadas de inclusiones. Mina Venancia. Fotomicrografía, estereomicroscopio (obj. x0,63), NX. Escala: base de imagen: 6,86 mm. **b**: Estructura zonada caracterizada por diferencia de índice de refracción entre las distintas zonas de crecimiento del cristal. Mina Santa Bárbara. Fotomicrografía (obj. x10), N//. Escala: base imagen: 430 μ m. **c**: Estructura fibroso-radiada caracterizada por sus contornos externos esféricos y por la disposición radial de las fibras microscópicas que originan extinciones en cruz. Mina Santa Bárbara. Fotomicrografía (obj. x4), NX. Escala: base de imagen: 1,075 mm.



reflejar las distintas etapas de cristalización. Las zonas finas reflejan cambios bruscos en los fluidos, mientras que las anchas y mal delimitadas traducen cambios progresivos (Fig.1a).

b) por diferencias de índice de refracción, que delimitan las distintas zonas de crecimiento dentro del cristal (ADAMS, 1920) (Fig.1b). Estas zonas podrían ser de calcedonia o de calcedonia sub-microscópica que se depositó sobre el cuarzo primitivo, en continuidad cristalográfica con él;

-la estructura fibroso-radiada caracterizada por fibras microscópicas formando grupos con forma externa esférica y extinciones en cruz (Fig.1c). Resulta de desvitrificación o de recristalización de un gel.

Todas las texturas aquí descritas entran en uno u otro de los dos grandes grupos siguientes:

1) las texturas primarias, que reflejan la geometría inicial, en las condiciones de formación de la paragénesis observada;

2) las texturas que resultan de las modificaciones sufridas por las texturas primarias. Son esencialmente fenómenos de recristalización o de reemplazamiento. En este apartado se agrupan también las texturas causadas por fenómenos de deformación posteriores a la formación del filón.

Generalmente, dentro de un mismo filón, coexisten varios tipos de texturas. El Cuadro 2 presenta sinópticamente los tipos de texturas encontrados en los filones epitermales de Cabo de Gata.

I. Texturas primarias (P)

Las texturas primarias originales, descritas a continuación, no siempre se observan intactas. En la mayoría de los casos, las texturas primarias están recristalizadas en mayor o menor medida y pueden sufrir muchas modificaciones. De manera general, se distinguen las texturas primarias siguientes:

P.1. Textura crustiforme

Descrita por ADAMS (1920) como *crustification banding*, es un caso particular de textura bandeada, término que, en sí, puede aplicarse tam-

bién a otros ambientes (mesotermal, sedimentario,...). Las Fig. 2a y 2b presentan texturas crustiformes e ilustran además las texturas coliforme y en abanico definidas más adelante.

También denominada textura en hojaldrado o *layer cake*, esta textura se caracteriza por una alternancia de bandas estrechas y subparalelas entre sí y a los hastiales, cada una con textura, composición y/o color propios (Fig. 2c). Las bandas se suelen desarrollar simétricamente a partir de los hastiales, pero no siempre ocurre así. Según la textura interna de cada banda, pueden admitirse varias subdivisiones dentro de la textura crustiforme. Por ejemplo opalina, coliforme (P.2), en cresta (P.4), ...

La textura crustiforme puede ser transicional, por aumento de la cristalinidad, a la textura en escarapela, P.3.

P.2. Textura coliforme

P.2.a. Textura coliforme s.s

Término propuesto por primera vez por ROGERS (1917, in DONG *et al.*, 1995), se denomina también colomorfa. La textura coliforme s.s. se caracteriza por bandas de granulometría muy fina cuyos contornos presentan una forma esférica, botrioidal, arriñonada o mamelar, o una combinación de estas formas (Fig. 2c; en parte, también Figs. 2a, 2b y 5b). Esta textura suele componerse de QvXk tipo calcedonia organizado en bandas finas y con hábito fibroso (QvF) (Fig. 2c). Está desarrollada típicamente por los coloides artificiales y materiales naturales supuestamente de origen coloidal, cuando se depositan en espacio libre. No se debe confundir las texturas coliformes esferoidales (cuando los botrioides se acercan a la esfericidad por fenómenos de tensión superficial) verdaderas con otros depósitos concéntricos que se desarrollan sobre clastos (textura en escarapela, cf. P.3)

Dentro de la textura coliforme, se pueden distinguir dos casos particulares que se diferencian por su estructura interna:

P.2.b. Textura en moho

Inicialmente definida por ADAMS (1920) como "textura de gel micro-botrioidal", es la textura

TEXTURAS	TIPOS PRINCIPALES	SUBDIVISIONES	MORFOLOGÍA / ESTRUCTURA	EJEMPLOS	
P R I M A R I A S D E R E L L E N O (P)	Crustiforme (P.1)	s.s. según forma y cristalinidad	variable en cada banda	Fig. 2a, 2b, 2c	
		transicional a escarpela	concéntrica	Fig. 2a	
	Coloforme (P.2)	s.s (P.2.a)	botrioidal, arriñonada, etc...	Fig. 2a, 2b, 2c, 5b	
		en moho (P.2.b)	esferoidal, sin estructura interna	Fig. 2d	
		esferulítica (P.2.c)	fibroso-radiada	Fig. 2e, 1c	
	En escarpela (P.3)	según cristalinidad	concéntrica	Fig. 2f	
	En cresta (P.4)	s.s (P.4.a)	zonada	Fig. 3a	
en roseta (P.4.b)		concéntrica	Fig. 3b		
en abanico (P.4.c)		radial	Fig. 3c, 2b		
Cavidades póstumas (P.5)	coloforme, concéntrico, cristalino, etc...	variada	Fig. 3d		
Masiva (P.6)	según cristalinidad, microcristalina (P.6.a), subcristalina, gruesa (P.6.b),...	variable: zonada, etc...	Fig. 1a, 3e		
M O D I F I C A D A S (M)	Residuales (M.1)	asociaciones cristalinas	variable	Fig. 4a	
	Recristalización (M.2)	en rompecabezas (M.2.a)		irregular, indentada	Fig. 4b
		plumosa (M.2.b)	de borde	astillosa, discontinua	Fig. 4c
			interna	astillosa, discontinua	Fig. 4d, 4e
		flameante (M.2.c)	sobre cristales: de borde o interna	fibrosa o fibroso-radiada	Fig. 4f
			sobre fisuras: de relleno	fibrosa o fibroso-radiada	Fig. 4g
		en esfera fantasma (M.2.d)		concéntrica relicta	Fig. 4h
	Reemplazamiento (M.3)	fantasmas cristalinos (M.3.a)		seudomorfa recristalizada	Fig. 5a
		laminar en trama (M.3.b)		reticular seudomorfa	Fig. 5b
		laminar fantasma (M.3.c)		hojosa o tabular seudomorfa	Fig. 5c
		sacarolde (M.3.d)		microcristalina, seudoreticular	Fig. 6a
	Deformación (M.4)	en telaraña o red de fisuras (M.4.a)		matia microcristalina	Fig. 6b
brecholde (M.4.b)		matriz-soportada	clastos sobre matriz	Fig. 6c	
		clasto-soportada	clastos cementados	Fig. 6d	

Cuadro 2. Cuadro sinóptico textural del cuarzo de relleno hidrotermal (Qv), en los filones epitermales de Cabo de Gata. Existen dos grandes tipos de texturas: las texturas primarias, que reflejan la geometría inicial y las texturas modificadas, que resultan de transformaciones sufridas por aquéllas. Son esencialmente fenómenos de recristalización o reemplazamiento seudomórfico por Qvs. En esta categoría se agrupan también las texturas causadas por fenómenos de deformación posteriores a la formación del filón.

moss descrita por DONG *et al.* (1995). En las muestras de mano, se reconoce por el aspecto turbio y heterogéneo, parecido al del moho (contornos redondeados). En lámina transparente (Fig. 2d, N//), se observan agregados de globulillos diminutos, subrayados por bandas concéntricas cuajadas de impurezas y/o inclusiones y de diferentes composiciones y/o color. Cuando los globulillos entran en contacto uno con otro, la textura en moho evoluciona hacia una textura coloforme s.s. Desde el punto de vista de la estructura interna, los globulillos que constituyen la textura en moho no presentan carácter fibroso-radiado y entre nicoles cruzados, la extinción es uniforme o irregular (Fig. 2d, NX).

P.2.c. Textura esferulítica

Consiste en asociaciones de esferulitos subrayados por bandas concéntricas cuajadas de impurezas y/o inclusiones y de diferentes composiciones y/o color (Fig. 2e). A veces los esferulitos de QvF crecen a partir de un núcleo de otro mineral preexistente. La textura esferulítica se parece mucho a la textura en moho pero se diferencia de ella por su estructura interna fibroso-radiada y su extinción en cruz (Fig. 1c).

P.3. Textura en escarpela

También denominada *cockade texture*, es una de las más típicas texturas de relleno hidrotermal y suele estar asociada a brechas. Consiste en fragmentos de roca (encajante o relleno hidrotermal más antiguo) de origen clástico alrededor de los cuales crecen varias bandas concéntricas de cuarzo cristalizado de diferentes texturas (Fig. 2f). En algunas ocasiones, los clastos originales han sido lixiviados y sólo quedan cavidades vacías.

P.4. Textura en cresta

P.4.a. Textura en cresta s.s

La textura en cresta, muy frecuente y muy descrita en la literatura, destaca no sólo a escala microscópica, sino también a simple vista. Se caracteriza por grupos de cristales de cuarzo de hábito prismático paralelos o subparalelos entre sí y que generalmente crecen en espacio libre, a partir de los hastiales, en geodas o en drusas, lo que les permite desarrollar al final caras romboédricas y presentar un aspecto en cresta de gallo,

cockscorn o *rooster's comb* en la terminología anglosajona (Fig. 3a). Los cristales de cuarzo tienen un tamaño uniforme, terminaciones euhédricas y suelen tener una estructura interna zonada. Episodios posteriores de circulación de fluidos provocan el relleno de los espacios todavía vacíos. Cuando dominan las caras prismáticas, sin espacio libre para el desarrollo del romboedro, se justifica la designación de textura "en empalizada" o "en peine", también frecuente. Los prismas de cuarzo se orientan perpendicularmente a los hastiales. Su base es estrecha y se ensanchan a medida que van creciendo, al desaparecer, por competencia entre cristales vecinos, los peor situados.

Hay casos particulares de la textura en cresta. Cabe distinguir:

P.4.b. Textura en roseta

Se observa principalmente a escala microscópica. Se caracteriza por un crecimiento radial de Qvxm-g euhédrico simétrico alrededor de un único núcleo constituido por gérmenes de cristalización (Fig. 3b), lo que la diferencia de la textura en escarpela, que resulta del crecimiento de bandas de diferentes generaciones de cuarzo alrededor de un clasto de cuarzo anterior o del encajante.

P.4.c. Textura en abanico

Los grupos constituidos por varios cristales subhédricos a euhédricos de cuarzo tienen forma de abanico. Cada cristal crece radialmente a partir de un núcleo de Qvxx e interfiere con los vecinos (Figs. 3c, escala microscópica y 2b, escala macroscópica). La extinción global del conjunto es ondulante, pero uniforme dentro de cada cristal individual. Esta textura, definida por ADAMS como *spheroidal crystallization* (1920), no debe confundirse con la textura flameante resultante de la recristalización de un gel (cf. M.2.c).

P.5. Cavidades póstumas

Se trata de espacios vacíos (geodas, poros, huecos,...) que sobreviven a la fase principal de relleno filoniano, por agotamiento de éste. Episodios póstumos de circulación de fluidos provocan el relleno parcial (tapizado) o completo (colmatación) de estas cavidades (Fig. 3d, NX). Son de tamaño variable y subrayadas por impurezas y/o inclusiones (Fig. 3d, N//). A veces, los

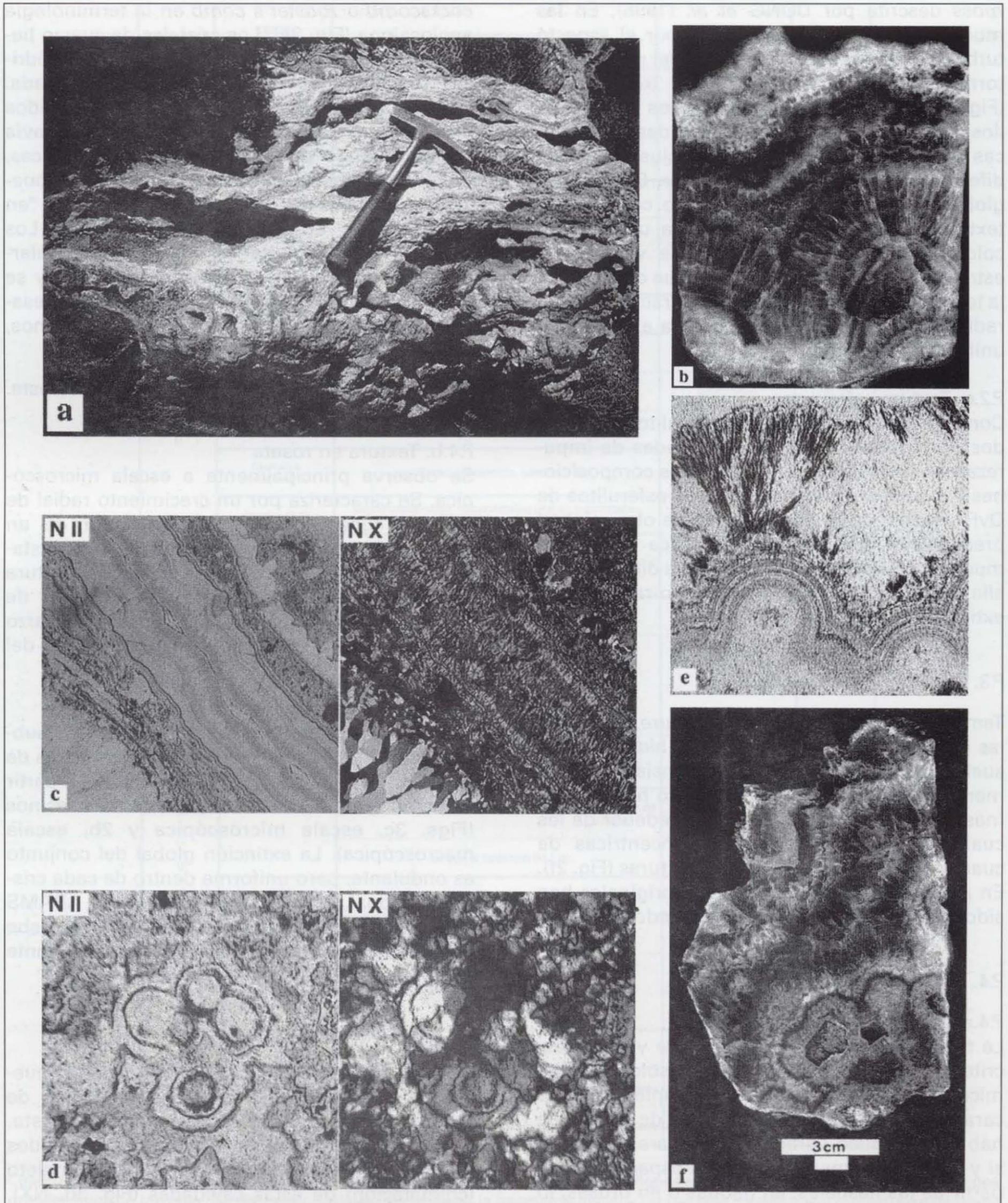


FIGURA 2

cuarzos de tapizado presentan indicios de recristalización, principalmente textura plumosa (cf. M.2.b).

P.6. Textura masiva

La textura masiva se observa en los filones bajo aspectos diversos: cuarzo blanco, lechoso (muchas inclusiones gaseosas) o de aspecto hialino, amatista,... La apariencia general de los filones es homogénea, uniforme, densa y masiva. La textura masiva se subdivide, según el tamaño de grano, en:

P.6.a. Textura masiva microcristalina

Se compone exclusivamente de cuarzo microcristalino, cuyos granos presentan terminaciones euhédricas (Fig. 1a).

P.6.b. Textura masiva gruesa

Denominada textura *buck* o *bull* por DOWLING y MORRISON (1990), se compone de cristales de Qv_{xm-g}, anhédricos a euhédricos cuya estructura interna puede ser zonada (Fig. 3e). No hay direcciones privilegiadas de crecimiento o, si las hay, son poco marcadas. Los cristales no suelen estar recristalizados y no suele haber otro componente de ganga.

II. Texturas modificadas (M)

M.1. Texturas residuales

Se caracterizan esencialmente por asociaciones residuales, formadas por relictos de cristales de

cuarzo anhédricos, subhédricos o euhédricos, agrupados en archipiélagos e incluidos en una masa de cuarzo recristalizado. Los bordes son subrayados por impurezas y/o inclusiones (Fig. 4a), o destacan por contraste de índices de refracción.

M.2. Texturas de recristalización

Aparté los clásicos puntos triples, la recristalización se manifiesta también de otras formas:

M.2.a. Textura en rompecabezas

Esta textura, también llamada *jigsaw-quartz* (LOVERING, 1972, in DONG *et al.*, 1995) o textura en *puzzle*, se caracteriza por cristales de Qv_x microcristalino, cuyos contornos son muy irregulares e imbricados (Fig. 4b). A veces, están cuajados de impurezas y/o inclusiones, lo que da a la muestra de mano, densa y compacta, un aspecto turbio. Se evita el término "mosaico", que podría inducir a error por ser habitual en otro contexto (por ejemplo, la textura granoblástica).

M.2.b. Textura plumosa

También llamada *feathery* (ADAMS, 1920 y DONG *et al.*, 1995); el término *plumose* de SANDER y BLACK (1988) agrupa esta textura junto con la flameante. Está constituida por cristales de cuarzo que presentan individualmente, en sus bordes o en su estructura interna, un aspecto plumoso; éste es debido a la yuxtaposición de microzonas, a modo de astillas o esquirlas, integradas por cristallitos de cuarzo modificados por recristaliza-

Fig. 2. Texturas primarias I. a: Textura crustiforme, con tendencia coliforme, vista a escala megascópica. Obsérvese el zonado constituido por alternancia de bandas de crecimiento estrechas y subparalelas entre sí, lo que da a la textura el nombre hojalde o *layer cake*. Las bandas corresponden a sucesivas etapas de apertura del filón y contienen varios tipos de cuarzo con texturas y colores variables. Mina Santa Bárbara W. b: Textura crustiforme, a escala macroscópica, con bandas de texturas variables: coliforme, en cresta, en abanico. Mina Santa Bárbara. Tamaño de muestra: 5,4 x 6 cm. c: Ejemplo de textura crustiforme con tendencia coliforme a escala microscópica. Se observan muy bien las bandas de distintas texturas de cuarzo que se desarrollan simétricamente y que son, del centro hacia los hastiales: variedad fibrosa tipo calcedonia recristalizada a textura flameante, calcedonia primaria, encajante silicificado y zona de cuarzo Qv_{xf} con textura en cresta. Mina Santa Bárbara NE. Fotomicrografía, estereomicroscopio (obj. x0,63), N// y NX. Escala: base de imagen: 6,86 mm. d: Caso particular de la textura coliforme. Izquierda: Textura en moho, caracterizada por agregados de globulillos de diámetro comprendido entre 50 y 70 µm y subrayados por bandas concéntricas cuajadas de impurezas y/o inclusiones de diferentes composiciones (N//). Derecha: la misma imagen con NX para observar la estructura interna; los globulillos no presentan carácter fibroso-radiado y la extinción es uniforme. Barranco de las Niñas (Rodalquilar). Fotomicrografía (obj. x10). Escala: base de imagen: 430 µm. e: Caso particular de la textura coliforme. Textura esferulítica caracterizada por asociaciones de esferulitos subrayados por bandas concéntricas de impurezas y/o inclusiones y de diferentes composiciones. Mina Santa Bárbara. Fotomicrografía (obj. x4), N//. Escala: base de imagen: 1,075 mm. f: Textura en escarapela sobre clastos de encajante que, en este caso, han sido lixiviados y dejan huellas rellenadas por minerales arcillosos. Alrededor de estos clastos o huellas de clastos crecen varias bandas concéntricas de cuarzo amatista, de diferentes texturas, como por ejemplo en cresta. Socavón Remedios.

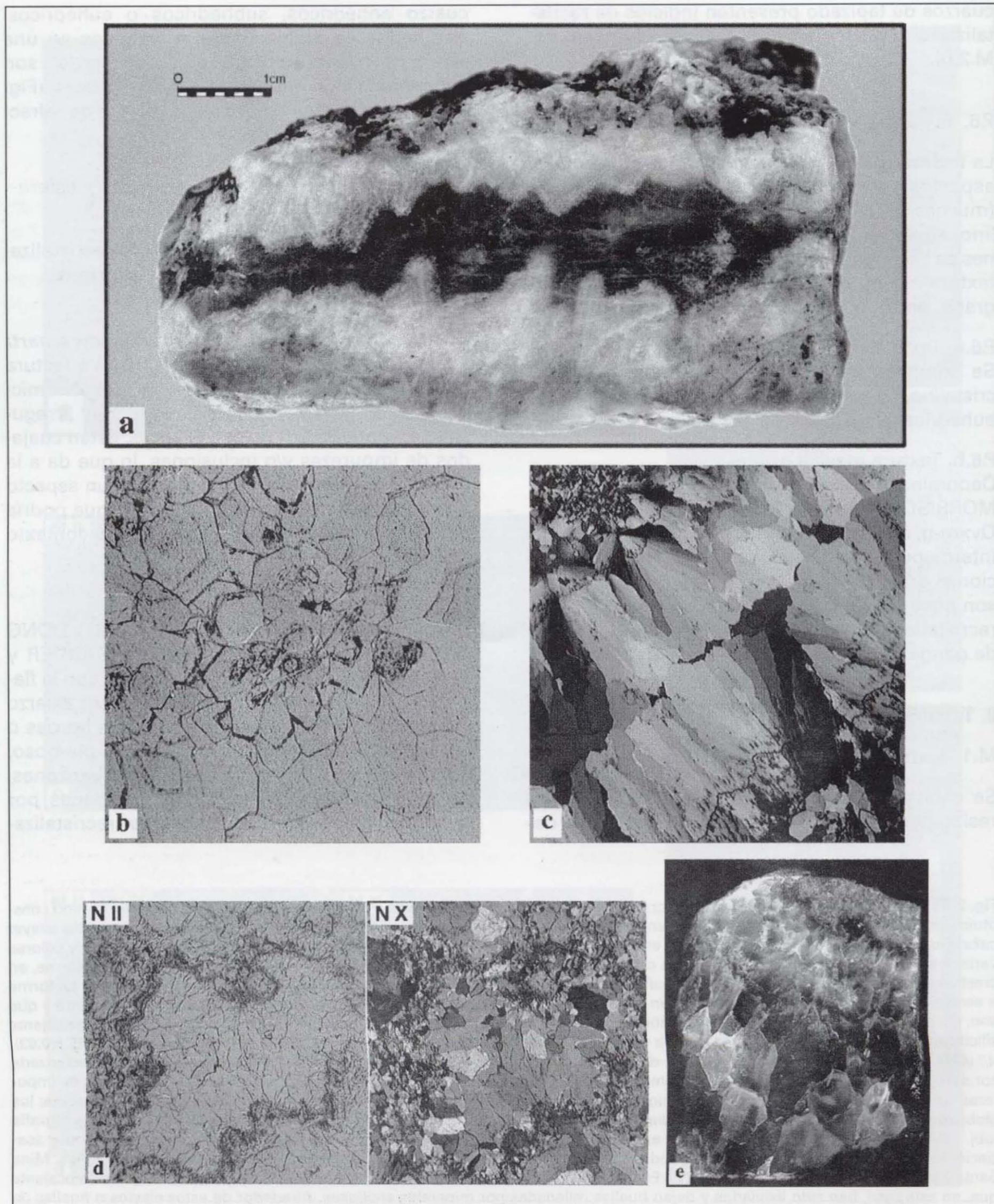


FIGURA 3

ción. Estos cristalitas se distinguen bastante bien entre nicoles cruzados, al girar la platina, aunque hay poca diferencia de orientación cristalográfica entre ellos y el cuarzo huésped (Fig. 4c). La textura plumosa se desarrolla en los bordes, alrededor de cristales de cuarzo límpido, que constituyen núcleos primitivos sub- a euhédricos (textura plumosa de borde) (Fig. 4c), o aparece en enclaves dentro de los cristales (textura plumosa interna) (Fig. 4d). La textura plumosa interna se puede manifestar también en agrupamiento de cristalitas en forma de cruz de 6 lados (*six-sided cross*, ADAMS, 1920), generalmente de manera asimétrica. Excepcionalmente, el desarrollo de los sectores se produce de manera simétrica (Fig. 4e).

M.2.c. Textura flameante

Se caracteriza por la aparición de agregados de cristalitas de cuarzo alrededor de los cristales primarios, originando contornos externos curvos (recristalización de calcedonia) (Fig. 4f) o puntos triples; los granos de cuarzo recristalizados se caracterizan individualmente por una extinción radial flameante. Es la *flamboyant texture* definida por ADAMS (1920). La característica principal de la textura flameante es que tiene una apariencia óptica radial que se podría explicar por la presencia de fibras radiales submicroscópicas. Al microscopio, con nicoles paralelos, éstas pueden distinguirse por su relieve, que contrasta con el del cuarzo huésped. Con nicoles cruzados, en secciones paralelas al eje *c*, las extinciones son subparalelas a estas fibras. Son entonces radiales y ondulantes y se suelen diferenciar bien de las del cuarzo huésped. En secciones basales, se distinguen pequeñas zonas con ligeras diferencias en la posición de extinción con respecto al

cuarzo huésped. Tal como la textura plumosa, la textura flameante puede ser de borde (Fig. 4f) o interna. También puede tapizar microfisuras (Fig. 4g), lo que hace posible la asociación, o incluso transición gradual, a la textura en abanico (P.4.c).

M.2.d. Textura en esfera fantasma

También llamada *ghost-sphere*, se puede considerar, por su apariencia y sus formas esferoidales y mamelares, como un caso particular de la textura coliforme, pero en *estado fantasma*, es decir completamente enmascarada por la recristalización (Fig. 4h). Su morfología queda subrayada por impurezas y/o inclusiones.

M.3. Texturas de reemplazamiento

M.3.a. Fantasmas cristalinos

Corresponden a cristales de calcita, barita,... que mantienen sus morfologías propias y que han sido reemplazados por Qvs. Las formas son variadas (Fig. 5a, N//): prismáticas, romboidales, tabulares,... En muchos casos, los cristales son subrayados por inclusiones y/o impurezas. La recristalización invadió todo posteriormente (Fig. 5a, NX).

M.3.b. Textura laminar en trama

Consiste en un retículo tridimensional de cuarzo, en agregados pseudomorfos según primitivas láminas de calcita o barita entrecruzadas, reemplazadas por sílice y que dejan entre sí cavidades polihédricas vacías o parcialmente rellenas. Corresponde a la textura *lattice bladed* definida por DONG *et al.* (1995). Pertenece a la categoría más general de *pseudobladed texture*. El proceso de reemplazamiento difiere para calcita y barita.

Fig. 3. Texturas primarias II. Textura en cresta. a: Textura en cresta s.s., que se caracteriza por grupos de cristales de cuarzo de hábito prismático paralelos o subparalelos entre sí y que crecen sobre los hastiales. Las caras romboédricas de los cristales de cuarzo están bien desarrolladas, lo que le da el típico aspecto de cresta de gallo. El relleno filoniano se termina por una fase amatista (en el centro, gris en la imagen). Cerro Bóveda. b: Caso particular de la textura en cresta: Textura en roseta. Los cristales de cuarzo Qvxf euhédricos crecen radialmente alrededor de un núcleo constituido por gérmenes de cristalización. Mina Carneros Sur. Fotomicrografía, estereomicroscopio (obj. x1,6), N//. Escala: base de imagen: 2,72 mm. c: Caso particular de la textura en cresta. Textura en abanico. Consiste en grupos constituidos por varios cristales subhédricos que tienen forma de abanico. Cada cristal crece radialmente a partir de un núcleo de Qvxx e interfiere con los cristales vecinos. La extinción del conjunto es ondulante, pero uniforme dentro de cada cristal individual. Mina Santa Bárbara. Fotomicrografía, estereomicroscopio (obj. x0,63), NX. Escala: base de imagen: 6,86 mm. d: Cavity póstuma. Izquierda: con N//, se observa una geoda que sobrevivió a la fase principal de relleno filoniano y cuyos contornos son subrayados por impurezas y/o inclusiones. Derecha: episodios póstumos de circulación de fluidos provocaron su relleno casi completo por Qvxf, como se observa en NX. Mina Navidad. Fotomicrografía, estereomicroscopio (obj. x0,63). Escala: base de imagen: 6,86 mm. e: Textura masiva gruesa en amatista. Los cristales de cuarzo Qvxm son anhédricos, algunos de ellos ligeramente subhédricos y la dirección de crecimiento se insinúa levemente. Socavón Remedios. Tamaño muestra: 2,2 x 2,4 cm.

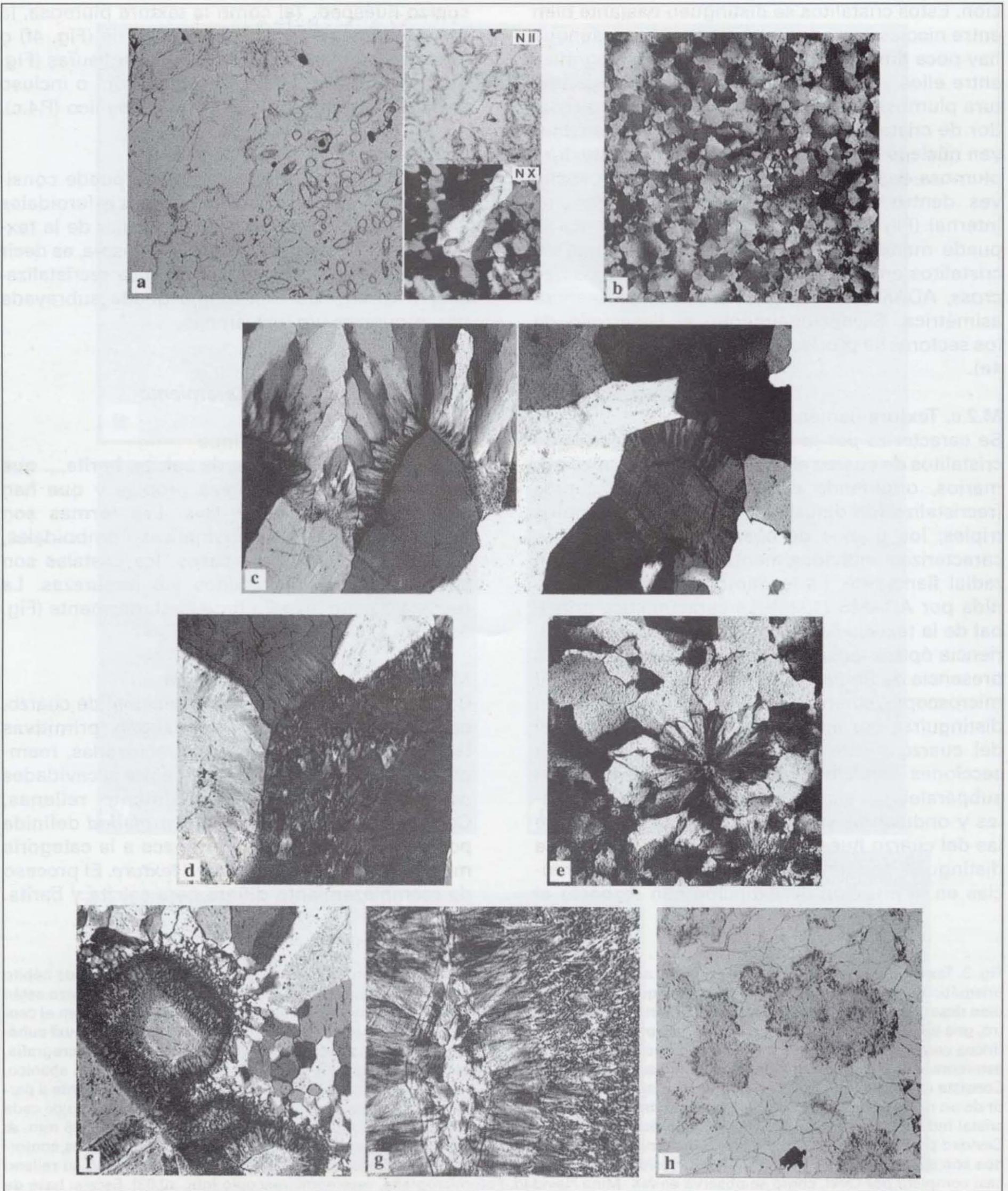


FIGURA 4

Los cristales de barita se disuelven y dejan moldes luego rellenos por cuarzo, mientras los cristales de calcita son reemplazados por Qvs según planos paralelos al pinacoide, creciendo los cristales de Qvs perpendicularmente a estos planos. El reemplazamiento sigue hasta que las cavidades que quedan entre las láminas entrecruzadas se rellenan de Qvx, muchas veces en cresta (Fig. 5b). A diferencia de la matriz (primaria) en la textura laminar fantasma (M.3.c), este cuarzo intersticial entre las láminas reemplazadas es tardío.

M.3.c. Textura laminar fantasma

Compuesta por fantasmas de calcita o barita incluidos en una masa de cuarzo cristalino. Pertenecen también a la categoría *pseudobladed texture* (DONG *et al.*, 1995). Esta textura resulta de un reemplazamiento por Qvs respetando la morfología inicial (reemplazamiento pseudomórfico), tabular en el caso de la barita, laminar (paralelo al pinacoide) si se trata de calcita (*bladed calcite* o calcita hojosa, muy frecuente en los contextos epitermales). El Qvs empieza a crecer sobre cristales de cuarzo existentes del entorno, con la misma orientación cristalográfica. Después del reemplazamiento, los cristales originales de barita o calcita sólo se perciben por la concentración de impurezas (probablemente óxidos e hidróxidos de hierro) insolubles, que delimitan sus primitivos contornos, lo que facilita el reconocimiento de esta textura en láminas trans-

parentes (sobre todo en el caso de la calcita) (Fig. 5c, N//); las diferencias de tamaño de grano y morfológicas entre los cristales de Qvs (secundarios de calcita o barita) y la matriz primaria intersticial son un criterio complementario (Fig. 5c, NX).

M.3.d. Textura sacaroide

En muestra de mano, esta textura se reconoce por su aspecto homogéneo, de grano muy fino, con aspecto hialino grisáceo o lechoso que da a la muestra una apariencia de azucarillo (Fig. 6a, arriba). En lámina transparente, se observan cristales de cuarzo subhédricos, elongados, a veces intercrecidos (Fig. 6a, abajo) que se distribuyen al azar dentro de una matriz de Qv criptocristalino anhédrico, aunque a veces tienden a orientarse según direcciones preferentes entrecruzadas, a modo de malla o retículo. Se observa el típico efecto sal y pimienta. Esta textura, definida por DONG *et al.* (1995), corresponde a la *retiform structure* descrita por LINDGREN (1901, in DONG *et al.*, 1995) y ADAMS (1920), y a la *reticulated texture* descrita por LOVERING (1972, in DONG *et al.*, 1995).

M.4. Texturas de deformación

M.4.a. Textura en telaraña (debida a fracturación)
Definida por DOWLING y MORRISON (1990)

Fig. 4. Texturas modificadas I. a: Texturas residuales, formadas por cristales relictos de cuarzo, anhédricos a euhédricos, agrupados en archipiélagos. La ampliación, con N// (arriba), muestra cristales subhédricos, algunos de ellos con terminación euhédrica. Con NX (abajo), se ve que la masa de cuarzo en la cual están incluidos estos archipiélagos está recrystalizada. Mina Carneros Sur. Fotomicrografía, estereomicroscopio (obj. x1), N//. Escala: base de imagen: 4,25 mm. Ampliación: fotomicrografía (obj. x5), N// y NX. Escala: base de imagen: 0,86 mm. b: Recrystalización: textura en rompecabezas que se caracteriza por cristales de cuarzo microcristalino, cuyos contornos son muy irregulares e imbricados, lo que da al conjunto una apariencia de puzzle. Mina Santa Bárbara NE. Fotomicrografía, estereomicroscopio (obj. x1), NX. Escala: base de imagen: 4,25 mm. c: Recrystalización. Dos ejemplos de textura plumosa de borde, caracterizada por cristalitos de cuarzo en forma de astillas o esquirlas, modificadas por recrystalización. Estos cristalitos crecen alrededor de núcleos de cuarzo primitivo subhédrico (izquierda) o euhédrico (derecha) y límpido. Hay poca diferencia óptica entre los cristalitos y el cuarzo huésped. Mina Santa Bárbara. Fotomicrografías (obj. x4), NX. Escala: base de imagen: 1,075 mm. d: Recrystalización. Caso particular de textura plumosa: Interna. Los cristalitos de cuarzo se encuentran en enclaves dentro de los cristales. Cerro Bóveda. Fotomicrografía (obj. x4), NX. Escala: base de imagen: 1,075 mm. e: Textura plumosa interna que se manifiesta en agrupamiento, en este caso más o menos simétrico, de cristalitos en forma de cruz de 6 lados. Mina Carneros Sur. Fotomicrografía (obj. x4), NX. Escala: base de imagen: 1,075 mm. f: Recrystalización. Textura flameante de borde se desarrolla alrededor de un núcleo de cuarzo primitivo subhédrico y límpido, dándole unos contornos externos curvos. La extinción es radial y ondulante. En el ejemplo, las diferencias en la posición de extinción con respecto al cuarzo huésped no son muy notables, ya que se trata de una sección basal. Cerro Bóveda. Fotomicrografía (obj. x4), NX. Escala: base de imagen: 1,075 mm. g: Recrystalización. Textura flameante de relleno (microfisura), por recrystalización de calcedonia. En la figura se observa, de la derecha hacia el centro, la evolución de la recrystalización: variedad fibrosa de cuarzo, recrystalizada a textura flameante con su extinción ondulante y la última fase de relleno filoniano no afectada por la recrystalización. Mina Santa Bárbara NE. Fotomicrografía (obj. x4), NX. Escala: base de imagen: 1,075 mm. h: Recrystalización. Textura en esfera fantasma, caracterizada por formas esferoidales y mamelares subrayadas por impurezas y/o inclusiones, en un estado fantasma. Cerro Bóveda. Fotomicrografía, estereomicroscopio (obj. x1,6), N//. Escala: base de imagen: 2,72 mm.

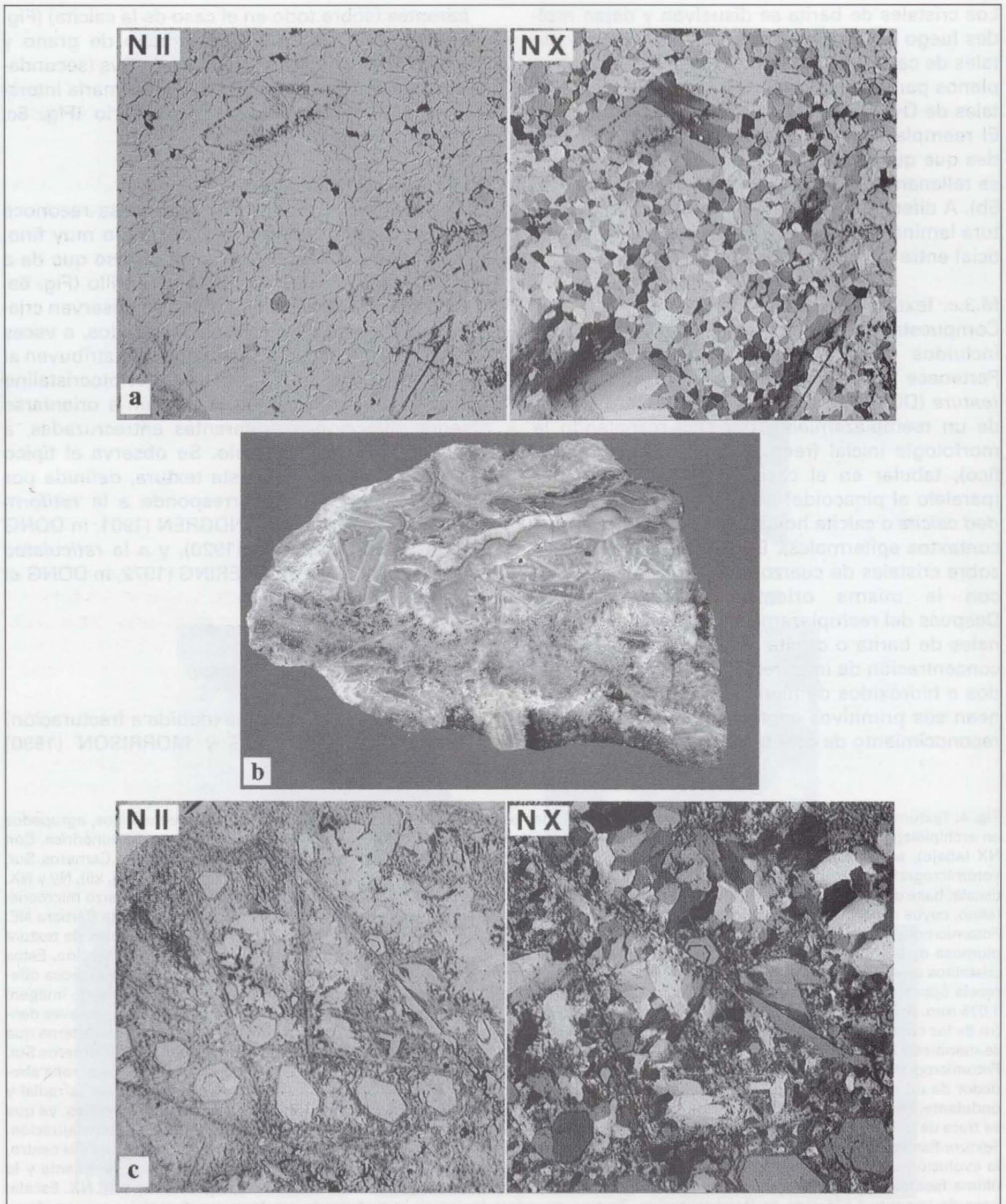


FIGURA 5

como *spider-veinlet texture*, aparece como una red discontinua y dendrítica de vetillas o microfibras que recortan el cuarzo huesped (Fig. 6b, arriba). Las vetillas son muy finas y están rellenas por cuarzo límpido. A escala microscópica, el cuarzo de relleno de vetillas Qvxf presenta generalmente una textura en cresta (Fig. 6b, abajo).

M.4.b. Texturas brechoides (debidas a fenómenos de brechificación hidrotermal)

Es revelante la distinción entre las texturas matriz-soportadas y las clasto-soportadas. Las primeras (Fig. 6c) constan de una matriz de roca triturada o arcillosa, que engloba los eventuales fragmentos clásticos (del encajante o del relleno filoniano previo). Las segundas (Fig. 6d) se componen de un entramado de clastos, formando una estructura caótica y cuyos abundantes intersticios son ocupados por el cemento. Desde el punto de vista metalogenético, los tipos más interesantes, en principio, corresponden a brechas clasto-soportadas con cemento hidrotermal. Este evidencia la circulación de disoluciones hidrotermales y, por tanto, su potencial como metalotecto. Por el contrario, las brechas matriz-soportadas, por su menor permeabilidad y por la escasez de espacio para el relleno hidrotermal, suelen ser estériles.

El Cuadro 3 recapitula los términos texturales presentados en el texto con sus equivalentes en francés y en inglés.

Interpretación

Las texturas primarias (P, Cuadro 1) reflejan las condiciones de formación de los filones. En este trabajo, todas las muestras estudiadas son de cuarzo de relleno y fundamentalmente proceden

del campo filoniano del Cabo de Gata, en un contexto epitermal *low-sulphidation*. El reconocimiento del carácter primario de las texturas es fundamental porque condiciona luego la interpretación de los resultados microtermométricos del estudio de IF (inclusiones fluidas). Las texturas primarias derivadas de un gel de sílice precursor, como la coloforme s.s, en moho y esferulítica son muy interesantes en un estudio de IF, cuando sugieren una fase de ebullición (DONG *et al.*, 1995), con lo cual las indicaciones de presión y temperatura obtenidas por estudio microtermométrico dan las condiciones reales de formación, sin necesidad de corrección.

Las texturas de tapizado póstumas (P5) obligan a una máxima cautela interpretativa, ya que pueden corresponder a eventos distantes en el tiempo y sin relación alguna con el proceso productivo de relleno hidrotermal, a no ser la coincidencia espacial en la misma estructura filoniana. Por ello, aun en el caso de que evidencien cuarzo cristalino prístino (no recristalizado) con IF primarias y medibles, hay que tener en cuenta que la información microtermométrica y geoquímica que éstas contengan no es necesariamente la de los fluidos de la fase principal de relleno filoniano y, por tanto, puede ser irrelevante. En las restantes texturas primarias (vbgr. P.1, P.4, P.6...), sí pueden realizarse interpretaciones válidas, sometidas a los habituales criterios de petrografía de IF.

Las texturas modificadas (M, Cuadro 1) son también importantes para ilustrar la historia evolutiva del relleno hidrotermal. Los casos observados son interpretables según procesos ya establecidos (DONG *et al.*, 1995). Las texturas primarias derivadas de un gel de sílice son metaestables y tienden a recristalizar a cuarzo. La textura

Fig. 5. Texturas modificadas II. **a:** Reemplazamiento. Izquierda: fantasmas cristalinos de probables barita y calcita, presentando morfologías propias y resultando del reemplazamiento por Qvs. Se observa, en la parte superior izquierda un rombo subhédrico y en la esquina inferior derecha un fantasma con forma de diente de perro. Ambos casos son subrayados por inclusiones y/o impurezas. Derecha: la recristalización invadió todo posteriormente. Cerro Bóveda. Fotomicrografía, estereomicroscopio (obj. x0.63, N// y NX). Escala: base de imagen: 6,86 mm. **b:** Reemplazamiento. Textura laminar en trama que consiste en una red de láminas de calcita entrecruzadas y reemplazadas por Qvs que dejan entre sí cavidades polihédricas rellenas por Qvx con textura en cresta. Se observan también texturas coloformes con bandas de calcedonia, ópalo y minerales opacos. Barranco de las Niñas (Rodalquilar). Tamaño de muestra: 7 x 12 cm. **c:** Reemplazamiento. Textura laminar fantasma. Izquierda: fantasmas de barita tabular incluidos en una masa de cuarzo cristalino. Los cristales de barita reemplazados por Qvs destacan de la matriz de cuarzo, al estar subrayados por impurezas, óxidos e hidróxidos de hierro. Derecha: los fantasmas de barita también destacan de la matriz por las diferencias de tamaño de grano y de forma entre Qvs y Qvx. Mina Santa Bárbara NE. Fotomicrografías, estereomicroscopio. Izquierda: obj. x0.63, N//; derecha: obj. x1, NX. Escalas: bases de imagen: 6,86 mm y 4,25 mm, respectivamente.

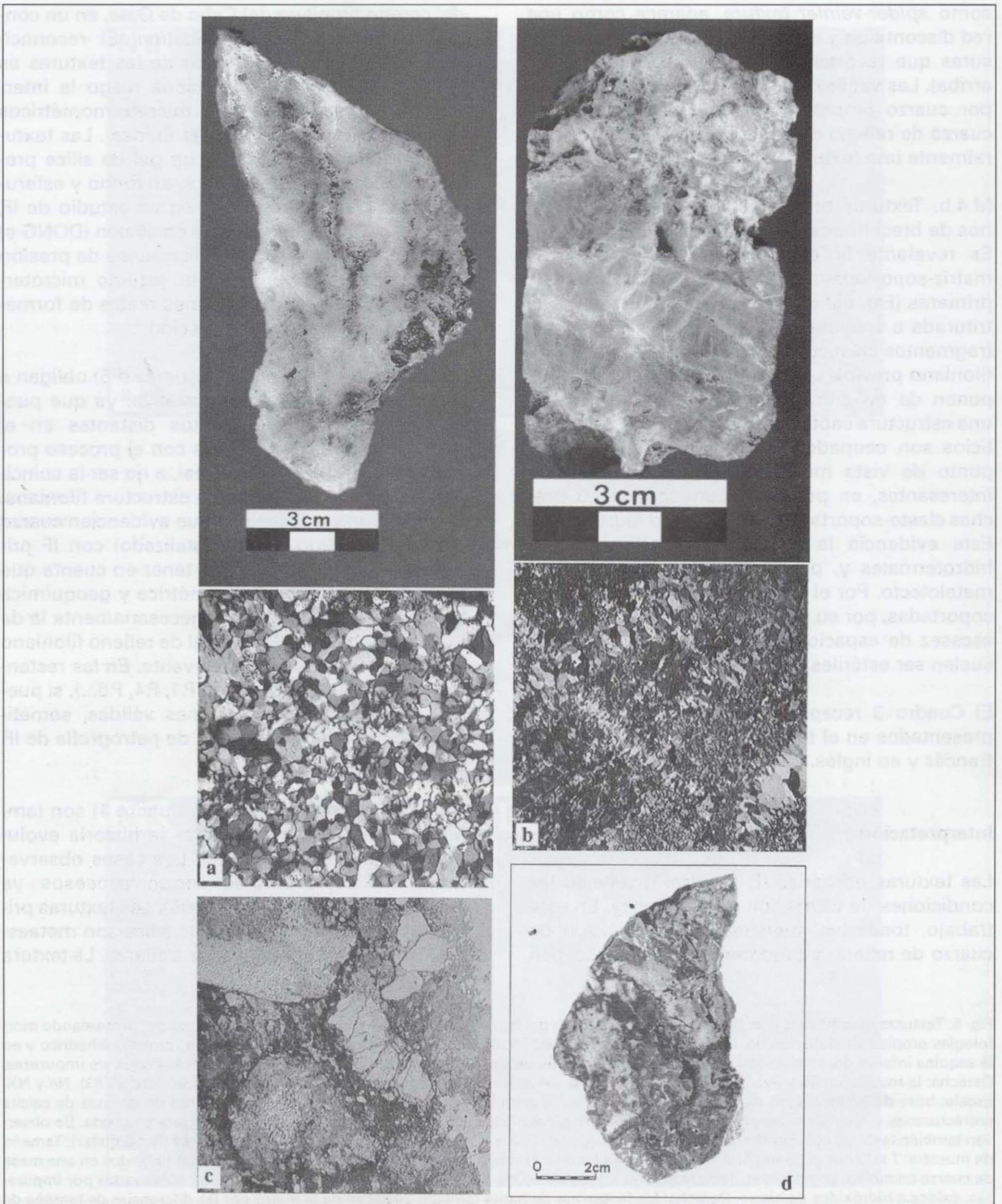


FIGURA 6

plumosa resulta del proceso siguiente: en la fase de cristalización, los cristalitas de cuarzo crecen o se acumulan alrededor de un cristal de cuarzo grande y límpido, muy a menudo euhédrico, que actúa como superficie favorable a la nucleación y al crecimiento. Puede ocurrir que la cristalización siga después de la deposición de los cristalitas, que forman entonces enclaves. Después, estos cristalitas recrystalizan más o menos con la misma orientación cristalográfica que la del cuarzo huésped. El resultado de la recrystalización se observa en las Figs. 4c (textura plumosa de borde) y 4a (textura plumosa interna). Otros casos interesantes son los de las texturas flameante y en esfera fantasma. El componente inicial de estas texturas es calcedonia fibrosa derivada de un gel de sílice precursor y organizada en agregados presentando superficies externas redondas. La cristalización de la calcedonia alrededor de cristales de cuarzo euhédricos y límpidos o sobre los hastiales genera la textura coliforme s.s. Si la calcedonia cristaliza en grupos de esferas, genera la textura esferulítica. Si la solidificación del gel es instantánea, se forma la textura en moho, que no presenta el carácter fibroso-radiado. Estas texturas primarias recrystalizan a textura flameante (Fig. 4f para la textura flameante de borde y Fig. 4g sobre fisura), si son coliforme s.s o esferulítica, y a textura en esfera fantasma (Fig. 4h), si se trata de la textura en moho.

Es interesante interpretar ambas texturas (plumosa y flameante) en cuanto a la evolución de las IF que contienen, como lo hicieron SANDER y BLACK (1988). Ambas texturas recrystalizadas pueden presentar IF cuyo tamaño se presta muy bien a un estudio microtermométrico. Sin embargo, estas inclusiones no son primarias, sino pseudoprimarias, es decir que están dispues-

tas en los cristales como si fueran primarias (paralelas a zonas de crecimiento), pero resultan del proceso de recrystalización. Inicialmente eran en efecto primarias, abundantes e irregulares, atrapadas entre los cristalitas de cuarzo (inclusiones sub- a micrométricas) o entre las fibras de calcedonia (inclusiones submicrométricas). La recrystalización del cuarzo huésped provocó su evolución morfológica y su coalescencia a inclusiones menos numerosas, más grandes y de forma más regular. El resultado final de la recrystalización es que las IF se ordenan según las zonas de crecimiento del cuarzo huésped recrystalizado y son casi indistinguibles de las auténticas inclusiones primarias. El reconocimiento petrográfico de las texturas recrystalizadas permite distinguir estas inclusiones pseudoprimarias y evitar un estudio microtermométrico irrelevante, en cuanto a las condiciones de formación de los filones.

En caso de recrystalización muy avanzada, resultando un cuarzo de aspecto "normal" con aparente zonado de crecimiento, los siguientes criterios son útiles para descubrir la presencia de IF pseudoprimarias: 1) relación con otras texturas modificadas, menos evolucionadas, en granos adyacentes o de la misma generación; 2) incoherencia microtermométrica de los datos de petrografía IF (particularmente relación L:V) en la misma zona y, por tanto: 3) inexistencia de *asociaciones de IF* válidas en el sentido de GOLDSTEIN y REYNOLDS (1994).

Por lo que se refiere a las texturas de deformación, pueden ser muy variadas y la interpretación completa de todas las categorías existentes, aunque muy útil para exploración (BAKER *et al.*, 1986), desborda el marco y la escala del presente trabajo. No obstante, sí es interesante comentar

Fig. 6. Texturas modificadas III. **a:** Reemplazamiento. Textura sacaroide. Arriba: en muestra de mano, el cuarzo sacaroide tiene un aspecto homogéneo, de grano muy fino, grisáceo. Se parece a un azúcarillo, lo que le dió su nombre. Abajo: textura sacaroide en lámina transparente. Los cristales de cuarzo son subhédricos, elongados, a veces intercrecidos, distribuidos al azar en una matriz de Qvxx anhédrico. Arriba: zona Cerro Bóveda. Abajo: Mina Santa Bárbara NE. Fotomicrografía (obj. x10), NX. Escala: base de imagen: 430 μ m. **b:** Deformación. Textura en telaraña. Arriba (muestra de mano): red discontinua y dendrítica de fisurillas que recortan el cuarzo huésped y originan vetillas finas y rellenas por cuarzo límpido. Abajo: a escala microscópica, se ve que el cuarzo de relleno de las vetillas presenta una textura en cresta. Cerro Bóveda. Arriba: muestra de mano. Abajo: fotomicrografía, estereomicroscopio (obj. x0,63), NX. Escala: base de imagen: 6,86 mm. **c:** Deformación. Textura brechoide matriz-soportada: clastos del encajante (gris) o de cuarzo (blanco) en matriz alterada, de composición arcillosa e impregnada por óxidos. Mina Santa Bárbara NE. Fotomicrografía, estereomicroscopio (obj. 0,63), N//. Escala: base de imagen: 6,86 mm. **d:** Deformación. Textura brechoide clasto-soportada, estructurada sobre clastos del encajante ignimbrítico alterado (gris), cementados por alunita (blanca) y calcedonia (negra). Rodalquilar.

	ESPAÑOL		FRANCÉS		INGLÉS			
P R I M A R I A S	crustiforme o en hojaldre		crustiforme		crustiform, crustification banding (Adams, 1920) o layer cake			
	coloforme o colomorfa	s.s	coloforme	s.s	coloform (Rogers, 1917 in Dong et al., 1995), coloform gel banding (Adams, 1920), botryoidal, concretionary, mammillary, spherical, reniform	s.s		
		en mohó		moisissure		micro-botryoidal gel structure (Adams, 1920), moss (Dong et al., 1995)		
		esferulítica		sphérolitique		spherulitic texture		
	en escarapela		en cocarde		cockade texture			
	en cresta, en empalizada, en peine	s.s	en crête (de coq), palissadique, en dents de peigne	s.s	cockscorb, rooster's comb, comb texture (Adams, 1920)	s.s		
		en roseta		en rosette		rosette (Dowling y Morrison, 1990)		
		en abanico		en éventail		fan-shaped group, spheroidal crystallization (Adams, 1920)		
	cavidades póstumias		cavités posthumes		pore o cavity infill			
	masiva	microcristalina	massive	microcristalline	massive	microcrystalline		
gruesa		grossière		buck, bull (Dowling y Morrison, 1990)				
M O D I F I C A D A S	residuales		résiduelles		residual textures			
	R E C R I S T A L I Z A C I O N	en rompecabezas, en puzzle	R E C R I S T A L L I S A T I O N	en casse-tête, en puzzle	R E C R Y S T A L L I Z A T I O N	jigsaw (Lovering, 1972 in Dong et al., 1995)		
		plumosa		plumeuse		feathery (Adams, 1920), plumose (Sander y Black, 1988)		
		flameante		flamboyante		flamboyant (Adams, 1920), plumose (Sander y Black, 1988)		
		en esfera fantasma		en sphères fantômes		ghost-sphere (Dong et al., 1995)		
	R E E M P L A Z A M I E N T O	fantasmas cristalinos	R E E M P L A C E M E N T	fantômes cristallins	R E P L A C E M E N T	ghost crystals		
		laminar en trama		lamellaire en trame		lattice bladed (Dong et al., 1995), lamellar (Adams, 1920), pseudomorphic lamellar, platy, tabular quartz texture		
		laminar fantasma		lamellaire fantôme		ghost-bladed (Dong et al., 1995)		
		sacaroides		saccharoïde		saccharoidal (Dowling y Morrison, 1990), retiform (Lindgren, 1901 in Dong et al., 1995; Adams, 1920), reticulated (Lovering, 1972 in Dong et al., 1995)		
	D E F O R M A C I O N	en telaraña, red de fisuras	D É F O R M A T I O N	en toile d'araignée, réseau de fissures	D E F O R M A T I O N	spider veinlet (Adams, 1920; Dowling and Morrison, 1990), fissures network		
		b r e c h o i d e		matriz-soportada		b r é c h i q u e	soutien assuré par la matrice	matrix-supported
				clasto-soportada		soutien assuré par les clastes	clast-supported	

Cuadro 3. Cuadro recapitulativo de los diferentes términos texturales propuestos, con sus equivalentes en francés y en inglés.

brevemente las aquí definidas. La textura en telaraña, caracterizada por una red discontinua y dendrítica de microfisuras, se distingue del *stockwerk* por tener aquella una sola generación de vetas y relleno hidrotermal y estar situada, por tanto, a mayor distancia del foco magmático o térmico. La transición puede estar marcada por texturas del tipo *shatter breccia*, *crackle breccia* y, a mayor intensidad de fracturación y relleno -y, por tanto, de sobrepresión y actividad de fluidos, diversas clases de brechas clasto-soportadas, mientras que las brechas matriz-soportadas, *mill breccias*, *pebble breccia dykes*, etc... no implican relación con la mineralización.

CONCLUSIONES

La clasificación propuesta habla por si misma en cuanto al significado de los diferentes tipos de cuarzo, si se quieren interpretar sus condiciones de formación. Estas están reflejadas de forma directa únicamente en las clasificadas como primarias, en la medida en que no hayan sido afectadas por modificaciones posteriores. Lo que no significa que las modificadas carezcan necesariamente de interés informativo. El cuarzo caracterizado por algunas de las texturas modificadas, como las residuales (M.1) o las de deformación (M.4), podría conservar asociaciones de inclusiones fluidas (en el sentido definido por GOLDSTEIN y REYNOLDS, 1994) no afectadas por la modificación. Una rápida petrografía de IF proporcionará criterios para decidir si el cristal de cuarzo que las alberga puede haber representado un escudo suficientemente eficaz y garantizar el cumplimiento de los requisitos necesarios para que pueda abordarse con el mínimo rigor el estudio microtermométrico de IF (constancia de volumen y composición, etc...); además, permitirá caracterizar como es debido las asociaciones de IF (primarias, secundarias, etc.), con respecto al cuarzo en cuestión.

Los trabajos de FOURNIER (1985) sobre el comportamiento de la sílice en disoluciones hidrotermales y la aplicación a las condiciones epitermales (particularmente SANDER y BLACK, 1988; DONG et al., 1995) han proporcionado claves muy interesantes para interpretar las texturas modificadas del tipo recristalización (M.2) y reemplazamiento (M.3), relacionando los procesos físico-químicos de formación y de transfor-

mación de los minerales primarios con el resultado geométrico-textural de los mismos, observable al microscopio. Es particularmente relevante el proceso de recristalización de fases hidratadas de sílice amorfa o calcedonia, que pueden segregarse en IF "seudoprimarias" (por marcar un zonado de crecimiento, SANDER y BLACK, 1988) el agua original de hidratación. Evidentemente, la información microtermométrica de dichas inclusiones, sobre todo si se tiene en cuenta el proceso admitido de su generación por solución y redeposición, no refleja las condiciones originales de deposición del gel. Varios autores sugieren que el proceso es posible incluso por recristalización del cuarzo (vbgr. "inclusiones de exsolución" citadas por ROEDDER, 1984).

De ello se deduce la improcedencia de cualquier interpretación, sobre todo cuando implica microtermometría cuantitativa, si no va precedida de una petrografía rigurosa de las mismas y, particularmente en los ambientes considerados, de su caracterización textural.

Por otra parte, los resultados preliminares de la investigación por termoluminiscencia (TL) en curso en la Faculté Polytechnique de Mons (Bélgica), sobre las mismas muestras, revelan una estrecha correspondencia entre la clasificación textural expuesta y la caracterización TL, lo que sugiere que la evolución textural manifiesta, efectivamente, unos procesos que traducen la evolución físico-química real de las muestras en cuestión (DEMOUSTIER et al., en prensa).

Todo ello revela la necesidad y procedencia, sobre todo en ambientes epitermales, de una caracterización rigurosa de las texturas del cuarzo de relleno, como paso indispensable para una interpretación correcta de las condiciones de depósito, de la historia evolutiva de éste y de su interpretación, particularmente térmica. A este objetivo pretende contribuir la clasificación propuesta (Cuadros 1 y 2).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a D. Carlos Antón y a la compañía HC Multimedia su valiosa colaboración para la realización y presentación de la docu-

mentación gráfica. La instrumentación utilizada para el presente trabajo ha sido co-financiada por los proyectos GR92-0135 y UE95007 (CICYT).

REFERENCIAS

- ADAMS S.F. (1920). A microscopic study of vein quartz. *Econ. Geol.*, vol. XV, 8, 623-665.
- BAKER E. M., KIRWIN D. J., TAYLOR R. G. (1986). Hydrothermal breccia pipes. *Economic Geology Research Unit Contribution*, 12. Geology department. James Cook University of North Queensland.
- CASTROVIEJO R. (1994). Precious metals geology and exploration in Spain: progress and questions. *Chron. Rech. Min.*, 516, 3-24.
- DEMOUSTIER A. (1995). Contribution à la caractérisation des quartz aurifères de la région de Cabo de Gata, province d'Almería, Espagne. *Pétrographie-thermoluminescence-inclusions fluides*. Travail de fin d'études, Faculté Polytechnique de Mons. 63p + annexe.
- DEMOUSTIER A., CASTROVIEJO R. (1997). Fluid inclusion characterization of the Carneros epithermal ores (Cabo de Gata, Almería, SE Spain): preliminary results. XIV ECROFI (European Current Research on Fluid Inclusions), Nancy, France. Abstracts, 82-83.
- DEMOUSTIER A., CHARLET J. M., CASTROVIEJO R. (1998). La thermoluminescence basse température des quartz filoniens de la zone volcanique de Cabo de Gata (Province d'Almería, Espagne), relation avec les textures. *C. R. Acad. Sc. Paris*. En prensa.
- DONG G., MORRISON G., JAIRETH S. (1995). Quartz textures in epithermal veins, Queensland-Classification, origin and implication. *Econ. Geol.*, vol. 90, 1841-1856.
- DOWLING K., MORRISON G. (1990). Application of quartz textures to the classification of gold deposits using North Queensland examples. *Econ. Geol. Monograph*, vol. 6, 342-355.
- FOURNIER R. O. (1985). The behaviour of silica in hydrothermal solution. *Reviews in Economic Geology*, vol. 2, 45-61.
- GOLDSTEIN R. H., REYNOLDS T. J. (1994). Systematics of fluid inclusions in diagenetic minerals. *Society for Sedimentary Geology Short Course* 31, 199p.
- ROEDDER E. (1984). Fluid inclusions. *Mineralogical Society of America, Reviews in mineralogy*, vol. 12, 644p.
- SANDER M. V., BLACK J. E. (1988). Crystallization and recrystallization of growth-zoned vein quartz crystals from epithermal systems-implications for fluidinclusion studies. *Econ. Geol.*, vol. 83, 1052-1060.
- VEARNCOMBE J. R. (1993). Quartz vein morphology and implications for formation depth and classification of Archaean gold-vein deposits. *Ore Geology Reviews*, 8, 407-424.

Original recibido: Junio 1998.

Original aceptado: Septiembre 1998.