

ACOPIOS

Revista Ibérica de Mineralogía

ISSN 2171-7788



V42013

MTIEEDIT

ACOPIOS

Revista Ibérica de Mineralogía

ISSN 2171-7788



V42013

MTIEDIT

ACOPIOS

An Iberian Mineralogist Journal
Revista Ibérica de Mineralogía

Volumen 4, 2013 ISSN 2171-7788

DIRECTOR

C. Menor
Centro de Astrobiología (CSIC-INTA)

EDITOR JEFE

J. Alonso
Museo de Ciencias Naturales de Álava

COMITÉ ASESOR

J. González del Tánago
Universidad Complutense de Madrid

C. Curto
Museo de Ciencias Naturales de Barcelona

H. Cócera
Museo de Geología de la Universidad de Valencia

J. Viñals
Universidad de Barcelona

J. Fabre
Fabre Minerals

G. García
Ingeniero de Minas

EDITA

MTIEDIT, Vitoria-Gasteiz, 2013

Versión impresa de su original *on line*
revistas.ojs.es/index.php/acopios/issue/view/136

DOI: 10.7597/acopios2171-7788.2013

ACOPIOS

An Iberian Mineralogist Journal

Revista Ibérica de Mineralogía

MTIEDIT ISSN 2171-7788

Sumario

EDITORIAL	<i>i-v</i>
C. PÉREZ-PUIG OBIETA y J.A. YPARRAGUIRRE CALDERÓN <i>El Distrito Polimetálico de Huachocolpa (Huancavelica, Perú)</i>	1-57
P. ALVES <i>La 'Coeruleolactita' y su relación con la serie Planerita-Turquesa. El caso de la mina Bejanca (Carvalhal do Estanho), centro de Portugal</i>	59-71
P. ALVES <i>Morinita de la mina "Senhora da Assunção", Ferreira de Aves (Viseu, Portugal)</i>	73-84
A. VÁZQUEZ-GONZALEZ, M.D. BREA-FERNÁNDEZ y C.J. RODRÍGUEZ-VÁZQUEZ <i>La Kamphaugita-(Y) de Pontearreas (Pontevedra). Nueva localidad en España</i>	85-92
J. GIL MARCO <i>Los Jacintos de Compostela del Keuper de la Cuenca Mijares-Palancia: Canales-Andilla (Castellón-Valencia), España</i>	93-347
P. ALVES y S. MILLS <i>Nuevos datos sobre los fosfatos de Bendada, Sabugal (Portugal)</i>	349-377

En defensa de la mineralogía amateur

Los minerales son un conjunto de compuestos químicos con una composición determinada y una estructura propia que los caracteriza, y de esta forma se encuentran en la naturaleza. El tamaño de cada espécimen mineral individualizado suele variar entre algunas micras y centímetros. En la actualidad su número aproximado ronda las 4750 especies a las que cada año se incorporan algunas más. Cuando aparece un presunto nuevo mineral se le estudia exhaustivamente y el resultado se presenta a la IMA. (*International Mineralogical Association*, constituida por un comité internacional de científicos) quien determina la validez de la propuesta. En caso positivo, la aceptación está condicionada a que estos estudios se hagan públicos a través de alguna publicación científica de impacto internacional.

Los minerales son la fuente de los materiales inorgánicos que nos rodean, explotándose en todo tipo de minas y canteras. Obviamente desde este punto de vista su estudio es imprescindible para el desarrollo de la vida humana.

Además su estudio es fundamental en Geología pues su composición y características permiten conocer la historia y evolución de las rocas que los contienen y por ende del planeta en que vivimos (una roca no es más que una asociación de uno o varios minerales).

Una tercera particularidad que tienen algunos minerales es la de presentarse en la naturaleza formando conjuntos de gran belleza estética, lo que desde la más remota antigüedad ha llamado poderosamente la atención del ser humano. Tienen además la ventaja, a diferencia de los vegetales o animales, de conservarse normalmente inalterables en el tiempo, si están adecuadamente protegidos de la intemperie.

Desde este último aspecto, no es pues exagerado decir que el coleccionismo de especímenes minerales, desde un punto de vista meramente lúdico, puede considerarse consustancial con la historia de la humanidad. Los ajuares paleolíticos conocidos así lo atestiguan. Son ilustrativos al respecto, los estudios del Dr. Casanova, Departamento de Biología y Geología, Universidad de Valencia.

Datos sobre antiguas colecciones de minerales recogidos por su belleza intrínseca o su rareza, los encontramos por todo el mundo. Andando el tiempo estas colecciones constituyeron el fundamento para la creación de gabinetes y museos, con una doble vertiente: de una parte su estudio científico y de otra su mera contemplación por su belleza, armonía y estética. Indudablemente este segundo aspecto hizo que los especímenes minerales empezaran a tener además un cierto valor crematístico y en cierta manera y gracias a ello tales ejemplares se han conservado hasta nuestros días.

Ya a partir del siglo XVI se tienen noticias de transmisiones de colecciones de minerales reunidas por recolectores, aficionados y estudiosos. Los tres colectivos fundamentales que hicieron posible que estas colecciones públicas o privadas llegaran hasta nuestros días para que ahora se puedan admirar en casi todos los países del mundo, no tanto por su capacidad económica sino por el nivel cultural del país considerado.

A día de hoy la afición a la mineralogía esta enormemente extendida, como lo prueba la cantidad de museos o exposiciones de todo tipo en donde se suelen exhibir los

especímenes más distinguidos. Es también notable la cantidad de publicaciones, en muchos casos con gran rigor científico, que están auspiciadas por innumerables asociaciones y clubs de aficionados a la mineralogía, así como miles de foros en internet de esta temática. Por último, es enorme la cantidad de colecciones privadas que existen, sobre todo en Europa, América del Norte y Japón, gracias a las cuales cada vez se conservan mejor todos los especímenes existentes así como los que se van descubriendo. En Europa no hay ciudad importante que no cuente con bolsas internacionales de minerales en donde es posible conocer, contemplar, intercambiar o adquirir especímenes minerales. Estos eventos reúne a miles de interesados y aficionados a la mineralogía, y con carácter anual se celebran en todas las grandes ciudades de nuestro continente: Múnich, Berlín, París, Zúrich, Bruselas, Viena, Oslo, Turín, Roma, Bolonia, Lyon, etc., por citar solo algunas de las más importantes.

España aunque con cierto retraso con respecto a Europa y América del Norte comenzó a participar de esta vertiente cultural de la mineralogía en el siglo XIX cuando empezaron a crearse museos públicos y colecciones de minerales, generalmente patrocinadas por colegios y universidades y, o, por personas de alto poder adquisitivo y nivel cultural elevado.

Aunque fue muy importante auge minero de nuestro país hacia finales del siglo XIX y principios del XX, llama la atención la escasa cantidad de especímenes conservados de esa época de esplendor minero, muy inferior al de los países de nuestro entorno. Solo cuando extranjeros con mayor nivel cultural comenzaron a incentivar a los mineros o lugareños para que rescataran los especímenes de las machacadoras o simplemente de los efectos de la intemperie, comenzaron a conservarse algunos ejemplares notables. Todo ello fue debido a que en aquellas épocas España por regla casi general carecía de esa cultura mineralogía y los amateurs de esta temática prácticamente no existían. Es lamentable que ni siquiera del último renacer de la minería española, en la década de los 40's y 50's del pasado siglo se conserven especímenes notables, testigos de esa riqueza. Y ello es así, sin duda alguna, como ya hemos apuntado, por la falta de coleccionistas mineralógicos que hubieran cuidado y preservado estos ejemplares que, como desgraciadamente ocurrió, se destruyeron para siempre en molinos y fundiciones mineras o se malograron a la intemperie en zanjas y escombreras.

Fue años más tarde, a finales de los 70's, cuando comenzó en España la divulgación masiva de la mineralogía hacia el gran público, merced a las exposiciones mineralógicas con propósitos de intercambio o venta de minerales, cuando comenzó la inquietud por conservar estos ejemplares mineralógicos, su coleccionismo y su búsqueda. Merced a lo cual los especímenes mineralógicos fueron pasando de unas manos a otras, para engrandecer finalmente, en la mayoría de los casos, los museos públicos ya existentes y cuando no, para crear a partir de estas colecciones, generosamente donadas, nuevos museos mineralógicos, como por ejemplo los de Córdoba, Mérida, Aracena, Arenys de Mar, etc. Actualmente en muchas ciudades de España se celebran bolsas para exposición, intercambio y venta de minerales, siendo las más importantes las de Madrid, Barcelona, Bilbao, Valencia, Alicante, Vigo, Castellón, Oviedo, Zaragoza, etc. También Murcia, gracias al esfuerzo de una serie de aficionados y comerciantes, cuenta con una importante bolsa internacional de minerales en La Unión, en donde cualquier persona interesada en la mineralogía puede asistir libremente.

Otra buena prueba de la incorporación de España a esta corriente cultural la constituye la aparición de libros divulgativos de mineralogía, la creación de revistas temáticas, en algún caso de alto nivel internacional y, sobre, todo la gran eclosión de asociaciones de aficionados a la mineralogía que publican los datos y hallazgos de

múltiples yacimientos de minerales, lo que ha supuesto un enorme aporte al patrimonio geológico y cultural de este país, no demasiado conocido hasta entonces. A menudo científicos españoles e incluso extranjeros se benefician continuamente de este acervo cultural para realizar a partir de ahí estudios de más alto nivel científico con determinados minerales, lo que no hubieran sido posible si estos aficionados no les hubieran puesto en la pista de tal o cual nuevo yacimiento mineralógico o sobre un determinado *extraño* mineral. Todo ello para beneficio de la cultura y de la ciencia en su aspecto más amplio, engrandeciendo nuestro patrimonio mineralógico. El no reconocer esta labor o desgraciadamente a veces incluso intentar torpedearla por personas, en algún caso ligadas a alguna universidad, demuestra además de su ingratitud desde luego, cuando menos, una ignorancia supina de la realidad de la historia de la mineralogía universal y española en particular.

Es de sobra conocida la enorme importancia a nivel mundial que ha tenido la minería de Murcia. Sin embargo, resulta paradójica la escasez de especímenes conservados de la época de su auge minero. Desafortunadamente no se conservan apenas ejemplares de algún valor museístico en museos o colecciones públicas o privadas. Sólo desde hace unos pocos años cuando la afición al coleccionismo de minerales aumento y gracias a los aficionados a la mineralogía que por puro altruismo comenzaron a recorrer y rebuscar en viejas minas y escombreras, es cuando se comenzaron a conocer los interesantes ejemplares mineralógicos de baritas, calcitas, galenas, esfaleritas, yesos etc., por citar algunos de los más peculiares de la gea murciana. Pero queda siempre el amargor al pensar que si estos ejemplares se han encontrado ahora, que la minería murciana es casi inexistente ¿Cuántos especímenes no se hubieran salvado de las machacadoras o de la intemperie en la época en que las minas funcionaban a pleno rendimiento, si hubieran existido coleccionistas de minerales? Pero entonces no había la actual cultura y afición y nadie tuvo interés en conservar ni rescatar estos especímenes de los procesos industriales propios del beneficio minero. A la vista de lo que ahora se ha encontrado cabe preguntarse qué no se hubiera conservado de las cristalizaciones de azufre de Lorca, de celestinas de varias localidades murcianas, de anglesitas y cerusitas de La unión, de los minerales secundarios de Mazarrón etc., etc. ¡Cómo se echa en falta que alguien hubiera motivado, incluso económicamente, a aquellos mineros para que conservaran los ejemplares minerales más notables; O que alguien aficionado –algunos coleccionistas– hubieran estado allí en el momento que se abrían túneles y zanjas mineras por doquier y los hubieran rescatado de las machacadoras o de la intemperie.

Aunque hay trabajos geológicos sobre la petrología y sobre algunos yacimientos mineros murcianos, es verdad que son pocos los específicos sobre la mineralogía de esta Comunidad que merezcan la pena. El primer catálogo con fotos de minerales de la Comunidad de Murcia fue escrito por aficionados y coleccionistas de minerales (Minerales de la Región de Murcia, Muelas *et al*, 1996) como también sobre las minas, minerales y construcciones mineras de La Unión en un trabajo monográfico (Bocamina, 1996), que entre otras cosas planteo, ya en aquel entonces, la necesidad de la conservación de las edificaciones mineras y en general del patrimonio minero hasta esa fecha prácticamente olvidado y abandonado.

Pero no solo es esto. Murcia tiene el honor de ir unido para siempre a tres especies minerales nuevas en el mundo que se han descubierto en esta Comunidad (lo que es meritorio teniendo en cuenta que en España se han descrito hasta la fecha apenas una treintena de especies nuevas). La Barahonaita-(Al) y la Barahonaita-(Fe), nombres que aluden al Sr Barahona, coleccionista y buscador de minerales que presento estos minerales al doctor Viñals (Universidad de Barcelona) quien en unión de un equipo de especialistas españoles y extranjeros presentaron estos minerales a la IMA y después

a la comunidad científica internacional en *The Canadian Mineralogist*, en 2008. Otro tanto se puede decir del mineral Cobaltoarthurita descubierto en Mazarrón en idénticas circunstancias (Jambor *et al.*, 2002). Y es que la labor del coleccionista de minerales resulta en muchos casos, como en este, insustituible en una primera fase del descubrimiento de una especie mineral o yacimiento, que complementarían después los científicos adecuadamente. Tal por ejemplo es el caso de la yuanduliita, segunda cita mundial para este mineral, recientemente dada a conocer en las viejas y famosas minas de apatito de Jumilla por aficionados que llamaron la atención sobre la posibilidad de que este mineral fuera nuevo. Poco después, de nuevo gracias al trabajo de los aficionados, se vió la importancia de la rara asociación warwickita-yuanduliita en las extraordinarias lamproítas de La Aljorra (Cartagena), cuya mineralogía es actualmente objeto de estudio científico, incluyendo una posible nueva especie mineral. En realidad por estas minas han pasado muchos científicos de reconocido prestigio para los que paso inadvertidos estos cristales aciculares solo perceptibles a la lupa. Y ello no debe extrañar pues en general el científico, salvo casos determinados de tesis doctorales, carece del tiempo necesario para investigar o buscar de manera tan exhaustiva en todos y cada uno de los yacimientos de una determinada región, lo que si pueden hacer aficionados cuyo tiempo de dedicación no tiene estos límites.

Son pues dos mundos complementarios a los que une la dedicación a la mineralogía desde dos ópticas complementarias. El del aficionado que puede dedicar ratos libres y vacaciones a rescatar minerales de zanjas, minas y escombreras, para después conservarlos primorosamente, y el científico que tiene en esa ciencia su profesión cotidiana, docente o no, pero que por esa misma razón carece del tiempo libre de aquel. Y es este último el que a veces aprovechando la labor del aficionado y utilizando sofisticadas técnicas de laboratorio solo existentes en algunas universidades públicas y por ello fuera del alcance del aficionado común, realiza los estudios e identificaciones pertinentes que pueden devenir después en publicaciones científicas de alto nivel.

En resumen

Creemos firmemente que la labor del coleccionismo privado ha sido y es fundamental en el conocimiento de nuestro Patrimonio Geológico, Mineralógico e Histórico Minero. A él se debe importantes aportes a la mineralogía y al conocimiento y localización de muchos yacimientos minerales hasta ese momento desconocidos.

El colectivo de amateurs, coleccionistas privados y asociaciones culturales mineralógicas es un factor esencial en el conocimiento, engrandecimiento y gestión del patrimonio geológico y arqueológico-industrial.

Su actividad se desarrolla fundamentalmente en entornos degradados por la actividad minera o extractiva en general, contribuyendo en el descubrimiento de estructuras geológicas expuestas por esas actividades, que de otro modo podrían pasar inadvertidas y, o, desgraciadamente, destruidas para siempre.

Su actividad fundamental lleva a la recuperación de ejemplares minerales para su limpieza, estudio, catalogación y disfrute de los mismos. Los ejemplares minerales, tras el estudio del contexto en el que se encuentran, deben ser extraídos y recuperados. Sin esta actividad las pérdidas de estos especímenes sería irreparable al desaparecer bien dentro del proceso extractivo mecanizado industrial, o bien al permanecer expuestos en los yacimientos a la intemperie lo que supone su rápida degradación por meteorización, perdiéndose por ello irremediadamente.

Conviene destacar el interés que acompaña siempre al coleccionista o aficionado en recabar los máximos datos de campo de los ejemplares recuperados. Y esto es así puesto que precisamente estos datos, que a veces al profano puedan parecer excesivamente minuciosos, son esenciales para realzar el valor de cada espécimen en función de su lugar de encuentro y para poder ponerlos a disposición de instituciones o científicos.

Por todo ello es esencial el apoyo y la difusión de este coleccionismo, como se viene haciendo en todos los países culturalmente avanzados, encauzado a través de asociaciones culturales mineralógicas sin ánimo de lucro, revistas divulgativas y bolsas-exposiciones de minerales como las señaladas. Se debe promover el máximo acercamiento posible y colaboración de una parte entre el mundo del coleccionismo mineralógico y asociaciones culturales mineralógicas y de otra las entidades universitarias correspondientes, uniendo esfuerzos en interés del mejor conocimiento del patrimonio mineralógico español. Esta unión constituye un movimiento que se denomina *ciencia ciudadana*: la labor del colectivo de amantes de las Ciencias de la Tierra permite realizar una tarea que es inasumible por los científicos, por su magnitud y características: la catalogación global y conocimiento preciso de la diversidad mineralógica.

Por último la actividad del colectivo de ciudadanos amateurs, coleccionistas y asociaciones culturales mineralógicas nos parece esencial en el fomento y la divulgación de la cultura científica en numerosos aspectos, no menos importantes, como la ayuda al estudio, motivación y descubrimiento de vocaciones en el estudio de las Ciencias de la Tierra a todos los niveles. En sí mismo es pues una actividad educativa constructiva y socialmente positiva. Muchas de estas bolsas-exposiciones dedican jornadas a las visitas de colegios que suelen acudir de la mano de sus profesores.

Fomenta, además el desarrollo de la cultura local, al divulgar e incorporar yacimientos minerales, entornos mineros antiguos y enclaves geológicos a sus catálogos turísticos. Sin su actividad, estos elementos habrían quedado abandonados y olvidados. Estos elementos constituyen fuentes de riqueza para economías locales como el caso de Hiendelaencina en Guadalajara, La Unión en Murcia, Río Tinto en Huelva, etc.

Favorece también la actividad divulgativa de los científicos que trabajamos en las Ciencias de la Tierra, al encontrar un público interesado y receptivo constituyendo un canal de comunicación social entre nuestra actividad científica y la sociedad.

Sin olvidar que este colectivo de ciudadanos amateurs, coleccionistas y asociaciones culturales mineralógicas favorece el crecimiento y mejora de las colecciones de nuestros Museos, cuyos fondos se nutren fundamentalmente de la actividad del coleccionismo privado.

En conclusión, como opinión informada y como profesionales de las Ciencias de la Tierra, consideramos que la actividad del coleccionismo privado y las asociaciones culturales mineralógicas debería siempre ser apoyada y defendida.

José González del Tánago y César Menor Salván

31 de diciembre de 2013

El Distrito Polimetálico de Huachocolpa (Huancavelica, Perú)

Cosme R. PÉREZ-PUIG OBIETA ⁽¹⁾ y José A. YPARRAGUIRRE CALDERÓN ⁽²⁾

⁽¹⁾E.T.S.I. Minas, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).
C/ Ríos Rosas 21; E-28003 Madrid (Spain)
E-mail: cosmeperezpuig@gmail.com

⁽²⁾Buenaventura Ingenieros BISA
C/ Larrabure y Unanue 145; Lima - 1 (Peru)
E-mail: jyparraquirre@bisa.com.pe

Resumen

C.R. PÉREZ-PUIG OBIETA y J.A. YPARRAGUIRRE CALDERÓN (2013) El Distrito Polimetálico de Huachocolpa (Huancavelica, Perú). *Acopios*, **4**: 1-57.

El presente trabajo ofrece una visión global de la mineralogía descriptiva del distrito minero de Huachocolpa, del cual se conocen muy pocos datos, debido a la casi nula cantidad de ejemplares que han llegado hasta el mercado de los minerales. Se describen tanto los minerales en muestra de mano, como al microscopio, tanto de varias vetas mineralizadas, como de las rocas volcánicas en las que están emplazadas. A parte de la ya conocida mina Palomo, se hace énfasis en los ejemplares procedentes de la mina Esperanza, donde destacan la esfalerita, galena, estibnita y el raro sulfato de Zn changoita.

Palabras clave: Huachocolpa, Perú, Changoita, Rodocrosita, Esfalerita.

Abstract

C.R. PÉREZ-PUIG OBIETA y J.A. YPARRAGUIRRE CALDERÓN (2013) The Polymetallic Mining District of Huachocolpa (Huancavelica, Peru). *Acopios*, **4**: 1-57.

This paper provides an overview on the descriptive mineralogy of the Huachocolpa mining district, where very few data are known, due to the very few specimens that have reached the mineral market. Descriptions of minerals in full view and under microscopes include the samples from some of the mineralized veins and their hosting volcanic rock. Apart from the well known Palomo mine, samples from the Esperanza mine are emphasized, such as sphalerite, galena, stibnite and the rare Zn sulfate changoite.

Keywords: Huachocolpa, Peru, Changoite, Rhodochrosite, Sphalerite.

INTRODUCCIÓN

Dentro del mundo mineralogista, el distrito Huachocolpa es relativamente desconocido, ya que hasta el año 2000, época en la que buscadores locales comenzaron a descubrir cristales sueltos de rejalgar con zonas alteradas a pararejalgar e introducirlos en el mercado (Hyrsl & Rosales, 2006), no se conocían muestras de la zona. Esto pudo ser debido a la prohibición de extraer muestras establecidas por las compañías mineras, por lo que cuando comenzaron a cerrar las explotaciones, se dedicaron a recuperar los ejemplares como forma de subsistencia.

De todas las muestras estudiadas para este artículo, caben destacar las esfaleritas de Esperanza (Pérez-Puig, 2008b), los rejalgares y oropimentes de Palomo, así como las estibnitas de Palomo (Hyrsl & Rosales, 2006) y Esperanza (Pérez-Puig, 2008b). Además, se ha observado también la presencia de changoita (un raro sulfato de zinc y sodio) en la mina Esperanza, lo que convierte a esta mina en la segunda localidad mundial para la especie (Pérez-Puig, 2008a). Se conocen también diversas muestras de siderita y rodocrosita con muy bella estética, procedentes del distrito de Huachocolpa aunque la mina donde se extrajeron no es conocida.

El principal mineral explotado en el distrito de Huachocolpa es la esfalerita, pudiéndose observar en todas las labores. Sin embargo, ejemplares cristalizados sólo se encuentran con frecuencia en la mina Esperanza, asociados con galena, cuarzo, barita y calcita, así como en la mina Palomo, donde se asocia con galena, cuarzo, seligmannita, rejalgar, oropimente, tetraedrita y calcopirita. Además de la esfalerita, con interés coleccionístico, también ha sido posible obtener muestras de galena, tetraedrita, bournonita, calcopirita, pirita, estibnita, rejalgar, oropimente, rodocrosita, calcita, siderita, barita, yeso, changoita y cuarzo.

En este trabajo se describen la historia y geología, así como todos los minerales reconocidos a la fecha en el distrito de Huachocolpa, tanto los minerales que se vienen explotando como los formadores de roca, además de aquellos formados por alteración de todos éstos. Se trata de un estudio relacionado con diversos trabajos universitarios (proyectos fin de carrera y tesis de máster) de investigación sobre la génesis de diferentes minas del distrito (Yparraguirre, 2005; Yparraguirre, 2008 y Pérez-Puig, 2008).

UBICACIÓN

El distrito minero de Huachocolpa se encuentra a unos 400 km al sureste de la ciudad de Lima, en el centro-sur de la provincia de Huancavelica (figura 1); a mitad de camino entre los más conocidos distritos de Julcani (Angaraes) y San Genaro (Castrovirreyna). Está ubicado en el flanco este de la Cordillera Occidental de los Andes Centrales Peruanos. Las altitudes del distrito oscilan entre los 4.300 m y más de 5.000 m de altitud sobre el nivel del mar.

Para llegar al distrito de Huachocolpa desde Lima existen varias posibilidades de viaje, todas ellas por carretera:

- Salir de Lima por la carretera central, una vez llegados a La Oroya, continuar hacia Huancayo, seguir hacia Huancavelica y de Huancavelica dirigirse hacia Santa Inés para desviarse a Huachocolpa.
- Otro trayecto, más corto, cómodo y rápido, parte de Lima por la Panamericana Sur hacia Pisco, donde se toma el desvío hacia Castrovirreyna, desde ahí continuar hacia la Laguna Choclococha, cruzar el Paso de Chonta y descender a Huachocolpa.



Figura 1: Mapa de Perú con ubicación del distrito minero de Huachocolpa.

- El tercer itinerario posible, más corto y rápido que los anteriores, se asemeja bastante al segundo: una vez se llega a Pisco, se continúa hacia Huaytará, desde aquí a Rumichaca, y desde Rumichaca, continuando hacia el norte, se cruza el Paso de Chonta para llegar a Huachocolpa.

La veta Teresa-Teresita (en adelante veta Teresita, VT) se localiza en la zona central del distrito y, junto con la veta Esperanza (VE), trabajada en las Minas Esperanza y Nancy Luz (para los niveles inferiores) en el extremo sureste del distrito, son explotadas por la compañía de Minas de Buenaventura S.A.A. (CMBSAA).

La veta Bienaventurada (VB), explotada en la mina Bienaventurada, y la veta Rublo (VR), perteneciente a la mina Chonta, están siendo explotadas por la Compañía Minera Caudalosa S.A. (CMCSA) en la zona oeste del distrito Huachocolpa.

A menos de 1 km al norte de las vetas explotadas por CMCSA se encuentra la mina Coquito, actualmente parada pero con vistas a su reapertura por pequeños inversores.

Por último, las mineralizaciones del cerro El Palomo, se encuentran paradas desde el año 2000, cuando CMBSAA paralizó sus explotaciones; sin embargo, buscadores locales suelen entrar en las labores a recuperar muestras para coleccionismo. Estas minas se encuentran en el extremo suroeste del distrito. Dentro del distrito, existen más vetas cuya explotación está parada por encontrarse agotadas o por no esperarse un beneficio con su explotación debido a su pequeño tamaño o poca cantidad de recursos disponibles para la extracción.

HISTORIA¹

Las primeras referencias conocidas del Distrito de Huachocolpa corresponden a las citas del cronista Marcos Jiménez de la Espada, quien en 1586 habla de la mina Huachocolpa, en Angaraes, con minerales de plata.

En 1920, el español Don Agustín Areas Carrasco recorre la zona, descubriendo varias mineralizaciones aflorantes y comienza a extraer mineral a pequeña escala.

Durante la I Guerra Mundial y la Guerra de Corea comienza un laboreo intensivo, construyéndose la carretera y la Planta concentradora del Banco Minero. En el año 1940 el Sr. Antonio Obradovic registra los denuncios para las minas de Rublo, procediendo a su explotación mediante estrío manual. Al fallecer le sucede su hermano Mateo, quien forma la Compañía minera Huanta S.A., construyendo una planta concentradora y una hidroeléctrica.

Durante esa época se ponen en explotación diferentes minas (Caudalosa Chica, Emmita, Coquito, Asia, Grau, Consuelo, Recuperada, Teresa, Teresita, Isabel y otras), con diferentes propietarios, que trataban su mineral en la recién inaugurada Planta Concentradora del Banco Minero.

Al cabo de uno pocos años, las compañías mineras peruanas empiezan a fijarse en el distrito. CMBSAA, por ejemplo, tras fundarse en Julcani en 1953, visita el distrito en el mismo año y toma varias opciones mineras en 1955 como son la zona de Germana (al norte de la veta Esperanza). A finales de año, también comienza a explorar la zona de la veta Esperanza (específicamente Rico Antimonio).

El 10 de Agosto de 1956 CMBSAA toma en opción las Minas Teresa-Teresita-Isabel, comenzando las tareas de exploración el mismo año que, a la sazón, la VT ha resultado ser la estructura más rica de todo el distrito.

El mineral extraído por CMBSAA en las minas explotadas (Recuperada, Rico Antimonio, Teresa y Teresita) era enviado para su tratamiento a la Planta Concentradora del Banco Minero. Hasta que en el año 1960 construyó en Corralpampa una planta concentradora para ahorrar costes.

La otra gran compañía que se estableció en la zona fue la CMCSA, que se dedicó a la extracción de mineral en la zona oeste del distrito en las minas Chonta, Caudalosa Chica y otras. Dentro de estas minas, destaca por el volumen de mineralización de veta Bienaventurada, casi del orden de la veta Teresita.

¹ Tomado del excelente trabajo de Inga (2002)

En el distrito se continuó con una explotación bastante continua y regular hasta que en los años 2000 y 2001 se cerraron casi todas las explotaciones debido a la fuerte bajada del precio de los diferentes metales, especialmente del zinc, que se quedó por debajo de los 800 \$/TM.

Sin embargo, gracias al incremento en el precio de los metales a partir de 2005, se están reabriendo la mayoría de las estructuras principales para recuperar todo el mineral dejado en profundidad y así apoyar a las comunidades campesinas en el área de Huachocolpa (Valdivia & Paullo, 2006), una de las zonas más desfavorecida económicamente de Perú.

MARCO GEOLÓGICO

Litologías

El distrito minero de Huachocolpa comprende estructuras hidrotermales de baja temperatura, alojadas en materiales sedimentarios calcáreos triásico-jurásicos y en materiales volcánicos terciarios. Además, en los alrededores del distrito afloran materiales correspondientes al basamento paleozoico, continuando toda la secuencia estratigráfica hasta los recubrimientos cuaternarios.



Figura 2: Afloramiento de materiales volcánicos mostrando una pseudo-estratificación. Presentan una alteración argílica leve y fuerte silicificación debido a la interacción con los fluidos portadores de la mineralización de la veta Rublo.

Los materiales calcáreos de interés en el distrito son los correspondientes al grupo Pucará, conformado por las formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga (Harrison, 1943), siendo la formación Condorsinga la que alberga las mineralizaciones, generalmente asociadas a procesos secundarios de dolomitización (Valdivia & Paullo, 2006). Se han reconocido diversos fósiles: moluscos (*Ostridae* *Lopha*), braquiópodos, amonites y corales, que indican una deposición sub-arrecifal y caracterizan a la unidad con edad Toarciense (183 a 175,6 M.a.) (Valdivia & Paullo, 2006).

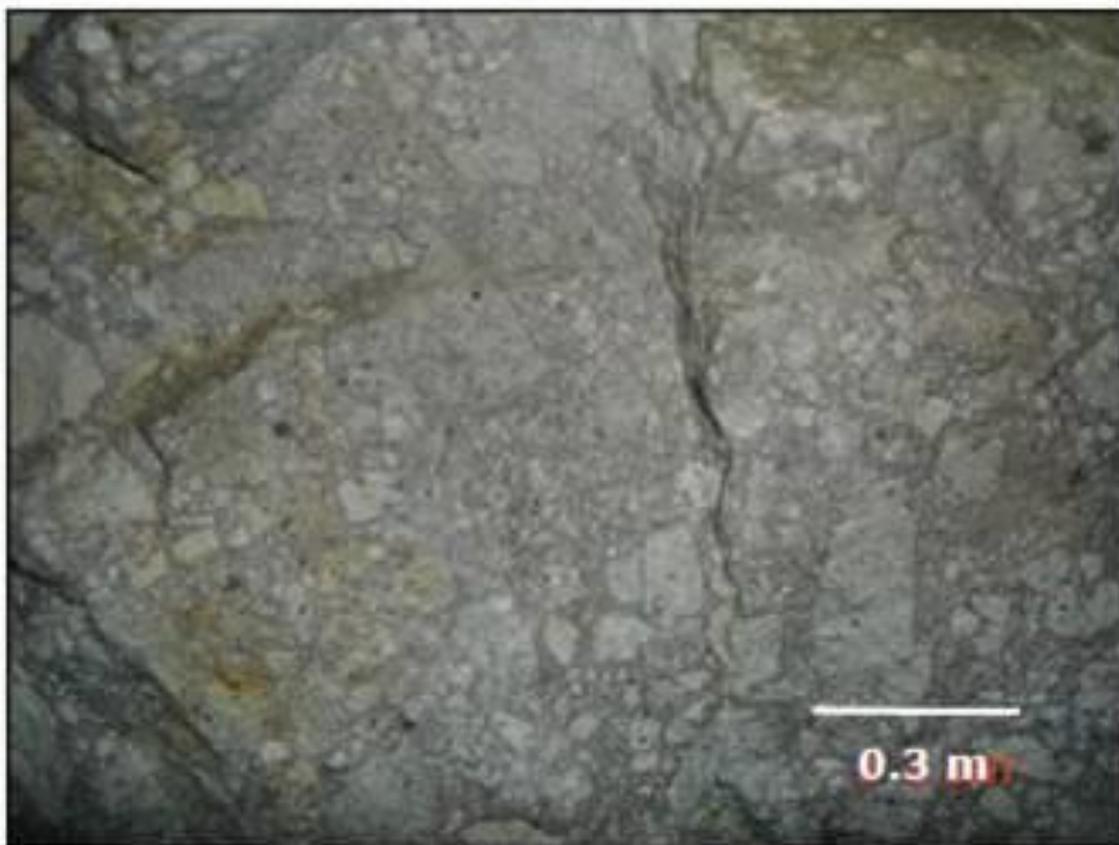


Figura 3: *Brecha volcánica con disseminación de pirita y alteración sericítica y débil argilización, observada en la veta Rublo.*

Más importantes que las vetas hospedadas en materiales calcáreos son las vetas asociadas a materiales volcánicos, donde se encuentran las vetas Bienaventurada, Rublo, Esperanza, Teresita, las correspondientes al subdistrito argentífero del cerro el Palomo, etc. Estos materiales conforman el grupo Huachocolpa, subdividido en las formaciones Caudalosa, Apacheta, Chahuarma y Portuguesa. Se trata de coladas (figura 2), brechas volcánicas (figura 3) y materiales piroclásticos, los cuales presentan composiciones que varían de dacitas a andesitas y andesitas basálticas. Hay, además, rocas intrusivas de edad cretácica y recientes, datadas entre 3,7 M.a. (método K/Ar; McKee *et al.*, 1975) y 13,40 M.a. (también método K/Ar; Noble *et al.*, 1979), que están asociados a los domos del Cerro El Palomo. También existe un sistema de pequeños diques con edades comprendidas entre los 3.9 M.a. y 4.6 M.a. (método K/Ar; Wise, 1999). Uno de estos diques es sumamente importante ya que corta la falla Chonta, limitando la edad de dicha falla (Wise & Noble, 2001), de la que se va a hablar a continuación.

Geología Estructural

La mineralización del Distrito Huachocolpa se encuentra relleno de espacios abiertos dejados por fallas formadas durante el evento compresivo Quechua III, de edad Mioceno Superior a Plioceno Inferior (Soulas, 1975 y Megard, 1979), originado por movimientos conjugados de bloques (figura 4).

La figura 4 muestra el estado anterior y posterior a dicho evento compresivo, donde también se explica los movimientos dextrales y sinestrales observados en las vetas y fallas del distrito y la importancia que tiene la falla Chonta.

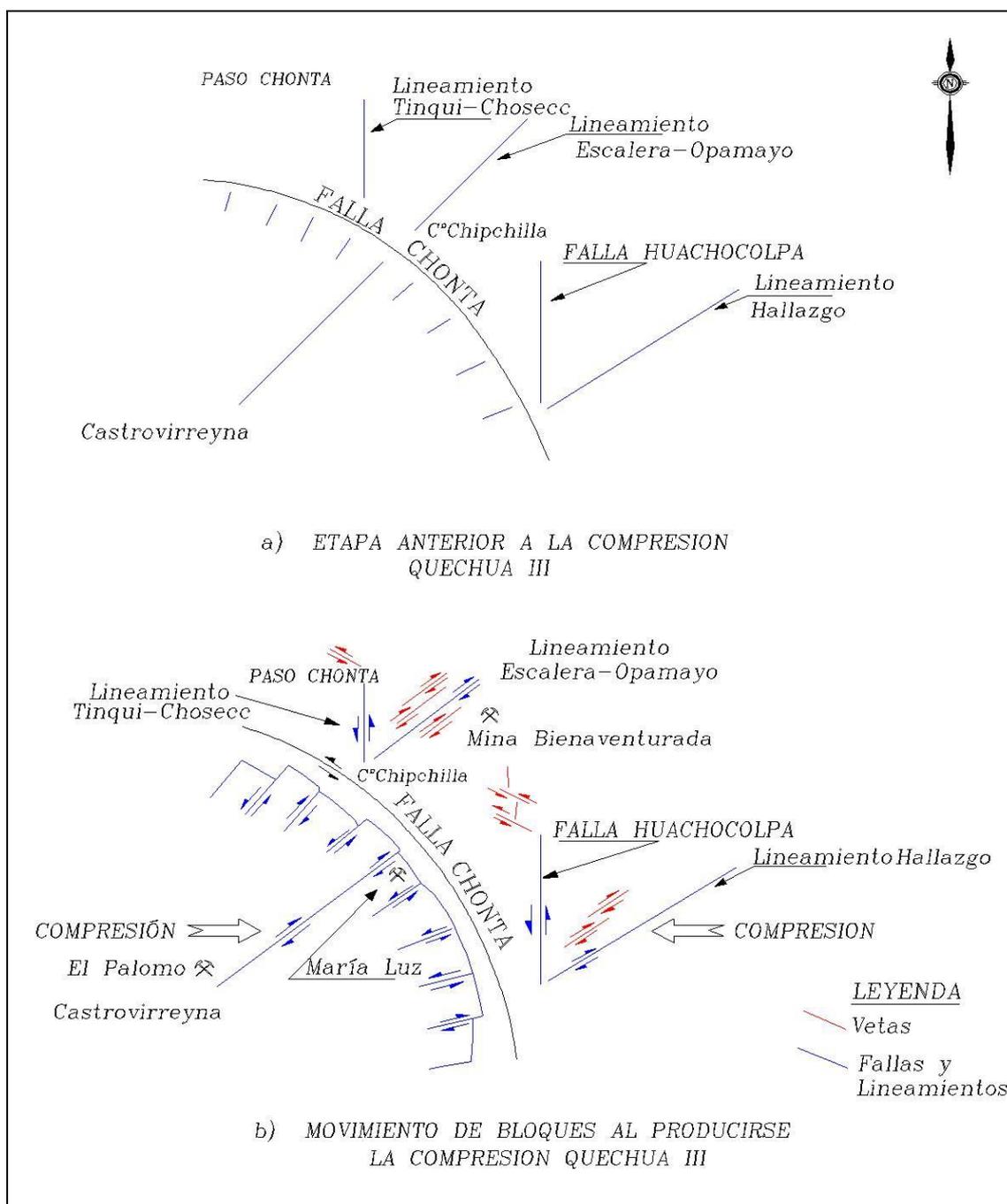


Figura 4: Modelo ideal para explicar la formación de fallas y vetas del distrito de Huachocolpa.

La falla Chonta es una gran estructura de los Andes Centrales Peruanos, pudiendo ser reconocida a lo largo de más de 200 km, con rumbo aproximado N45°W y buzamiento subvertical. Se trata de una falla inversa originada durante el evento compresivo Quechua I del Mioceno Inferior (21 a 14 M.a.) (Soulas, 1975) y que está asociada al gran sinclinorio de Castrovirreyna (Wise & Noble, 2001) (figura 5). Comenzó como una falla inversa asociada a la formación Casapalca (figura 5) hasta que durante la fase Quechua III se reactivó con movimientos sinestrales (Megard, 1979 y Wise & Noble, 2001). Su actividad cesó por lo menos hace 3.9 M.a. como indica un dique que corta la falla (Wise & Noble, 2001).

Hay que destacar que la falla Chonta no controla ningún depósito económico ni tiene asociada alteraciones hidrotermales, lo que implica que la falla estuvo cerrada al paso de

los fluidos hidrotermales durante la génesis de los yacimientos (Wise & Noble, 2001). No así las estructuras tensionales, que dieron lugar a las mineralizaciones económicas (figura 4).

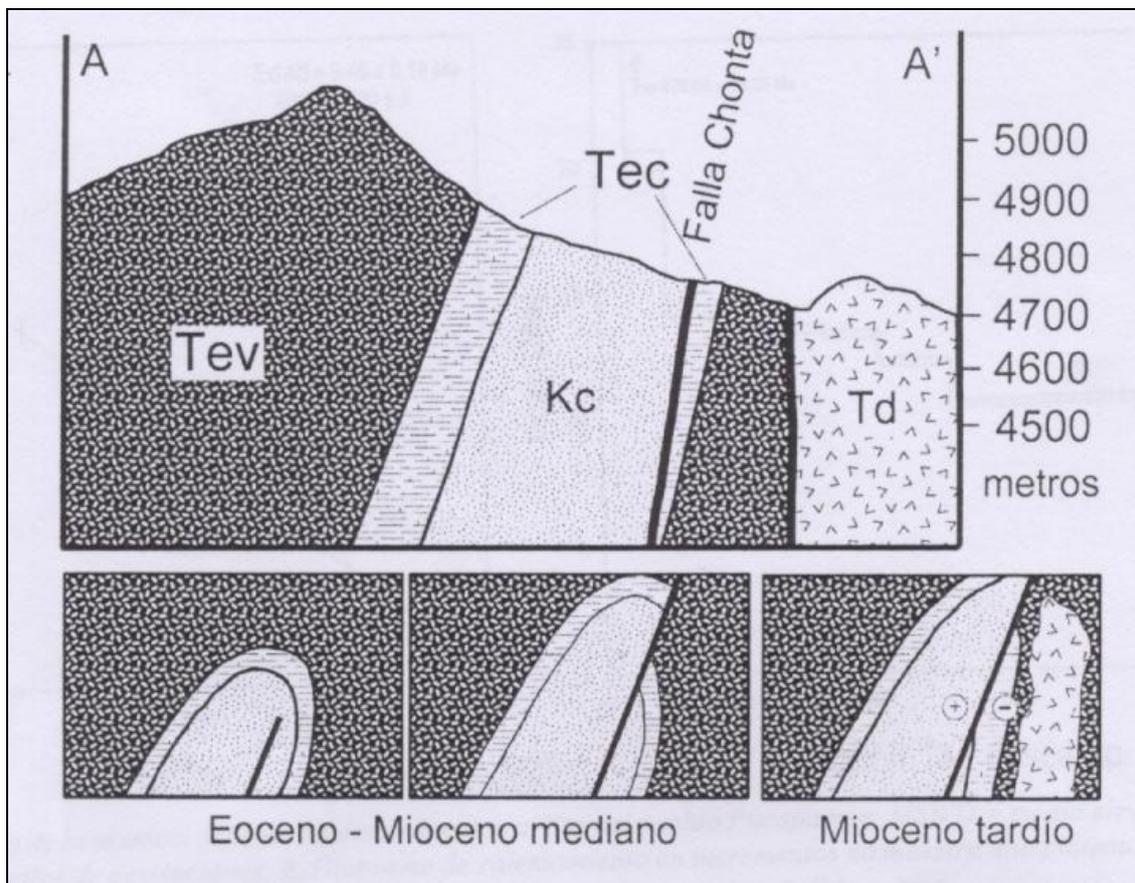


Figura 5: Sección geológica de la falla Chonta (Kc: formación Casapalca; Tec: materiales de techo de la formación Casapalca, de edad terciaria; Tcv: materiales volcánicos del terciario, formación Apacheta; Td: diques intrusivos de composiciones dacíticas). Inferior: esquema evolutivo de formación de la falla Chonta. Tomado de Wise et al. (2001).

Geología económica

El Distrito Huachocolpa presenta mineralizaciones de Zn-Ag-Pb-Cu con algunas anomalías en Au. Según estudios de diversos autores (Bruha, 1983; Yparraguirre, 2005; Yparraguirre, 2008; Pérez-Puig, 2008a) las alteraciones de la roca de caja, el tipo de minerales y los procesos físico-químicos observados en las estructuras son acordes con un modelo epitermal de baja sulfuración en rocas volcánicas.

En la tabla 1 se muestran las características típicas de los diferentes tipo de yacimientos epitermales emplazados en rocas volcánicas según la clasificación de Heald *et al.* (1987). Las características que están en cursiva, respetando la publicación original, son las que los autores consideran diagnósticas para cada tipo, mientras que en negrita se resaltan las que se cumplen en las estructuras estudiadas en el distrito (VB, VR, VT y VE). Hay que destacar, de todas formas, que no todas las vetas citadas cumplen todas las características citadas.

Por otro lado, Hedenquist *et al.* (1996) definen como características de yacimientos epitermales de baja sulfuración las siguientes condiciones encontradas en los estudios realizados sobre las vetas VB, VR, VT y VE:

1. Varios episodios de brechificación.
2. Presencia de calcita laminar (en inglés *bladed calcite*), que indica un proceso de ebullición del fluido hidrotermal.
3. Reemplazo de la calcita laminar por cuarzo.
4. Ausencia de pirofilita, diásporo y alunita. Tampoco se han observado cuarzo oqueroso (en inglés *vuggy silica*) ni alunita, que indican una alteración argilíca avanzada.

Los puntos 1 y 2, de todas formas, hay que considerarlos con cuidado, ya que solo se ha observado una vez este fenómeno en la veta Esperanza, con lo que es arriesgado generalizarlo a todo el distrito. Además, no se ha podido caracterizar adecuadamente la morfología de los cristales, pudiendo tratarse de barita reemplazada por cuarzo, como parece observarse en la figura 15, o como las muestras que se extrajeron en la mina Palomo a comienzos del año 2006 (Hyrsl & Rosales, 2006).

Tabla I

ALTA SULFURACIÓN (HS O ÁCIDO-SULFATADA)	BAJA SULFURACIÓN (LS O ADULARIA-SERICITA)
<i>Enargita + pirita ± covellina</i>	<i>Ausencia de enargita</i>
<i>Abundante alunita hipogénica</i>	<i>Domina alteración sericítica</i>
<i>Caolinita hipogénica importante</i>	Rara caolinita (supergénica)
<i>Ausencia de adularia</i>	<i>Adularia</i>
Ausencia de seleniuros	A menudo seleniuros
Minerales de Mn raros	Ganga de Mn presente
Clorita rara	Clorita abundante
A veces bismutinina	Ausencia de bismutinina

Tabla I: *Características mineralógicas de los diferentes yacimientos epitermales. Modificado de P. Heald et al. 1987.*

La composición de las menas reconocidas en el distrito corresponde a esfalerita, galena (argentífera), tetraedrita, platas rojas y calcopirita, en una ganga de cuarzo, calcita, barita, adularia y yeso. Además, se reconocen otros minerales metálicos como pirita, estibnita, rejalgar, geocronita y diversos sulfuros y sulfosales minoritarios.

Metalogenia

Gracias a los trabajos llevados a cabo por diversos geólogos consultores (por ejemplo, D.C. Noble, U. Petersen, etc.), Bruha (1983) y más recientemente por Yparraguirre (2005 y 2008) y Pérez-Puig (2008a), se puede conocer los procesos que dieron lugar a la formación de las vetas del distrito. De estos trabajos, los más interesantes son los dos últimos, ya que se centran en las estructuras que se van a considerar para este artículo.

Mediante estudios de microtermometría de inclusiones fluidas (figura 6), se han podido conocer las temperaturas de formación de las VB, VR, y VE, que varían entre los 220 °C y 330 °C, con salinidades en el rango de 5 a 8 % equiv. en peso de NaCl. Además, con el reconocimiento de procesos de ebullición, se establece que los depósitos son epitermales. Los estudios de Bruha (1983) sobre VT, caracterizan el fluido del principal evento mineralizador con una temperatura entre 325 °C y 375 °C, con una salinidad entre 7,5 y 12 % equiv. en peso de NaCl.

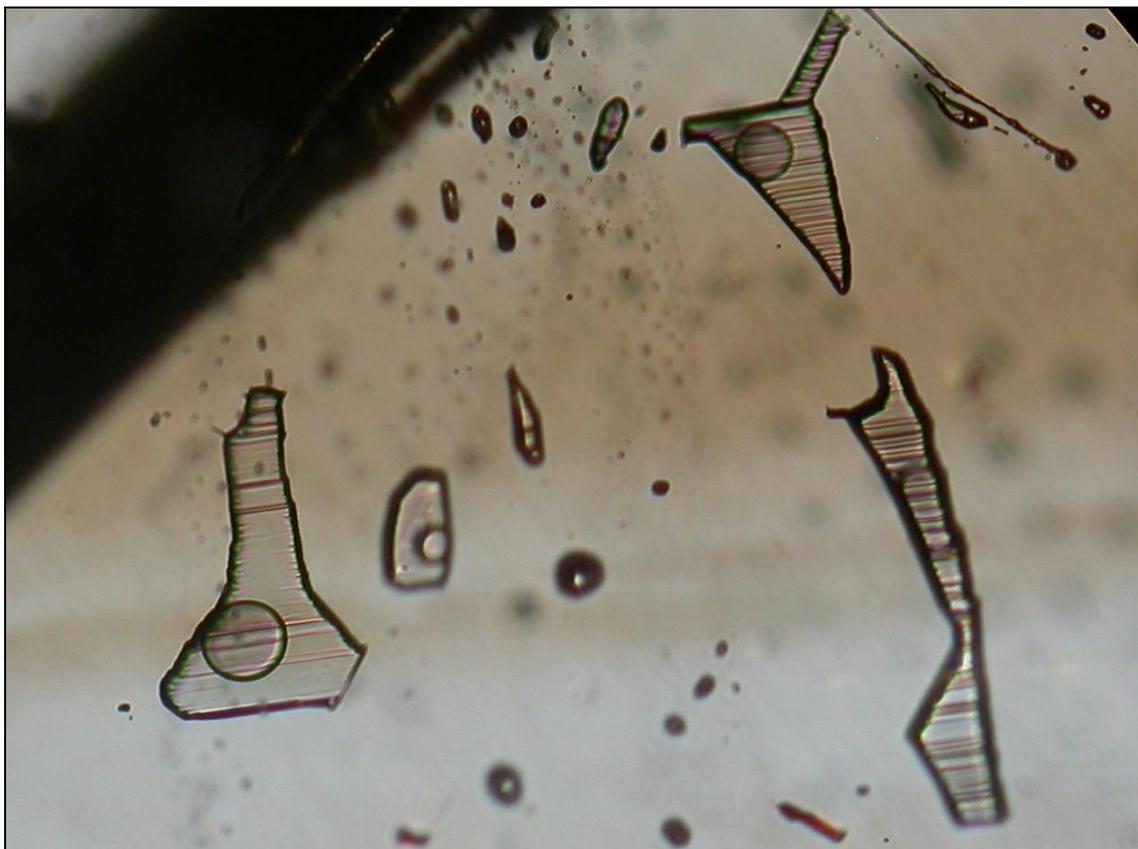


Figura 6: *Microfotografía de varias inclusiones fluidas, con morfologías poligonales, bifásicas, con agua y una burbuja de vapor, en esferalerita. Ancho de la imagen: 0,8 mm.*

Estos resultados están conformes con el zonado existente en el distrito, en el cual se tiene una zona central de mayor temperatura, con un gradiente térmico descendente hacia los extremos. Geoquímicamente, observando la distribución de los elementos Ag, Au, Cu, Zn y Pb: se observa un núcleo central con predominancia del ZN (VT, VB) y en cuyo interior existe una zona con mayores valores de Cu y Au. Hacia el norte, se pasa a una zona con predominio del Pb (mina Angélica), mientras que hacia el sur-suroeste existe una aureola argentífera (minas de El Palomo). Por último, la franja rica en plomo continuaría bordeando por el este la zona central de zinc hasta llegar a la zona de mina Esperanza, donde se igualan los contenidos en Pb y Ag. Esta disposición de los elementos indica un foco térmico en la zona rica en zinc (probablemente donde aumenta el contenido en Au y Cu) que disminuye hacia las zonas externas donde se reconocen sulfosales de Ag (al sur) y Pb (al norte).

Debido a la anomalía provocada por el solape de las zonas de plomo y plata en el área de mina Esperanza, diversos autores (J. Herrera & G. Pamo, en Inga, 2002) que han estudiado el zonado del distrito Huachocolpa han subdividido el área de Rico Antimonio, Esperanza, Quellomachay, Nancy Luz y Germana en un subdistrito con su propio zonamiento, cuya área de plata estaría representada por Nancy Luz, Germana y el extremo oeste de Esperanza.

MINAS TRATADAS EN ESTE TRABAJO

A continuación, se describen las minas en las que se han realizado estudios y se han recuperado muestras de diversos minerales.

Como se observa en la figura 4, el distrito de Huachocolpa está atravesado en su extremo suroeste por la falla Chonta, quedando la mayoría de las minas tratadas en este trabajo en la zona noreste, a excepción de la mina El Palomo, que se encuentra en el extremo suroeste del distrito, ya en la zona que queda al oeste de la falla Chonta.

Mina Esperanza (veta Esperanza)

La mina Esperanza se localiza en la zona sureste del distrito de Huachocolpa. En superficie, se divide en dos zonas, situadas en las laderas este y oeste de un pequeño valle, mientras que, en profundidad, se comunican siguiendo la veta Esperanza. Los accesos principales se localizan a una altitud de 4.500 m aproximadamente (figura 7).



Figura 7: Uno de los autores en la entrada oeste de la mina Esperanza. Fotografía: G. Iriarte.

En esta mina se explotan diversas estructuras, siendo la principal la veta Esperanza. La veta Esperanza está reconocida a lo largo de más de 1.500 m, en cotas superiores a los 4.400 m de altitud. Tiene un rumbo general W-E, buzando 70° a 80° al sur; sin embargo, en el extremo este, la orientación es de N75°W, mientras que en el extremo oeste, tiene una dirección N80°E. Observando la disposición de los principales clavos mineralizados, la veta presenta una morfología en rosario, pasando de anchos centimétricos rellenos con panizo (en inglés *gouge*) a anchos de varios de metros (hasta 4 m) con relleno de minerales de mena, ganga y roca de caja (Pérez-Puig, 2008a).

En la figura 8 se observan los estériles y la plaza del nivel 595, mientras que a media ladera se reconocen las labores de los niveles superiores. En los barrancos se reconocen alteraciones argilíticas con caolinita, asociada a vetas. Al fondo, a la derecha, las alteraciones se corresponden a la expresión superficial de las vetas del área de Rico Antimonio. En superficie también se reconoce una alteración propilítica débil, con diseminación de pirita sobre la que se superpone la alteración supergénica. En profundidad la alteración pasa a cuarzo-sericita, con una ligera silicificación de la matriz de lavas y fenocristales de plagioclasas alterados, así como impregnaciones de pirita en forma de diseminaciones, puntos, reemplazos, venilleos y rellenos de craquel brechas de fractura (Pérez-Puig, 2008a).



Figura 8: Vista del área oeste de la veta Esperanza, desde la bocamina del nivel 630.



Figura 9: Vista de la veta Esperanza en el interior de la mina (nivel 630), englobando un gran fragmento de roca. Ancho de la zona mineralizada: 1,20 m.

La mineralogía de mena se compone de galena argentífera y esfalerita marrón, con menor tetraedrita, en ganga de cuarzo y barita, además de yeso en zonas distales y en muchos casos con fragmentos de roca encajante englobados por la estructura (figura 9).

Además se ha observado, asociado con la esfalerita, rejalgar, junto con estibnitas de gran tamaño (>1 cm) acompañadas de cuarzo y yeso, en el extremo superior este de la veta.

Mina Chonta (veta Rublo)

La veta Rublo (VR) es una de las principales estructuras de la mina Chonta. En superficie puede reconocerse a lo largo de 1.000 m de longitud (figura 10), de los cuales 753 m son productivos, llegando a 270 m de extensión vertical; tiene una dirección promedio de N58°-80°E y buzamientos de 60° a 70° al sureste, con potencias que varían entre los 0,3 m y los 2,2 m (Yparraguirre, 2008).



Figura 10: Vista panorámica del entorno de la veta Rublo, con indicación de su afloramiento.

La estructura en general se presenta brechificada, con mena de esfalerita, galena, calcopirita, en núcleos, diseminaciones y bandas irregulares que engloban inclusiones de roca argilizada; la ganga está constituida por cuarzo, pirita y minerales de arcilla (Yparraguirre, 2008). En la veta Rublo se ha reconocido un zonamiento según la vertical: el cobre y la plata predominan en las labores superiores, mientras que el zinc y el plomo aumentan en profundidad (Yparraguirre, 2008).

La roca de caja se compone de rocas volcánicas y brechas de composición andesítica a dacítica. Hacia superficie, predomina una alteración argílica débil a moderada, que se superpone a la filica presente en profundidad. La roca de caja hacia el extremo oeste cambia rotundamente de una brecha andesítica a una riolita, donde la estructura se ramifica y en donde disminuyen las leyes de mineral (Yparraguirre, 2008).

Mina Bienaventurada (veta Bienaventurada)

La mina Bienaventurada, operada por la CMCSA, se encuentra al norte/noreste de la mina Chonta. La principal estructura explotada en esta mina es la Bienaventurada, además de las vetas Sur 1, Tatiana y Ramal Bienaventurada.

La veta Bienaventurada se ha reconocido en una longitud superior a los 1.000 m con potencias variables desde unos centímetros hasta 3 m (figura 11). Tiene una dirección promedio de N52°-65°E, buzando entre 55° y 75° al sureste. La cota de emplazamiento, con posibilidad de desarrollo en profundidad, ha sido entre los 4.300 m y los 4.550 m sobre el nivel del mar. Presenta una morfología en rosario, al igual que la veta

Esperanza. En este caso, las zonas de apertura se corresponden con la intersección con otras estructuras (Yparraguirre, 2005).



Figura 11: Vista panorámica de las vetas Bienaventurada y ramales. En primer plano, a la izquierda, se localiza la veta Rublo. Se han marcado los afloramientos de las vetas para facilitar su comprensión.

En general, se observa una brecha hidrotermal con clastos de la roca encajante en una matriz compuesta por abundante cuarzo y diversos sulfuros de Zn, Pb, Ag y Cu y, en menor medida, sulfosales de Pb y Ag. Hay zonas en las que la veta se presenta en forma de relleno hidrotermal con la típica morfología bandeada (figura 12) y relleno de vetillas (Yparraguirre, 2005).



Figura 12: Bandeado y relleno de vetillas subparalelas en la veta Bienaventurada. Ancho de la zona mineralizada: 0,75 m.

Como se observa en la figura 11, la disposición de los ramales indica que la veta Bienaventurada se formó por un cizallamiento con una componente dextral.

Mina Coquito

La mina Coquito se localiza al norte de las minas Chonta y Caudalosa Chica, siguiendo el curso del río Escalera (figura 13). La mineralización es similar a la de estas minas, pero de menor entidad. A finales del año 2006, cuando fue visitada por uno de los autores, se encontraba parada, aunque los dueños deseaban poder reabrirla y/o arrendarla.



Figura 13: Vista panorámica, mirando al suroeste, de las minas de Coquito, en la ladera noroeste del río Escalera.

Mina El Palomo

Las minas del cerro El Palomo se localizan en el extremo suroeste del distrito, ya en la zona que queda al oeste de la falla Chonta. En esta zona, las mineralizaciones poseen un mayor contenido en plata. La mineralización consiste en galena, esfalerita y calcopirita, con menor presencia de tetraedrita y sulfosales de plata (pirargirita, proustita y polibasita) y argentita, en ganga de rodocrosita, rodonita, adularia, calcita y cuarzo (Inga, 2002, Hyrsl, 2008). Desgraciadamente, las labores están abandonadas y no parece ser que existan planes de reapertura por parte de las compañías que trabajan en el distrito.

Pero no todo son malas noticias, buscadores locales están recuperando abundantes muestras de rejalgar, pararejalgar, estibnita, esfalerita y otros sulfuros desde el año 2000 (Hyrsl & Rosales, 2006, Hyrsl, 2008).

Minas Angélica y Elsa

Las minas Angélica y Elsa se encuentran justo al norte del poblado de Huachocolpa, en la zona de contacto entre rocas intrusivas y las rocas calcáreas del grupo Pucará (figura 14). Desde el punto de vista mineralógico destacan por la presencia en sus alrededores de geocronita.



Figura 14: Antiguo valle glaciar ocupado actualmente por el río Opamayo. Al fondo, en la ladera izquierda, afloran los materiales del grupo Pucará, donde están emplazadas las minas Angélica y Elsa.

MINERALOGÍA

El orden seguido en la descripción de los minerales ha sido:

1. Minerales de mena principales (> 5% de abundancia),
2. Minerales de mena accesorios (< 5% de abundancia),
3. Sulfuros no explotables,
4. Minerales de ganga,
5. Minerales de alteración en las estructuras,
6. Minerales de alteración sobre la roca encajante,
7. Minerales formadores de la roca encajante.

Y, para cada mineral, se ha comenzado con las muestras procedentes de la veta Esperanza, después de la veta Bienaventurada, veta Rublo y se finaliza con las de la mina Palomo. En algunos casos, se ha considerado interesante completar la información con el resto de muestras procedentes del distrito.

Para las descripciones de minerales de veta Esperanza se ha recurrido a Pérez-Puig (2008a y 2008b), de la veta Bienaventurada a Yparraguirre (2005), de la veta Rublo a Yparraguirre (2008) y de la mina Palomo a Inga (2002); Hyrsl & Rosales (2006), Hyrsl (2008) y Pérez-Puig (2008b). Para las muestras referidas al distrito de Huachocolpa, se ha consultado a Hyrsl (2011) y Hyrsl *et al.* (2010).

Esfalerita (ZnS)

Las muestras procedentes de la mina Esperanza aparecen junto con cristales de galena en una matriz compuesta fundamentalmente por barita y, en menor medida, cuarzo. En

estas muestras existe un predominio de la esfalerita sobre la galena. Observaciones en muestra de mano permiten distinguir tres variedades de esfalerita (Pérez-Puig, 2008a y 2008b):

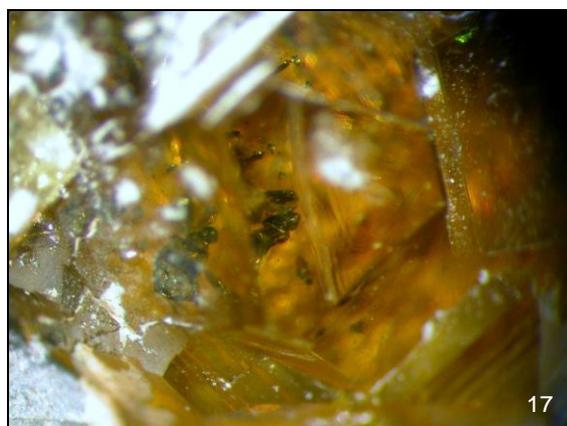
1. Esfaleritas más oscuras, generalmente de mayor tamaño, no siendo raro cristales de más de 4 cm de diámetro, presentes en la zona oeste de la veta (figuras 15 y 16).
2. Esfaleritas rubias, de pequeño tamaño (hasta 1 cm), con brillo vítreo, colores rojizos y transparentes. Está asociada a pequeños octaedros de galena, con una matriz muy rica en barita, con cuarzo y calcita recubierta por una pátina de óxidos. Se ha observado en muestras recogidas en la zona central de la veta.
3. Esfaleritas, también rubias y de pequeño tamaño, pero con colores más verdosos; asociados a cubos de galena, en una matriz con barita y un poco de cuarzo (figura 17). Estas esfaleritas están presentes en la zona este del yacimiento.



Figura 15: Cristales de esfalerita y galena, en ganga de cuarzo y barita (reemplazada parcialmente por cuarzo). Mina Esperanza. Longitud del ejemplar: 9,5 cm.



16



17

Figura 16: Cristales de esfalerita, sobre matriz de cuarzo reemplazando barita. Mina Esperanza. Longitud del ejemplar: 5,3 cm.

Figura 17: Cristal de esfalerita, de color verdoso, con inclusiones sólidas de galena. Mina Esperanza. Longitud del cristal: 0,35 cm.

Sin embargo, observando los cristales de esfalerita con microscopía de luz reflejada, sólo se han podido distinguir dos tipos (Pérez-Puig, 2008a):

1. Esfalerita rojiza, de pequeño tamaño, en muestras de zonas distales de la veta, dentro de secuencias rítmicas con cuarzo y cristalizaciones fibroso-radiales de estibnita en el núcleo del cristal.
2. Esfalerita parda beige, con cristales de gran tamaño, presentes en todo el yacimiento, asociados a cuarzo y barita, en ocasiones presentándose como fragmentos de brecha hidrotermal o como cristales en espacios abiertos. Se trata de esfaleritas con una transparencia muy elevada.

Por otro lado, en la veta Bienaventurada, la esfalerita se presenta de dos formas (Yparraguirre, 2005):

1. Blenda rubia: se presenta cristalizada, de forma compacta, en núcleos y franjas; en las zonas de falla se reconoce de manera diseminada. Generalmente se asocia a la galena y calcopirita.
2. Marmatita: esfalerita con alto contenido en Fe. Se reconoce por su coloración negruzca y brillo submetálico. Se presenta a modo de núcleos masivos y compactos.

Además de aparecer en mina Esperanza, en la mina Palomo también se encuentran bellos ejemplares cristalizados de esfalerita. De todas las muestras observadas, sólo se puede describir una familia de esfaleritas, con tamaños entre 2 y 3 cm y de color pardo (figura 20) (Pérez-Puig, 2008b).

Hyrsl & Rosales (2006) citan el hallazgo en 2003 de cristales de rejalgar asociados a tetraedrita, galena y esfalerita. En algunos casos, estas esfaleritas se presentan recubiertas por pequeños cristales de tetraedrita y, en otras ocasiones, la esfalerita se presenta como agregados botroidales brillantes de color marrón chocolate, compuestos por microcristales de esfalerita (Hyrsl, 2008).

Se tiene constancia de un nuevo hallazgo (en 2010 ó 2011) de cristales de esfalerita de color negro, maclados, y tamaños de hasta 5 cm; asociados a cristales de tetraedrita de hasta 1 cm, cubiertos por calcopirita (Hyrsl, 2011).

Galena (PbS)

La galena es un mineral muy común en esta clase de yacimientos. Los cristales observados en la veta Esperanza presentan un color gris claro, un fuerte brillo metálico, pero como en muchos casos están recubiertos por pequeños cristales de galena, presentan una apariencia “arenosa”. Estos cristales se pueden clasificar en al menos tres familias diferentes (Pérez-Puig, 2008b):

1. Cristales de galena de hasta 1 cm, generalmente cubo-octaédricos, y en ocasiones octaédricos, presentes en la zona oeste del yacimiento (figura 18).
2. Cristales similares a los de la zona oeste pero con tamaños inferiores y en algunos casos con las caras del cubo más desarrolladas, asociados a abundante barita, parcialmente recubierta o reemplazada por cuarzo, y calcita con pátinas de óxidos de Fe (figura 19) que aparecen en la zona central de la veta, predominando sobre la esfalerita.
3. Cristales cubo-octaédricos, con aristas menores a 0,5 cm, presentes en la zona este del yacimiento, asociados a esfalerita. Se presentan a modo de cristales o fragmentos englobados por la esfalerita (figura 17).



Figura 18: Cristales octaédricos y cubo-octaédricos de galena, cubiertos por una segunda generación de cristales de galena microscópicos, que le confieren una textura "arenosa", asociados a barita reemplazada por cuarzo, en matriz de roca volcánica. Mina Esperanza. Longitud del agrupamiento: 5,5 cm.

Observada al microscopio, la galena se presenta asociada con cuarzo, barita, esfalerita, tetraedrita, calcopirita y el resto de minerales de mena. Se encuentra intercrecida con cuarzo, rellenando espacios en éste. Las relaciones texturales indican una deposición contemporánea o ligeramente posterior con el cuarzo y previa a la esfalerita. En ocasiones se observa el crecimiento de bourbonita a través de los planos de exfoliación (Pérez-Puig, 2008a).



Figura 19: Pequeños cristales de carbonatos, con una pátina de óxidos que le dan coloración amarilla, junto con un octaedro de galena, en una matriz de barita y cuarzo. Mina Esperanza. Tamaño del cristal de galena: 0,5 cm.

En algunos casos, se han reconocido galenas con anisotropismo marcado, consultando bibliografía especializada, indican que existen casos en que pueden tenerse galenas anisótropas debido a que en su composición hay abundante plata y/o antimonio (Picot & Johan, 1982). Para confirmar que se trata de galena, se realizó un estudio de microreflectometría espectral, lo que confirmó la especie (Pérez-Puig, 2008a). Teniendo en cuenta la relación con la tetradrita y esta propiedad, se puede entender los contenidos en plata presentes en la veta Esperanza.



Figura 20: Cristales de galena y esfalerita, recubiertos por seligmannita; además la esfalerita está recubierta parcialmente por una pátina de oropimente, en matriz de cuarzo y barita. Mina Palomo. Tamaño del ejemplar: 8 cm x 6 cm.

En la veta Bienaventurada, se observa la galena cristalizada, asociada a la esfalerita y calcopirita, así como de forma masiva, en núcleos, venas y disseminaciones. En general, es más abundante en los niveles superiores (Yparraguirre, 2005).

En la mina Palomo también se han encontrado muestras de galena. En general, el tamaño de los cristales es superior al de mina Esperanza, teniendo un color más oscuro y una morfología más complicada (figuras 20 y 21), en algunos casos por maclado. Las muestras observadas de galena se presentan en asociación con rejalgar y oropimente. Hyrsl & Rosales (2006) ya detallan la aparición de galena en esta mina, al describir el hallazgo en 2003 de cristales de rejalgar asociados a tetraedrita, galena y esfalerita. Sin embargo, los mejores cristales aparecieron a finales del año 2006, con formas cubo-octaédricas de hasta 2 cm con irisaciones en la superficie, a la que los vendedores peruanos denominan galena “pecho paloma” (Hyrsl, 2008).



Figura 21: Cristales de galena con crecimiento esquelético, y cubiertos parcialmente por pequeños cristales de rejalgar y seligmannita. Mina Palomo. Tamaño del ejemplar: 5,5 cm x 4 cm.

Calcopirita (CuFeS_2)

La calcopirita, junto con la tetraedrita, es la principal mena de cobre en las minas Esperanza y Bienaventurada, aunque al encontrarse el cobre en concentraciones tan bajas no es interesante su recuperación y las muestras sólo son observables al microscopio.

En la veta Esperanza, la calcopirita se encuentra como masas asociadas a los sulfuros del evento principal de mineralización en forma de intercrecimiento o como exsoluciones y relleno de fracturas en la tetraedrita y/o esfalerita. En el primer caso, la deposición de la calcopirita es previa a la de la galena y la esfalerita, aunque llega a solaparse con la galena. Y en el segundo (textura de relleno y reemplazo a través de fracturas), la calcopirita es claramente posterior tanto a la tetraedrita como a la esfalerita y galena (Pérez-Puig, 2008a).

En la veta Bienaventurada ocurre en forma masiva, o como núcleos y venillas, asociada a esfalerita y galena. Se puede observar una mayor abundancia en los extremos E y W de los niveles superiores (Yparraguirre, 2005).

Por otro lado, en la mina Palomo se han observado muestras, extraídas en 2006, con cristales de calcopirita de hasta 3 cm que, desgraciadamente, presentan un brillo mate por el crecimiento de pequeños cristales de tetraedrita epitaxiales sobre la superficie (Hyrsl 2008).

Bornita (Cu_5FeS_4)

La bornita se ha detectado, a nivel microscópico, asociada a la calcopirita en la veta Rublo (Yparraguirre, 2008).

Cobres grises

Bajo la denominación genérica de “cobres grises” se designa la serie de sulfosales de cobre con hierro, plata y zinc cuyos extremos son la tetraedrita (sulfosal de antimonio) y tennantita (sulfosal de arsénico).

No se ha podido observar la presencia de cobres grises en la mina Palomo, pero se sabe de su aparición gracias a Hyrsi & Rosales (2006), quienes citan el hallazgo en 2003 de cristales de rejalgal asociados a tetraedrita, galena y esfalerita. Desde el punto de vista metalogenético, era esperable la presencia de tetraedrita debido a la presencia de otras sulfosales (argentíferas) en la mina; además, la presencia de estos minerales en el resto del distrito hace más probable la aparición de estas especies.

Tetraedrita ($[\text{Cu},\text{Fe},\text{Ag},\text{Zn}]_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$)

Se tiene constancia de la presencia de este mineral en la mina Esperanza gracias a los levantamientos geológicos llevados a cabo por geólogos de la mina, sin embargo, no se ha podido obtener ninguna muestra de mano con la presencia de este mineral, aunque sí fue posible su observación en las muestras del yacimiento que posee el departamento de geología de la mina.

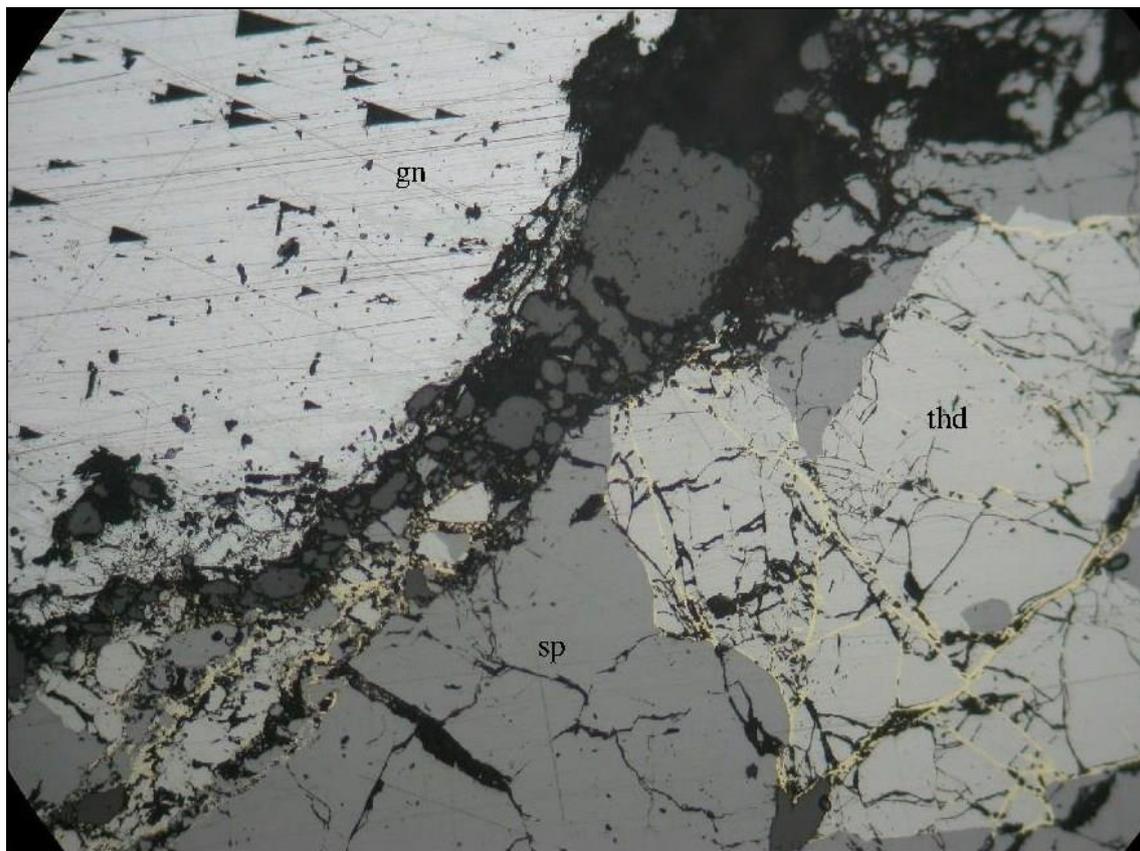


Figura 22: *Cristal de tetraedrita "thd", englobado por esfalerita "sp" y galena "gn", con fracturas rellenas de calcopirita (amarillo). Luz reflejada, nicoles paralelos. Mina Esperanza. Campo de visión: 0,8 mm.*

Al microscopio, se encuentra intercrecida con calcopirita, marcasita, esfalerita, galena, bournonita y jamesonita en forma de granos alotriomorfos o, más frecuentemente, como masas intercrecidas y, en muchos casos, rodeada por granos de galena y/o esfalerita (figura 22). En ambos casos se debería efectuar un análisis químico para confirmar la especie y descartar que sea la variedad argentífera (freibergita).

También está citada la tetraedrita en la veta Bienaventurada, sin embargo, los estudios con microscopía electrónica de barrido han detectado cantidades apreciables de plata, tratándose, por tanto, de la variedad freibergita, que se describe a continuación.

Por otro lado, Hyrsl & Rosales (2006) citan la presencia de tetraedrita junto con esfalerita, galena y rejalgar. Por falta de estudios no se puede establecer si es tetraedrita, o por el contrario, como se debiera esperar por el gran contenido en plata de estas minas, se trate de freibergita. Hyrsl (2008) cita el hallazgo a finales de 2006 de *agregados esféricos de tetraedrita formados por docenas de cristales tetraédricos de hasta 1 cm*; además, como ya se ha comentado, la tetraedrita aparece en crecimientos epitaxiales sobre la calcopirita y, además, también sobre la esfalerita. En un reciente hallazgo, descrito para la esfalerita, se obtuvieron ejemplares de hasta 1 cm de tetraedrita, asociados a esfalerita negra maclada, y cubiertos por una fina costra amarilla de calcopirita (Hyrsl, 2011).

Freibergita ($[\text{Ag,Cu,Fe}]_{12}[\text{As,Sb}]_4\text{S}_{13}$)

Se ha localizado únicamente en la mina Bienaventurada, donde se encuentra en forma masiva y diseminada, con colores entre el gris verdoso y el gris acero, con brillo metálico, raya de colores pardos a marrón rojizos y dureza entre 3 y 4,5 según la escala de Mohs. Se encuentra distribuida por toda la veta, especialmente en los niveles más altos. Se presenta alterando a la esfalerita y a la galena (Yparraguirre, 2005) (figuras 23 y 24).

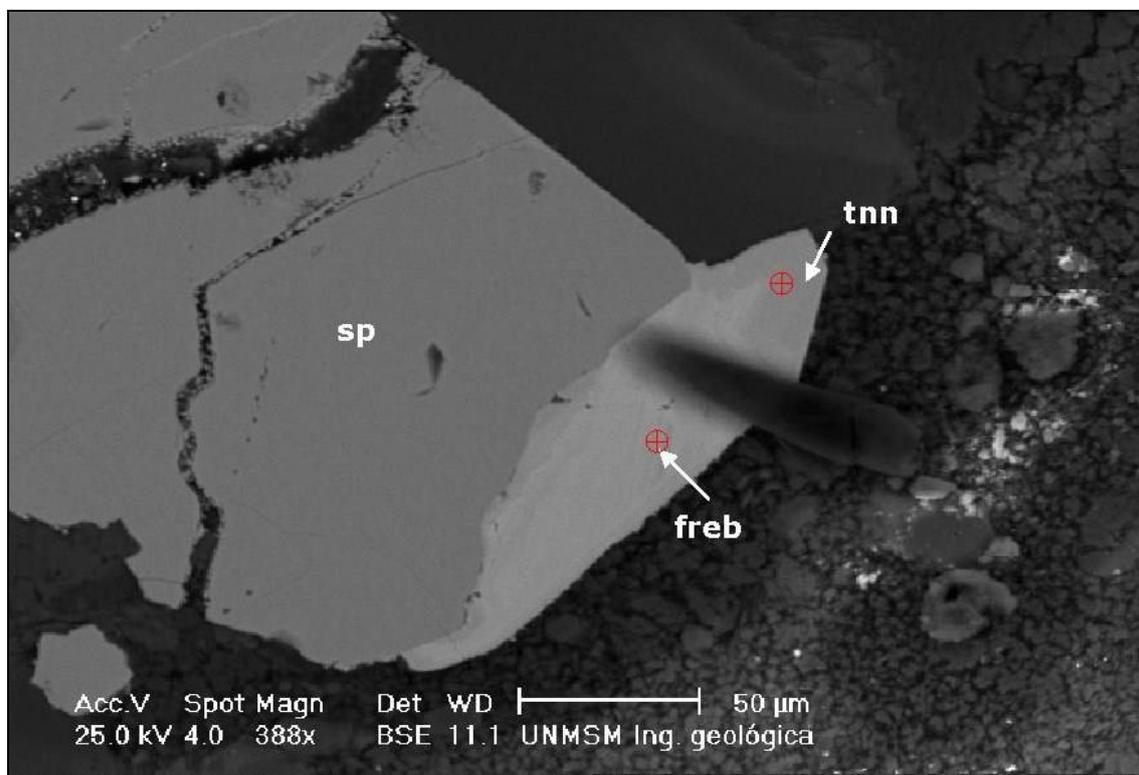


Figura 23: Imagen SEM que muestra freibergita "freb" (gris claro) y tennantita "tnn" (gris intermedio), reemplazando a la esfalerita "sp" (gris oscuro). Mina Bienaventurada.

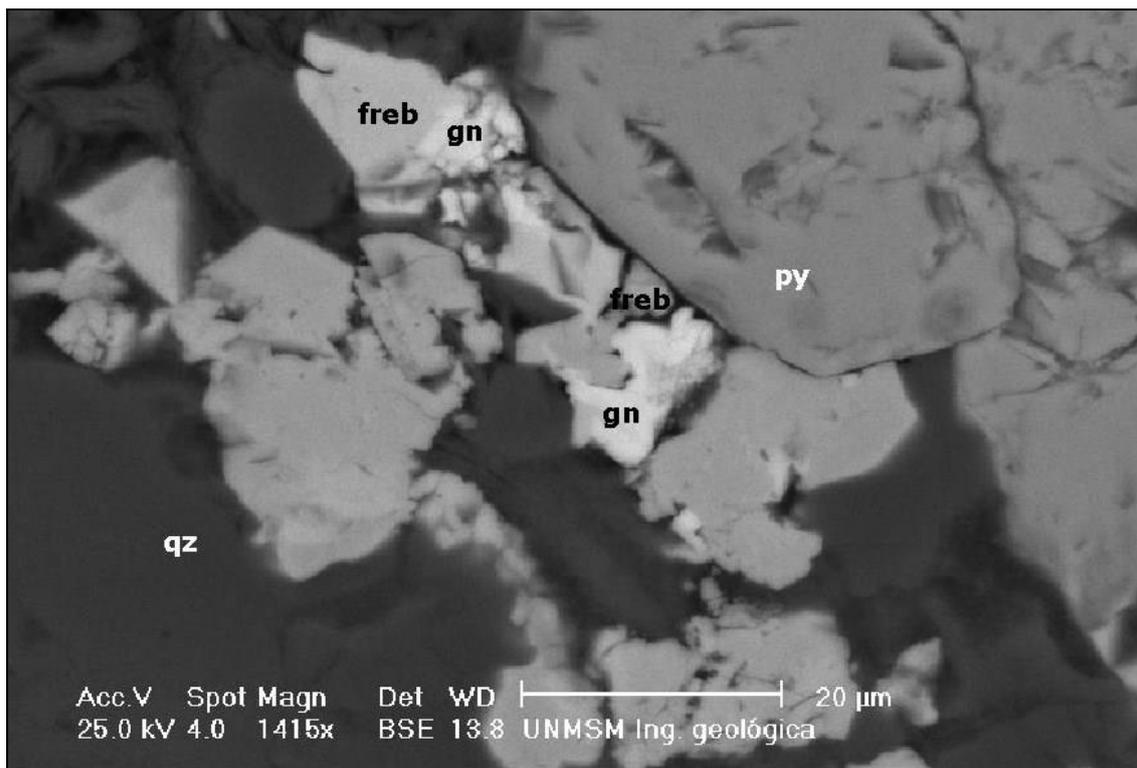


Figura 24: Imagen SEM que muestra freibergita "freb" sustituyendo a la galena "gn". También se observa pirita "py" y una ganga compuesta por cuarzo "qz". Mina Bienaventurada.

Tennantita ($[\text{Cu,Fe}]_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$)

Este mineral se ha reconocido únicamente en la veta Bienaventurada, mediante estudios de microscopía electrónica de barrido. Se presenta en forma masiva y diseminada, de color gris verdoso a gris acero. Es menos común que la tetraedrita (freibergita) y se reconoce en las zonas donde existe mayor cantidad de ésta. Se ha observado sustituyendo a la esfalerita (Yparraguirre, 2005) (figura 23).

Argentotennantita ($[\text{Ag,Cu}]_{10}[\text{Zn,Fe}]_2[\text{As,Sb}]_4\text{S}_{13}$)

Se trata de un mineral bastante rico en plata, comparando con los otros cobres grises, que se ha localizado exclusivamente en los niveles intermedios y superiores de la zona suroeste de la mina Bienaventurada (Yparraguirre, 2005). En esta mina se encuentra reemplazando a la galena y esfalerita (figura 25).

Polibasita ($[\text{Ag,Cu}]_{16}\text{Sb}_2\text{S}_{11}$)

La polibasita se ha detectado, a nivel microscópico, en la veta Esperanza asociada a esfalerita, galena, pirita y calcopirita (figura 26). Debido a la imposibilidad de distinguir qué composición tenía dicha plata roja bajo el microscopio petrográfico, se recurrió a estudiarla mediante microreflectometría espectral, obteniéndose el espectro de reflectancias de polibasita (Pérez-Puig, 2008a).

Hyrsl (2008) cita como menas de plata en la mina Palomo la polibasita, además de la pirargirita y la proustita.

Pirargirita (Ag_3SbS_3) y **Proustita** (Ag_3AsS_3)

Tal y como se ha citado previamente, Hyrsl (2008) indica la presencia de pirargirita y proustita en la mina Palomo, pero no detalla la aparición de muestras con interés coleccionístico.

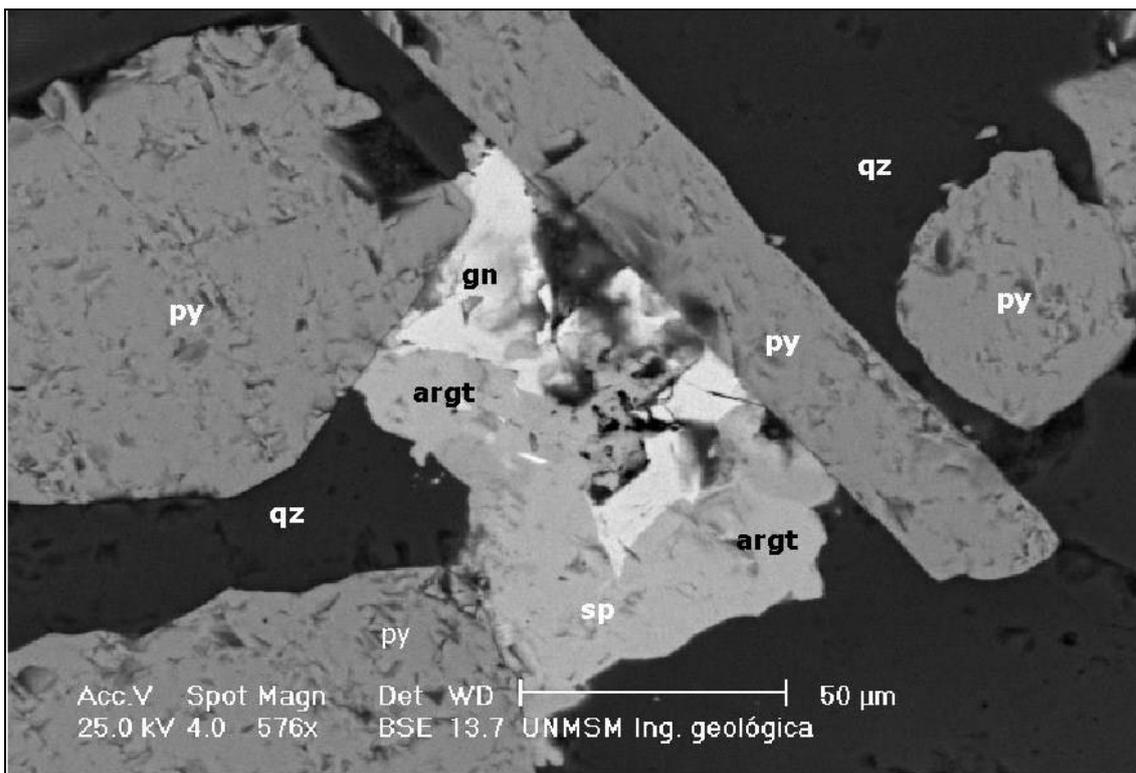


Figura 25: Imagen SEM que muestra argentotennantita "argt" reemplazando cristales de galena "gn" y esfalerita "sp". También se reconoce pirita "py" en una ganga de cuarzo "qz". Mina Bienaventurada.

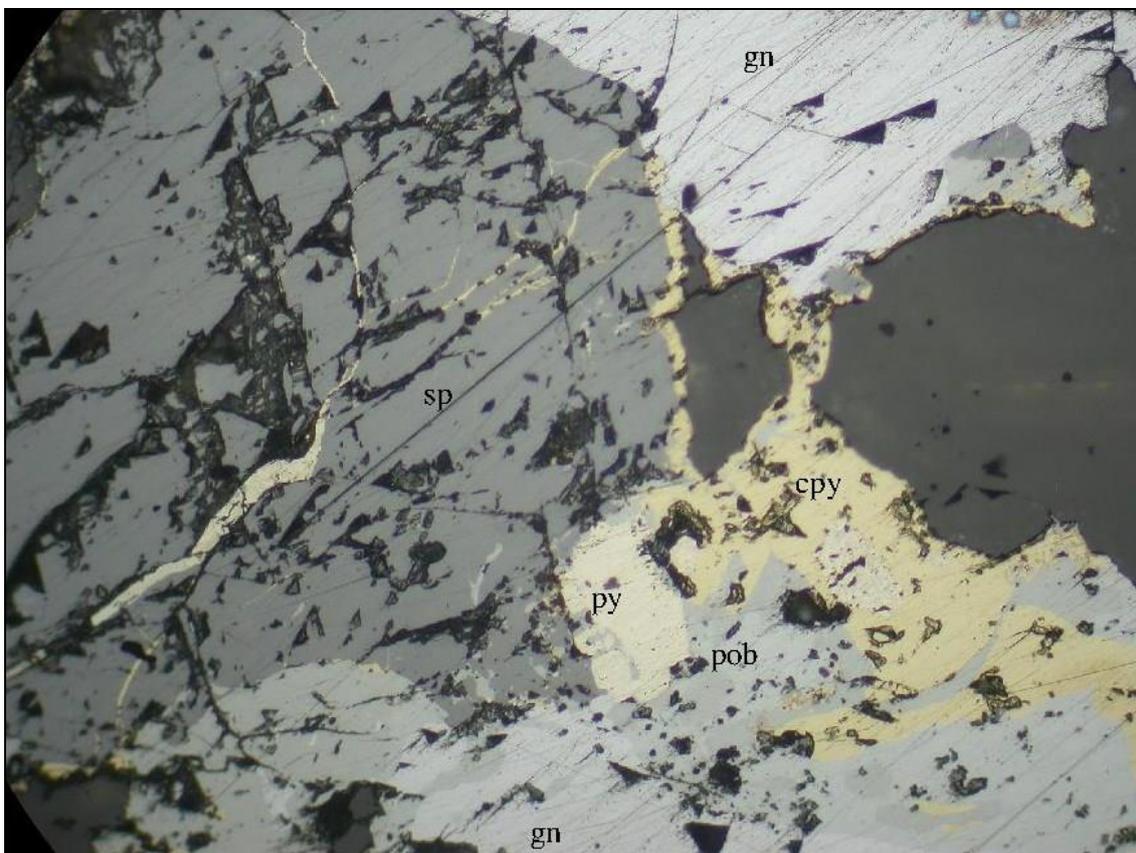


Figura 26: Fotomicrografía mostrando cristales de polibasita "pob" con esfalerita "sf", calcopirita "cpy", galena "gn" y pirita "py". Luz reflejada, nicoles paralelos. Mina Esperanza. Campo de visión: 0,8 mm.

Acantita (Ag_2S)

Inga (2002) también cita como mena de plata en el distrito de Huachocolpa a la argentita, aunque no ha sido posible observar ninguna muestra, ni confirmar dicha afirmación en otras publicaciones.

Sulfosales de plomo

A continuación se describen varias sulfosales de plomo que se han encontrado en las vetas Esperanza, Bienaventurada y Rublo, así como en las veta de la mina Palomo. De todas ellas, las únicas de interés coleccionístico son algunas bournonitas procedentes de la veta Esperanza y crecimientos epitaxiales de seligmannita sobre galena de la mina Palomo; el resto se encuentran de manera microscópica y se ha debido recurrir a la utilización del microscopio electrónico de barrido para su caracterización. Las especies localizadas a la fecha son: bournonita, jamesonita, seligmannita, dufrenoyita, jordanita, gratonita y geocronita.

Bournonita (PbCuSbS_3)

La bournonita es una sulfosal bastante común en depósitos con galena, presente de manera primaria o secundaria reemplazando a la galena. Cuando su origen es netamente hidrotermal, es bastante frecuente la cristalización primaria en maclas en “rueda dentada” que permiten su identificación, tal y como se observa en la figura 27.



Figura 27: *Cristal de bournonita maclada en "rueda dentada" sobre cuarzo. Mina Esperanza. Longitud del cristal: 0,3 cm.*

Mediante la observación al microscopio, se han localizado granos de bournonita asociados a pirita, jamesonita, calcopirita y tretaedrita englobados por galena y, de manera secundaria, alterando a la galena a través de los planos de exfoliación (Pérez-Puig, 2008a) (figura 28).

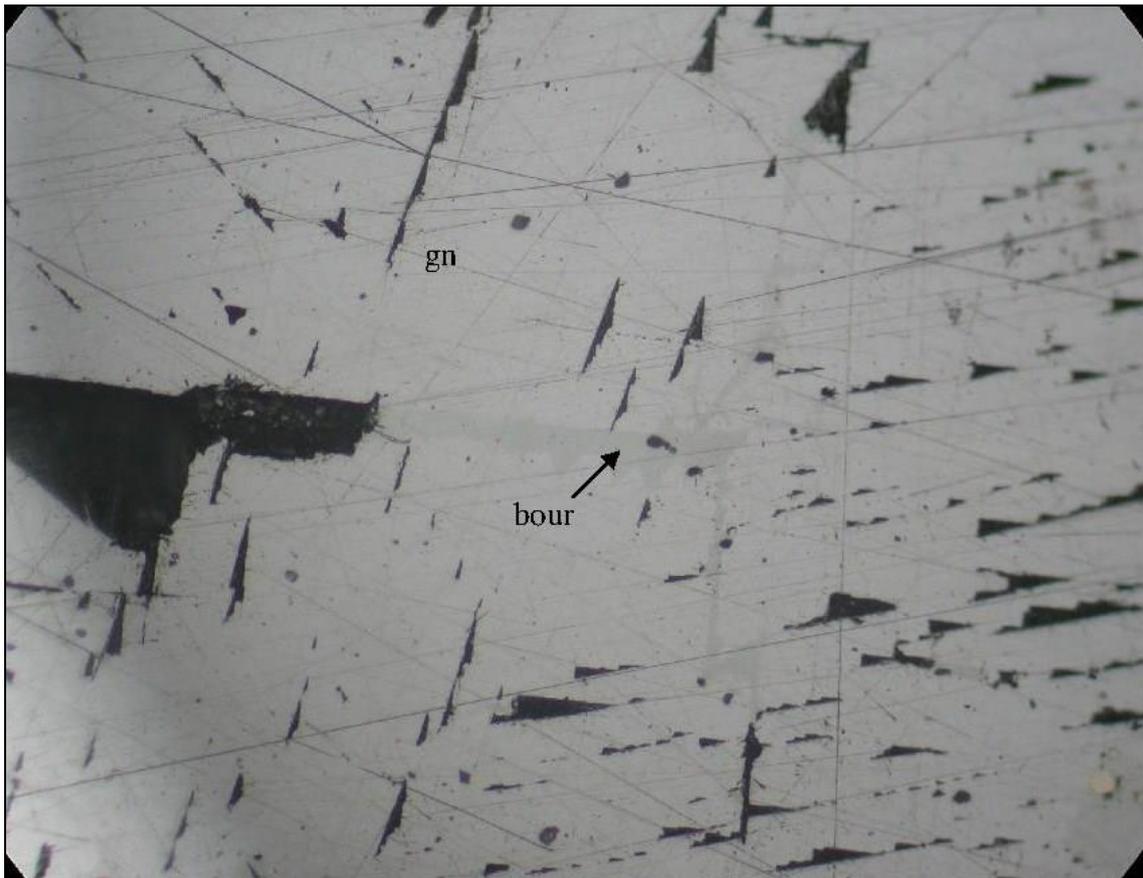


Figura 28: Fotomicrografía de bournonita creciendo a partir de los planos de exfoliación de la galena. Luz reflejada, nicoles paralelos. Mina Esperanza. Campo de visión: 0,8 mm.

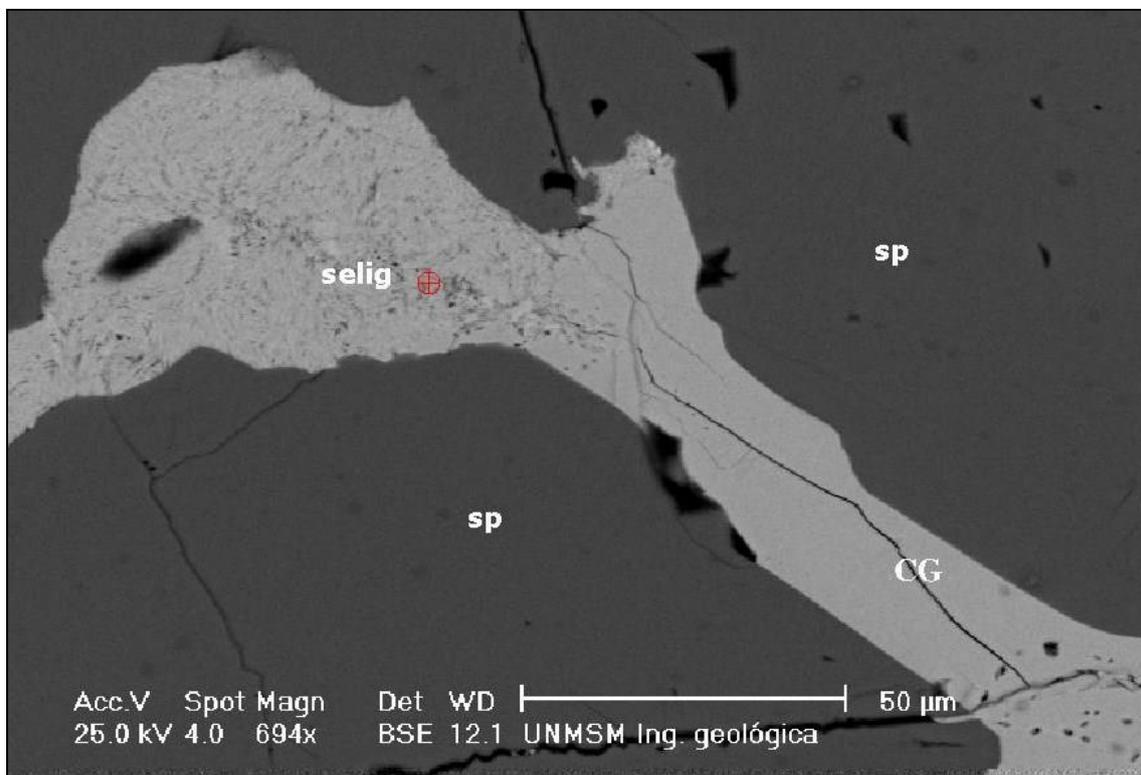


Figura 29: Imagen SEM que muestra seligmannita "selig" y cobres grises "CG" relleno una fractura en la esfalerita "sp". Mina Bienaventurada.

En la veta Bienaventurada se ha localizado, microscópicamente, la bournonita rellenoando espacios y/o alterando a la galena (Yparraguirre, 2005).

Hyrsl *et al.* (2010) citan la presencia de bournonita en Huachocolpa como pequeños cristales tabulares de 5 mm, sobre rodocrosita y, en otros casos, creciendo junto con esfalerita sobre cuarzo.

Seligmannita (PbCuAsS_3)

La seligmannita ha sido observada, de manera microscópica, por Yparraguirre (2005) en la veta Bienaventurada rellenoando fracturas en la esfalerita, en algunos casos conjuntamente con cobres grises (figura 29). Se trata de la única sulfosal de plomo que está asociada a la esfalerita, ya que el resto siempre se presentan con la galena.

Hyrsl (2008) en base a una comunicación personal de Anthony R. Kampf (2007), cita la seligmannita, con una presencia relativamente rara, a modo de cristales de menos de 1 mm, muy brillantes, que recubren superficies de esfalerita o galena (figura 20) y que, en algunos casos, se presentan con un crecimiento en estrella, probablemente debido a maclado.

Jamesonita ($\text{Pb}_4\text{FeSb}_6\text{S}_{14}$)

La jamesonita se ha encontrado únicamente en la veta Esperanza. Se presenta, también microscópicamente, de manera anecdótica en algunos granos con varios sulfuros (pirita, calcopirita, bournonita y tetraedrita) del episodio principal de mineralización (Pérez-Puig, 2008a).

Dufrenoyrita ($\text{Pb}_2\text{As}_2\text{S}_5$)

Yparraguirre (2005) ha detectado la dufrenoyrita, en muestras procedentes de la veta Bienaventurada, reemplazando casi completamente pequeños granos de galena, dejando una textura de galena en “islas” (figura 30).

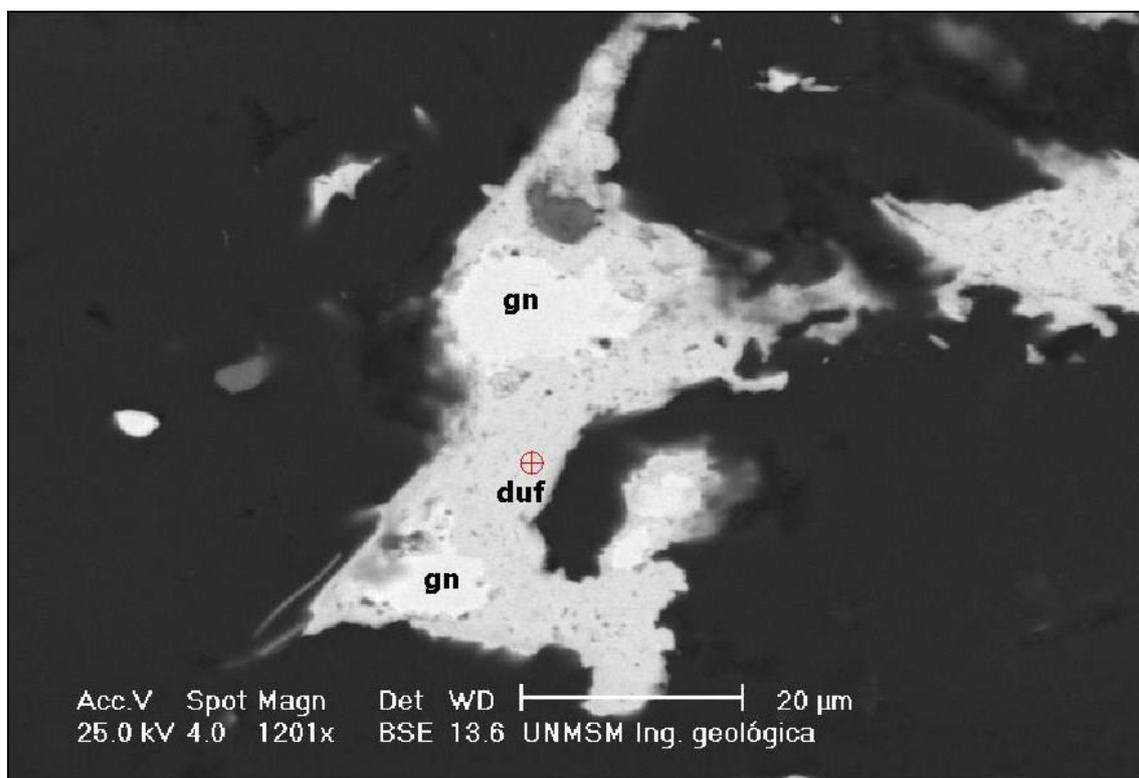


Figura 30: Imagen SEM que muestra dufrenoyrita "duf" reemplazando a la galena "gn", que se muestra a modo de "islas". Mina Bienaventurada.

Jordanita ($\text{Pb}_{14}[\text{As,Sb}]_6\text{S}_{23}$)

La jordanita ha aparecido de manera anecdótica en la mina Bienaventurada reemplazando granos de galena en los bordes (Yparraguirre, 2005) (figura 31).

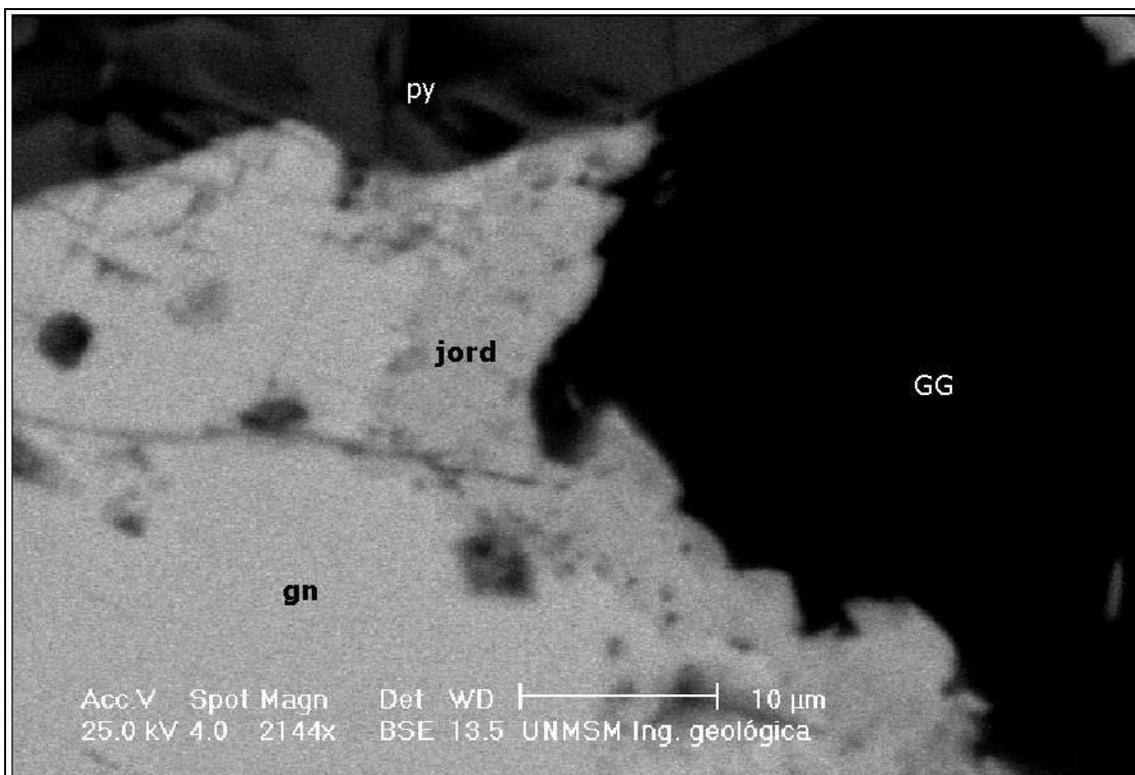


Figura 31: Imagen SEM que muestra a la jordanita "jord" reemplazando a la galena "gn" en los bordes. También se reconocen pirita "py" y cobres grises "CG". Mina Bienaventurada.

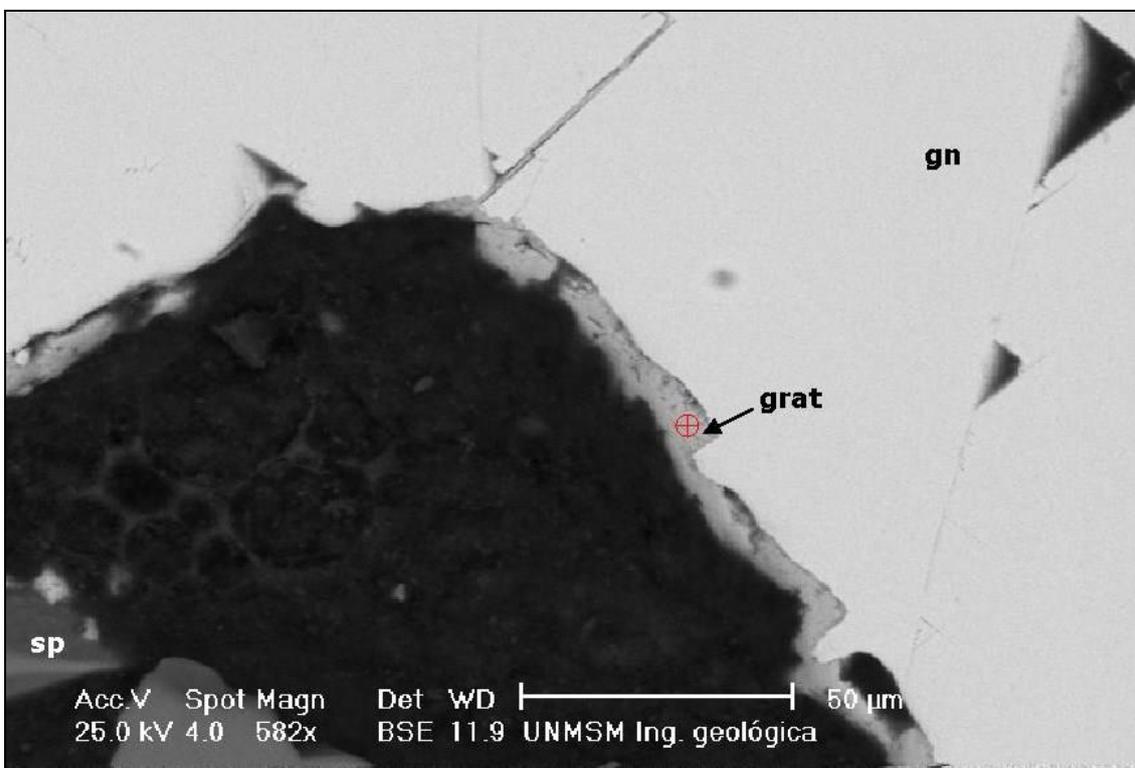


Figura 32: Imagen SEM que muestra a la gratonita "grat" alterando en los bordes y fracturas a la galena "gn". Mina Bienaventurada.

Gratonita ($\text{Pb}_9\text{As}_4\text{S}_{15}$)

La gratonita, al igual que la dufrenoyita y la jordanita, se ha reconocido alterando a la galena desde los bordes en muestras de la veta Bienaventurada (Yparraguirre, 2005) (figura 32).

Geocronita ($\text{Pb}_{14}\text{S}_5(\text{AsS}_3)_2[(\text{Sb,As})\text{S}_3]_4$)

La geocronita se puede observar en una zona muy local del distrito, en el entorno de las minas Angélica, Elsa y San Francisco, intercrecida con galena. Según Hyrsl (2011), la geocronita era uno de los principales minerales de mena de la mina San Francisco. En esta zona es bastante abundante y se reconoce por su color rosado y brillo metálico (distinto del de la galena).

Veenita ($\text{Pb}_2(\text{As,Sb})_2\text{S}_5$)

La veenita ha sido detectada por H.J. Bernhardt mediante estudios de microsonda, en muestras de la veta Rublo (Yparraguirre, 2008).

Además, se tiene constancia que la veenita era un mineral común junto con la geocronita en Huachocolpa (Birnie & Petersen, 1977).

Guettardita ($\text{Pb}_9(\text{Sb,As})_{16}$)

La guettardita, al igual que la veenita, ha sido caracterizada por H. J. Bernhardt mediante microsonda en probetas de sulfuros de la veta Rublo (Yparraguirre, 2008).

Pirita (FeS_2)

La pirita es un mineral muy extendido en cualquier ambiente geotectónico. En los yacimientos epitermales se puede encontrar como mineral de alteración por fluidos hidrotermales en la roca encajante o formando parte de la estructura mineralizada. En algunos otros casos, sí se pueden recuperar y obtener ejemplares de pirita para coleccionar, pero no es el caso del distrito de Huachocolpa.

En la veta Esperanza la pirita se presenta como mineral de alteración de la roca encajante en forma de vetillas, en el cemento de brechas hidrotermales, en diseminaciones y como puntos y pequeños núcleos (Pérez-Puig, 2008a). En los casos en que la roca presenta alguna fisura se han llegado a reconocer cristales cúbicos de colores bastante amarillentos que alcanzan hasta 2 mm de arista (Pérez-Puig, 2008b).

En la veta propiamente dicha, la pirita se presenta junto con el cuarzo temprano, con los sulfuros de mena, cortando al cuarzo que acompaña a los sulfuros del principal evento mineralizador, y también en forma de puntos dispersos que van asociados con la calcita póstuma que rellena espacios en la esfalerita o en las vetillas de cuarzo estéril que atraviesan la roca encajante (Pérez-Puig, 2008a).

En la mina Bienaventurada se presenta de igual manera que en la veta Esperanza.

En la mina Palomo la pirita es bastante abundante cuando se presenta con la mena. Se reconoce la pirita por su brillo metálico y color amarillo muy ligero. Sin embargo, en las muestras observadas, se presenta en cubos microscópicos de manera posterior a la galena, ya que está englobando fragmentos de ésta o alterándola. Sobre esta pirita se ha depositado una pequeña capa de cuarzo lechoso y, por último, rejalgar, que se presenta parcialmente alterado a oropimente y menos comúnmente a pararejalgar. En el hallazgo realizado a finales del 2006 de galena “pecho de paloma” (irisada), se pudieron obtener también algunas muestras de piritodros irisados de hasta 1 cm (Hyrsl, 2008).

Melnikovita (FeS₂)

La melnikovita no es exactamente una especie mineral, sino que se trata de una variedad criptocristalina de pirita y marcasita, con morfología botroidal (figura 33). Es un indicador de temperaturas de formación del yacimiento bajas.

En zonas distales de la veta Esperanza se han encontrado crecimientos framboidales de pirita, pero sin textura radiada. Por tanto, no se puede confirmar la especie, sin embargo, la presencia en la misma zona de minerales de baja temperatura (yeso, rejalgar, estibnita) apoyan la posible presencia de esta variedad mineralógica (Pérez-Puig, 2008a).

En la veta Bienaventurada se presenta en la zona noreste de la veta, habiéndose reconocido en los niveles intermedios de la mina (Yparraguirre, 2005) (figura 33).

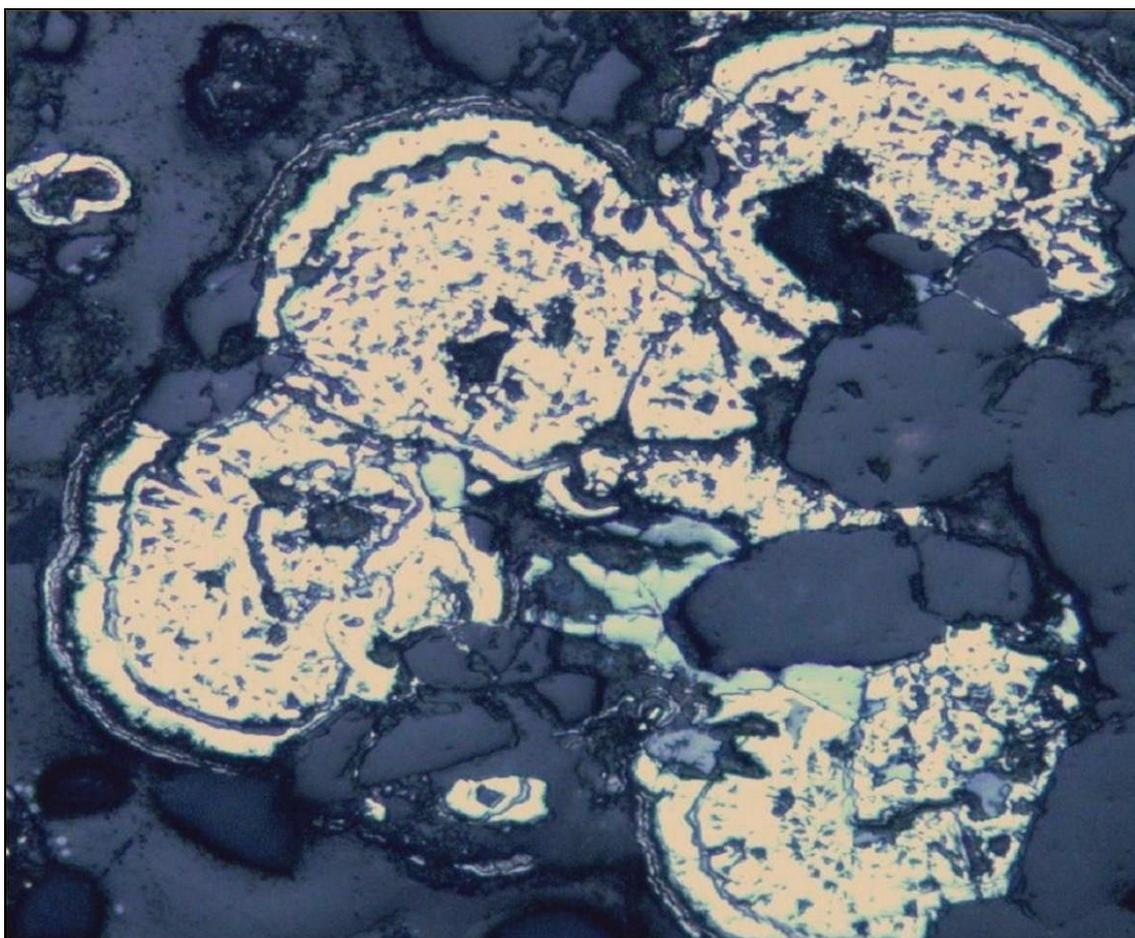


Figura 33: Fotomicrografía que muestra melnikovita (blanquecino liso) rodeando framboides de pirita (blanquecino picado) que, a su vez, engloban al cuarzo. Luz reflejada, nicoles paralelos. Mina Bienaventurada. Campo de visión: 0,8 mm.

Marcasita (FeS₂)

La marcasita es un polimorfo de la pirita levemente magnético que se reconoce al microscopio por su anisotropismo.

En la veta Esperanza se encuentra, vista al microscopio, como grandes cristales, formando núcleos y asociada a la tetraedrita (Pérez-Puig, 2008a) (figura 34).

En la mina Bienaventurada, la marcasita rellena fracturas y/o cavidades de la estructura, de la roca encajante y microfracturas en la pirita (Yparraguirre, 2005).

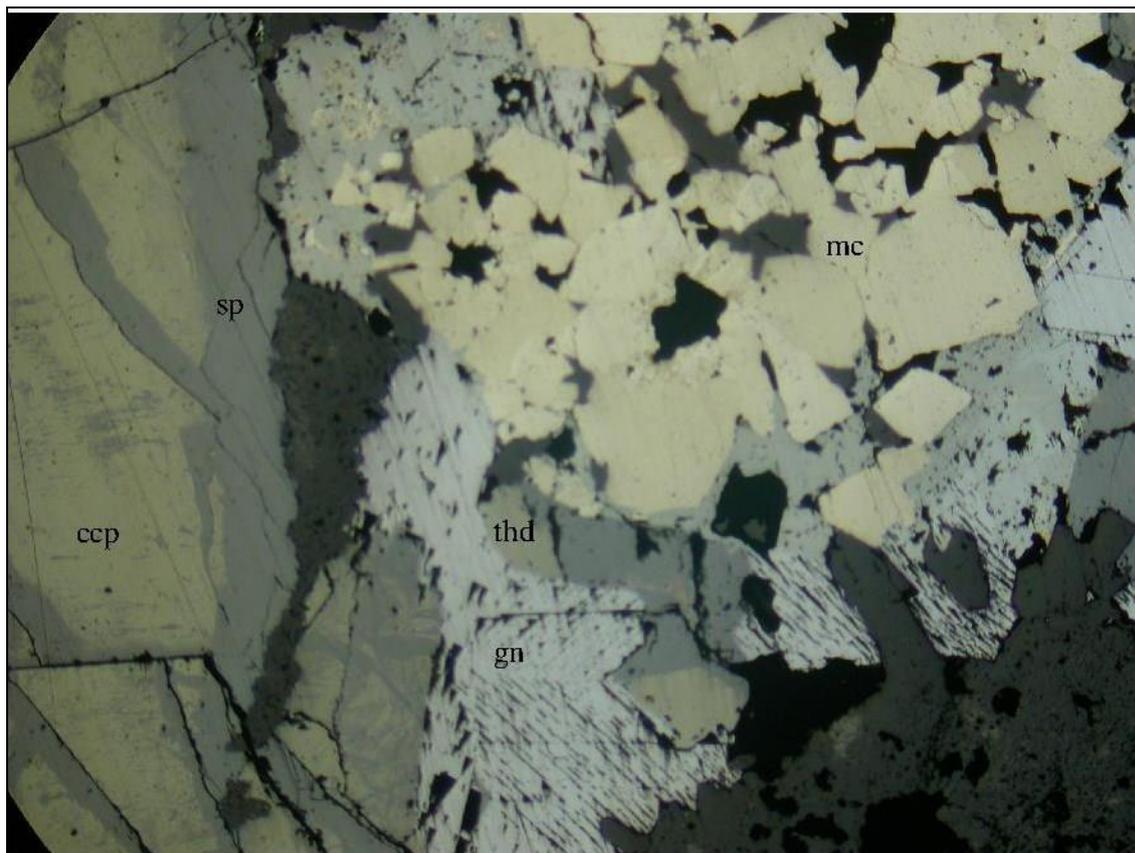


Figura 34: Fotomicrografía mostrando cristales de marcasita "mc" (que tienen una débil birreflectancia), englobados por tetraedrita "thd", calcopirita "ccp", galena "gn" y esfalerita "sp". Luz reflejada, nicoles paralelos. Mina Esperanza. Campo de visión: 6,2 mm.

En la mina Palomo, al carecer de estudios en detalle, no se ha observado este mineral.

Hyrsl *et al.* (2011) muestran un interesante ejemplar de cristales elongados de marcasita formando grupos redondeados de 1 cm de diámetro, que crecen junto con octaedros de pirita; procedente de Huachocolpa.

Rejalgar (AsS)

El rejalgar, en yacimientos epitermales, se puede encontrar en zonas distales de la veta, asociado con estibnita, yeso, goethita, oropimente y otros minerales.

En la mina Esperanza se han encontrado pequeños ejemplares de rejalgar, que no sobrepasan los 3 mm de longitud, sobre una matriz de pequeños cristales de estibnita en los niveles superiores de la zona este de la veta (figura 35) (Pérez-Puig, 2008a). Hay que tener mucho cuidado con la conservación de estos ejemplares, ya que son extremadamente fotosensibles, alterándose a oropimente en pocas horas. Al microscopio destacan por el brillo y por las reflexiones internas tan marcadas.

En la mina Bienaventurada, su presencia, mínima, se ha observado en todos los niveles. Se presenta, generalmente, en forma cristalizada y menos comúnmente de manera masiva, en venas y diseminaciones junto con otros sulfuros (Yparraguirre, 2005).

De todas formas, los ejemplares más notables de rejalgar procedentes del distrito de Huachocolpa son los que se están extrayendo en la mina Palomo, donde los cristales llegan a alcanzar hasta casi 10 cm de longitud (figuras 21, 36 y 37). No son raros los casos en los que estos ejemplares se encuentran alterados superficialmente o completamente a oropimente (figura 37).



Figura 35: Pequeño cristal de realgar sobre una matriz de estibnita submilimétrica. Mina Esperanza. Longitud del cristal: 2,5 mm.

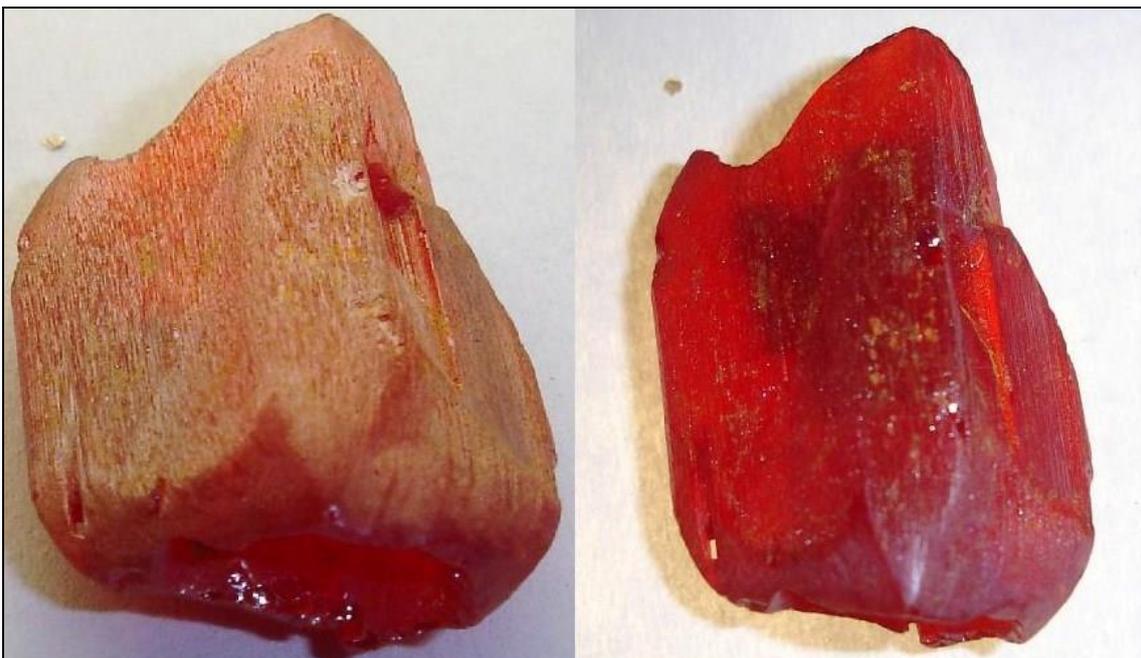


Figura 36: Diferentes vistas de un cristal hueco de realgar. Mina Palomo. Longitud del cristal: 1,4 cm.



Figura 37: Cristales de rejalgar recubiertos por una pátina de oropimente en una matriz de galena, pirita, cuarzo y barita. Mina Palomo. Longitud del cristal principal de rejalgar: 2,8 cm.

Estos cristales son conocidos desde el año 2000, cuando comenzaron a encontrarse bonitos cristales sueltos, en ocasiones con zonas alteradas a pararejalgar naranja. En el año 2003 se tuvo un nuevo hallazgo de rejalgar en la mina Palomo, esta vez asociados a esfalerita, galena y tetraedrita con, en algunas ocasiones, oropimente amarillo y crecimientos botroidales de cinabrio (Hyrs1 & Rosales, 2006).

Recientemente, en el año 2010, tuvo lugar un pequeño hallazgo de crecimientos botroidales de cristales de rejalgar, sobre drusas de cuarzo (figura 38).

Pararejalgar (AsS)

Observando las muestras de rejalgar de la mina Palomo es posible observar los cristales de rejalgar con costras amarillas de oropimente y, raras veces, con otro mineral de color anaranjado. A falta de la posibilidad de confirmar la especie, otros autores caracterizan este mineral como pararejalgar, encontrado alterando cristales de rejalgar o “salpicando” cristales de oropimente (Hyrs1 & Rosales, 2006). Aunque en estudios más recientes (Hyrs1, 2008), se dice que las descripciones del posible pararejalgar se corresponden con una nueva generación de oropimente de color anaranjado (véase la descripción del oropimente de la mina Palomo a continuación). Dicho trabajo, confirma únicamente la presencia de pararejalgar en zonas naranjas, cristalográficamente

paralelas, de algunos cristales sueltos de rejalgar recuperados en el año 2000 (Hyrsl, 2008) y, por tanto, no formados por alteración debida a la exposición a la luz de los ejemplares (Hyrsl *et al.*, 2011).



Figura 38: Pequeños cristales botroidales de rejalgar sobre cuarzo. Mina Palomo. Tamaño del ejemplar: 3 cm x 2,8 cm.

Oropimente (As_2S_3)

El oropimente generalmente se halla como producto de alteración del rejalgar, tal y como sucede al exponer a la luz ejemplares de rejalgar de la mina Esperanza (como los de la figura 35).

En la mina Bienaventurada se observa en forma de núcleos y venas y tapizando a los otros sulfuros o las franjas de cuarzo y, en todos los casos, como producto de degradación del rejalgar (Yparraguirre, 2005).

En la mina Palomo se ha identificado el oropimente formando una pátina que recubre algunos cristales de rejalgar (figura 37), lo que les da mayor estabilidad frente a la luz, permitiendo su exposición de manera más prolongada. Este mineral es conocido, al menos, desde el año 2003 cuando apareció en algunos casos asociados a cristalizaciones de rejalgar, esfalerita, galena y tetraedrita. También son conocidos los cristales de yeso

con fantasmas amarillos de azufre y/o oropimente (Hyrsl & Rosales, 2006). Sin embargo, el mejor oropimente salió en enero de 2005, formando agregados botroidales amarillos muy estéticos sobre cuarzo, con parte de la superficie “salpicada” con cristales muy pequeños anaranjados de pararejalgar (Hyrsl & Rosales, 2006) (figura 39). Sin embargo, tal y como se ha comentado previamente con el pararejalgar, dichos cristales eran de oropimente de color naranja (Hyrsl, 2008).



Figura 39: Pequeños cristales botroidales de rejalgar sobre cuarzo. Mina Palomo. Tamaño del ejemplar: 3 cm x 2,8 cm.

Estibnita (Sb_2S_3)

La estibnita, en muestras para colección, es conocida desde el año 2003, cuando comenzaron a salir las primeras muestras de colección al mercado desde la mina Palomo (Hyrsl & Rosales, 2006). Estas primeras muestras se denominaron por parte de los comerciantes peruanos como antimonitas “cactus” por presentar una segunda generación de cristales de estibnita de menor tamaño, perpendiculares y recubriendo los cristales previos con tamaños de hasta 2 cm (Hyrsl & Rosales, 2006; Hyrsl, 2008). En los años 2004 y 2005 volvieron a salir nuevas muestras de estibnita, esta vez incluidas en cristales de yeso; además, en este mismo hallazgo se encontraron también drusas formadas por cristalizaciones aciculares en disposición radial, dando morfologías de semiesferas (figura 40) (Hyrsl & Rosales, 2006; Hyrsl, 2008).

En el resto de minas del distrito, no se habían obtenido muestras de colección, aunque ya se conocía de su existencia, debido a que se trata de un mineral relativamente común en este tipo de yacimientos. Conjuntamente a los sulfatos (yeso y en menor medida barita), sulfuros residuales (rejalgar) y los óxidos delimita las zonas superiores de los yacimientos epitermales, indicando con su presencia el final de la paragénesis.

En la mina Esperanza se han obtenido diferentes cristalizaciones de estibnita, siempre en las zonas superiores de la mina (Pérez-Puig, 2008a):

- Pequeños cristales aciculares de estibnita englobadas por el crecimiento de los cristales de esfalerita (figuras 41 y 42). Estas muestras tienen un tamaño inferior al centímetro, pero son fácilmente observables con lupa debido a la gran transparencia de las esfaleritas que los envuelven.
- Las muestras más vistosas son cristales individualizados (figura 43), sueltos o agrupados, en una matriz de yeso (figura 44), que alcanzan hasta los 6 cm y se presentan como cristales fuertemente estriados según el eje C del prisma.
- Por último, se han observado cristales submilimétricos de estibnita sobre los que se depositan los cristales de rejalgar (figura 35).



Figura 40: *Estibnita "botroidal"*. Mina Palomo. Tamaño del ejemplar: 6 cm x 5 cm.



Figura 41: Cristal de esfalerita mostrando inclusiones de cristales aciculares, en disposición radiada, de estibnita. Luz reflejada, nicoles cruzados. Mina Esperanza. Campo: 0,8 mm.

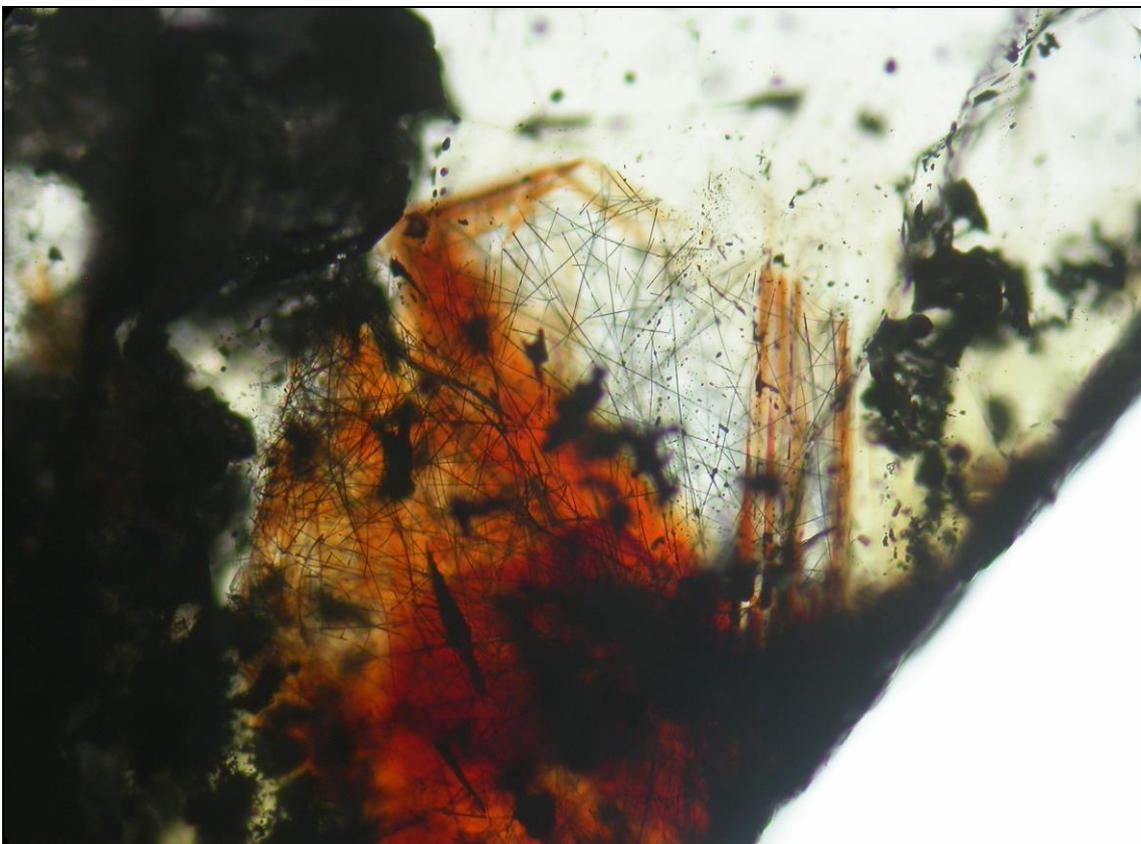


Figura 42: Fotomicrografía de un cristal de esfalerita con un fantasma de crecimiento y, dentro de esta primera fase, cristales aciculares de estibnita y abundantes inclusiones fluidas. Luz transmitida, nicoles paralelos. Mina Esperanza. Campo de visión: 1,6 mm.



Figura 43: *Cristal aislado de estibnita. Mina Esperanza. Longitud del cristal: 6 cm.*



Figura 44: *Cristal de estibnita en matriz de yeso. Mina Esperanza. Longitud del cristal: 3 cm.*

Yparraguirre (2005) cita la presencia de estibnita en cristales y agregados cristalinos en cavidades y fracturas de la estructura, sin dar más detalles.

Cuarzo (SiO₂)

El cuarzo es un mineral muy común en todos los yacimientos hidrotermales, estando presente en muy diversas formas: calcedonia, ágata, cristales de diversos colores, etc. Por lo que es frecuente encontrar muestras cristalizadas en oquedades dentro de la estructura y en las fracturas que recorren la roca encajante. En algunos casos, especialmente en los yacimientos de baja temperatura, como los epitermales de este trabajo, está demostrado que el cuarzo precipita a partir de un gel en forma de calcedonia y que sufre procesos de recrystalización (Demoustier *et al.*, 1998) (figura 45).

En la veta Esperanza se han recogido drusas de cuarzo de hasta 8 cm x 8 cm, con los cristales de cuarzo, lechosos, muy brillantes de hasta 1 cm. En las zonas de mayor mineralización se encuentra junto con la esfalerita y la galena, mientras que en las zonas de deposición residual se observa junto con antimonita, rejalgar, goethita y yeso, minerales típicos de las paragénesis distales de yacimientos epitermales (Pérez-Puig, 2008a). En otros casos (la mayoría) se presenta de manera masiva o en texturas sin un desarrollo visible de los cristales.

En ocasiones, estos cuarzos se encuentran dentro de los cristales de esfalerita (figura 46), arrancados durante los procesos de ebullición hidrotermal y englobados por los cristales de esfalerita (Pérez-Puig, 2008a), dando lugar a defectos que han favorecido la captura de inclusiones fluidas (figura 47).

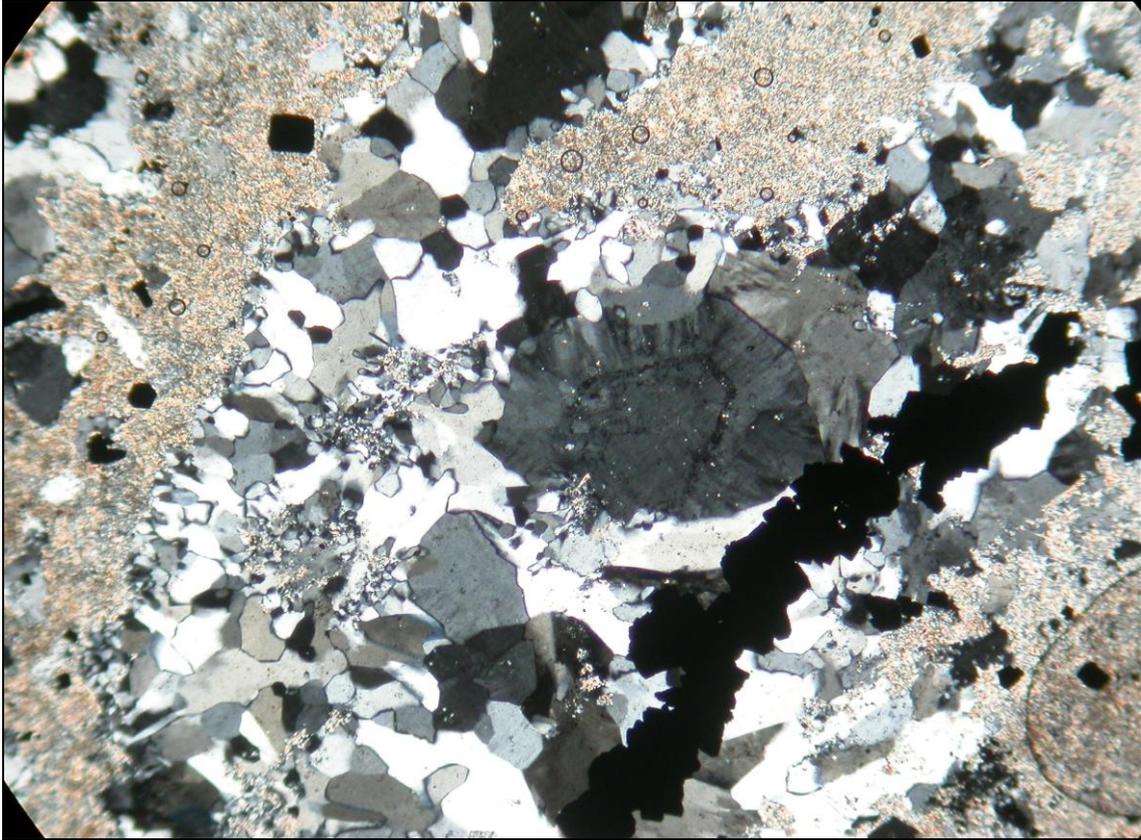


Figura 45: Microfotografía de un cristal de cuarzo mostrando un zonado de crecimiento y una aureola final de recristalización a partir de un gel, asociado con crecimientos de pirita (mineral opaco). Luz transmitida, nicoles paralelos. Mina Esperanza. Campo: 6,2 mm.

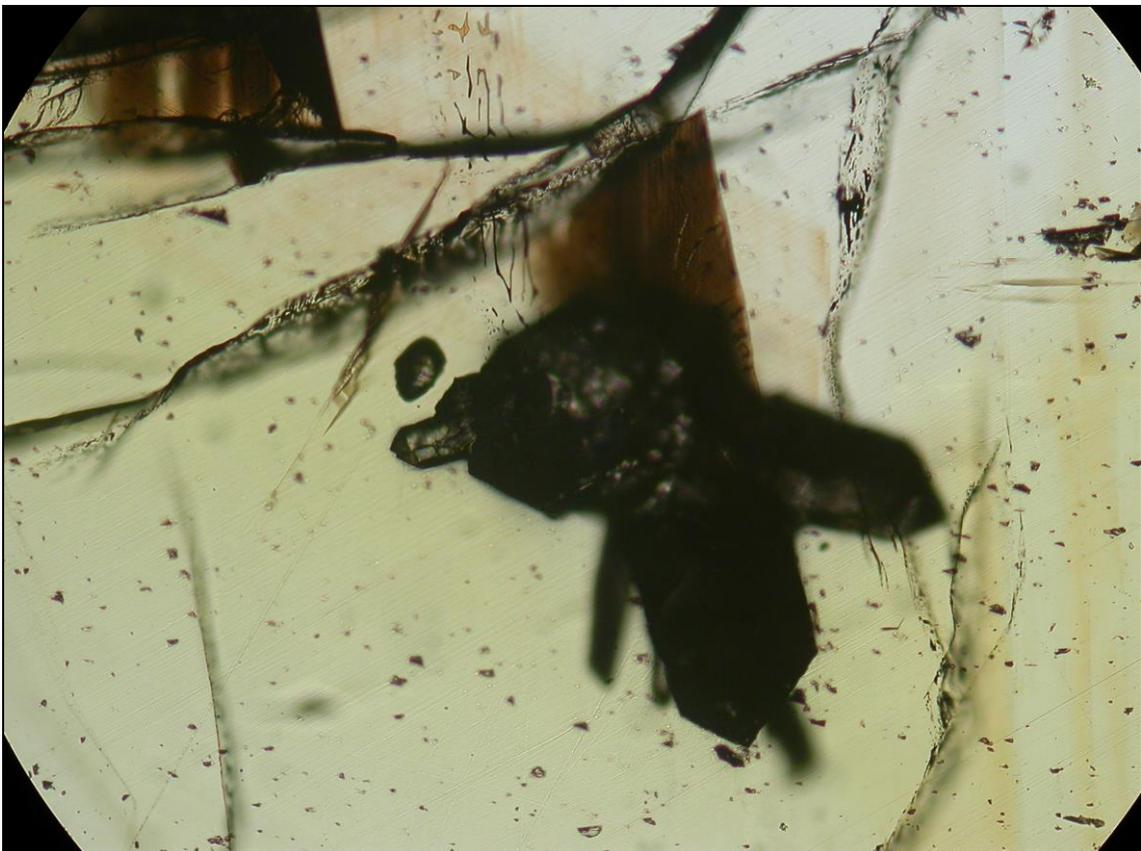


Figura 46: Fotomicrografía mostrando un agregado de cristales de cuarzo dentro de un cristal de esfalerita. Luz transmitida, nicoles paralelos. Mina Esperanza. Campo: 1,6 mm.

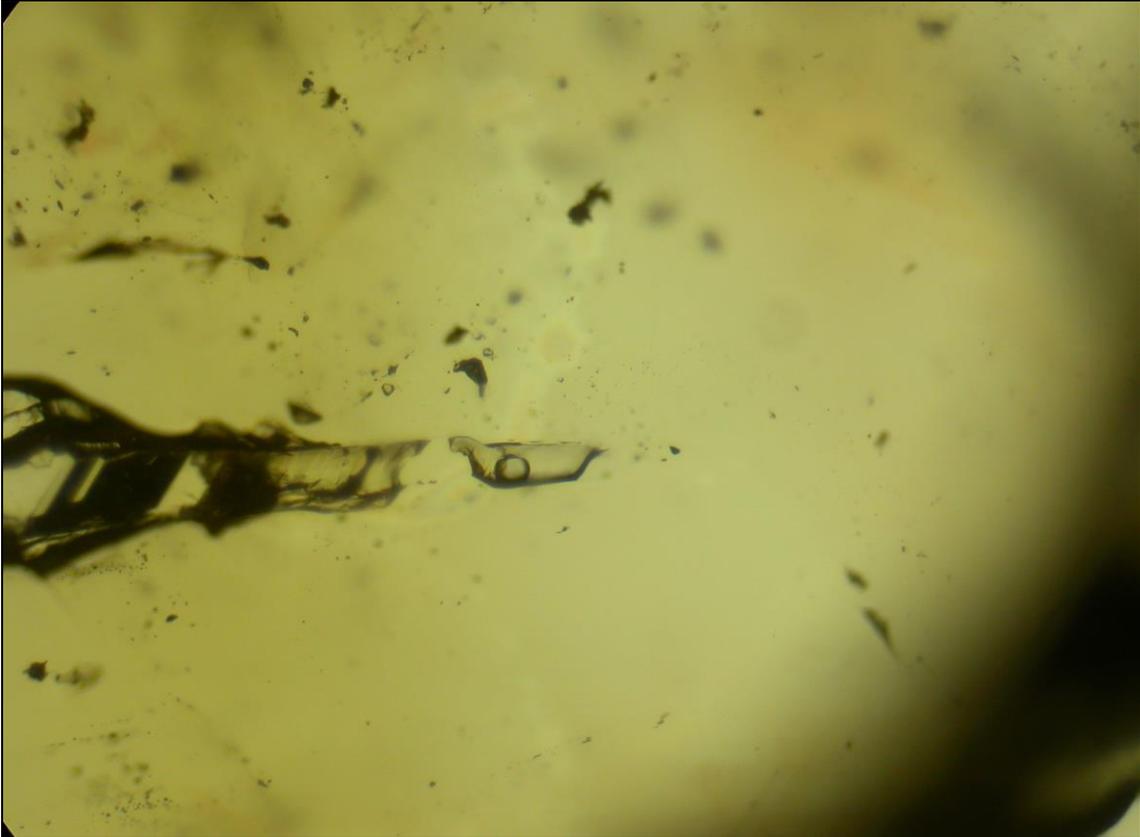


Figura 47: Fotomicrografía donde se observa una inclusión fluida bifásica (agua y burbuja de vapor) en esfalerita, asociada a un cristal de cuarzo arrancado, fracturado y atrapado por la esfalerita. Luz transmitida, nicoles paralelos. Mina Esperanza. Campo de visión: 1,6 mm.

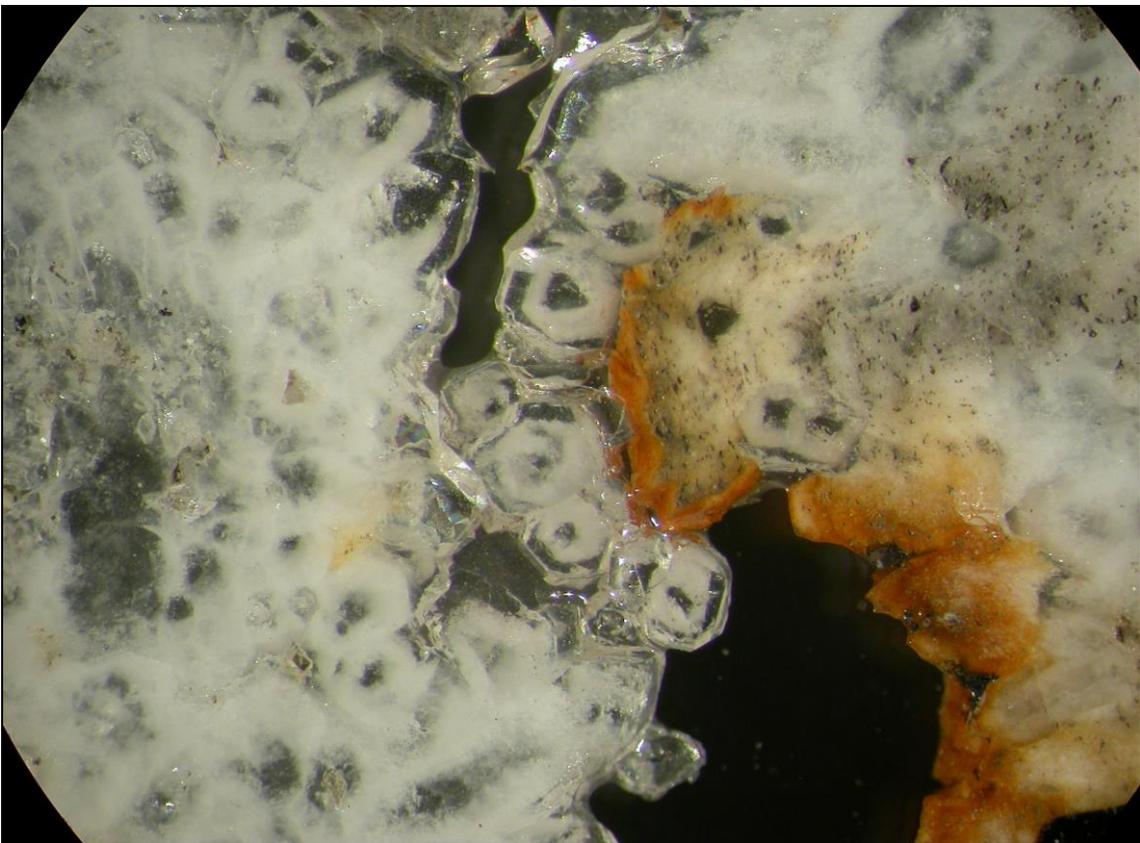


Figura 48: Fotografía mostrando cristales de cuarzo con un núcleo hialino, una zona lechosa muy rica en inclusiones fluidas y un crecimiento final hialino. Mina Esperanza. Campo de visión: 1,2 cm.

En varias vetas (Teresita, Esperanza, Bienaventurada) el cuarzo presenta unos fantasmas de crecimiento (figura 48) marcados por una zona lechosa muy rica en inclusiones fluidas de tamaño muy pequeño.

En la veta Bienaventurada se presenta distribuido por toda la estructura, a modo de bandas masivas, núcleos y venillas, con un color blanco lechoso excepto en las geodas, que se observa cuarzo hialino; se encuentra asociado generalmente a pirita, rejalgar y oropimente (Yparraguirre, 2005).

En la mina Palomo el cuarzo se asocia a la esfalerita y la galena, actuando como matriz para la cristalización de ejemplares de estos minerales (Pérez-Puig, 2008b). Además, a principios de 2006, se obtuvieron muestras de cuarzo pseudomorfo de barita (Hyrsl & Rosales, 2006).

En 2008 se produjo un hallazgo de calcedonia azul pálida con una bella estética, así como algunos nódulos de ágata, en el distrito de Huachocolpa (Hyrsl *et al.*, 2011).

Calcita (CaCO₃)

La calcita es un mineral muy común en yacimientos epitermales de baja sulfuración, donde la abundancia de carbonatos, principalmente rodocrosita (MnCO₃), es muy importante. En la veta Esperanza se observa la calcita como un episodio final rellenando los últimos espacios abiertos presentes en la veta, como pueden ser los que quedan entre los cristales de esfalerita (Pérez-Puig, 2008a). No es rara la presencia de masas espáticas que rellenan todo el hueco o, en algunos casos, que presenten pequeñas geodas con cristales (figura 49).

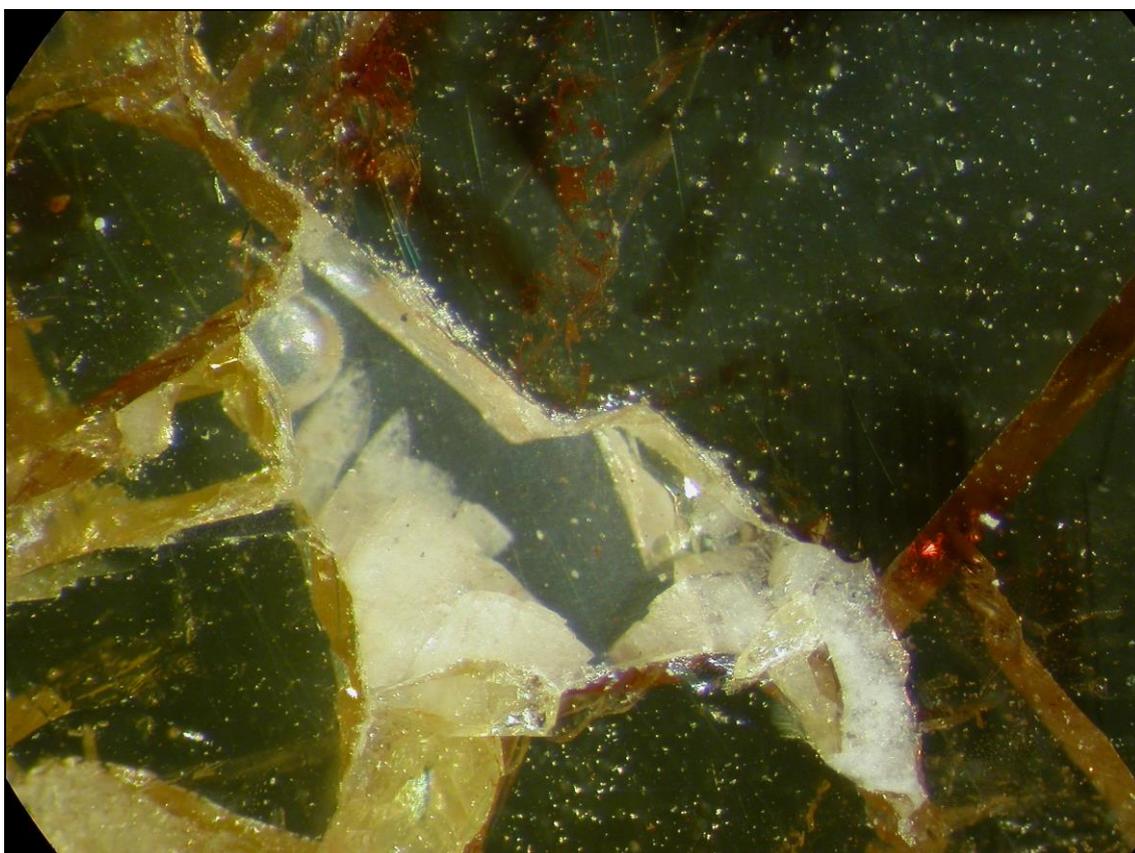


Figura 49: Fotografía que muestra un crecimiento de cristales de calcita en una cavidad entre cristales de esfalerita. Mina Esperanza. Campo de visión: 0,8 cm.

La calcita presenta una diseminación de cristales diminutos de pirita. En algunos casos (figura 19), se reconocen cristales de calcita con una pátina amarillenta de neutralización y precipitación de óxidos de hierro (Pérez-Puig, 2008a).

De todas formas, estas muestras no poseen ningún interés coleccionístico, al igual que las procedentes del resto del distrito, donde está citada pero no se han descrito hallazgos interesantes.

Rodocrosita (MnCO_3)

La rodocrosita es un mineral muy habitual en los yacimientos epitermales de baja sulfuración. Sin embargo, durante las visitas de campo no se pudo observar su presencia, aunque es bien conocida por las imágenes y referencias existentes (Hyrsl *et al.* 2010; Hyrsl, 2011) que, desgraciadamente, no indican la(s) mina(s) de procedencia de los ejemplares.

La rodocrosita de Huachocolpa se presenta generalmente con morfologías curvas, y en algunos casos en forma de “flores”, sobre drusas de cuarzo. Dichas “flores” están compuestas en su parte interior por rodocrosita rosa pálida de una primera generación, y los bordes son de rodocrosita blanca (posiblemente rica en calcio), y están cubiertas por cuarzo hialino (Hyrsl, 2011).

Es probable, que los ejemplares caracterizados como calcita, por ausencia de análisis para comprobar la presencia de Mn, pudieran ser de rodocrosita blanca.

Siderita (FeCO_3)

En base a ejemplares existentes en la colección del Museo Andrés del Castillo, Hyrsl *et al.* (2011) describen los ejemplares de siderita procedentes de Huachocolpa. Se trata de agrupamientos paralelos de varios cristales de hasta 4 mm, de color beige, que crecen sobre cuarzo.

Barita (BaSO_4)

La barita es un mineral relativamente abundante en la mina Esperanza, que se presenta asociado a esfalerita, galena y cuarzo, distribuida por todas las labores de la mina.

En la veta Bienaventurada se presenta con la clásica cristalización tabular, en algunos casos formando “rosas de barita” de color blanco opaco; generalmente se reconoce en los niveles superiores, en ocasiones tapizada por oropimente (Yparraguirre, 2005).

En las muestras observadas de mina Palomo no es destacable la presencia de barita, que se presenta a modo de matriz para otros minerales (Pérez-Puig, 2008b). A finales de 2006 se localizaron muestras de barita pseudomorfizadas por cuarzo con bonita estética (Hyrsl & Rosales, 2006; Hyrsl, 2008).

Yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

El yeso es un mineral no muy abundante en los yacimientos epitermales de baja sulfuración, sin embargo en el distrito de Huachocolpa se ha observado con bastante facilidad en todas las minas tratadas en este artículo. Hay que destacar que siempre aparece en zonas superiores (más alejadas del foco origen de los fluidos) asociado a otros minerales “residuales” del fluido: antimonita, rejalgá, oropimente, etc.

En la mina Esperanza se han recuperado ejemplares de yeso con cristales de estibnita asociada (Pérez-Puig, 2008a) (figura 44).

En la mina Bienaventurada se han observado cristales bien desarrollados de yeso dentro de fracturas en niveles intermedios (Yparraguirre, 2005).

En la mina Palomo Hyrsl & Rosales (2006) y Hyrsl (2008) citan varios hallazgos de cristales de yeso entre finales del año 2003 y 2005:

1. Grandes cristales de yeso, de hasta 25 cm, transparentes, similares a los de la mina Raura. Estos autores también declaran que un comerciante hablaba de cristales de más de 50 cm que se fracturaron para facilitar el transporte.
2. Cristales de hasta 10 cm en matriz, transparentes pero con las caras corroídas y lechosas.
3. Cristales de yeso englobando drusas de estibnita que, desde el punto de vista de Hyrsl & Rosales (2006), son las muestras más bonitas de la mina Palomo y las mejores de Perú.
4. Cristales de yeso con fantasmas amarillos de azufre y oropimente.

Azufre (S)

Se ha observado azufre en la mina Bienaventurada rellenando fracturas o cavidades de la estructura y, en otros casos, rellenando algunas fracturas de la roca encajante. Aparentemente es primario y de origen volcánico, debido a las emanaciones de vapores de SH_2 , que al oxidarse se transforman en azufre, el cual, a veces, tiende a cristalizar por sublimación (Yparraguirre, 2005).

De la misma manera, está citado el azufre nativo en las rocas volcánicas de la veta Holler, mina Mauricio (Hyrsl, 2011).

También se ha observado azufre en la mina Palomo, a modo de cristales microscópicos amarillos en fantasmas de crecimiento de yesos obtenidos en los años 2004 y 2005 (Hyrsl & Rosales, 2006; Hyrsl, 2008).



Figura 50: *Crecimiento de minerales fibrosos, posiblemente halotriquite, en el techo de una labor de la mina Coquito.*

Covellina (CuS)

La covellina ha sido observada en la veta Rublo alterando a los sulfuros de cobre (calcopirita y bornita), en muestras estudiadas al microscopio por Yparraguirre (2008).

Anglesita (PbSO₄)

La anglesita se ha detectado microscópicamente, de manera anecdótica, reemplazando a la galena en muestras de la mina Bienaventurada (Yparraguirre, 2005).

Halotriquita (Fe⁺²Al₂[SO₄]₄ 22H₂O)

Durante una visita a las labores abandonadas de la mina Coquito se observó en el techo de algunas galerías la presencia de un mineral fibroso de color blanco cuya apariencia se asemeja bastante a la halotriquita (figura 50). Su origen es la infiltración de aguas de lluvia a través de la masa mineralizada y que al llegar a las galerías en contacto con el aire se produce un cambio de quimismo y la consiguiente deposición de sales (en un proceso similar al de formación de estalactitas).

Óxidos de hierro

Con esta denominación genérica se engloban todas las pátinas, generalmente de colores amarillentos, anaranjados a rojizos que se observan en las zonas de oxidación de las vetas, procedentes de la alteración de la pirita y, en menor medida, de la calcopirita. En la figura 19 se puede observar una pátina amarillenta de óxidos de hierro coloreando cristales de calcita de la veta Esperanza.

En la veta Rublo, Yparraguirre (2008) caracteriza estos óxidos como hematites (Fe₂O₃) y limonita (FeO(OH)).

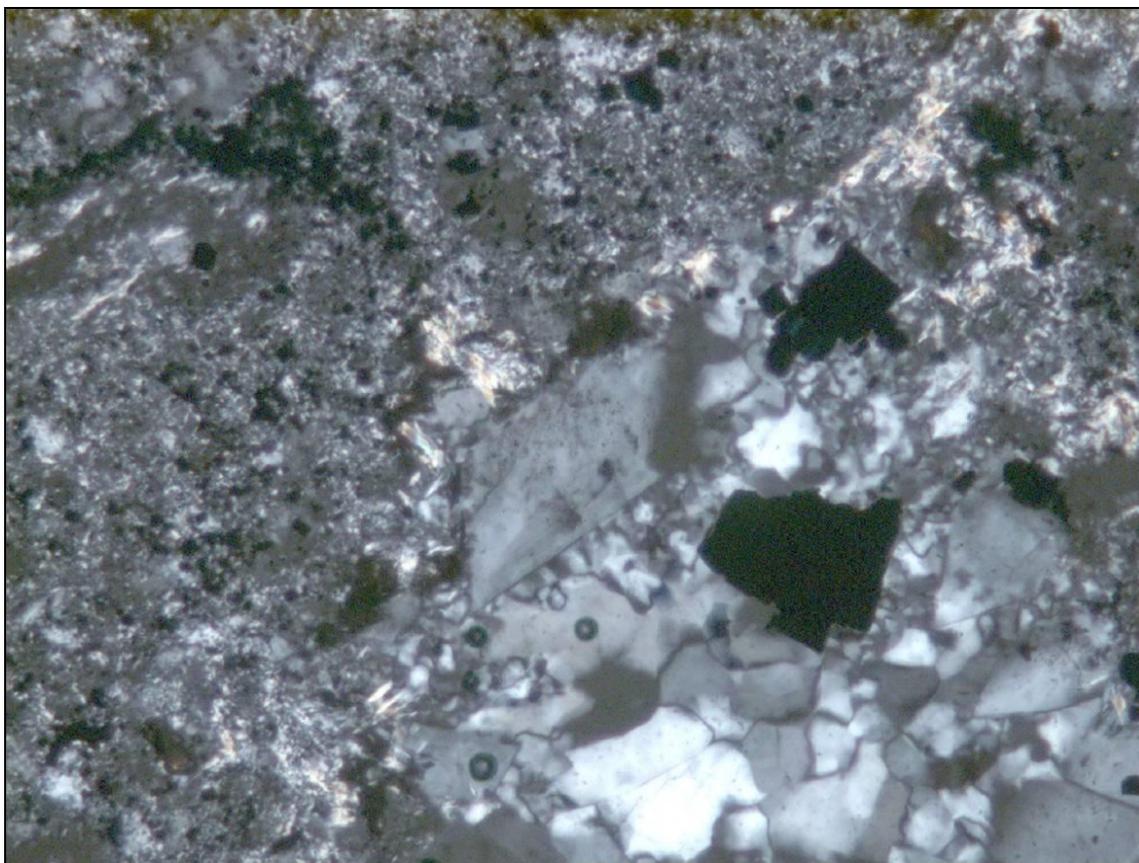


Figura 51: Fotomicrografía de un cristal rómbico de adularia asociado a cuarzo y pirita (opaco). Luz transmitida, nicoles cruzados. Mina Bienaventurada. Campo de visión: 3,1 mm.

Adularia (KAlSi_3O_8)

La adularia es una variedad de ortosa de muy baja temperatura, clásica de yacimientos epitermales de baja sulfuración. Ha sido localizada en la mina Bienaventurada, en las labores superiores. Se presenta como cristales idiomorfos rómbicos incoloros, muy característicos, lo que permiten su caracterización al microscopio (Yparraguirre, 2005) (figura 51).

En la veta Bienaventurada, donde está bien reconocida, hay casos que está reemplazada por sericita e illita (Yparraguirre, 2005).

También se conoce la presencia de adularia en la mina Palomo (Inga, 2002), presentándose de la misma manera que en la veta Bienaventurada.



Figura 52: Costras de changoita blanca sobre cuarzo, esfalerita y matriz volcánica. Mina Esperanza. Longitud del ejemplar: 3,5 cm.

Changoita ($\text{Na}_2\text{Zn}[\text{SO}_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)

La changoita es un raro sulfato de Zn y Na, conocido únicamente en la localidad tipo: mina San Francisco, Sierra Gorda, Antofagasta, Chile, donde se asocia con thenardita, yeso y paraatacamita zincífera (Schlüter *et al.*, 1999), minerales de ambientes áridos. Además de formar costras de alteración sobre monedas acuñadas en zinc vietnamitas (Kartashov, 2006). Por otro lado, en la mina Esperanza se encuentra como producto secundario sobre el nivel freático a no mucha profundidad (menos de 100 m en la vertical desde superficie), en un ambiente diferente (Pérez-Puig, 2008a).

Recientemente, acorde a la información existente en mindat.org, se han caracterizado muestras de changoita procedentes de la mina La Compañía, Caracoles, distrito de Sierra Gorda, Antofagasta, Chile (Schlüter, s.a.; en mindat.org) así como de la mina de

plomo Namib, área de Spitzkopje, distrito de Karibib, Erongo, Namibia (Krassman, s.a.; en mindat.org).

En la veta Esperanza se han observado en pocas muestras unas pátinas blanquecinas que presentan cristales microscópicos, en los que no se puede describir su morfología, generalmente cerca del contacto de la esfalerita y la ganga y/o encajante que, caracterizadas mediante fluorescencia y difracción de rayos X, han resultado ser changoíta (Pérez-Puig, 2008a) (figuras 52 y 53).

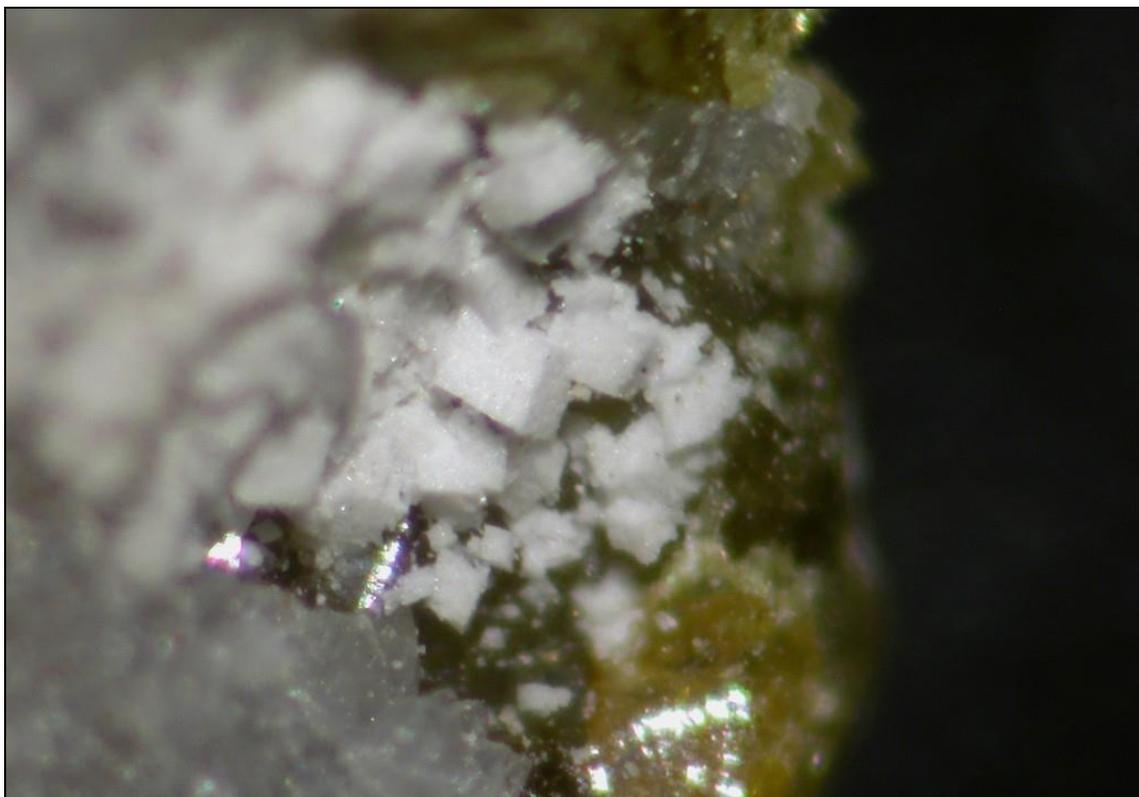


Figura 53: Fotografía de detalle de changoíta. Mina Esperanza. Campo de visión: 0,3 mm. Colección y fotografía: C. Menor Salván.

En el momento del hallazgo (año 2008), según la información existente en mindat.org, la changoíta era conocida únicamente en la localidad tipo y formando crecimientos de alteración en las monedas vietnamitas. Por tanto, la veta Esperanza se puede considerar como la segunda localidad conocida en el mundo para este mineral (Pérez-Puig, 2008a).

Caolinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$)

Se trata de un mineral de alteración de la roca alumínica encajante en la veta Bienaventurada. Se presenta como cristales alargados con formas retorcidas, en escamas aplastadas o en agregados criptocristalinos (Yparraguirre, 2005).

Pirofilita ($\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$)

Se asocia con el cuarzo, sericita y caolinita en las alteraciones de la roca encajante de la veta Bienaventurada (Yparraguirre, 2005).

Anhidrita (CaSO_4)

Se ha encontrado rellenando pequeñas vetillas en la roca encajante en la mina Bienaventurada. Generalmente se presenta reemplazada por yeso (Yparraguirre, 2005).

Gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$)

Se ha observado relleno de fracturas o cavidades de la veta Bienaventurada y su roca encajante, procedente de la alteración de las rocas alumínicas (Yparraguirre, 2005).

Halloysita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$)

Se trata de un mineral procedente de la alteración de los feldespatos para dar lugar a sericita, y que se ha observado en la veta Bienaventurada (Yparraguirre, 2005).

Illita ($((\text{K},\text{H}_2\text{O})(\text{Al},\text{Mg},\text{Fe})_2(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2 \text{H}_2\text{O}])$)

Se encuentra relleno de fracturas o cavidades de la estructura y parte de las grietas en la roca encajante alumínica de la veta Bienaventurada (Yparraguirre, 2005).

Montmorillonita ($((\text{Na},\text{Ca})_{0.3}(\text{Al},\text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \text{nH}_2\text{O})$)

Se encuentra asociado con la caolinita en la roca encajante alterada de la veta Bienaventurada (Yparraguirre, 2005).

Clorita ($((\text{Fe},\text{Mg},\text{Al})_6(\text{OH})_2(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10})$)

Se han observado minerales del grupo de la clorita, de manera general, en todas las rocas volcánicas del distrito Huachocolpa, como uno de los principales minerales de alteración, dando tonos verdosos a la roca.

Esta clorita es sustituida posteriormente por la alteración fílica (sericita, cuarzo y piritita), tal y como se observa en las aureolas de alteración del granate de la figura 58.

Sericita ($\text{KAl}_2[(\text{OH},\text{F})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$)

La sericita es una variedad de moscovita de grano muy fino, común en ciertos yacimientos minerales, que se forma por alteración de los feldespatos y que, en muchos casos, aparece pseudomorfizándose. En el entorno de las vetas es muy común observar muestras de roca con un reemplazo selectivo de los fenocristales de feldespatos por sericita (figura 54).



Figura 54: Reemplazo selectivo de feldespatos (plagioclase) por sericita. Mina Esperanza. Tamaño del ejemplar: 5 cm x 2 cm.

Rutilo (TiO_2)

El rutilo es un mineral observado, a nivel microscópico, en todas las estructuras emplazadas en rocas volcánicas ya que se forma por la descomposición de los minerales máficos presentes (biotita, piroxenos, etc.), asociado a otros minerales de alteración de las rocas volcánicas (cuarzo, sericita, pirita, etc.).

En la veta Esperanza se ha concentrado a modo de cristales en la misma roca encajante (Pérez-Puig, 2008a) (figura 55).

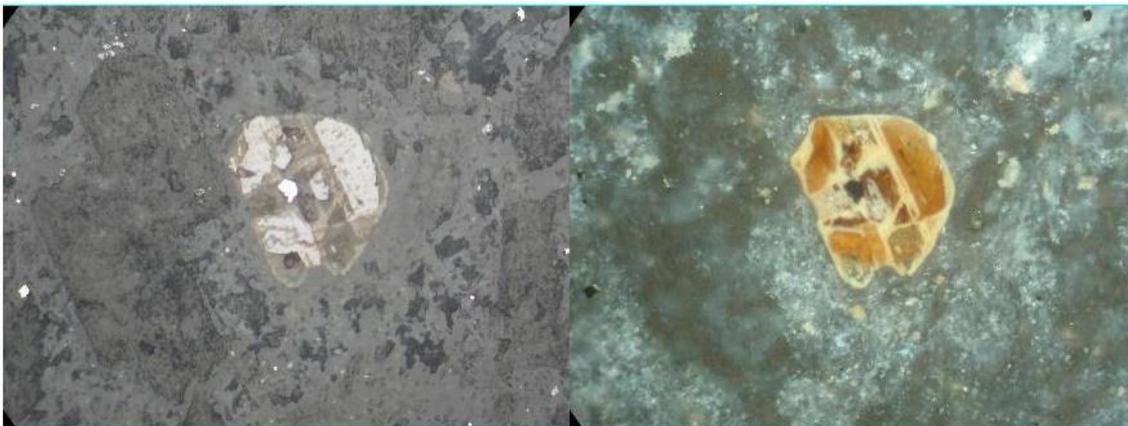


Figura 55: Microfotografías de un agregado de cristales de rutilo, leucoxeno (mezcla de rutilo, titanita y otros minerales de titanio) y pirita (blanco brillante). Luz reflejada, nicoles paralelos (izquierda) y cruzados (derecha). Mina Esperanza. Campo de visión: 1,6 mm.

En la veta Bienaventurada, por otro lado, se han observado cristales fibrosos incluidos en cuarzo (Yparraguirre, 2005) (figura 56).

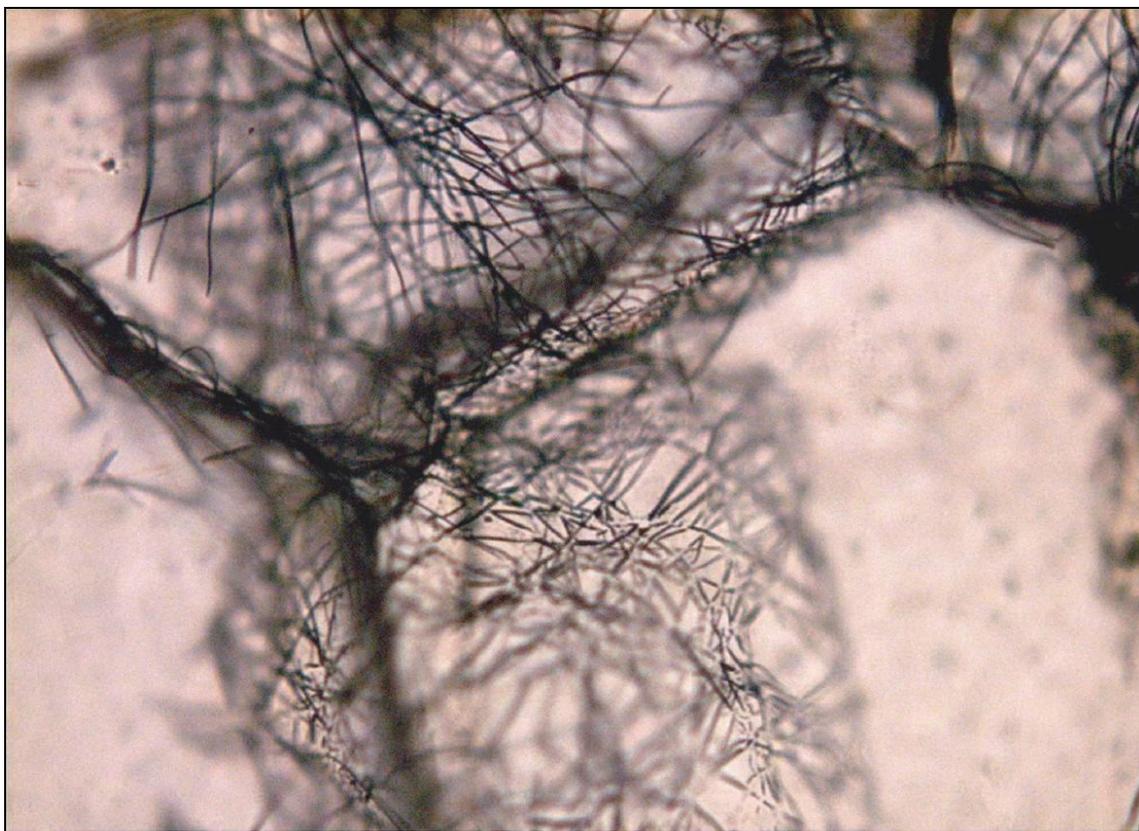


Figura 56: Fotomicrografía de una lámina delgada de cuarzo con cristales fibrosos de rutilo atrapados. Luz transmitida, nicoles paralelos. Mina Bienaventurada. Campo: 6,2 mm.

Debido a la inexistencia de estudios petrográficos sobre la mina Palomo, no se conoce la presencia de rutilo.

Apatito ($\text{Ca}_5(\text{F,Cl})(\text{PO}_4)_3$)

El apatito se presenta en diminutos cristales prismáticos en la roca de caja de las vetas del distrito, como mineral de alteración de la roca (figura 57). En ningún caso se han observado cristales de apatito en muestra de mano, por lo que se puede decir que el interés coleccionístico es nulo.

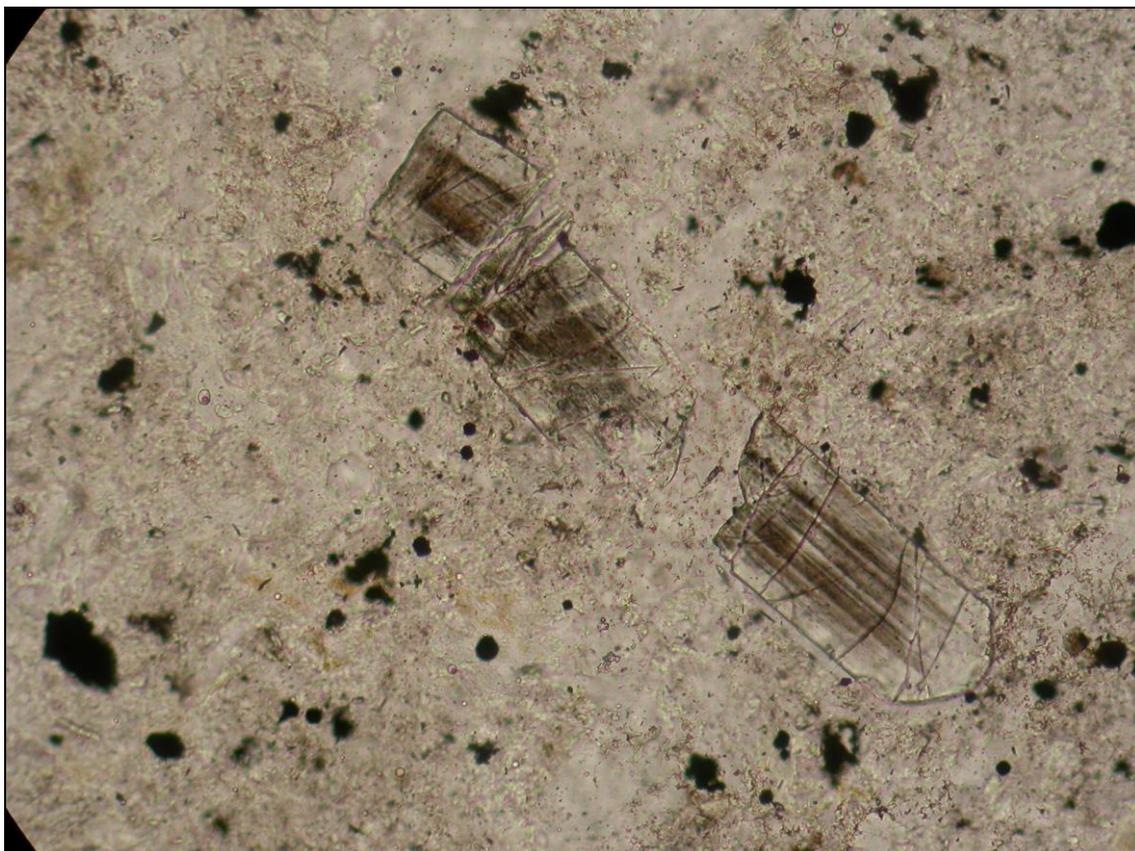


Figura 57: Fotomicrografía de un cristal de apatito fracturado, con fantasmas de crecimiento. Luz transmitida, nicoles paralelos. Mina Esperanza. Campo de visión: 3,1 mm.

Granate

Los granates conforman un grupo difícilmente caracterizable sin análisis químicos y, además, hay que considerar su posible variación composicional, por lo que se puede afirmar que no haya un granate característico de las rocas volcánicas presentes en el distrito Huachocolpa.

La presencia de granate, como mineral refractario presente en los materiales volcánicos, puede encontrarse en cualquiera de las minas emplazadas en materiales volcánicos, como un mineral primario que ha sufrido los procesos de alteración asociados al hidrotermalismo (figura 58).

Además, en las zonas de contacto de los materiales calcáreos con las rocas intrusivas, ha sucedido un metamorfismo de contacto (yacimientos de skarn) con granate grosularia ($\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$) (Inga, 2002).

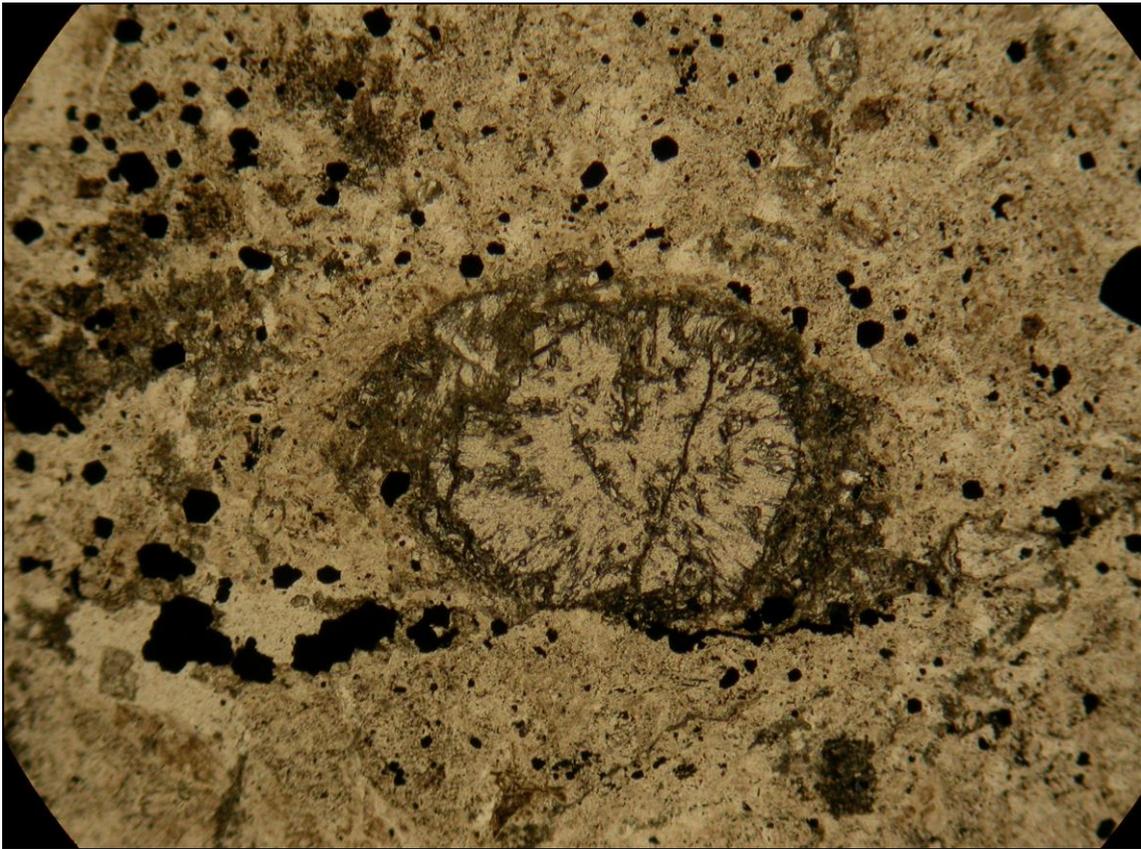


Figura 58: Fotomicrografía de un cristal de granate, con una corona de clorita (verdosa) y otra corona posterior que engloba y altera a la clorita de sericita. Luz transmitida, nicoles paralelos. Mina Esperanza. Campo de visión: 1,6 mm.

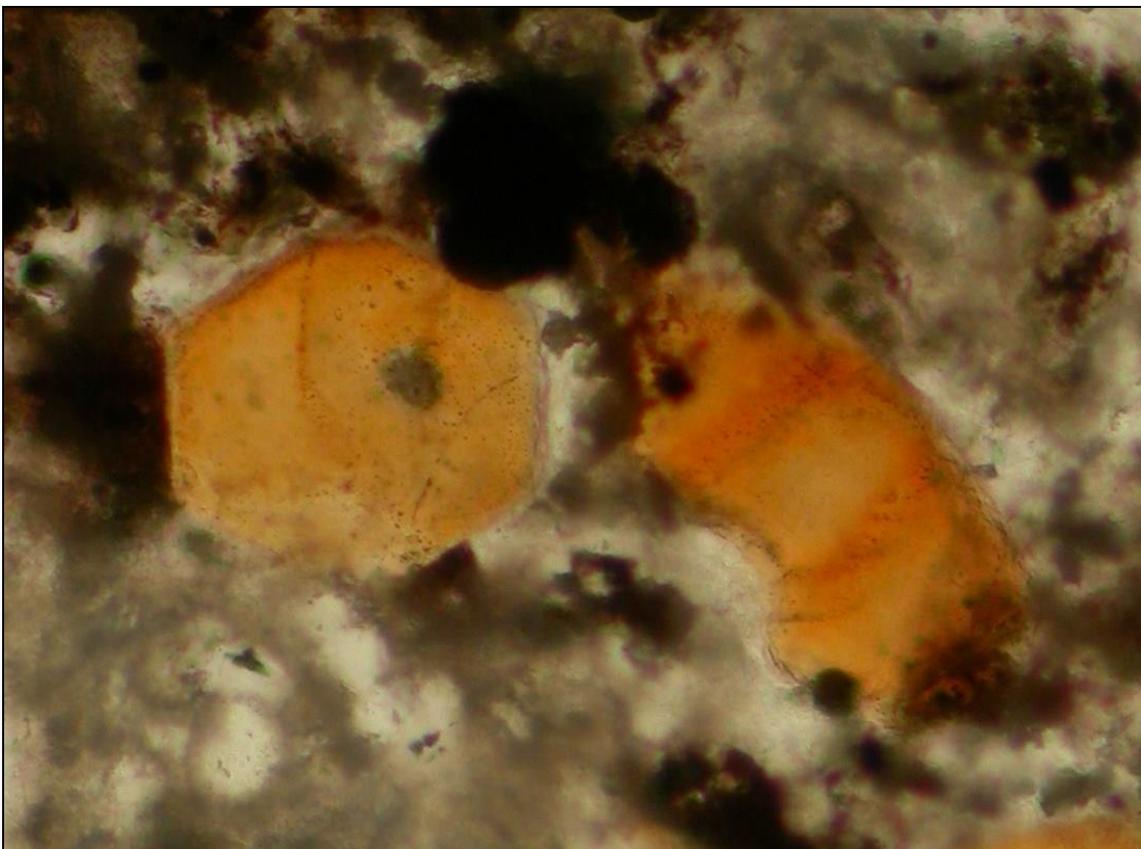


Figura 59: Fotomicrografía de dos cristales de turmalina (anaranjados) asociados a clorita (verde) y pirita (opaca). Luz transmitida, nicoles paralelos. Mina Esperanza. Campo de visión: 0,8 mm.

Turmalina (chorlo) $(\text{NaFe}^{2+}_3(\text{Al,Fe}^{3+})_{16}[(\text{OH})_4(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}])$

La turmalina, al igual que sucede con los granates, es un grupo con varias variedades. Se presenta también en las rocas volcánicas pero en ningún caso es un mineral refractario, pudiendo ser su origen netamente ígneo (volcánico) o de alteración hidrotermal. En la figura 59 parece que la clorita está corroyendo los cristales de turmalina, con lo que puede suponerse un origen ígneo, ya que la cloritización es el primer evento de alteración detectado en el distrito. Sin embargo, Yparraguirre (2008) describe la presencia microscópica de turmalina reemplazando a cristales de posibles anfíboles en la roca encajante en la mina Chonta (figura 60).

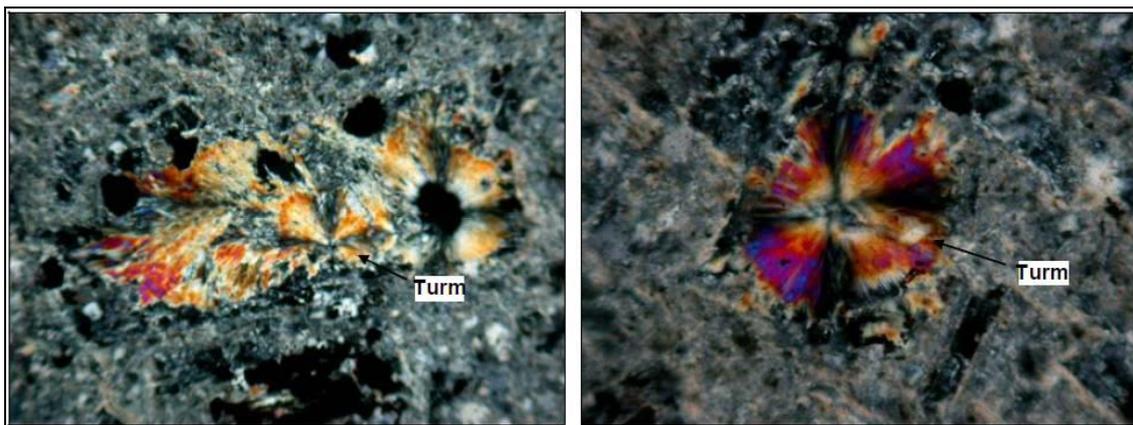


Figura 60: Fotomicrografías de cristales de turmalina fibroso-radiados. Luz transmitida, nicoles cruzados. Mina Chonta. Campo de visión: 0,8 mm.

METODOLOGÍA

Las descripciones microscópicas y fotomicrografías se han realizado con un microscopio petrográfico Leica DMRXP 301-371, de luz transmitida y reflejada, montados con objetivos de 2,5, 5, 10, 20 y 40 aumentos. La cámara utilizada para tomar imágenes es una Nikon Coolpix 4500, con un adaptador de rosca C para acoplarla sobre un tercer ocular.

Por su parte, las imágenes con estereoscopio binocular se han tomado con el mismo equipo fotográfico, sobre un equipo Leica MZ6 y fuente de luz externa Leica CLS 150.

La microscopía electrónica de barrido se ha realizado con un equipo Philips 505 en condiciones de alto vacío, a voltaje de aceleración 25 KV y tamaño de spot de 4 μm .

La difracción y fluorescencia de rayos X, se ha realizado en el servicio analítico del Instituto Geológico y Minero de España. El difractómetro de Rayos X es un equipo PANalytical con detector Xcelerator, tubo de cobre, monocromador de grafito y rendija de divergencia automática; con software de PANalytical XPert Quantify y SPert High Scorer y Base de Datos ICDD (Set 1 a 47). El espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X, por dispersión de longitudes de onda, es un Magix de PANalytical, con tubo de rodio y muestreador automático.

El estudio de microreflectometría espectral consiste en medir valores de niveles de gris, que son proporcionales a su reflectancia (Berrezueta, 2004), con luz de diferentes longitudes de onda, obteniéndose un espectro característico de los minerales, sobre probetas pulidas. Para este trabajo, el equipo que se utilizó fue² un microscopio Leica DM6000M sin polarizadores, una rueda de filtros DTA RPF16 intercalada entre la

² Tomado de la descripción metodológica de Brea (2012)

fuente luminosa y el estativo, dotada de 13 filtros Melles Griot que permiten medir 13 tramos de 50 nm, entre los 400 y 1000 nm). El microscopio tiene un objetivo Leica PL-Fluotar de 20 aumentos. Para la obtención de imágenes en B/N, se utilizó una cámara digital monocromática BASLER SCA1400-17FM, con una interfase IEEE-1394. La calibración del equipo se realizó con patrones Ocean Optics SSH y SSL, para alta y baja reflectancia, respectivamente.

AGRADECIMIENTOS

Al Profesor D. Antonio Arribas, de la Universidad Politécnica de Madrid, y a un revisor anónimo por sus correcciones y sugerencias para mejorar el manuscrito.

A la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. y a la Compañía Minera Caudalosa S.A. por permitir el acceso a las labores para la realización de los trabajos de campo.

A la Red DESIR y al Máster ALFA por el apoyo en la realización de los proyectos fin de carrera y tesis de máster en los que se ha basado este documento.

Al Dr. Ricardo Castroviejo, de la Universidad Politécnica de Madrid (España) por permitir el acceso al Laboratorio de Microscopía Aplicada y Análisis Digital de Imágenes (LMAAI) para realizar los estudios pertinentes con la instrumentación adquirida mediante los proyectos GR92-0135, UE95-0007 y UE98-0027 del Ministerio de Educación y Cultura español y mediante fondos FEDER de la Unión Europea.

A Juan Antonio Martín Rubí, del Instituto Geológico y Minero de España, y a Carolina Brea, del LMAAI, por la caracterización de la changoita.

A la Universidad Mayor de San Marcos (Lima, Perú) por el apoyo y permiso de utilización del microscopio electrónico de barrido para la caracterización de diversos minerales.

Al Dr. Heinz-Juergen Bernhardt, de la Universidad RU-Bochum (Alemania), por la caracterización de sulfosales mediante microsonda electrónica.

BIBLIOGRAFÍA

E. BERREZUETA (2004) Caracterización de menas metálicas mediante Análisis Digital de Imagen: investigación de un sistema experto aplicable a problemas mineros. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

R.W. BIRNIE, U. PETERSEN (1977) The paragenetic association and compositional zoning of lead sulfosalts at Huachocolpa, Peru. *Economic Geology*, **72**: 983-992.

C.B. BREA (2012) Aplicación del Análisis Multiespectral al reconocimiento automatizado de menas con microscopio de reflexión. En Fundación Taeda (ed.) *El valor estratégico de los recursos naturales*: 145-179.

D.J. BRUHA (1983) Paragenetic and fluid inclusion study of Pb-Zn-Ag mineralization at mina Teresita, Huachocolpa district, Peru. MSc Thesis, University of Nevada, Reno. 55 p.

A. DEMOUSTIER, R. CASTROVIEJO, J.M. CHARLET (1998) Clasificación textural del cuarzo epitermal (Au-Ag) de relleno filoniano del área volcánica de Cabo de Gata, Almería. *Boletín Geológico y Minero*, **109-5** y **109-6**: 449-468.

- J.V. HARRISON (1943) Geología de los Andes Centrales en parte del departamento de Junín, Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, **16**: 7-97.
- P. HEALD, N.K. FOLEY, D.O. HAIBA (1987) Comparative anatomy of volcanic-hosted epithermal deposits: acid-sulfate and adularia-sericite types. *Economic Geology*, **82**: 1-26.
- J.W. HEDENQUIST, E. IZAWA, A. ARRIBAS Jr., N.C. WHITE (1996) Epithermal gold deposits: styles, characteristics and exploration. *The Society of Resource Geology, Resource Geology Special Publication*, **1**.
- J. HYRSL (2008) The Palomo mine, Huancavelica Department, Peru. *The Mineralogical Record*, **39-1**: 95-99.
- J. HYRSL (2011) New mineral finds from Peru (2003-2010). *The Mineralogical Record*, **42-2**: 141-172.
- J. HYRSL, Z. ROSALES (2006) Nuevos hallazgos de minerales en Perú (2000-2006). *Revista de Minerales*, **III-1**: 4-21.
- J. HYRSL, J.A. CROWLEY, R.H. CURRIER, T. SZENICS (2010) Perú Paraíso de Minerales. Ed.: Museo Andrés del Castillo. Lima. 385-405.
- A. INGA (2002): Informe final mina Teresita. Informe interno CMBSAA, inédito. 67 p.
- E.H. McKEE, D.C. NOBLE, U. PETERSEN, M.J. ARENAS, A. BENAVIDES (1975) Chronology of late Tertiary volcanism and mineralization, Huachocolpa District, Central Peru. *Economic Geology*, **70**: 388-404.
- F. MEGARD (1979) Estudio geológico de los Andes del Perú Central. Boletín nº 8, Serie D, INGEMMET, Lima.
- D.C. NOBLE, E.H. McKEE, F. MEGARD (1979) Early tertiary Incaic tectonism, uplift and volcanic activity, Andes of central Peru. *Geological Society of America Bulletin*, **90**: 903-907.
- C.R. PÉREZ-PUIG (2008a) Investigación de los controles geológicos en la mineralización de Veta Esperanza (Huachocolpa, Perú). Proyecto Fin de Carrera, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. 107 p.
- C.R. PÉREZ-PUIG (2008b) Minerales del Distrito de Huachocolpa, Perú: Minas Esperanza y Palomo. *Nuevo Azogue*, **1**: 42-58.
- P. PICOT, Z. JOHAN (1982) Atlas of Ore Minerals. B.R.G.M. 458 p.
- J. SCHLÜTER, K.-H. KLASKA, G. GEBHARD (1999) Changoite, Na₂Zn(SO₄)·2·4H₂O, the Zn analogue of blödite, a new mineral from Sierra Gorda, Antofagasta, Chile. *Neues Jahrbuch für Mineralogie: Monatshefte*, **1999-1**: 97-103.
- J.P. SOULAS (1975) Las fases tectónicas jóvenes de los Andes Centrales del Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, **50**: 77-86.
- J. VALDIVIA, J. PAULLO (2006) Mineralización polimetálica en el extremo sur de los afloramientos del Pucará, en la región de Huancavelica. *Resúmenes extendidos del XIII Congreso Peruano de Geología*. 816-819.
- J.M. WISE (1999) Geologic Map of the Huachocolpa District, Peru. Informe interno CMBSAA, inédito.
- J.M. WISE, D.C. NOBLE (2001) La falla Chonta del Perú Central – una falla inversa con reactivación de rumbo sinistral respondiendo a un cambio de la oblicuidad relativa

de convergencia de las placas tectónicas. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, **92**: 29-41.

J.A. YPARRAGUIRRE (2005) Secuencias paragenéticas, alteraciones hidrotermales e inclusiones fluidas de la Veta Bienaventurada, Mina Bienaventurada, Huachocolpa – Huancavelica. Proyecto Fin de Carrera, Universidad de San Marcos (UNMSM), Lima, inédito. 113 p.

J.A. YPARRAGUIRRE (2008) Geoquímica y microtermometría de los fluidos mineralizantes de la veta Rublo, mina Chonta, Huachocolpa, Huancavelica, Perú. MSc. Universidad Politécnica de Madrid, Lima, inédito. 103 p.

La ‘Coeruleolactita’ y su relación con la serie
Planerita-Turquesa.
El caso de la mina Bejanca (Carvalhal do Estanho),
centro de Portugal

Pedro ALVES

Universidade do Minho, Departamento de Ciências da Terra.
CIG-R, Braga (Portugal)
E-mail: pedroalves.dct@gmail.com

Resumen

P. ALVES (2013) La ‘coeruleolactita’ y su relación con la serie planerita-turquesa. El caso de la mina Bejanca (Carvalhal do Estanho), centro de Portugal. *Acopios*, **4**: 59-71.

La ‘coeruleolactita’ tiene actualmente el estatus de mineral desacreditado. Su presencia en Portugal es conocida en la mina de W y Sn Bejanca (Carvalhal do Estanho), en el centro del país.

El estudio de muestras clasificadas como ‘coeruleolactita’, provenientes de varias localidades donde era citada, ha demostrado que está relacionada con minerales del grupo de la turquesa. En algunos casos, se han observado mezclas heterogéneas compuestas por crandallita, variscita y wavellita, pero la tendencia es que se trate de un miembro de la serie Planerita-Turquesa, con preponderancia para la primera.

El objetivo de esta nota es la identificación de la fase mineral presente en la mina Bejanca y, en el caso de existir una relación con el grupo de la turquesa, reforzar la hipótesis que los relaciona.

Palabras clave: ‘coeruleolactita’, planerita, turquesa, Bejanca.

Abstract

P. ALVES (2013) The ‘coeruleolactite’ and its relation with Planerite-Turquoise series. The case of Bejanca Mine (Carvalhal do Estanho), center Portugal. *Acopios*, **4**: 59-71.

The ‘coeruleolactite’ currently has the status of discredited mineral. Its occurrence in Portugal was known at Bejanca Mine (Carvalhal do Estanho), a W and Sn mine in the center of the country.

The study of samples classified as ‘coeruleolactite’, from various localities where she was mentioned, has shown a relation with turquoise group minerals. In some cases heterogeneous mixtures composed by crandallite, wavellite and variscite were observed, but the tendency is to be a member of the Planerite-Turquoise series, more frequently to the first.

The purpose of this note is to identify the mineral present at Bejanca and, if there is a relationship with the Turquoise Group, confirm the hypothesis that relates them.

Keywords: ‘coeruleolactite’, planerite, turquoise, Bejanca.

Resumo

P. ALVES (2013) A 'Coeruleolactite' e sua relação com a série Planerite-Turquesa. O caso da mina da Bejanca (Carvalhal do Estanho), Centro de Portugal. *Acopios*, **4**: 59-71.

A 'coeruleolactite' tem actualmente o estatuto de fase mineral desacreditada. A sua ocorrência em Portugal era conhecida na mina de W e Sn da Bejanca (Carvalhal do Estanho), Centro do país.

O estudo de amostras classificadas como 'coeruleolactite', provenientes de vários locais onde esta era mencionada, demonstrou estar relacionada com minerais do grupo da turquesa. Em alguns casos, foram observadas misturas heterogéneas compostas por crandallite, variscite e wavellite, mas a tendência é para se tratar de um membro da série Planerite-Turquesa, com maior inclinação para a primeira.

O objectivo desta nota é a identificação da fase mineral presente na mina da Bejanca e, caso se verifique uma relação com o grupo da turquesa, confirmar a hipótese que as relaciona.

Palavras chave: 'coeruleolactite', planerite, turquesa, Bejanca.

CONTEXTO HISTÓRICO

La mina da Bejanca Carvalhal, concesión minera con el mismo nombre del coto minero al que pertenece, se sitúa en el pueblo de Queirã, en Vouzela, centro de Portugal. La concesión Carvalhal Bejanca fue concedida el 5 de Noviembre de 1917, con el nº 754. En 1939 se unieron varias concesiones, creando el coto minero Bejanca-Carvalhal, para la explotación de W y Sn.

A pesar de haber explotado también el wolframio, era principalmente una mina de estaño, así como muchas otras en una región fuertemente identificada con este metal.

Esta relación se puede comprobar, en cierto modo, por la toponimia local en 'Carvalhal do Estanho' y por un tradición minera, muy anterior a la fiebre minera de inicios del siglo pasado. Un párrafo extraído de los "ANNAES da Sociedade Promotora da Industria Nacional" (1822) relata la importancia de esta mina en la región «...*Esta mina he conhecida desde remota antiguidade, e não concebo como fosse inteiramente abandonada, pois que o seu estanho he o melhor que tenho visto, e que pode competir com o do Japão...*» [...] «...*na Freguezia de Queirã, aonde está Carvalhal d'Estanho, não há pessoa velha ou nova que ignore aonde he a mina, e em Lafões, não há casa alguma antiga que não tenha pratos, ou outros utensílios, do estanho que d'ali se exportou antigamente...*».

CONTEXTO GEOLÓGICO

El área minera de Bejanca-Carvalhal se sitúa en la Zona Centro Ibérica, perteneciendo a la denominada Provincia metalogénica estaño-tungstífera del Nordeste Peninsular (fig. 1).

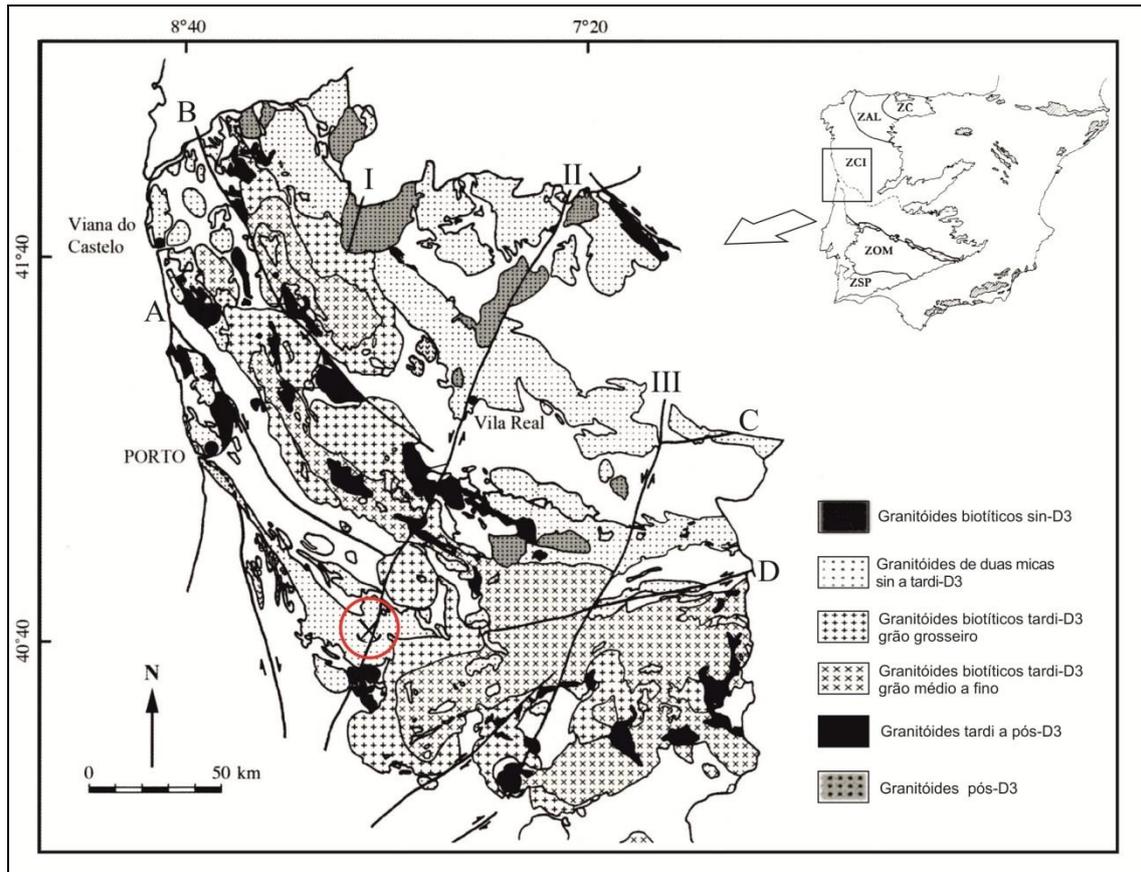


Figura 1: Mapa del contexto geológico y geotectónico. Extraído y modificado de Dias et al (2010).

Desde el punto de vista genético, las mineralizaciones pueden ser: epigenéticas, hipotermales, supergénicas y sedimentarias detríticas. Se presentan asociadas a granitoides Variscos de dos micas, con edad de intrusión tardi a pos-D3, encajándose en un granito muscovítico-biotítico de grano medio, con turmalina, el Granito de Abraveses (Ferreira *et al.* 2009).

En Bejanca han sido explotados tres tipos de depósitos, tal como se describe en el conocido trabajo de J.M. Coteló Neiva de 1944 “Jazigos Portugueses de cassiterite e volframite”. Según el autor, los tres tipos de yacimientos explotados son:

- 1- Aluviones;
- 2- Filones de ganga esencialmente cuarzosa;
- 3- Stockwork atravesando masas greisenizadas.

Aluviones

El origen de los materiales explotados en aluviones está, indiscriminadamente, relacionado con los dos otros tipos de depósitos.

Filones de ganga cuarzosa

Neiva (1944) refiere tres filones principales (Barrosa, Boeiro da Tapada y Cume). Estos filones, de potencias que varían entre 0,2 y 1,5 m., afloran en una extensión de 350-400 m. y con orientación aproximada NNE-SSW. Se encuentran mineralizados por casiterita y ‘wolframita’, juntamente con sulfuros, a saber: esfalerita, arsenopirita y calcopirita. El encajante es un granito de dos micas de grano grueso, con turmalina.

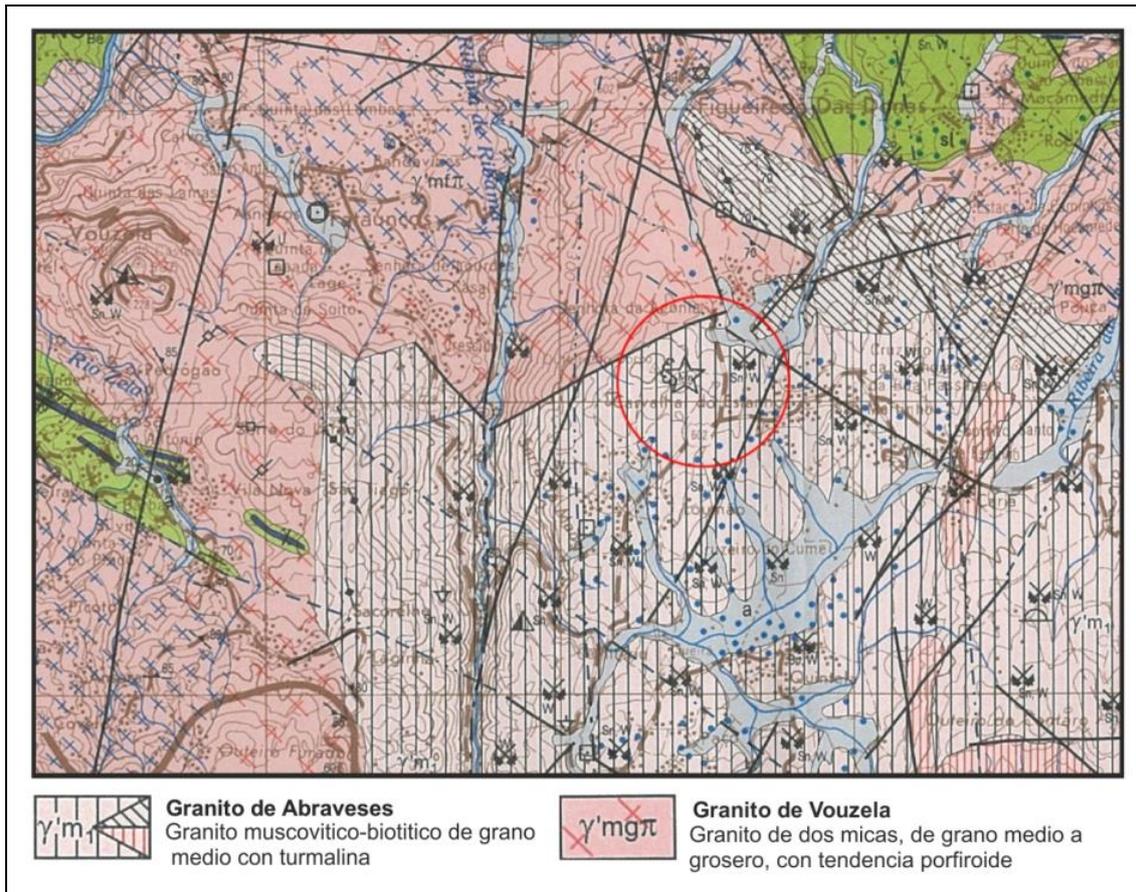


Figura 2: Detalle de la carta geológica 17-A (Viseu) 1:50 000, con el área de la mina Bejanca. (círculo rojo) en la proximidad del granito de Vouzela.

Stockwork atravesando el Greisen

El *Greisen de Bejanca* fue definido como un grupo de masas de aspecto elíptico y alargado, en el centro del granito. El cuerpo más voluminoso de este conjunto consistía en un afloramiento de unos 60 m de potencia dispuesto en sentido NNW-SSE, atravesado aleatoriamente por un sistema de vetas cuarzosas. A pesar del aspecto irregular y sinuoso de las vetas, éstas muestran una tendencia de orientación según la disposición alargada del Greisen (figura 3). Las referidas vetas constituyen el Stockwork da Bejanca y es en ellas donde predominan la casiterita y la 'wolframita', acompañadas por sulfuros (pirita, esfalerita, arsenopirita y en especial la calcopirita). Esta última destaca por los minerales secundarios resultantes de ella (calcocita, brochantita y malaquita) y por constituir una fuente de Cu, incorporado en otras fases secundarias.

El cuerpo de mayor volumen fue en el que la explotación tuvo su mayor expresión, dando lugar a la charca que actualmente (2012) puede ser vista en las proximidades del antiguo lavadero.

En relación a los minerales supergénicos, Neiva (1944) refiere la existencia de un 'producto verdoso' en forma de recubrimientos, en las fracturas del greisen y de las vetas de cuarzo. Añade la posibilidad de que dicho material pueda estar asociado/relacionado a productos de alteración de minerales radioactivos.

Esta descripción es perfectamente concordante con la forma de presentación de la 'coeruleolactita' observada en esta mina.

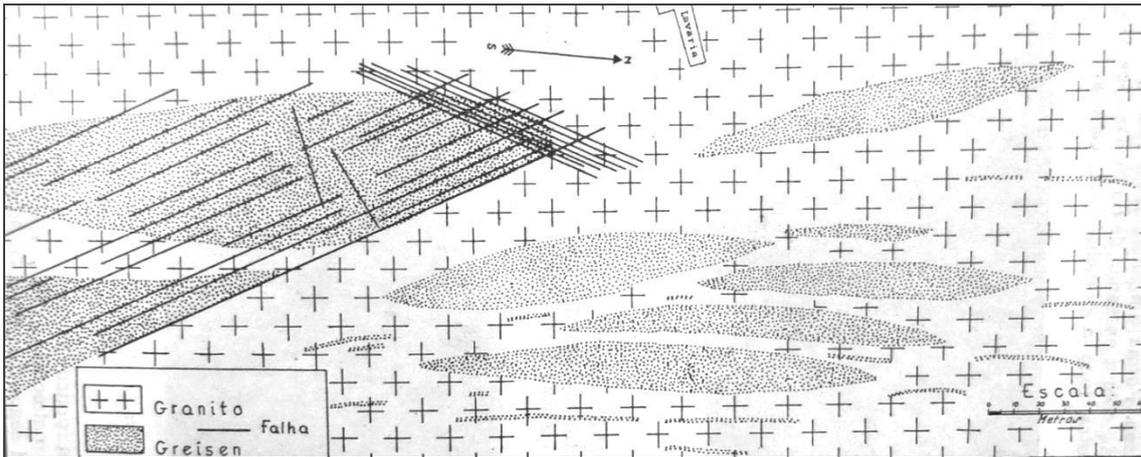


Figura 3: Ilustración de los cuerpos de Greisen en el granito. Extraído de Neiva (1944).

FORMA DE PRESENTACIÓN DE LA 'COERULEOLACTITA'

La 'coeruleolactita', en la mina Bejanca, es un mineral ubicuo y relativamente abundante, que puede ser observado bajo forma de recubrimientos verdosos en bloques dispersos en el área circundante de la mina, o en clastos cuarzosos en las escombreras de materiales finos.

La matriz 'portadora' está frecuentemente relacionada con una variación de colores, resultando así en dos formas de presentación:

Cortezas de baja cristalinidad en tonos verde-claro, recubriendo fragmentos de cuarzo. Asociándose a minerales secundarios como la brochantita y la calcocita, productos de alteración de sulfuros, aún presentes en forma de relictos.

El origen de estos clastos puede relacionarse con las vetas cuarzosas del Stockwork, posibilidad que está de acuerdo con la descripción de Neiva (1944) donde la referencia a un mineral verdoso (supuestamente un mineral secundario de U) puede de igual modo corresponder a la 'coeruleolactita'.

Agregados esféricos de alrededor de 1mm., de aspecto cristalino y color azul-turquesa. Se observan en pequeñas cavidades del greisen, frecuentemente asociados a la casiterita. Este tipo de presentación fue observada con mayor frecuencia en las escombreras de materiales finos.

LA 'COERULEOLACTITA' EN EL MUNDO

La 'coeruleolactita', mineral desacreditado por la IMA desde 2006, fue dada a conocer a través del artículo de Petersen (1871) donde se cita como una nueva especie mineral, descubierta en la mina Rindsberg (Rhineland-Palatinate, Alemania).

Originalmente fue descrita como una fase cálcica (Ca dominante en la posición A) del grupo de la turquesa. Morfológicamente semejante a los otros minerales de este grupo, se presenta en forma de agregados botrioidales o costras de un color azulado a blanco lechoso, asociados a limonita.

A lo largo de los años, varios museos han intentado conseguir muestras de la localidad tipo, pero sin éxito. Fue gracias a un comerciante de minerales que se llegó hasta una pieza etiquetada como 'coeruleolactita' de Katzenelnbogen, Alemania.

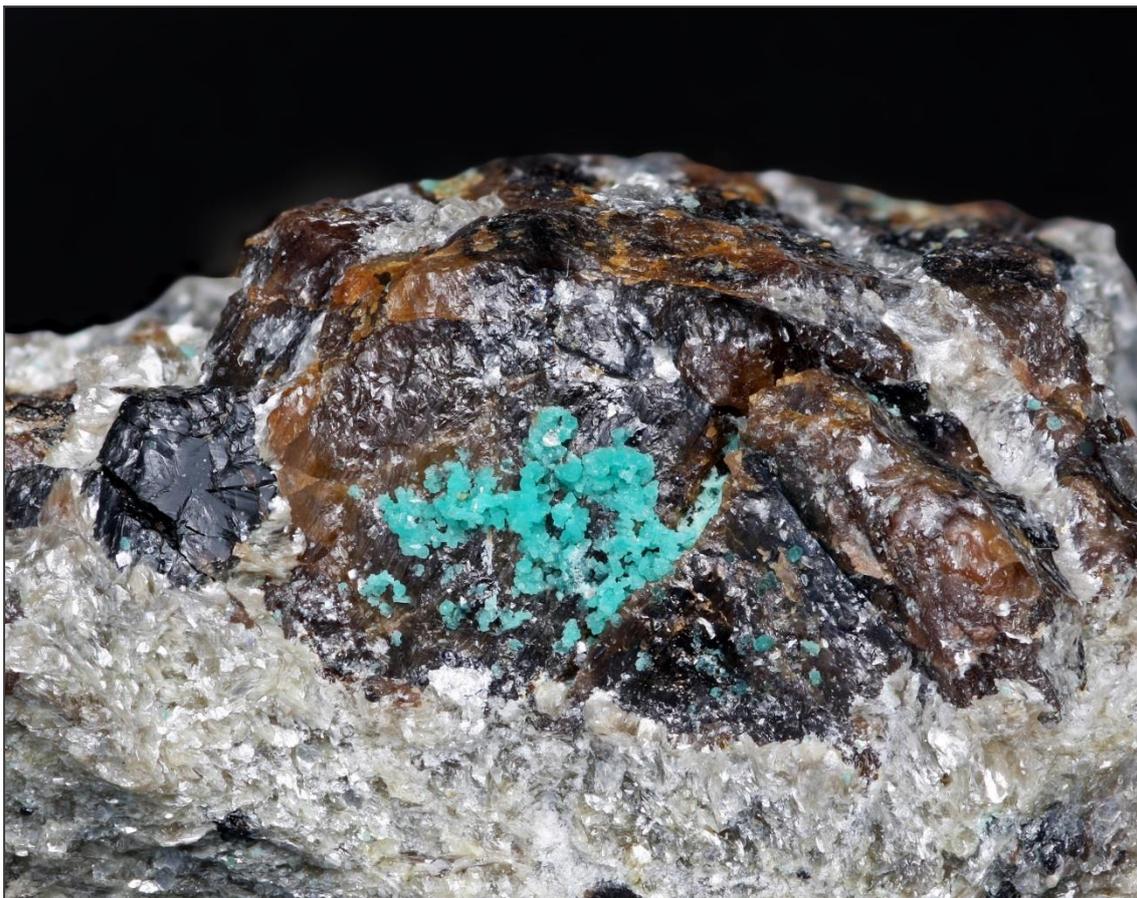


Figura 4: *Turquesa sobre casiterita. Encuadre 14 mm.*



Figura 5: *Turquesa en cavidades del greisen. Encuadre 12 mm*

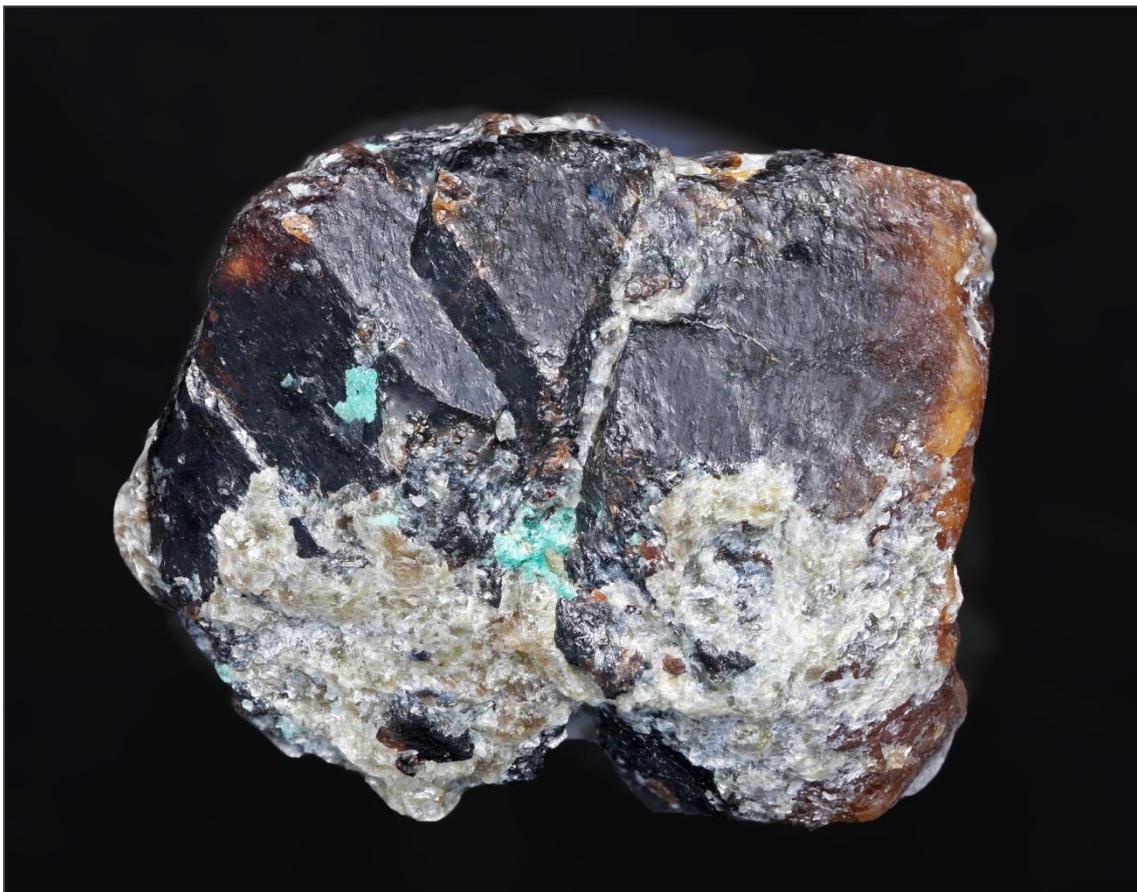


Figura 6: *Cristal de casiterita con puntos de turquesa. Tamaño del cristal 16 mm.*



Figura 7: *Cristal de casiterita con esférulas de turquesa. Longitud del cristal 11 mm.*

La muestra fue sometida a varias pruebas, y mediante difracción de rayos-X (DRX) se evidenció la presencia de un mineral del grupo de la turquesa, wavelita y también variscita. Los estudios por EDS demostraron que se trataba de una mezcla de por lo menos tres fases minerales distintas. Por fin, el análisis por ICP-AES dio una composición (% peso) de Al_2O_3 (35,9); CaO (0,15); FeO (0,18); P_2O_5 (36,7); BaO (0,02); CuO (2,75); Na_2O (0,04); K_2O (0,05); MnO (0,02); ZnO (0,20).

Tras estos resultados se pudo afirmar que, teniendo en cuenta la variscita y wavelita mezcladas, se trataba de una planerita cuprífera (Foord y Tagaart, 1998).

Una segunda muestra de color azul-verdoso claro, facilitada por el mismo comerciante y proveniente de 'una escombrera en Alemania', fue también estudiada. Los primeros resultados, por ICP-AES, mostraron contenidos (% en peso) de CaO de solamente 0,3%, cerca de 3% de Fe_2O_3 y 5,0% de CuO . La muestra fue clasificada como planerita-turquesa.

Los estudios por EDS revelaron valores puntuales de CaO entre un 5 y un 10%, las mismas áreas fueron sometidas a DRX demostrándose la presencia de crandallita.

Fischer (1958) presentó un análisis de una muestra de "coeruleolactita" blanca, etiquetada como proveniente de Rindsberg, Alemania. Dicha muestra contenía 5,09 (% en peso) de CaO , y los datos de DRX eran concordantes con otros miembros del grupo de la turquesa. Estos datos le motivaron a confirmar la 'coeruleolactita' como una especie válida. Sin embargo, un examen minucioso de los otros componentes determinados mostraron contenidos (% en peso) de 30,1 P_2O_5 , 40,3 Al_2O_3 , 0,4 de MgO y 0,24 de CuO . Los datos indicaban que se trataba no de una fase pura, si no de una mezcla de wavelita, crandalita y variscita, minerales ya identificados en otras muestras de supuestas 'coeruleolactitas'.

En los trabajos de Dietrich (1978, 1982) se estudiaron muestras de supuesta 'coeruleolactita', pero resultó que el material no contenía nada de Ca. Se trataba de ejemplares microcristalinos de color verde manzana, clasificados como planerita con algo de Fe y Cu.

METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN

El método elegido para la identificación de la fase mineral correspondiente a la 'coeruleolactita' de Bejanca, fue la combinación de una caracterización estructural y química. Para ello, se utilizó difracción de rayos-X (método del polvo) y análisis químico semi-cuantitativo (EDS), usándose los siguientes instrumentos:

- NanoSEM - FEI Nova 200 (FEG/SEM); EDAX - Pegasus X4M (EDS/EBSD) como sistema integrado de microanálisis por rayos-X (EDS) y sistema de detección y análisis de patrones de difracción de electrones retrodifundidos (EBSD);
- X-Pert PRO-MPD PANalytical para P-XRD, $\text{K}\alpha\text{Cu}$ ($\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$)

La selección de las muestras fue hecha de modo que se garantizara la representatividad de las diferentes formas de presentación observadas, siguiendo criterios distintivos como la variación cromática y el tipo de matriz. Esto dio lugar a la elección de 6 muestras que variaban entre el verde-claro y el azul-turquesa, las primeras en una matriz cuarzosa y las segundas en pequeñas cavidades del greisen.

La primera fase de caracterización consistió en un análisis químico (EDS), completado con adquisición de imagen en modo SE (electrones secundarios) como elemento

descriptivo. A esta fase siguió una difracción de rayos-X de partículas obtenidas de las muestras elegidas anteriormente, por una cuestión de coherencia al relacionar los resultados de las dos técnicas para los diferentes tipos de presentación.

RESULTADOS

Los datos resultantes del análisis químico están expresados en la tabla I.

Tabla I

Elemento Wt.%	'Coeruleolactita' Bejanca						Planerita (1)	Turquesa (1)
	1	2	3	4	5	6		
Al	13,25	17,17	13,14	18,97	16,16	17,88	21,53	19,90
Cu	12,73	10,25	12,62	9,13	11,78	9,27	-	7,81
Fe	3,55	0,74	2,73	1,25	4,46	2,77	-	-
P	10,25	12,13	11,89	11,58	11,33	10,78	16,48	15,23
O	58,91	59,58	59,27	58,87	55,47	58,29	59,58	55,07
H	-	-	-	-	-	-	2,41	1,98
Si	1,31	0,13	0,35	0,20	0,80	1,01	-	-
Σ							100,00	100,00

Tabla I: Composición química de la 'coeruleolactita' de Bejanca, Planerita y Turquesa (Wt %)
(1) Datos para las composiciones 'ideales' de la Planerita y la Turquesa, Foord, E., Taggart, J. (1998)

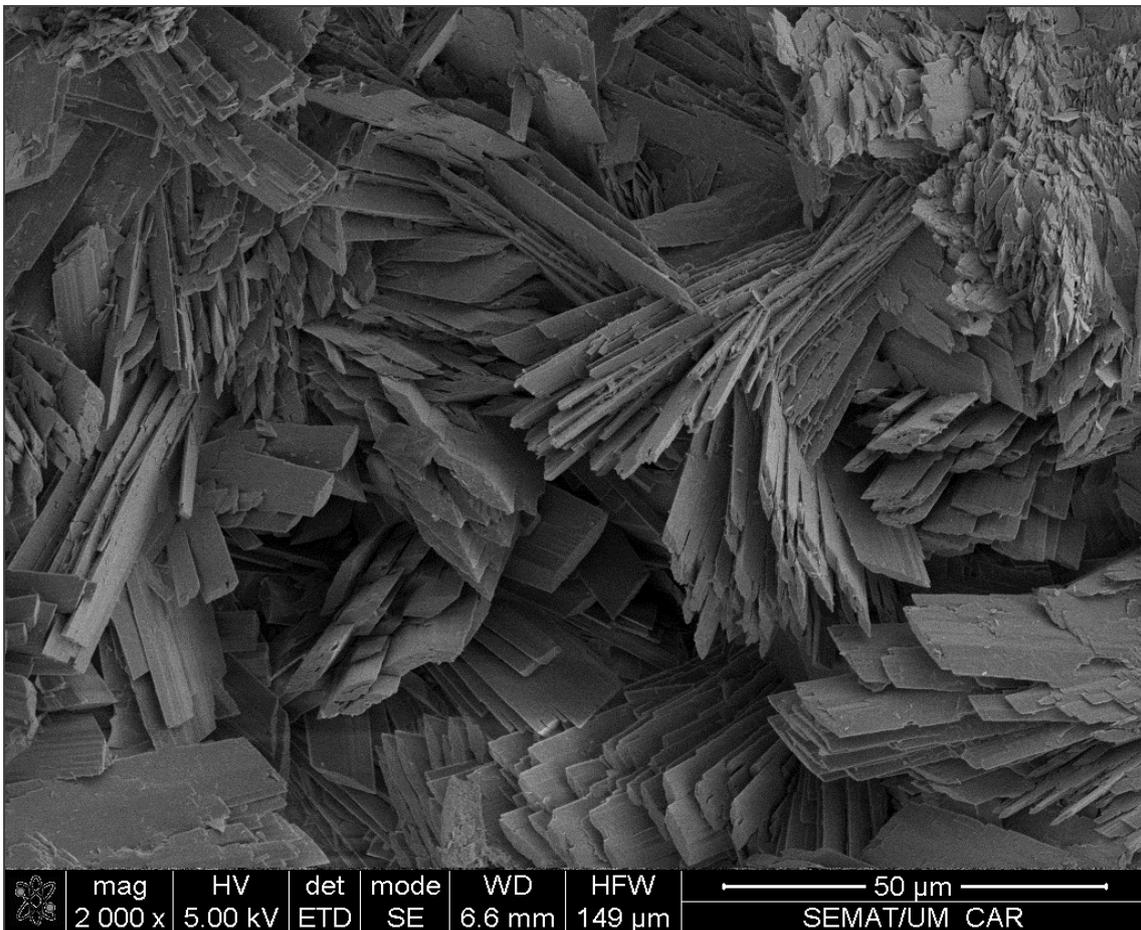


Figura 8: Imagen en modo SE (electrones secundarios) de una esférula de 'coeruleolactita' de Bejanca.

Tabla II

'Coeruleolactita' Bejanca(1)			'Coeruleolactita' Bejanca (2)			Turquesa (1)			Planerita(2)		
<i>hkl</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I</i>	<i>hkl</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I</i>	<i>hkl</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I</i>	<i>hkl</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I</i>
010	8,919	7	010	8,935	8	010	8,982	20	001	6,809	90
001	6,677	15	001	6,688	9	001	6,703	35	011	6,182	28
100	-	-	100	6,547	3	100	6,545	2	110	4,727	36
011, 111	6,159	33	011, 111	6,168	17	011, 111	6,165	75	121	4,583	7
110	5,986	11	110	6,001	7	110	5,986	45	211	3,745	100
101	5,753	7	101	5,751	4	101	5,744	6	111	3,692	60
110	4,790	29	110	4,790	52	110	4,786	45	102	3,571	13
121	4,607	5	121	-	-	121	4,614	3	012	3,493	15
020	-	-	020	-	-	020	4,487	3	221	3,433	23
120	4,172	4	120	4,143	2	120	4,170	3	200	3,285	35
101	-	-	101	-	-	101	4,054	3	131	3,234	26
111	3,666	95	111	3,670	59	111	3,674	100	222	3,125	16
201	3,430	47	201	3,430	37	201	3,429	45	022	3,090	36
221	-	-	221	-	-	221	3,404	25	220	3,012	17
210	-	-	210	-	-	210	3,327	12	112	2,928	17
131	3,270	36	131	3,274	34	131	3,284	25	132	2,886	15
200	-	-	200	-	-	200	3,266	25	210	2,855	23
222	3,082	11	222	3,093	5	222	3,083	25	231	2,830	10
031	2,987	10	031	3,040	8	0-31	3,038	12	032	2,548	20
121	-	-	121	2,980	14	121	2,982	3	230	2,509	23
012	2,900	100	012	2,904	100	012	2,900	80	122	2,389	12
202	-	-	202	-	-	202	2,871	18	122	2,354	9
232	2,726	5	232	-	-	232	2,727	5	331	2,237	8
201	-	-	201	2,607	2	201	2,608	4	300	2,191	4
113	-	-	113	2,566	5	113	2,525	10	113	2,151	4
130	2,511	22	130	2,511	32	130	2,511	30	333	2,088	2
212	2,487	10	212	-	-	212	2,477	9	231	2,060	3
223	-	-	223	-	-	223	2,433	11	202	2,039	5
131	-	-	131	-	-	131	2,420	2	213	2,006	5
321	-	-	321	-	-	321	2,412	4	113	1,966	5
022	-	-	022	-	-	022	2,406	4			
131	2,397	15	131	2,398	17	131	2,393	7			
221	2,341	14	221	2,345	8	221	2,344	25			
221	-	-	221	-	-	221	2,336	2			
041	2,313	21	041	2,316	15	041	2,315	35			
242	2,299	19	242	-	-	242	2,304	40			
133	-	-	133	-	-	133	2,297	7			
131	-	-	131	2,287	9	131	2,288	7			
331	2,228	19	331	2,227	12	331	2,226	40			
300, 221	2,182	10	300, 221	2,181	9	300, 221	2,178	20			
113	2,112	21	113	2,111	12	113	2,115	35			
243	2,062	21	243	2,065	17	243	2,062	45			
333	2,022	23	333	-	-	333	2,055	11			
310	2,016	28	310	2,015	33	310	2,013	35			

Tabla II: Datos de DRX para la 'coeruleolactita', turquesa y planerita.

(1) Planerita de Gumeshevsk, ural mountains, Russia, (2)Turquesa de Bishop mine, Lynch Station, Va, USA – FOORD y TAGAART (1998)

La figura 8 ilustra un agregado policristalino observado en modo de electrones secundarios (SE), correspondiente a la muestra 1. La interpretación de las formas simples existentes, teniendo como base el sistema cristalino de la turquesa (-1 Pinacoidal) está representada en la figura 9.

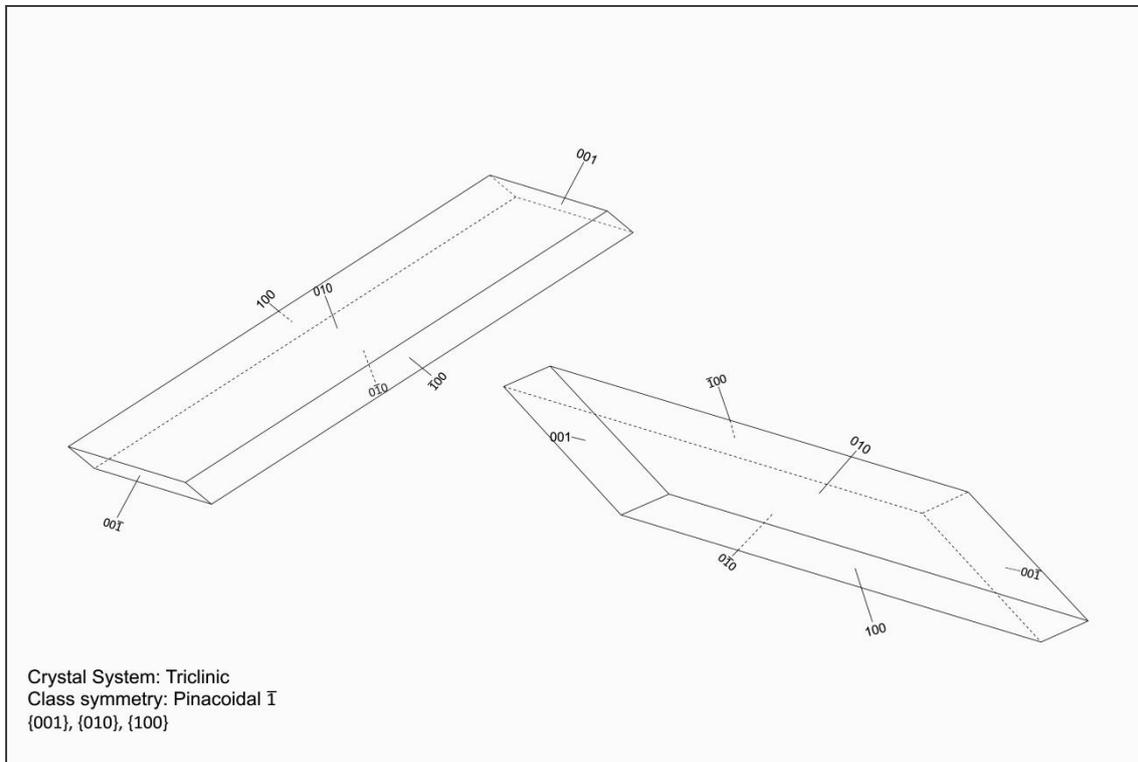


Figura 9: Representación cristalográfica de los cristales observados en la muestra de la figura 8.

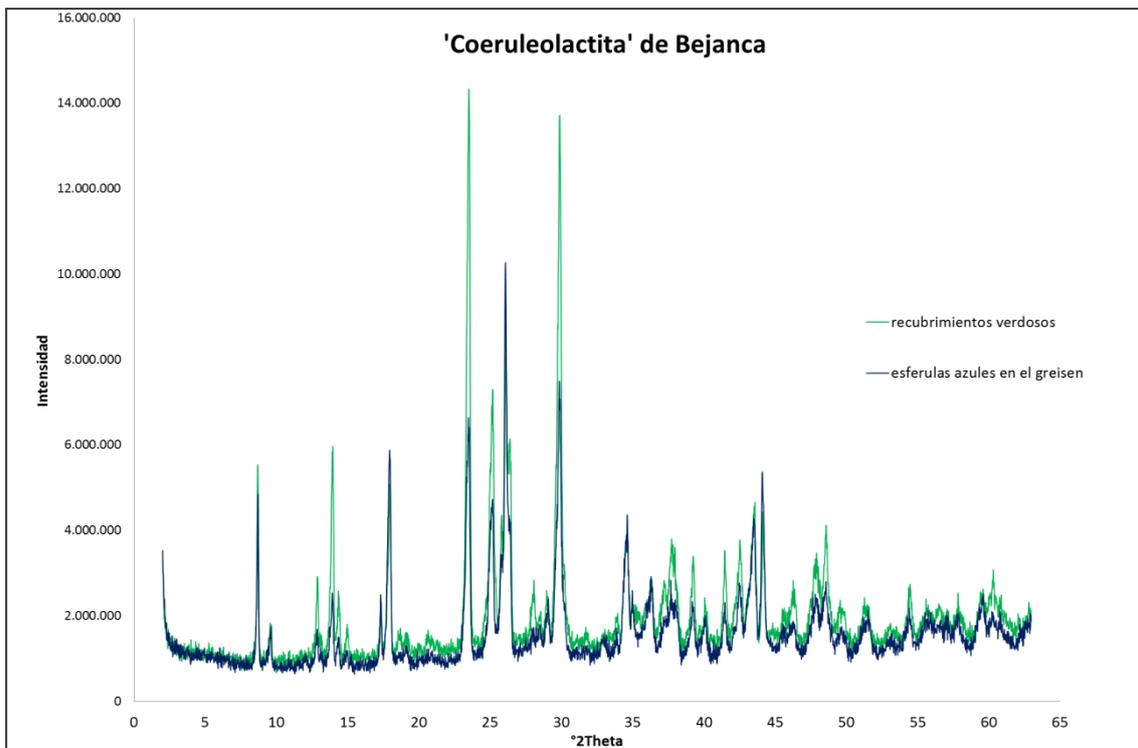


Figura 10: Espectro de difracción de las diferentes tipologías.

La difracción de rayos-X (p-XRD) se centró en diferentes muestras para las cuales se han tenido en cuenta las mismas condiciones de análisis. A tal efecto, se utilizó un aparato del modelo (X-Pert PRO-MPD PANalytical), y la radiación ($K\alpha\text{Cu}$ ($\lambda= 1,5406 \text{ \AA}$)). El tiempo de adquisición fue de 1,5 segundos por paso, para un intervalo entre 2° y 65° .

Los resultados están representados en la tabla 2, donde fueron incluidos los datos de la ficha de la turquesa y de la planerita.

Los espectros de difracción correspondientes a las muestras de la tabla 2 fueron superpuestos y expresados en la figura 10.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El análisis químico ha demostrado que se trata de un fosfato, eventualmente hidratado, conteniendo Cu, Al y Fe. Estos resultados sugerían una fase de la serie Planerita-Turquesa, en cantidades relativas ($\text{Al} > \text{Cu} >> \text{Fe}$) que apuntan a una fase cuprífera.

La variación cromática en minerales de esta serie está frecuentemente relacionada con el contenido en Cu y Fe, donde se admite que el Cu es responsable del color azul y el Fe del verde.

Las variaciones cromáticas en las muestras estudiadas no tienen una representatividad analítica relacionable. Aunque se tengan verificadas variaciones composicionales, especialmente en lo que hace referencia al contenido en Fe, estas no corresponden a los tonos esperados para ese enriquecimiento. Es decir, las muestras de tono verde no han sido aquellas donde se registraron valores más elevados de Fe.

Incluso con esta comprobación, ello no sería conclusivo, atendiendo al carácter no cuantitativo (s.s.) del método utilizado en el análisis químico (EDS).

Los resultados de la caracterización estructural por p-XRD de las muestras de partículas azul-turquesa en las cavidades del greisen y de recubrimientos verdosos sobre el cuarzo fueron semejantes e indican un mineral con una estructura afín a la turquesa.

CONCLUSIONES

La caracterización química y estructural de las muestras con distintos tipos de presentación observados en el área minera de Bejanca, cuya identidad fue asignada a la 'coeruleolactita', ha permitido concluir que se trata de turquesa.

Este resultado sigue una tendencia en la cual se demuestra una relación entre la 'coeruleolactita' y los minerales de la serie Planerita-Turquesa. Sin embargo, en este caso en particular, se contradice la hipótesis que apunta a la planerita como el mineral más probable en el lugar de la 'coeruleolactita'.

Los diferentes tipos de presentación, con variaciones cromáticas y en distintos soportes (matrices), no han resultado en diferencias marcadas a nivel de la caracterización, concluyéndose que era siempre el mismo mineral (turquesa).

A pesar del cuidado tenido en la recolección y elección de las muestras, garantizando una cobertura de los diferentes aspectos, la existencia de la planerita no puede ser descartada. Pero su presencia en la paragénesis de la mina Bejanca solo podrá ser confirmada mediante la identificación de muestras y no por analogía con otras formas registradas de 'coeruleolactita' en las cuales se demostró que se trataba de planerita.

BIBLIOGRAFÍA

- G. DIAS, F. NORONHA, A. ALMEIDA, P. SIMÕE, H. MARTINS, N. FERREIRA (2010) Geochronology and petrogenesis of Late-Variscan plutonism (NW Portugal): Synthesis and inferences on crustal recycling and growth in the Central Iberian Zone. *Ciências Geológicas: Ensino, investigação e a sua história*. Vol. I, Cap. II, 143-160.
- R. DIETRICH (1978) Neues zur Phosphatparagenese der Grube Rotläufchen in Waldgirmes bei Wetzlar, Teil II. *Aufschluss*, **29**, 139-53.
- R. DIETRICH (1982) Neues zur Phosphatparagenese der Grube Rotläufchen. *Emsere Hefte*, Jg. 4, Nr. 3.
- N. FERREIRA (2009) Carta Geológica de Portugal na escala 1:50 000, folha 17-A (Viseu).
- E. FISCHER (1958) Über die Beziehungen zwischen Coeruleolactit, Planerit, Tfirmis, Alumochalkosiderit und Chalkosiderit. *Beitriige zur Mineralogie und Petrographie*, 6, Bd 6, 182-9.
- E. FOORD, J. TAGAART (1998) A reexamination of the turquoise group: the mineral aheylite, planerite (redefined), turquoise and coeruleolactite. *Mineralogical Magazine*, **62** (1): 93-111.
- J.M.C. NEIVA (1944) Jazigos portugueses de cassiterite e volframite. *Com. Serv. Geol. Portugal*, XXV, 251 p.

Morinita de la mina “Senhora da Assunção”, Ferreira de Aves (Viseu, Portugal)

Pedro ALVES

Universidade do Minho, Departamento de Ciências da Terra.
CIG-R, Braga (Portugal)
E-mail: pedroalves.dct@gmail.com

Resumen

P. ALVES (2013) Morinita de la mina “Senhora da Assunção”, Ferreira de Aves (Viseu, Portugal). *Acopios*, **4**: 73-84.

La mina “Senhora da Assunção” es una de las localidades portuguesas más conocidas. Su fama se debe, en parte, a los imponentes cristales de berilo que son allí muy comunes y también a fosfatos de uranilo (en especial la autunita) de gran interés coleccionístico.

Menos conocidos son los minerales de la clase de los fosfatos, que, sin llegar a la espectacularidad de otras pegmatitas famosas en Portugal (Bendada, Mangualde), aún nos reservan algunas buenas sorpresas.

La presente nota describe la identificación de la morinita en esta mina. No siendo esta una especie especialmente rara, es probablemente su primera referencia documentada en la Península Ibérica.

Palabras clave: Morinita, Senhora da Assunção, fosfatos.

Abstract

P. ALVES (2013) Morinite from “Senhora da Assunção” mine, Ferreira de Aves (Viseu, Portugal). *Acopios*, **4**: 73-84.

The “Senhora da Assunção” mine is one of the most famous Portuguese localities. Its fame is due, in part, to the impressive beryl crystals, quite common at this locale, and also to the uranium phosphates (especially autunite) highly desirable among mineral collectors.

Less known are the phosphate class minerals, which, without reaching the spectacularity of other pegmatites in Portugal (Ex: Bendada, Mangualde) still reserve us some good surprises.

This brief note describes the identification of morinite in this mine. Not being a particularly rare species, this is probably its first documented reference for the Iberian Peninsula.

Keywords: Morinite, Senhora da Assunção, phosphates.

Resumo

P. ALVES (2013) Morinita da mina “Senhora da Assunção”, Ferreira de Aves (Viseu, Portugal). *Acopios*, **4**: 73-84.

A mina “Senhora da Assunção” é uma das localidades portuguesas mais famosas. A sua fama deve-se, em parte aos imponentes cristais de berilo que ali são comuns e também aos fosfatos de uranilo (especialmente a autunite) com grande interesse coleccionístico.

Menos conhecidos são os minerais da classe dos fosfatos, que sem se comparar à espectacularidade de outros pegmatitos famosos em Portugal (Bendada, Mangualde) ainda nos reservam algumas boas surpresas.

A presente nota relata a identificação da morinite. Não sendo esta uma espécie especialmente rara, esta é provavelmente a sua primeira referencia documentada na Península Ibérica.

Palavras chave: ‘Morinite, Senhora da Assunção, fosfatos.

INTRODUCCIÓN

La mina “Senhora da Assunção”, situada en Ferreira de Aves, Sátão (Norte de Portugal), explota cuarzo y feldespato en dos cuerpos pegmatíticos pertenecientes al grupo Senhora da Assunção (Trabulo *et al*, 1995). Durante varios años de actividad, grandes cristales de berilo (hasta 5 m) fueron expuestos en los frentes de desmonte, hecho que contribuyó a que la mina se volviera muy conocida.

Los berilos ‘gigantes’ se convirtieron en el ex-libris de esta localidad. Otro ejemplo de la grandiosidad de la mina son las cavidades en los núcleos de cuarzo, encerrando en ellas drusas de cuarzo que fácilmente llegan a 50 cm. Es muy común que estos cristales se encuentren cubiertos de fosfatos de uranilo (torbernita y autunita) resultando piezas muy estéticas.

Los fosfatos de uranilo son otro de los ‘tesoros’ de esta mina. Hablamos de autunita (y metaautunita), torbernita, uraninita, uranofana y curiosas pseudomorfosis de uranofana tras uraninita. En el año 2003 se descubrieron interesantes ejemplares de autunita y metaautunita y en los años siguientes han sido extraídos especímenes muy bellos, que se dispersaron un poco por todo el mundo, haciendo que “Assunção” se volviera un icono de la mineralogía portuguesa.

La paragénesis de la mina es muy amplia (si incluimos especies que se encuentran en dimensiones microscópicas, comprende más de 200 especies); pero, aparte de los minerales anteriormente referidos, no se ‘habla’ mucho de los demás.

El grupo de los fosfatos es probablemente el ejemplo paradigmático de la oscura diversidad mineralógica de Assunção, donde un poco de dedicación puede revelar algunas sorpresas. Tenemos un ejemplo de esa realidad publicado en esta misma revista (ACOPIOS Vol. 3, 2012).

En esta breve nota, se describe la identificación de morinita asociada a productos de evolución de isokitita y fluorapatito. La morinita no es un mineral especialmente raro pero, basándonos en la bibliografía que ha sido posible consultar, esta puede ser su primera cita en la Península Ibérica.

ENCUADRE GEOLÓGICO

La región de Viseu, en el centro de Portugal, está caracterizada por una elevada densidad de pegmatitas graníticas. Muchas de estas pegmatitas están agrupadas en enjambres, siendo los de Sezures-Dornelas y Trancozelos-Travanca de Tavares (fig.1) los que están constituidos por un mayor número de pegmatitas (Trabulo et al, 1995). Los mismos autores dicen también que esta distribución en enjambre es exclusiva, en esta región, de los granitos del tipo $Y\pi g$ (granito porfiroide de grano grueso esencialmente biotítico).

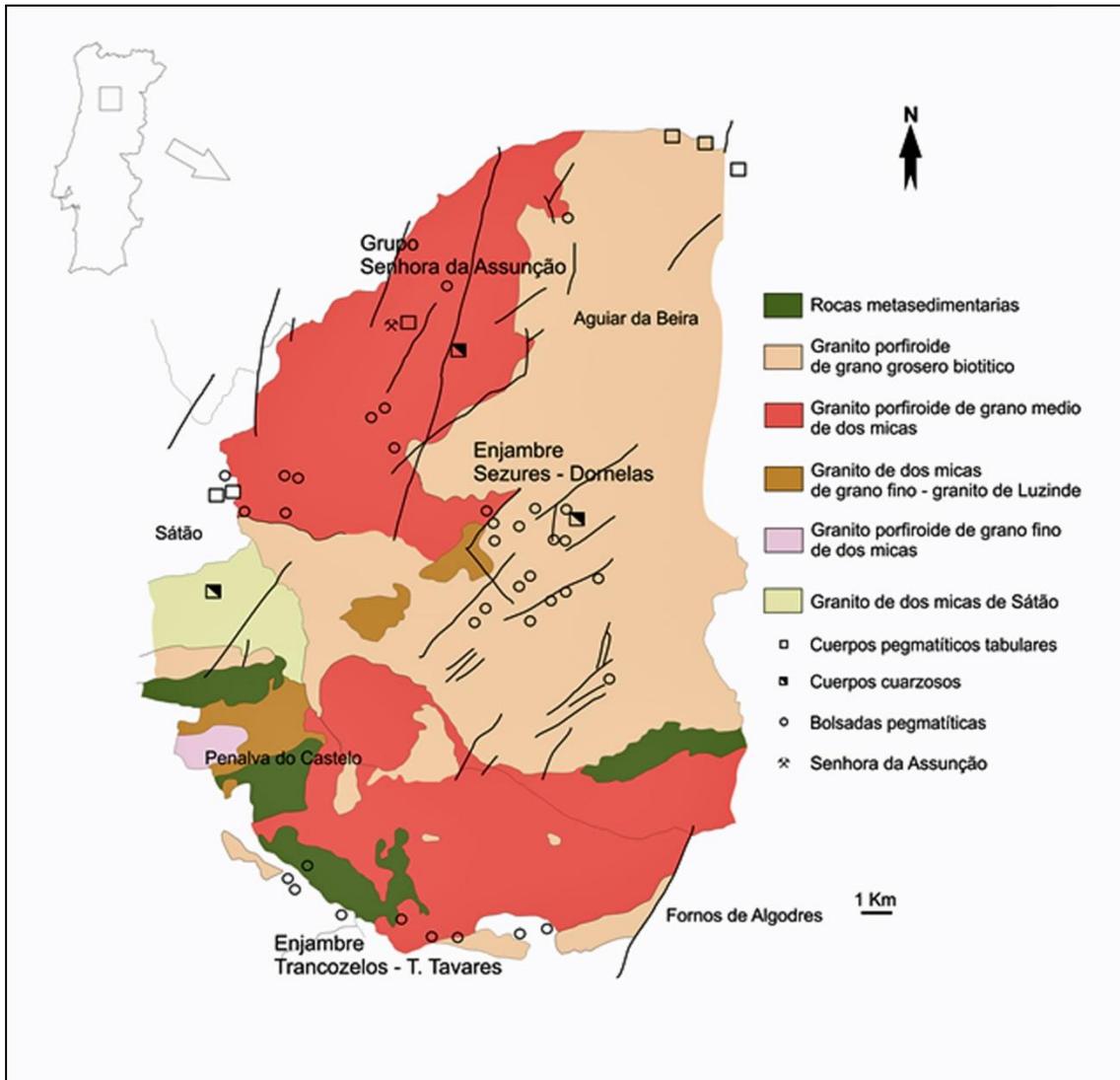


Figura 1: Encuadre de los enjambres pegmatíticos en la región Norte de Viseu. Tomado y modificado de Trabulo et al (1995).

El grupo ‘Senhora da Assunção’ está encajado en el Monzogranito de Ferreira de Aves (Fig.2), en el borde occidental de un macizo granítico del tipo $Y\pi g$, el Macizo de Aguiar da Beira. Este grupo está definido por dos cuerpos pegmatíticos acoplados en forma de mancuerna (Trabulo et al, 1995). Los dos cuerpos están separados uno del otro unos 50 metros y corresponden a los trabajos de explotación. Estos cuerpos/trabajos mineros son popularmente conocidos por cuerpo Norte y Sur respectivamente. El cuerpo Sur es, según Leal Gomes (2003), el que presenta una mayor diversidad mineralógica en la clase de los fosfatos.

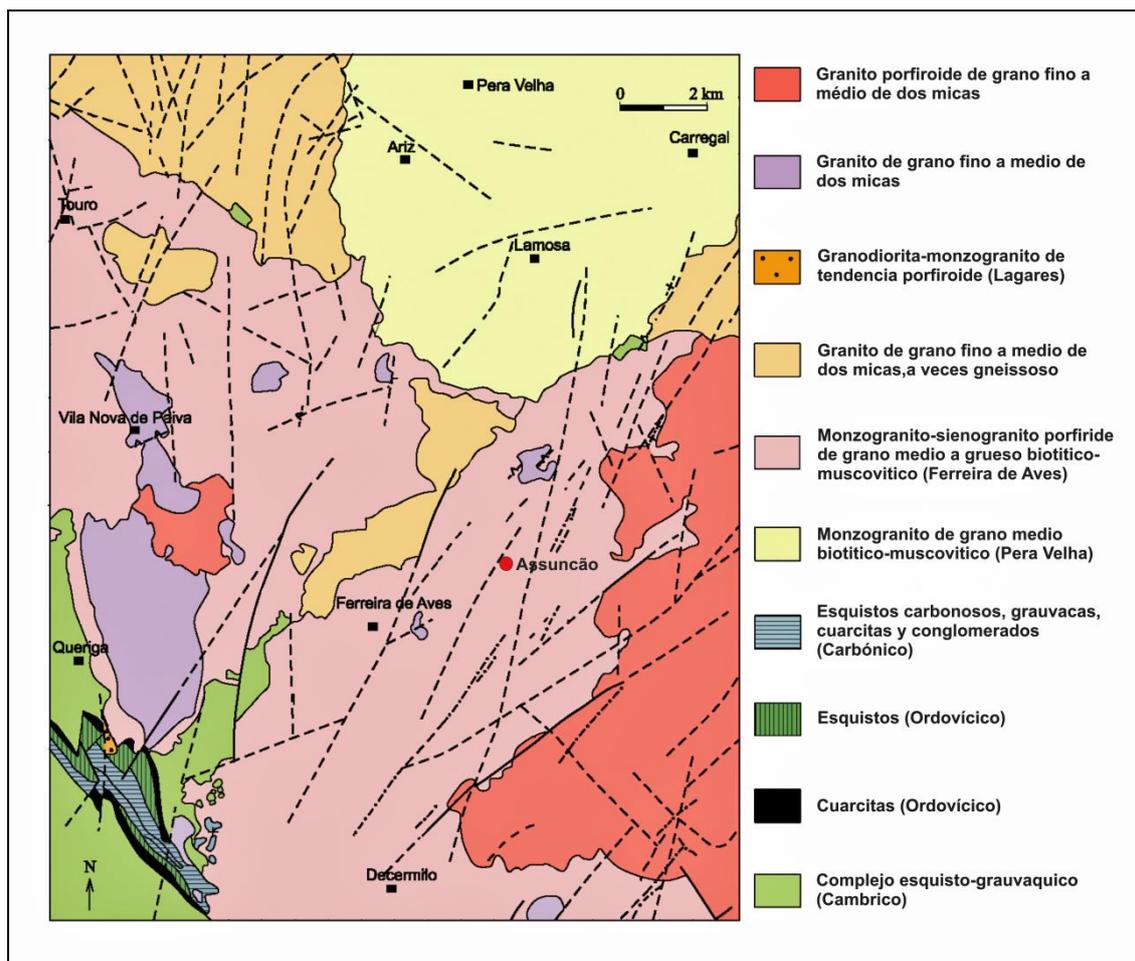


Figura 2: Encuadre geológico de la mina 'Senhora da Assunção'. Tomado y modificado de M. Costa (2006).

METODOLOGÍA

La morinita fue primeramente caracterizada por EDS, y luego estudiada por DRX. Dada la relativa simplicidad de la fase mineral en estudio y el carácter satisfactorio de los resultados, se consideraron suficientes los métodos utilizados para confirmar la identidad del mineral.

Los aparatos utilizados fueron:

- NanoSEM - FEI Nova 200 (FEG/SEM); EDAX - Pegasus X4M (EDS/EBSD) como sistema integrado de microanálisis por rayos-X (EDS) y sistema de detección y análisis de patrones de difracción de electrones retrodifundidos (EBSD);
- X-Pert PRO-MPD PANalytical para P-XRD, $K\alpha Cu$ ($\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$)

RESULTADOS

La interpretación del análisis químico realizado mediante SEM-EDS (Tabla 1) sugiere una fase mineral con una composición semejante a la morinita. En comparación con datos publicados para otras localidades, en la morinita de la mina “Senhora da Assunção” se observan valores de más elevados de calcio y más bajos de flúor. Estos pueden ser explicados, en parte, por el carácter poco riguroso inherente al método de análisis. Los bajos valores de flúor podrían estar compensados por el predominio de hidroxilo, pero no tenemos datos para comprobar esta hipótesis.

Tabla I

Elemento (Wt.%)	ideal	Assunção	Montebras (1)	Hugo Mine (2)
Na	4,83	3,16	4,34	4,91
Ca	16,85	25,78	16,07	15,96
Al	11,35	11,21	11,89	11,82
P	13,03	16,42	12,79	13,11
H	1,11	-	-	-
F	14,98	6,27	14,58	13,31
Si	-	-	1,12	-

Tabla I: *Análisis químico por EDS de la morinita de Assunção, comparado con la composición ideal y otras localidades. (1), (2) Tomado de la ficha de la morinita disponible en: <http://www.handbookofmineralogy.com>*

Tabla II

Morinita Assunção		Morinita (1)	
$d_{obs.}$	I	$d_{obs.}$	I
9,1469	19,79	9,1102	53,71
6,9358	7,28	6,9344	2,39
5,3571	1,84	5,3460	4,90
5,2553	7,20	5,2460	6,62
5,1941	7,75	5,1846	5,27
4,7196	42,00	4,7097	69,11
4,6181	6,77	4,6651	11,41
4,5749	4,98	4,6108	12,90
4,1099	6,63	4,0972	4,68
4,0232	16,07	4,0108	6,84
3,8350	8,32	3,8259	12,44
3,7543	28,99	3,7552	20,06
3,4776	100,00	3,4672	100
3,0680	66,35	3,0585	45,75
3,0089	53,40	2,9984	75,72
2,9556	66,14	2,9480	88,85
2,9403	56,67	2,9370	72,63
2,8975	53,77	2,8871	84,80
2,7987	94,96	2,8069	44,91
2,6633	20,04	2,6641	7,48
2,6292	96,35	2,6230	69,71
2,3602	16,57	2,3681	5,62
2,3113	14,62	2,3120	9,66
2,2299	39,03	2,2243	51,66
2,1633	38,32	2,1579	41,20
2,1429	18,76	2,1350	15,39
2,1156	20,30	2,1125	7,00

2,1031	40,63	2,0964	25,44
2,0540	38,32	2,0486	30,73
2,0123	22,65	2,0064	17,33
1,9789	24,99	1,9769	25,07
1,8909	17,83	1,8843	14,40
1,8342	26,56	1,8220	11,26
1,7853	43,24	1,7820	41,78
1,7808	52,41	1,7771	24,50
1,7461	23,44	1,7410	12,64
1,7105	29,07	1,7072	23,43
1,7063	17,56	1,7063	13,29
1,6007	18,14	1,5942	16,73
1,5868	17,48	1,5819	11,05
1,5725	17,77	1,5699	17,02
1,5598	24,09	1,5552	28,39
1,5551	15,02	1,5550	7,73
1,5417	31,81	1,5401	13,12
1,5331	16,68	1,5319	14,05

Tabla II: *Datos de DRX para la morinita de Assunção. (1) Morinite F.C. Hawthorne (1979)*

LA MORINITA

El presente artículo tiene como objetivo primero describir la existencia de morinita en “Senhora da Assunção”, quedando así muy lejos de una síntesis de los fosfatos presentes en esta mina.

La morinita fue descrita primeramente por Lacroix (1891), como un nuevo mineral descubierto en la pegmatita de Montebrias, Limousin (Francia). Su nombre es en honor al Sr. E. A. Morineau, entonces director de las minas de estaño en esta localidad y proveedor de las primeras muestras del mineral. Pocos años después, Carnot y Lacroix (1908) y Lacroix (1910) habían llegado a una fórmula química aproximada para la morinita: $\text{Na}_2\text{Ca}_3\text{Al}_3\text{H}(\text{PO}_4)_4\text{F}_6 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$.

Algunos años más tarde, F. Slavík (1914) describe tres nuevas especies descubiertas en un granito de la localidad de Greifenstein, Sajonia, Alemania. A uno de ellos le dio el nombre de jezekita, en honor al profesor Bohuslav Ježec. Hablamos de un fosfato, entonces con la fórmula química $\text{Na}_4\text{CaAl}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2\text{F}_2\text{O}$. Slavík no se dio cuenta que ‘su’ jezekita y la morinita eran el mismo mineral, ya que tenían una composición distinta, pero se fijó que las dos eran idénticas morfológicamente. Sin embargo, las consideró como dos minerales diferentes.

En los años sucesivos, muchos mineralogistas estudiaron los dos minerales, hasta que Fisher (1962) publica en el *American Mineralogist* el artículo: ‘Ježekite is Morinite’. En él se establece, tras estudios de DRX y propiedades ópticas, que los dos minerales son el mismo y que la Ježekita debe perder su identidad en favor la morinita, pues esta fue descrita anteriormente. En el trabajo de Čech y Povondra (1985), se confirma definitivamente, por datos químicos, lo propuesto por Fisher y se establece una nueva fórmula química, aún aceptada en nuestros días.



Bohuslav Ježec fue un importante mineralogista y petrólogo checo del siglo XX. Nació el 20 de noviembre de 1877, en la ciudad de Ústí nad Orlicí. El profesor Ježec estudió derecho en el colegio de Jičín, y tras pasar unos años en el ejército, estudió mineralogía en la Universidad Charles-Ferdinand, de Praga. Profesor asistente desde 1907, ascendió a profesor de mineralogía en 1913, hasta 1919 cuando fue nombrado profesor en la Universidad Técnica de Přeborn.

Su trabajo se ha basado en estudios cristalográficos y mineralogía práctica, con especial interés en las piedras preciosas y semipreciosas. Es el autor de varios libros como el "Mineralogía", "Ensayo de aleaciones de metales preciosos" y un bosquejo de pruebas de laboratorio: "Determinando minerales con aguja seca" y "Gemas" entre otros. Junto con el Profesor Josef Hummel ha traducido en checo el clásico de Georgius Agricola "Doce libros sobre minería y metalurgia". La mayor parte de sus obras se concentra en revistas checas, en especial el "Hornickém věstníku" (diario de minas).

Ježec falleció en Písku (Pisek), el 10 de enero de 1950.

La morinita es un fosfato hidratado con la fórmula química $\text{NaCa}_2\text{Al}_2(\text{PO}_4)_2(\text{F},\text{OH})_5 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Cristaliza en la clase 2/m del sistema monoclinico, formando individuos tabulares o prismáticos que pueden llegar a 1cm. Puede ser incolora, blanca, rosa pálido o rojo-vino. En la mina Silver Coin (Nevada, USA) se hallan cristales de un intenso color azul, esto es debido al contenido en Cu que actúa como cromóforo.

En su localidad tipo, Montebrias (Creuse, Francia), la morinita es un producto de metasomatismo de la ambligonita (Pirard, C. et al. 2007).

Aunque la ambligonita está citada en Assunção, como producto de evolución de la serie trifilita-litiofilita (Gomes y Azevedo, 2003), la morinita se presenta en una asociación de isokita y fluorapatito descrita por Hochleitner y Fehr (2005), donde la isokita resulta de una evolución a partir de la triplita. La morinita se encuentra en cavidades de corrosión del fluorapatito e isokita, asociada a frondelita, fluorapatito II, restos de sulfuros y sus alteraciones (brochantita y jarosita). El análisis textural y paragenético sugiere un origen supergénico de la morinita, al contrario de otras localidades, donde suele ser un producto de evolución hidrotermal.

Las cavidades donde se encuentra resultan en parte de la lixiviación de sulfuros y de la alteración de fluorapatito, creando condiciones para la ‘entrada’ de fluidos conteniendo cationes (principalmente el Na^{2+}), que podrían no estar disponibles en los fosfatos precursores.

En Assunção, la morinita aparece en grupos de 2-3 mm siendo raros los cristales aislados (Figura 3). Morfológicamente son muy sencillos, si los comparamos con ejemplares de la localidad tipo o con la ‘jezekita’. Se han observado las formas [100], [102], [120] y [112] (figura 4).

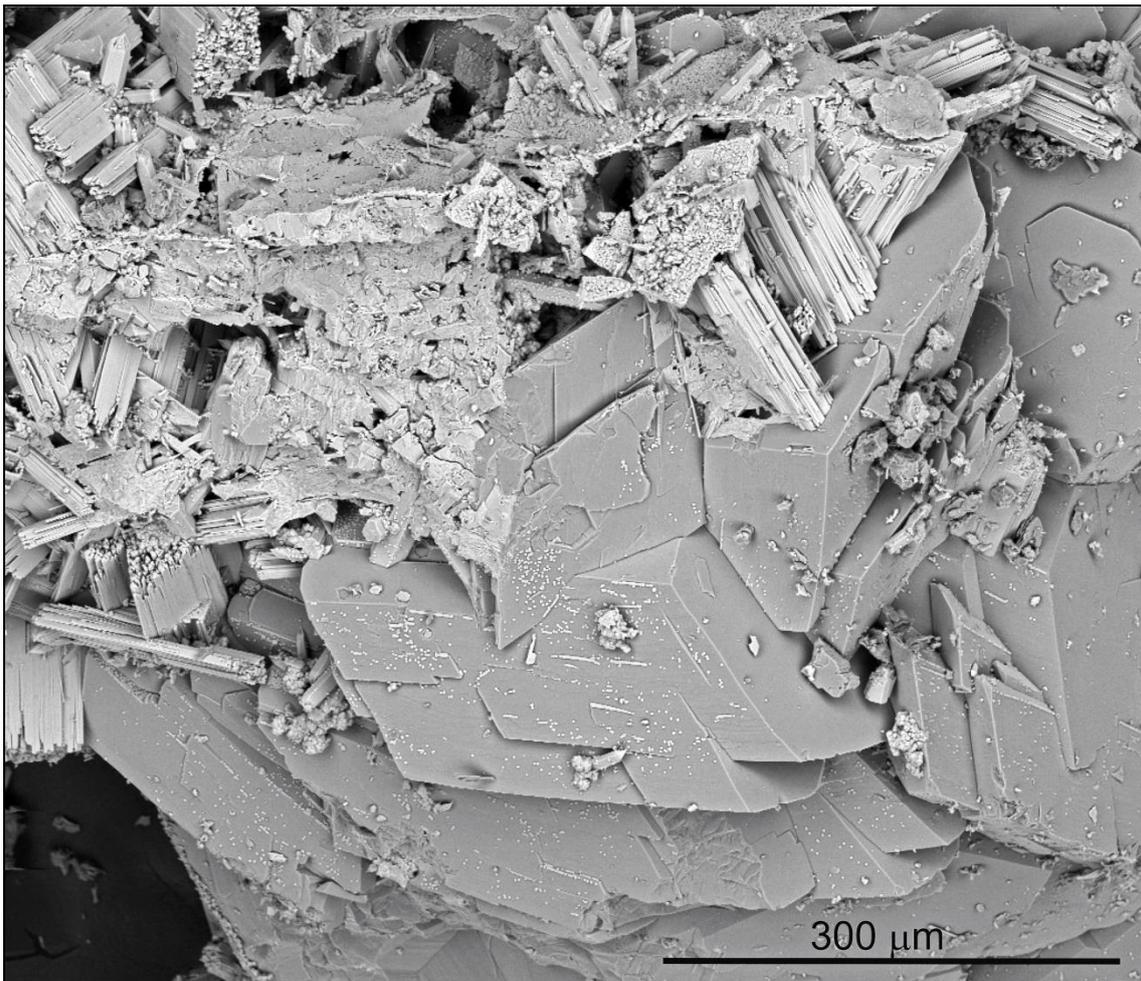


Figura 3: Imagen en modo BSED (Electrones retrodifundidos) de un grupo de cristales de morinita de Assunção.

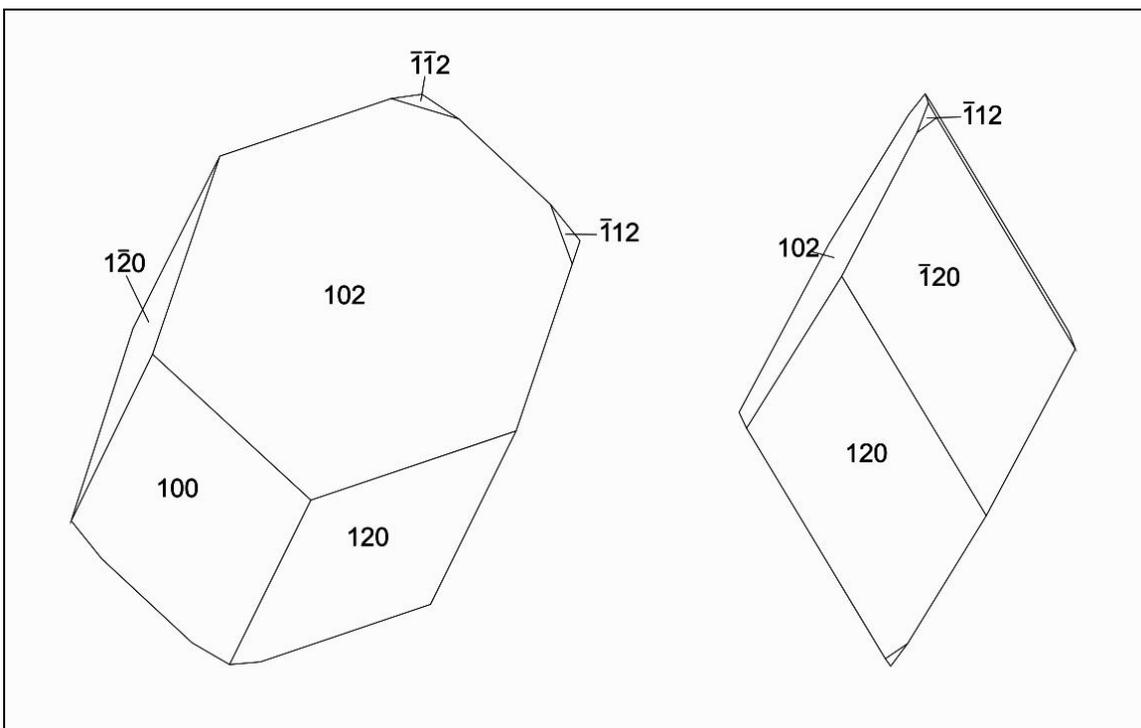


Figura 4: Interpretación de los cristales de morinita de Assunção.

La jezekita de Slavik estaba compuesta por una serie de formas (figura 5), como describe Fisher (1962), las principales (más desarrolladas) $s[101]$, $m[110]$ y $u[201]$, formas intermedias como $f[011]$, $k[111]$ y $a[100]$, formas menos desarrolladas $r[101]$ y $c[001]$ y finalmente formas con muy poco desarrollo $[111]$, $[121]$, $[421]$ y $[102]$ (Figura 6).

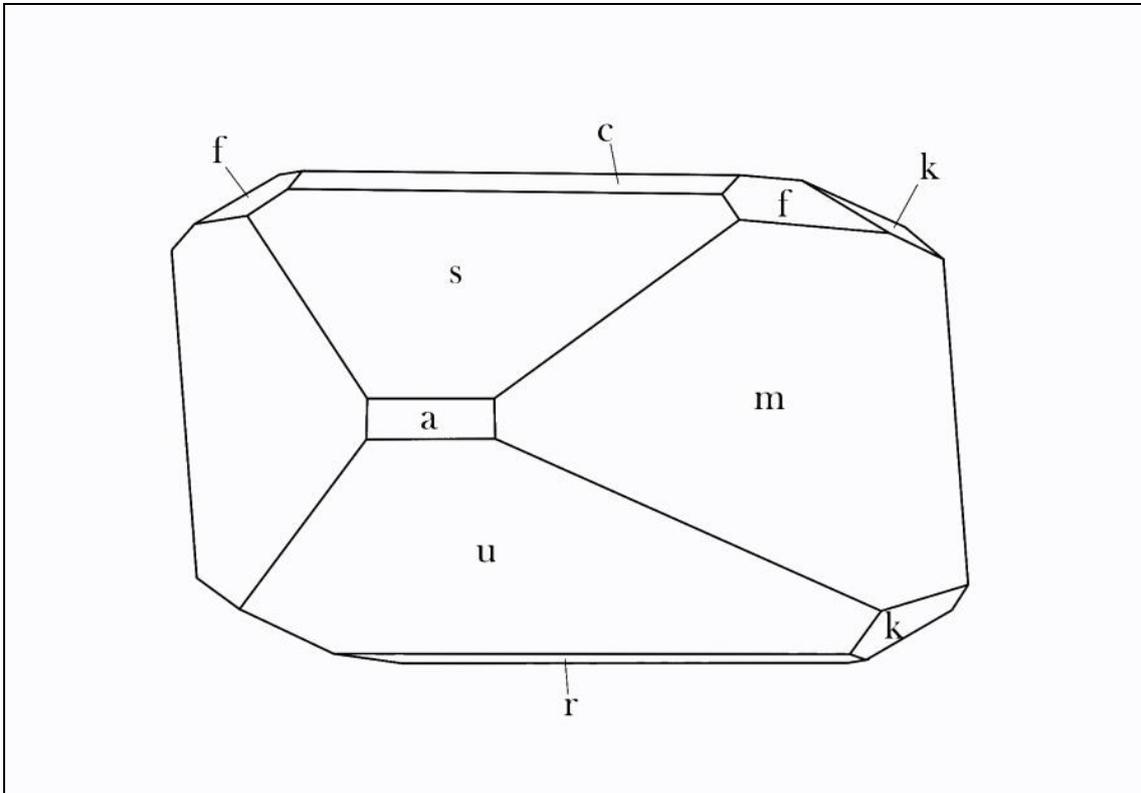


Figura 5: Cristal de 'jezekita' tomado de Fisher (1962).

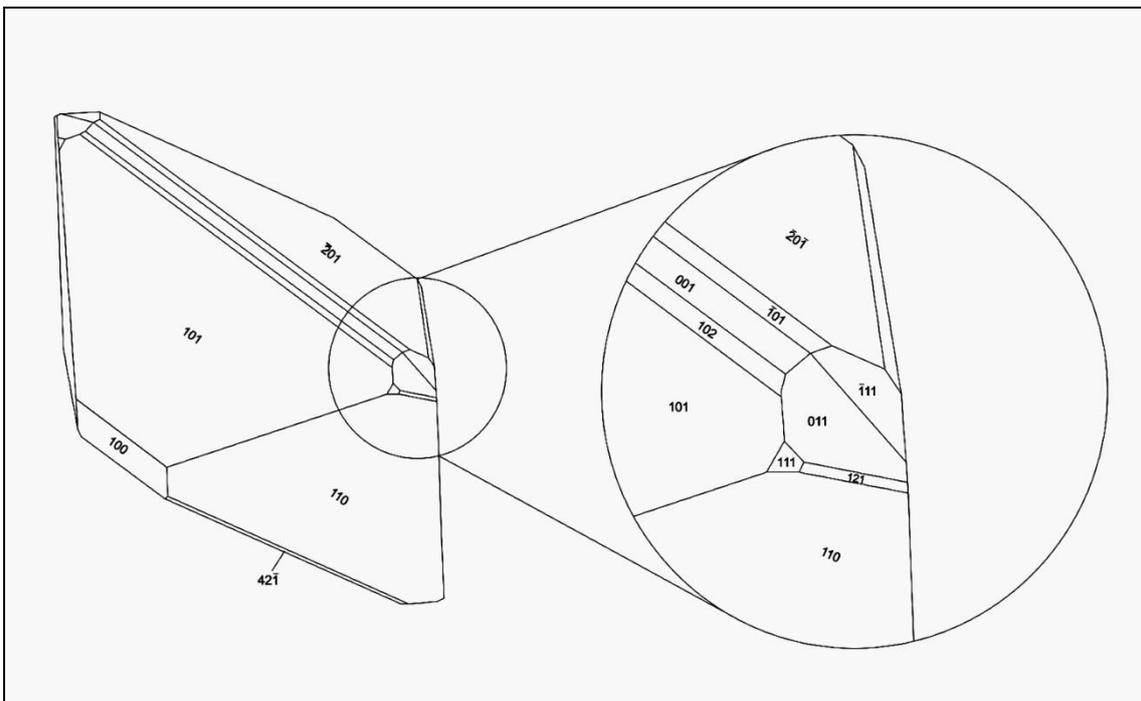


Figura 6: Modelación de un cristal de jezekita, donde se incluyen las formas muy poco desarrolladas. Según lo descrito en Fisher (1962).

El color varía de un rosa pálido a un rojo vino (figura 7). Se asocia a cristales tabulares de frondelita y fluorapatito secundario (Figuras 8 y 9).



Figura 7: Grupo de cristales de morinita y frondelita. Encuadre de 2 mm. Foto J.M. Johannet.

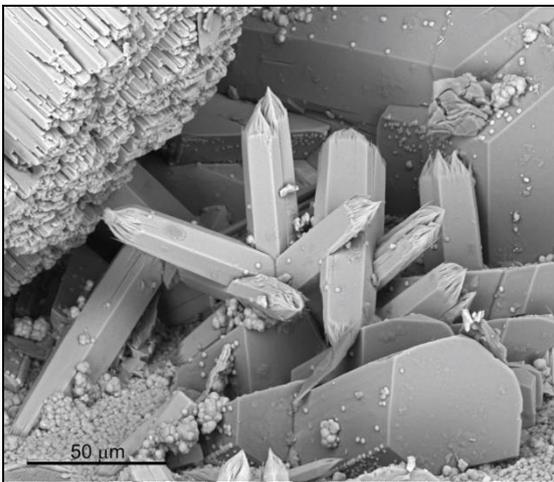


Figura 8: Imagen en modo BSED de cristales de morinita y fluorapatito con terminaciones de frondelita en primer plano, fluorapatito y curiosas.

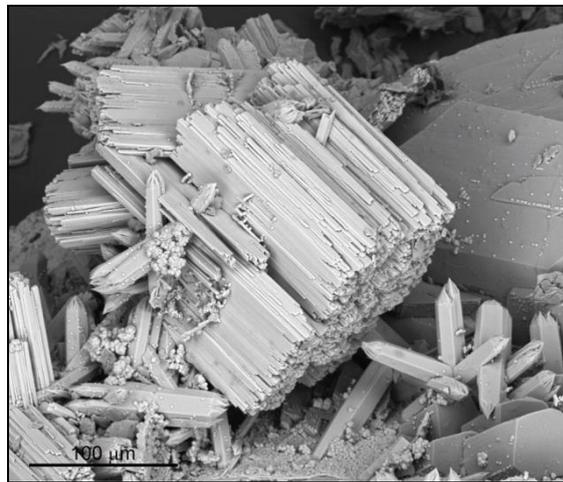


Figura 9: Imagen en modo BSED con cristales de morinita y fluorapatito con terminaciones de frondelita en primer plano, fluorapatito y morinita.

CONCLUSIONES

Los métodos usados para caracterizar química y estructuralmente la fase mineral estudiada, han permitido identificar la morinita. El estudio textural y paragenético ha permitido establecer una ocurrencia distinta a las conocidas, donde suele ser un producto de evolución tardía en una fase hidrotermal. En Assunção, se presenta como

mineral de origen supergénico, acompañada de minerales en las mismas condiciones. El estudio textural y DRX sugieren el fluorapatito como mineral precursor, donde este último sirve de base para el desarrollo de los cristales de morinita.

La morinita no es un mineral sumamente raro y su identificación no aporta nuevos datos para un mejor conocimiento petrogenético del yacimiento. Sin embargo, se trata posiblemente de su primera cita en la Península Ibérica y se demuestra que queda mucho por conocer de esta localidad, sobre todo a nivel de la clase de los fosfatos, donde una gran variedad de fases primarias y sulfuros asociados resultan seguramente en un largo espectro de minerales supergénicos.

AGRADECIMIENTOS

El Centro de Investigación Geológica, Ordenamiento e Valorización de Recursos (CIG-R) está financiado por la Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) con fondos nacionales (PEst-OE/CTE/UI0697/2011).

El autor agradece a Jean-Marc Johannet su amable colaboración en la fotografía.

BIBLIOGRAFÍA

- A. CARNOT, A. LACROIX (1908) Sur la composition chimique de la morinite. *Bulletin de la Societée Française de Minéralogie*, **31**: 149-152.
- F. ČECH, P. POVONDRA (1985) Identity of ježekite with morinite. *Bulletin de minéralogie*, **108** (3-4): 533-539.
- M. COSTA (2006) *Geoquímica de granitóides de Pera Velha – Vila Nova de Paiva – Ferreira de Aves*. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro. 150p.
- D. FISHER (1962) Ježekite is morinite. *American Mineralogist*, **47**: 398-400.
- F. HAWTHORNE (1979) The crystal structure of morinite. *The Canadian Mineralogist*, **17**: 93-102.
- R. HOCHLEITNER, K.T. FEHR (2005) Isokite from Senhora de Assunção, Portugal: new Find and new data. *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, **182/1**: 103-106.
- A. LACROIX (1910) *Minéralogie de la France et de ses Colonies*. T,4, morinite 539-5401, Béranger, Paris, 923p.
- A. LACROIX (1891) Note préliminaire sur un minéral nouveau de Montebbras (Creuse). *Bulletin de la Societée Française de Minéralogie*, **14**: 187-189.
- C. LEAL GOMES, A. AZEVEDO (2003) Caracterização difractométrica e evolução paragenética de fosfatos em pegmatitos do grupo Senhora de Assunção, Viseu. IV Congresso Ibérico de Geoquímica: XIII Semana de Geoquímica: resumos/comissão organizadora A. M. R. Neiva [et al.]. Coimbra: Universidade de Coimbra. Departamento de Ciências da Terra, 2003. 56-58.
- C. PIRAD, F. HATERT, A. M. FRANSOLET (2007) Granitic Pegmatites: The State of the Art – International Symposium. 06th – 12th May 2007, Porto, Portugal.
- L.C. TRABULO, C. LEAL GOMES, J. LOPES NUNES (1995) Enquadramento geológico, estrutura e paragénesis do grupo pegmatítico de Senhora da Assunção, Aguiar da Beira, centro de Portugal. *Publicações do Museu do Laboratório de Mineralogia e Geologia da Universidade do Porto*, Memória nº4: 837-841.

*Manuscrito original recibido el 21 de marzo de 2013.
Publicado: 18 de abril de 2013.*

La Kamphaugita-(Y) de Pontearreas (Pontevedra). Nueva localidad en España

Ángel VÁZQUEZ-GONZÁLEZ⁽¹⁾, M^a Dolores BREA-FERNÁNDEZ⁽²⁾ y
Carlos José RODRÍGUEZ-VÁZQUEZ⁽²⁾

⁽¹⁾ Porriño, Pontevedra (Spain)

⁽²⁾ Tecnología de Productos Pesqueros, Facultad de Biología, Campus Vida,
Universidad de Santiago de Compostela, E-15782 Santiago de Compostela, A Coruña (Spain)
E-mail: carlosjose.rodriguez@usc.es

Resumen

A. VÁZQUEZ-GONZÁLEZ, M^a.D. BREA-FERNÁNDEZ y C.J. RODRÍGUEZ-VÁZQUEZ (2013) La Kamphaugita-(Y) de Pontearreas (Pontevedra). Nueva localidad en España. *Acopios*, **4**: 85-92.

La cantera Cillarga (Pontearreas, Pontevedra) es una explotación de una granodiorita rica en cuarzo y albita, que se beneficia para material para la construcción, dada la abundancia de cavidades que lo inutiliza como granito ornamental. En estas cavidades es frecuente encontrar pequeños minerales de Tierras Raras (synchysita-Ce, allanita-Ce, ...). El estudio de unas semiesferas de tonos claros inferiores al mm, principalmente compuestas por titanita, ha facilitado el descubrimiento de la kamphaugita-(Y) en Galicia.

Palabras clave: Cillarga, Pontevedra, granodiorita, kamphaugita-(Y), titanita.

Abstract

A. VÁZQUEZ-GONZÁLEZ, M^a.D. BREA-FERNÁNDEZ y C.J. RODRÍGUEZ-VÁZQUEZ (2013) Kamphaugite-(Y) from Pontearreas (Pontevedra). A new locality in Spain. *Acopios*, **4**: 85-92.

The Cillarga quarry (Pontearreas, Pontevedra) is an exploitation of the granodiorite rich in quartz and albite, whose benefit is building material, given the degree of cavities and small voids, making it unusable as ornamental granite. In these cavities are often found small rare earth minerals (synchysite-Ce, allanite-Ce, ..). The study of light-colored hemispheres below mm, mainly titanite, has allowed to find the kamphaugite-(Y) in Galicia.

Keywords: Cillarga, Pontevedra, Granodiorite, Kamphaugite-(Y), Titanite.

INTRODUCCIÓN

La kamphaugita-(Y) es un carbonato de fórmula $\text{Ca}(\text{Y,REE})(\text{CO}_3)_2(\text{OH})\cdot\text{H}_2\text{O}$, descrito por primera vez por Raade y Brastad (1993), en Hørtekollen, Lier, Buskerud, Noruega. Se presenta como cristales aplanados que crecen de manera radial conformando semiesferas, que se originan en etapas tardías hidrotermales de baja temperatura, a partir de la desaparición de minerales primarios ricos en itrio. Su presencia a nivel mundial es más bien escasa (Verwoerd, 2008), y en España sólo ha sido encontrada en dos localidades en la provincia de Madrid, concretamente en las pegmatitas y cavidades miarolíticas del plutón granítico de La Cabrera (González del Tánago *et al.*, 2006) y en las de Cadalso de los Vidrios (Menor-Salván, 2007), donde parece ser frecuente. Medard *et al.* (2007) comentan que este mineral pudiera ser más abundante y extendido de lo que parece pero que debido a su pequeño tamaño y a su color blanquecino a beige claro pudiera pasar desapercibido en muchas ocasiones.

La similitud petrológica y geoquímica de los plutones graníticos de La Cabrera y de Cadalso de los Vidrios (González del Tánago *et al.*, 2008) con la granodiorita de Porriño-Ponteareas (IGME 1981), en la que son relativamente abundantes algunos minerales de itrio y Tierras Raras (REE): synchysita-Ce, allanita-Ce, monacita-Ce, etc.(Calvo *et al.*, 2009) ha llevado a que varios estudiosos y coleccionistas se interesen por estos minerales que suelen pasar desapercibidos en las pequeñas geodas o cavidades de la granodiorita gallega entre los cristales principales y de mayor tamaño de cuarzo, microclina, albita, micas, etc. La relativa abundancia de pequeñas semiesferas de color blanco, amarillo o crema pálido, inferiores a 1 mm de diámetro, sobre cristales de cuarzo o microclina, nos han llevado a suponer que podría tratarse de algún mineral de Tierras Raras, lo que motivo un estudio detallado de los mismos entre los años 2005 y 2009, que se centró en la cantera “Cillarga 2668”, situada en la parroquia de Santa Mariña de Xinzo (Ponteareas, Pontevedra, España; figura 1), cuyas coordenadas son latitud $42^\circ 11' 50''$ y longitud $8^\circ 34' 37''$.

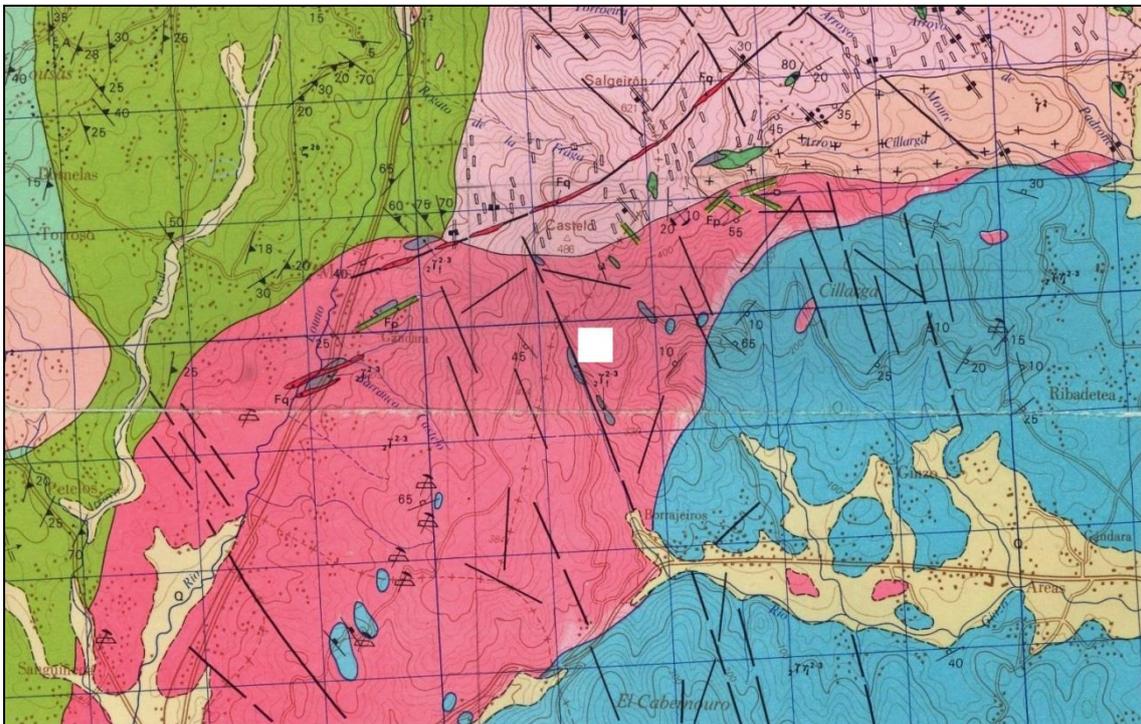


Figura 1: Mapa geológico donde se enmarca la cantera “Cillarga 2668”, resaltada en un cuadrado blanco (Ponteareas, Pontevedra). Fuente: IGME (1981).

METODOLOGÍA

Se han estudiado un total de 13 muestras que contenían estas pequeñas semiesferas, de un diámetro inferior a 1 mm, similares a las de las figuras 2 y 3.

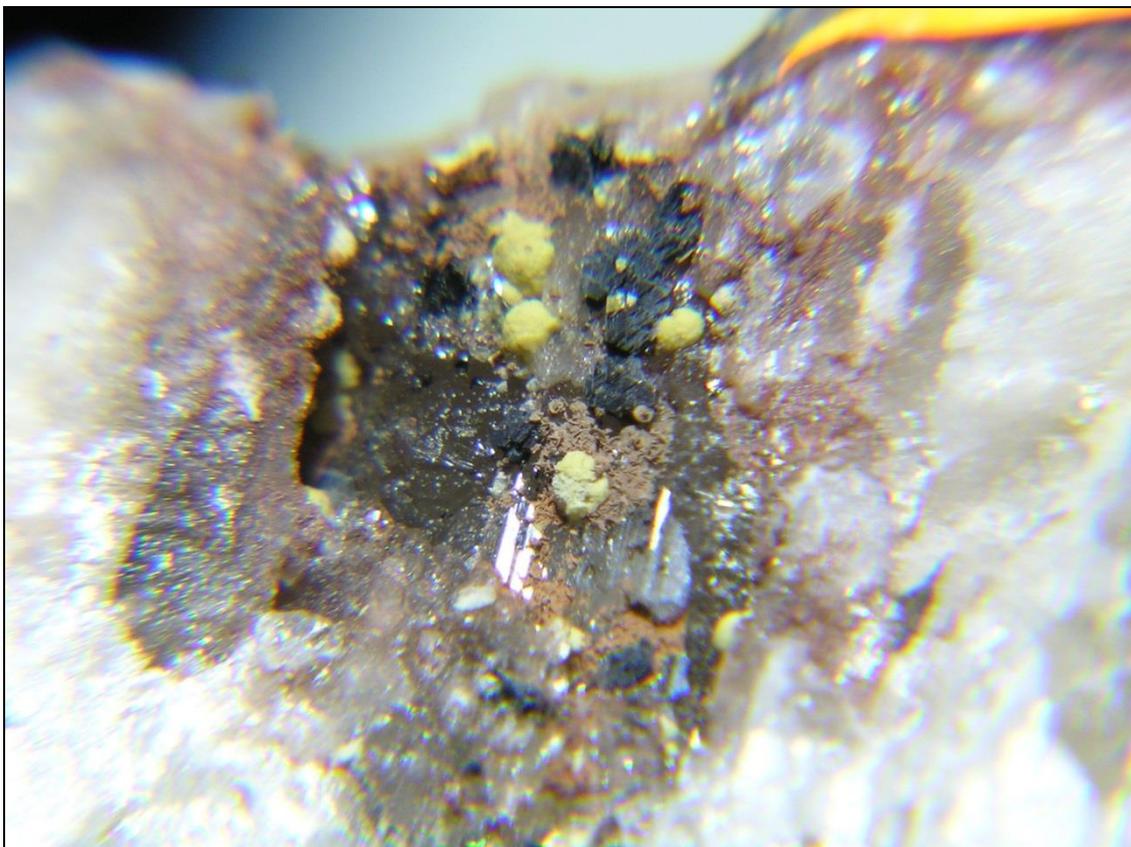


Figura 2: Semiesferas blanco-amarillentas sobre cuarzo, acompañadas de goethita pseudomórfica de hematites; cantera Cillarga (Ponteareas, Pontevedra, Spain). Campo de visión 19 mm. Col. y fotografía: Carlos J. Rodríguez.

Las muestras se limpiaron con agua destilada en cubeta de ultrasonidos y después se secaron a temperatura ambiente durante al menos 48 horas al objeto de no modificar el posible contenido de agua o grupos (OH) que pudieran contener las mismas, permaneciendo para su estudio en cubetas de plástico cerradas. Se realizaron análisis mediante microscopía electrónica de barrido en la unidad de infraestructuras de la RIAIDT de la Universidad de Santiago de Compostela, utilizándose un equipo Zeiss EVO LS 15 y microanálisis EDX (resolución 129 eV y WD 8.5) para análisis semicuantitativos (Nuñez *et al.*, 2012).

RESULTADOS

De las 13 muestras analizadas, sólo una ha resultado ser kamphaugita-(Y) mientras que las 12 restantes han resultado ser grupos de cristales de titanita (figuras 2 a 4) a veces parcialmente alterados a óxidos de titanio, mezclas de rutilo y anatasa (leucóxeno) lo que fue confirmado posteriormente por difracción de rayos X. La única muestra con kamphaugita-(Y) presenta 10 semiesferas de color crema-gris de diámetro medio de 300 μm , crecidas sobre un cristal de cuarzo ahumado (figura 5) acompañado de chamosita. El espectro EDX obtenido (figura 6) corresponde composicionalmente a kamphaugita-(Y). Aunque no se ha dispuesto de muestra suficiente para confirmar su identificación mediante DRX, la relación Y/Ca parece corresponderse perfectamente con la de la

kamphaugita-(Y), diferente a la de los dos carbonatos con Y y Ca, lokkaita-(Y) y kimuraita-(Y) con los que pudiera confundirse (figura 7).

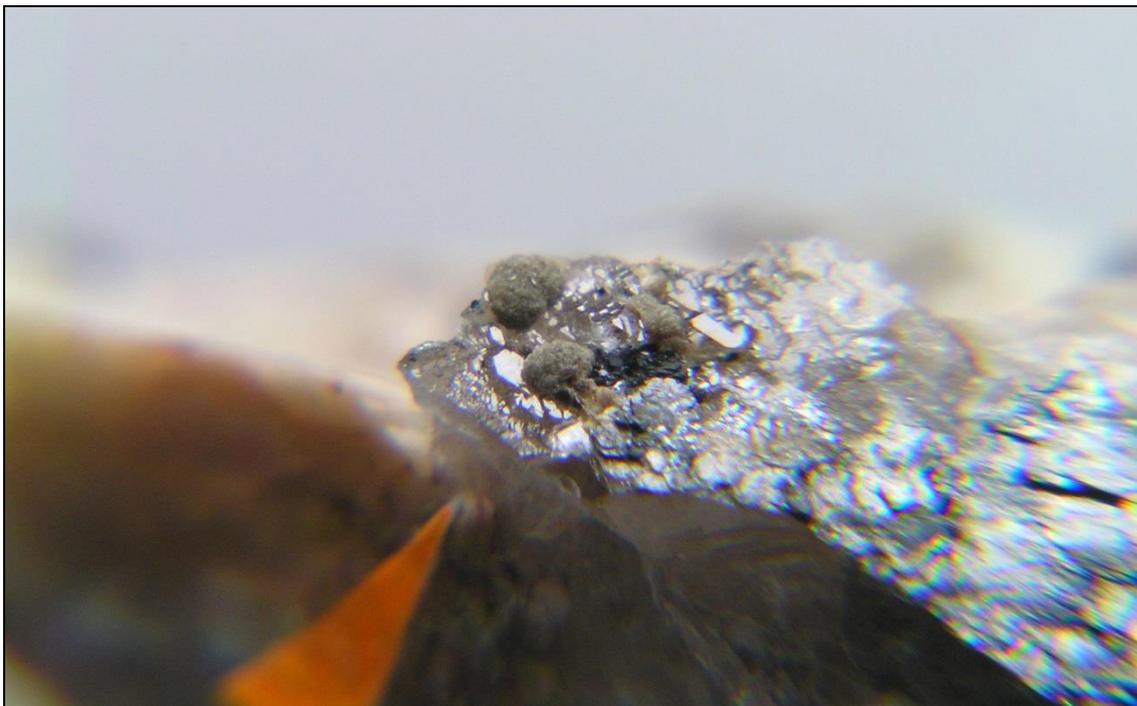


Figura 3: Agregados de cristales de titanita color crema violáceo sobre cuarzo; cantera Cillarga (Ponteareas, Pontevedra, Spain). Campo de visión 8 mm. Col. y fotografía: Carlos J. Rodríguez.

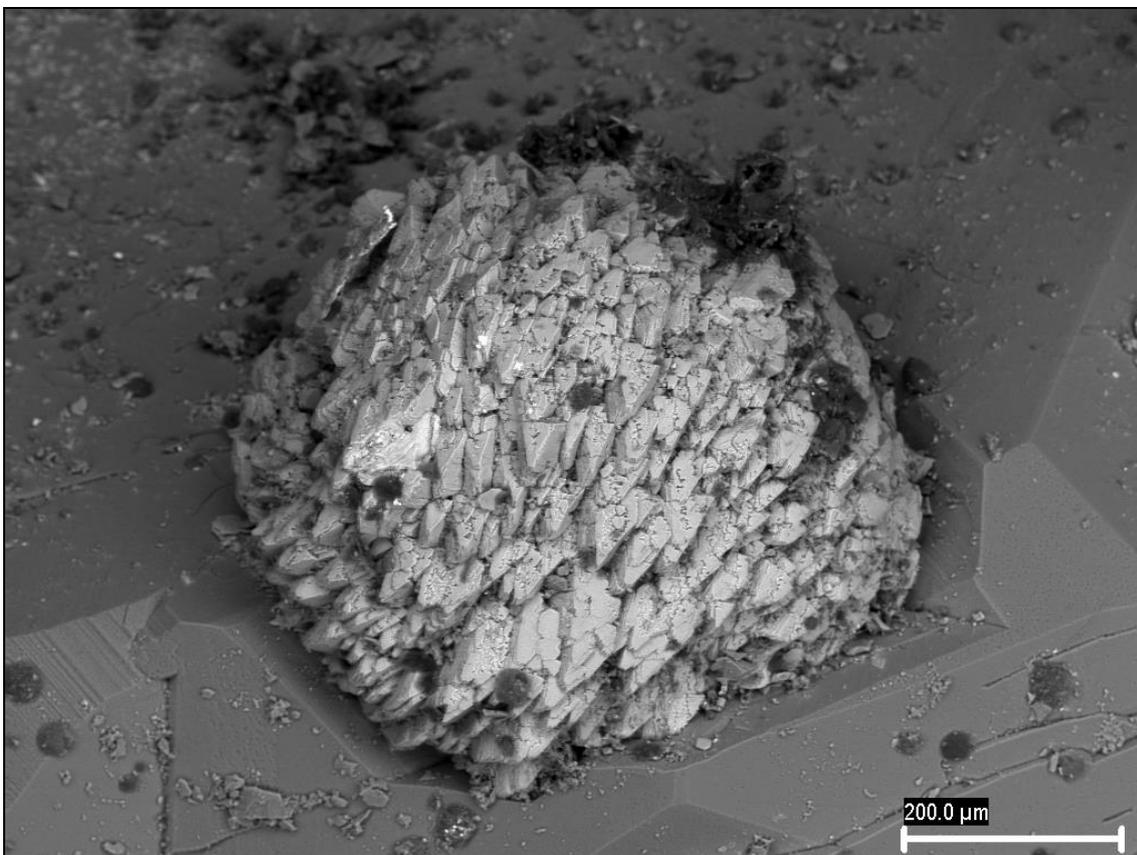


Figura 4: Agregado de cristales de titanita; cantera Cillarga (Ponteareas, Pontevedra, Spain). Fotomicrografía: Carlos J. Rodríguez.

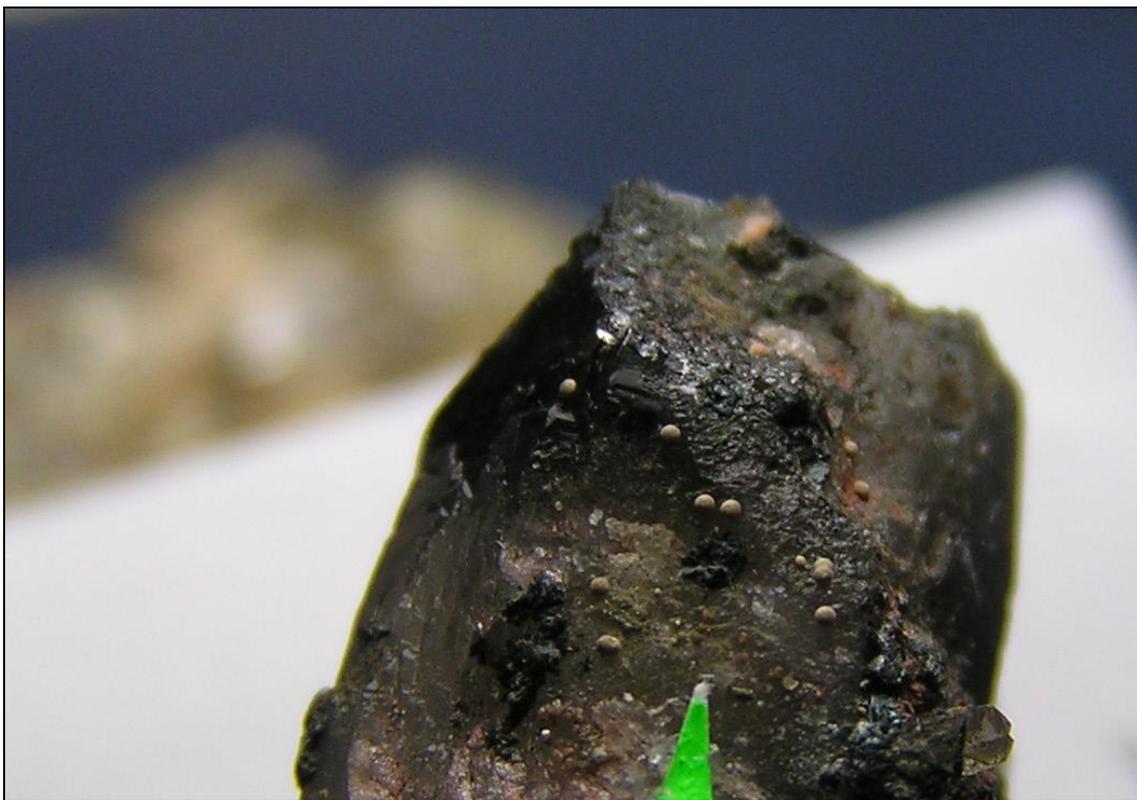


Figura 5: Semiesferas de kamphaugita-(Y) sobre cuarzo ahumado; cantera Cillarga (Ponteareas, Pontevedra, Spain). Ancho de la pieza 10 mm. Col. y fotografía: Carlos J. Rodríguez.

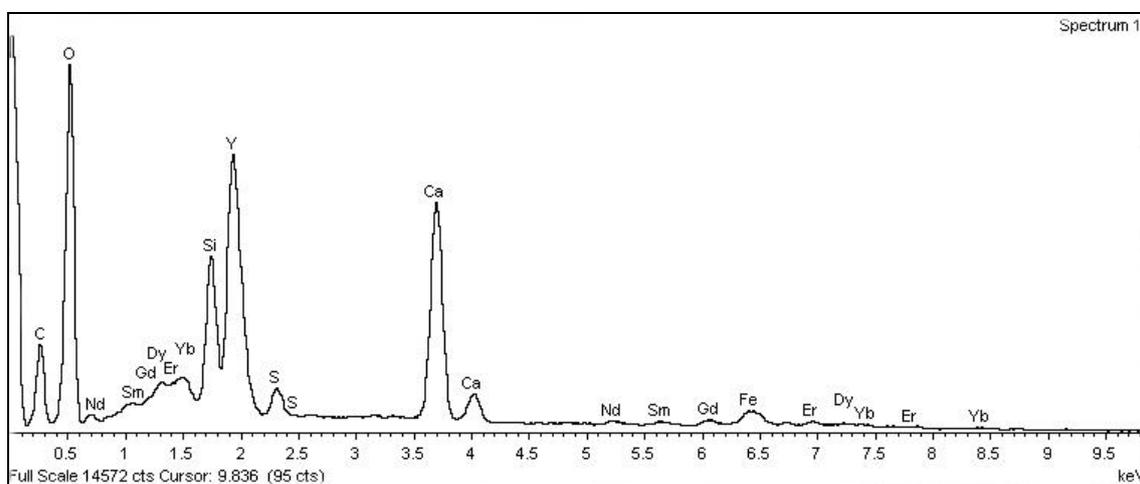


Figura 6: Espectro EDX de la kamphaugita-(Y) de cantera Cillarga, Ponteareas (Spain).

En la Tabla I se muestran los resultados analíticos normalizados a 100% de la kamphugita-(Y) de Punteareas y se comparan con la composición teórica de este mineral.

Como se puede observar, existe un cierto contenido en Si y S que sustituyen parcialmente al C. Por otra parte, y como suele suceder en estos minerales, parte del itrio está sustituido por elementos de las Tierras Raras (REE), principalmente pesadas, hasta como mínimo un 13,28% en peso aproximadamente, habida cuenta de que no se ha realizado el análisis completo de todas las Tierras Raras. Un hecho común en estos minerales como también encuentran por ejemplo González del Tánago (2006) y Verwoerd (2008) entre otros autores.

Tabla I

Elemento	Kamphaugita-(Y) tipo	Kamphaugita-(Y) Cillarga (Pontevedra)
C	8,21	18,98
O	42,77	46,02
Ca	12,60	7,82
Fe	-	1,09
Y	22,17	14,83
Nd	-	0,53
Sm	-	0,56
Gd	-	1,40
Dy	-	2,29
Er	-	1,43
Yb	-	0,96
Si	-	3,30
S	-	0,80
Total REE*	13.28	7.18

Tabla I: Análisis cuantitativo (normalizado al 100%) de la kamphaugita-(Y) de Cillarga, Ponteareas (Pontevedra), comparado con la composición tipo ($Ca_{1.84}Y_{1.46}REE_{0.54}(CO_3)_4(OH)_{1.65} \cdot 2(H_2O)$).

(-) no indicado, variable según localidades. (*) Total Tierras Raras (REE) excepto itrio.

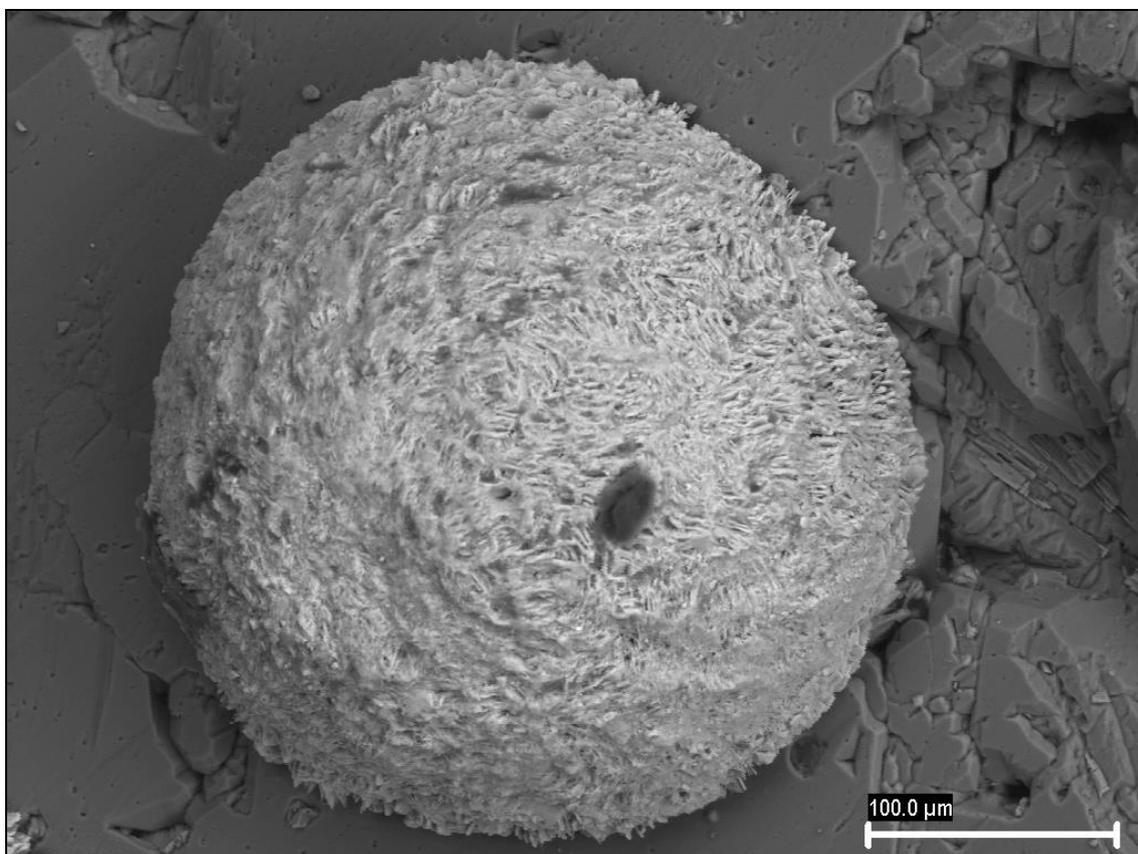


Figura 7: Semiesfera de kamphaugita-(Y); cantera Cillarga (Ponteareas, Pontevedra, Spain). Fotomicrografía: Carlos J. Rodríguez.

DISCUSIÓN

La aparición de kamphaugita-(Y) en Ponteareas dentro de cavidades de la granodiorita, recubriendo a otros minerales y asociada a calcita, titanita, chamosita y ceolitas, demuestra que el proceso hidrotermal en esta granodiorita continuó hasta episodios de muy baja temperatura, en los que uno de los últimos minerales en formarse fue la kamphugita-(Y).

Este proceso genera calcio a partir de la albitización de la plagioclasa e itrio posiblemente a partir de la desaparición de la gadolinita-(Y). Conviene señalar que la gadolinita-(Y) forma parte de las rocas del plutón de Porriño a veces en cristales xenomorfos de hasta varios milímetros (González del Tánago, com. pers.). Estos elementos junto con una cierta cantidad de CO₂ en estos fluidos finales hace posible en condiciones óptimas la formación de kamphaugita-(Y). No se puede descartar que el itrio pueda provenir de algún otro mineral anterior, como kuliokita-(Y) como evoca Raade *et al.* (1993) o partir de la kainosita-(Y) que se encuentra también citada en los plutones de Porriño (Calvo *et al.*, 2009) y en las pegmatitas de La Cabrera (González del Tánago, 1997) y Cadalso de los Vidrios. Sin embargo, en el caso que nos ocupa, no tenemos por el momento evidencias de ello. Otras posibles fuentes de itrio como la xenotima-(Y) no deben descartarse en absoluto en Ponteareas.

AGRADECIMIENTOS

El estudio se ha realizado gracias a las infraestructuras de la RIAIDT de la Universidad de Santiago de Compostela, con especial agradecimiento a Raquel Antón (microscopía). Agradecimiento especial a la Dra. M^a Cruz Pascual por favorecer el desarrollo de este trabajo, al Dr. José González del Tánago por sus indicaciones y al Dr. César Menor-Salván por facilitar que los aficionados aportemos nuestro conocimiento a la mineralogía española.

BIBLIOGRAFÍA

- M. CALVO, J. VIÑALS, F. VILA (2009) Mineralogía de las pegmatitas y cavidades miarolíticas del batolito granítico de Porriño, Pontevedra, Galicia. *Revista de Minerales*, **1**: 6-23.
- J. GONZÁLEZ DEL TÁNAGO (1997) Allanita-(Nd) y minerales de elementos raros en las pegmatitas de La Cabrera, Madrid (Sistema Ibérico Central). *Rev. Soc. Geol. España*, **10**: 83-105.
- J. GONZÁLEZ DEL TÁNAGO, A. LA IGLESIA, A. DELGADO (2006) Kamphaugite-(Y) from La Cabrera massif, Spain: a low-temperature hidrothermal Y-REE carbonate. *Mineralogical Magazine*, **70**: 397-404.
- J. GONZÁLEZ DEL TÁNAGO, R.P. LOZANO, J. GONZÁLEZ DEL TÁNAGO CHANRAI (2008) Plutón de La Cabrera. Pegmatitas graníticas y alteraciones hidrotermales. *Bocamina*, **21**: 15-85.
- IGME (1981) Mapa geológico de España a escala 1.50.000, hoja 223, Vigo.
- E. MÉDARD, P. CRISTOFONO, W.A. HENDERSON (2007) Kamphaugite-(Y) from Ashland, MA. *MMNE. Newsletter*, **284**: 2-5.
- C. MENOR-SALVAN (2007) Kamphaugite-(Y) in Cadalso de los Vidrios (Madrid). *Mineral Up*, **2**: 48-49.
- M. NÚÑEZ-GARCÍA, R. ANTÓN-SEGURADO, M.D. BREA-FERNÁNDEZ, C.J. RODRÍGUEZ-VÁZQUEZ (2012) [Minerales Asociados a la pegmatita de elementos](#)

raros de Monte Galiñeiro Sur, Gondomar (Pontevedra, España). *Acopios*, **3**: 35-61.

DOI: 10.7597/acopios2171-7788.2012.35

G. RAADE, K. BRASTAD (1993) Kamphaugite-(Y), a new hydrous Ca-(Y,REE)-carbonate mineral. *Europ. J. Mineralogy*, **5**: 679-683.

G. RAADE, P.C. SAEBO, H. AUSTRHEIM, R. KRISTIANSEN (1993) Kuliokite-(Y) and its alteration products kainosite-(Y) and Kamphaugite-(Y) from granite pegmatite in Tordal, Norway. *Europ. J. Mineralogy*, **5**: 691-698.

W.J. VERWOERD (2008) Kamphaugite-(Y) from the Goudini carbonatite, South Africa. *The Can. Mineralogist*, **46**: 1007-1022.

Los Jacintos de Compostela del Keuper de la Cuenca Mijares-Palancia: Canales-Andilla (Castellón-Valencia), España

Jenaro GIL MARCO

Licenciado en Ciencias Biológicas. Sociedad Valenciana de Mineralogía.
Planetario de Castellón. Paseo Marítimo, 1, E-12100 Grau (Spain)
E-mail: gilj@uv.es

Resumen

J. GIL MARCO (2013) Los Jacintos de Compostela del Keuper de la Cuenca Mijares-Palancia: Canales-Andilla (Castellón-Valencia), España. *Acopios*, **4**: 93-347.

Los Jacintos de Compostela de Canales son conocidos por su excepcional tamaño. Los pocos ejemplares que hay en las escasas colecciones, proceden del yacimiento del “*Monte Preubas*” y aunque la existencia de estos cristales está bastante difundida entre los conocedores de la mineralogía valenciana, pocos saben de sus características y pueden indicar su verdadero emplazamiento. En el presente trabajo se determinan las coordenadas de éste importante yacimiento y se dan a conocer las de otros seis nuevos, proporcionando una amplia visión de los diferentes tipos de Jacintos que aparecen en los materiales del Keuper de la Cuenca Mijares-Palancia. Además, sobre una amplia colección de muestras se ha realizado una detallada descripción de estos cristales, utilizando entre otras, las siguientes técnicas: microscopía electrónica de barrido y espectroscopía de energía dispersiva; microscopía estereoscópica; microscopía óptica y ésta última, también en combinación con la utilización de luz ultravioleta de onda larga. Como consecuencia se ha puesto de manifiesto la presencia de hábitos curiosos, diferentes colores, cuarteados interiores, cristales negativos, fantasmas, iridiscencias, irisaciones, burbujas, cavidades; la inclusión de otros minerales, también de materia orgánica; una asociación muy interesante con la dolomita; el hallazgo de cuarzos olorosos, y se ha hecho un estudio estadístico de sus dimensiones. Los Jacintos de Compostela del Keuper de la Cuenca Mijares-Palancia son unos jacintos atípicos, ideales para el estudio de las características de los cuarzos autógenos, y constituyen una verdadera “delicia” diagenética de la mineralogía del triásico superior castellanense.

Palabras clave: Jacinto de Compostela, keuper, yacimientos, inclusiones, cuarzo, Canales, Castellón.

Abstract

J. GIL MARCO (2013) The Keuper Hyacinths of Compostela of Mijares-Palancia basin: Canales-Andilla (Castellón-Valencia), Spain. *Acopios*, **4**: 93-347.

The Hyacinths of Compostela of Canales are known for their exceptional size. The few samples of few collections, from at the “*Preubas Mountain*” deposit and although the existences of these crystals are known enough between the collectors of Valencian mineralogy, few all them know their features and know the true localized. In the present work we determine the coordinates of this important deposit and disclosed the other new six sites, providing a broad overview of the different types of hyacinths that appear in the materials of Mijares-Palancia Keuper Basin. Also, it is composed a big sample’s collection and realized one detailed description of this crystals, it is used, between another technical, at the beginning: scanning electron microscopy and energy dispersive spectroscopy; stereoscopically microscopy; optical microscopy and this last one, as well, in combination with ultraviolet light of long wave. It has been shown the presence of curious habits, different colors, internal quartered, negative crystals, ghosts, iridescences, bubbles, cavities; another minerals inclusions, organic matter too; one more interesting association with dolomite; the discovery of stinkquartz, and it is made one statistic study of their proportions. The hyacinths of Compostela of Mijares-Palancia deposits are atypical hyacinths, them are ideal for studying the characteristics of the authigenic quartz, and are constituted as a real diagenetic delight of the upper Triassic mineralogy of Castellon.

Keywords: Hyacinth of Compostela, keuper, deposits, inclusions, quartz, Canales, Castellón.

INTRODUCCIÓN

"No se nos escapa que para conocer debidamente nuestra Mineralogía provincial sería necesario hacer un estudio detenido, completamente nuevo, a tono con los nuevos avances actuales"

Vicente Sos Baynat, 1970
Introducción a la mineralogía de la provincia de Castellón, pág. 7

Los Jacintos de Compostela son cuarzos biterminados, presentan un prisma hexagonal doblemente coronado por dos puntas que constituyen la doble pirámide hexagonal. Son cuarzos autógenos, es decir, hoy los encontramos en los mismos sedimentos en los que se originaron hace más de 200 millones de años; y diagenéticos, se formaron por procesos de disolución y precipitación, por tanto son considerados cuarzos de origen sedimentario. También se dice de ellos que son singenéticos, esto es, se formaron al mismo tiempo que los materiales que los contienen, si bien hay que matizar, que este tiempo geológico no siempre coincide con el tiempo cronológico. Y por último, son cuarzos idiomorfos, presentan un desarrollo completo de todas sus caras, otorgándole al cristal una forma y belleza singular (Fig. 1).

Los Jacintos de Compostela presentan diferentes formas y colores, no entraremos aquí en la polémica de si son Jacintos únicamente los cristales de color rojo, o si también lo son los demás cuarzos diagenéticos que se encuentran junto a ellos presentando diferentes matices, en el mismo yacimiento. Como la mayoría de autores: Bowles (1782), Cavanilles (1795 y 1797), Ríos (1963), Marfil (1970), Galán y Mirete (1979) y muchos otros, consideraremos Jacintos todos los cuarzos diagenéticos que aparecen en los materiales del Keuper español (Fig. 2), especialmente los correspondientes a la Formación K4.



Figura 1: *Jacinto de Compostela. Cristal de 3 cm, recogido en el yacimiento del "Cerro del Cementerio", Montroy (Valencia) en abril de 2003. Col. JE67 y foto Jenaro Gil, 2005.*



Figura 2: *Jacintos de Compostela de diferentes yacimientos del Keuper, con distintas formas y colores. Colección y fotografía, Jenaro Gil, Rafa A. Muñoz y Francisco Mayor.*

Los Jacintos de Compostela no son los únicos cuarzos diagenéticos del mundo, aquí y en otros países se les conoce con este nombre porque sirvieron de amuleto a los peregrinos que acudían a venerar al Santo apóstol Santiago, en la homónima ciudad en el centro de la provincia de La Coruña (Galicia). En su peregrinaje los llevaban consigo

y de vuelta a sus países de origen los extendieron por toda Europa, consolidando así su nombre “*Jacintos de Compostela*”. Pero en otras partes del planeta, los cuarzos diagenéticos reciben localmente otras denominaciones, la más común “*diamantes*” acompañado del lugar de donde proceden y así, podemos mencionar: los famosos “*Pecos valley diamonds*” del Pérmico de la Formación “*Seven Rivers*” al sureste de Nuevo México (EEUU) o los clásicos “*Diamanten Suttroper*” hallados en la parte superior del Devónico medio de Suttrop, Warstein, Sauerland, North Rhine-Westphalia (Alemania). En el triás del sureste francés en la región de Corbières, cerca del Rosselló, donde se les conoce como “*Pedretes*”, son muy abundantes entre los yesos o sueltos por los campos de cultivo. Y así, una larga lista de localidades y nombres específicos para los diferentes cuarzos diagenéticos (Fig. 3).



Figura 3: Otros cuarzos diagenéticos. **A:** “*Diamantes de Pecos*” del sureste de Nuevo México (EEUU), foto Mark Steinmetz. **B:** Escultura de acero inoxidable realizada por el artista Karl-Heinz Klein y Thomas para el “*Diamantenpark Suttrop*” Suttrop (Alemania). **C:** Portada de la revista francesa “*Le Règne Minéral*” correspondiente al nº 57 de 2004, dedicada a los cuarzos del Triás de la región de Corbières (Francia).

Los Jacintos de Compostela se formaron al inicio del Mesozoico, al final del periodo Triásico. El Triásico comenzó con la mayor extinción de especies que se ha registrado en el planeta. Fue un periodo de calma orogénica, donde el Pangea recientemente formado permanecerá unido hasta el final del periodo, escenario que duraría unos 50 millones de años y en el que predominarán los procesos de erosión, transporte y sedimentación, en nuestro caso, del Macizo Hespérico, formado durante la Orogenia Hercínica y señalado por algunos autores como posible origen del cuarzo que daría lugar posteriormente a los Jacintos. Fue un periodo cálido y seco, dando lugar a desiertos y evaporitas; formador de grandes depósitos, con sucesivas etapas de regresión y transgresión marinas, en el borde oriental de la Placa Peninsular, bañada entonces por las aguas de un mar incipiente formado a partir del gran Océano Tetis.

El Triásico fue nombrado así por Friedrich Von Alberti en 1834 debido a los tres tramos que lo componen: Muschelkalk, Buntsandstein y Keuper. Geocronológicamente se corresponden, según la nomenclatura de la Comisión Internacional de Estratigrafía (Cohen et al., 2012), con las tres épocas o series: Triásico Inferior o Temprano, T. Medio y Triásico Superior (T. Tardío o Keuper), respectivamente. En esta última a su vez, se distinguen tres pisos o edades a saber: Carniense (≈235-228 M.a.), Noriense (≈228-208,5 M.a.) y Rhaetiense (≈208,5-201,3 M.a.), (Tabla I).

Tabla I

Eón	Era	Periodo	Época	Piso	Inicio M.a. (Millones de años)
FANEROZOICO	MESOZOICO	TRIÁSICO	Triásico Superior/ Tardío	Rhaetiense	208,5
				Noriense	228
				Carniense	235
			Triásico Medio	Ladiniense	242
				Anisiense	247,2
			Triásico Inferior/ Temprano	Olenekiense	251,2
				Induense	252,2

Tabla I: *Escala Geocronológica basada en (Cohen et al., 2012).*

Litoestratigráficamente, nuestro Triásico superior es mayoritariamente del tipo germánico. El Keuper del sector central levantino de la P. Ibérica fue estudiado por Ortí, 1973. A los materiales que lo componían les otorgó la categoría de Grupo “*Grupo Valencia*” y éste, lo subdividió en cinco Formaciones que de más antigua a más moderna reciben los índices de K1 a K5.

Estas cinco Formaciones agrupan los materiales constituidos durante tres ciclos sedimentarios, que se corresponden cronológicamente con las tres edades anteriormente citadas. De modo, que durante el Carniense tendría lugar la deposición de una serie evaporítica inferior con la aparición de las “*Arcillas y yesos de Jarafuel*” (K1); durante el Noriense se instalaría un ambiente detrítico intermedio con la formación de las series correspondientes a las “*Areniscas de Manuel*” (K2) y las “*Arcillas de Cofrentes*” (K3); y ya durante el Rhaetiense se formaría la serie evaporítica superior en la que se depositarían los materiales de las “*Arcillas Yesíferas de Quesa*” (K4) y los “*Yesos de Ayora*” (K5).

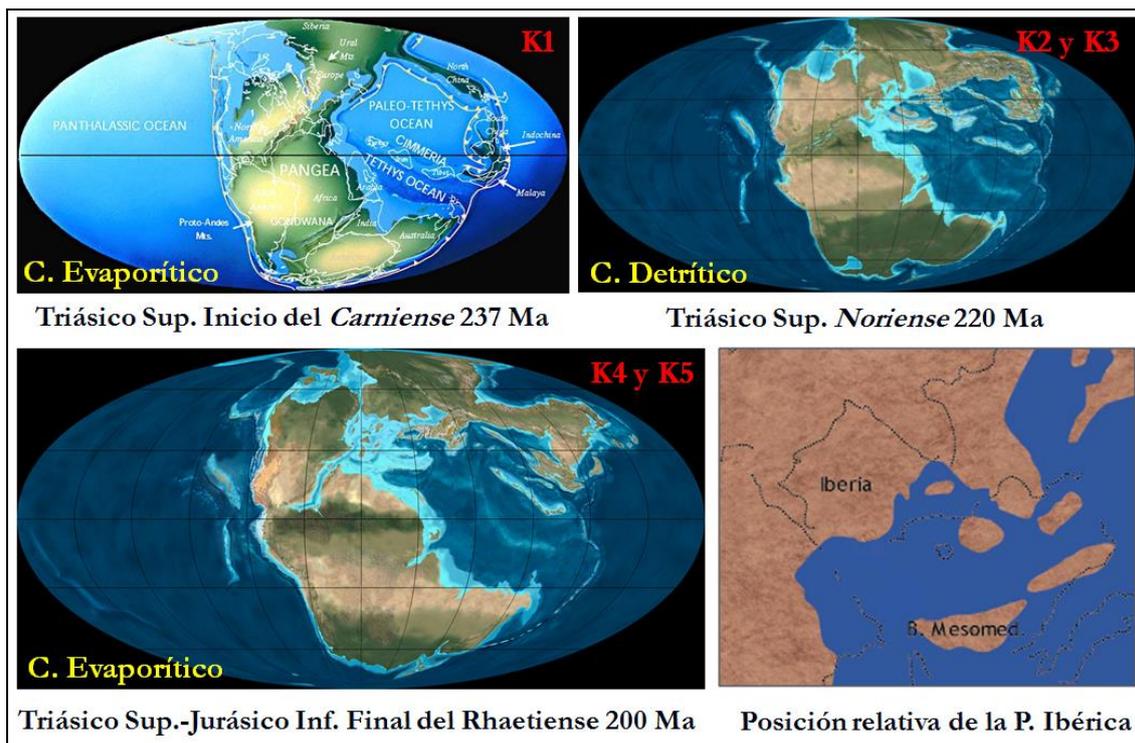


Figura 4: Apuntes sobre la paleogeografía del Triásico superior o Keuper. Modificado de: <http://www.scotese.com/earth.htm>; <http://www2.nau.edu/rcb7/mollglobe.html>; <http://www.senderosdealicante.com/geologicos/historia.html>.

Si hemos de situar la génesis de los Jacintos de Compostela en este contexto, debemos hacerlo al inicio del Rhaetiense. Este es un piso que dura relativamente poco, unos 7-8 M.a, pero suficiente para que en él hace más de 200 M.a. se formaran los cuarzos diagenéticos que hoy son objeto de nuestro estudio (Fig. 4).

Antecedentes bibliográficos. Citas en la Provincia de Castellón

Varias obras monográficas o generales de carácter enciclopédico, unas de ámbito nacional como por ejemplo: Calderón (1910), Candel (1928), Galán y Mirete (1979) o la aún inconclusa (Calvo, 2003-20??); otras de ámbito más reducido y centrándonos en la Comunidad Valenciana: Sos Baynat (1970), o recientemente Casanova y Canseco (2002); han hecho de la recopilación de yacimientos de la mineralogía española uno de sus primordiales objetivos, recogiendo las citas históricas y añadiendo las últimas conocidas. Generalmente estas obras se componen, atendiendo a dos criterios fundamentales: la sistemática y la localización de los yacimientos por provincias. Esta es una ardua tarea, que además de una exhaustiva revisión bibliográfica y un alto grado de discernimiento y reconocimiento del territorio, requiere sin duda, la inestimable colaboración de un gran número de investigadores profesionales y aficionados, dispuestos a compartir sus descubrimientos, en pro de un mejor conocimiento y una mayor divulgación de nuestra diversa mineralogía.

Como no podía ser de otro modo, todos estos trabajos recogen los principales yacimientos de Jacintos de Compostela, que no todos los conocidos, pues como se suele decir también para otras muchas especies (Pirita, Limonita, Calcita, Yeso, etc.), resultaría prácticamente imposible intentar señalar sus innumerables emplazamientos. Ciertamente, los Jacintos de Compostela son muy abundantes en la Comunidad Valenciana y los territorios adyacentes, pero en realidad, salvo honrosas excepciones y a diferencia de lo que suele suceder con estas otras especies, pocos trabajos recogen un buen número de yacimientos y los describen con cierta precisión.

Además, casi todos los citados se localizan principalmente en las provincias de Valencia y Alicante, siendo la de Castellón la peor representada. He aquí uno de nuestros objetivos, contribuir con la aportación de nuevos yacimientos de esta variedad de cuarzo, al incremento de su número de citas, en la provincia de Castellón.

A este cometido, está colaborando enormemente la actual era de Internet (Fig.5). Proyectos internacionales como el de MINDAT (*The Mineral and locality Database*), nacionales como el blog de MTI (*Mineralogía Topográfica Ibérica*), o en nuestra Comunidad la Web de la SVM (*Sociedad Valenciana de Mineralogía*), están canalizando con relativa inmediatez el enriquecimiento en citas mineralógicas, entre las que se encuentran los Jacintos de Compostela, una variedad “*casi privativa de la mineralogía española*” según decía Salvador Calderón (1910).

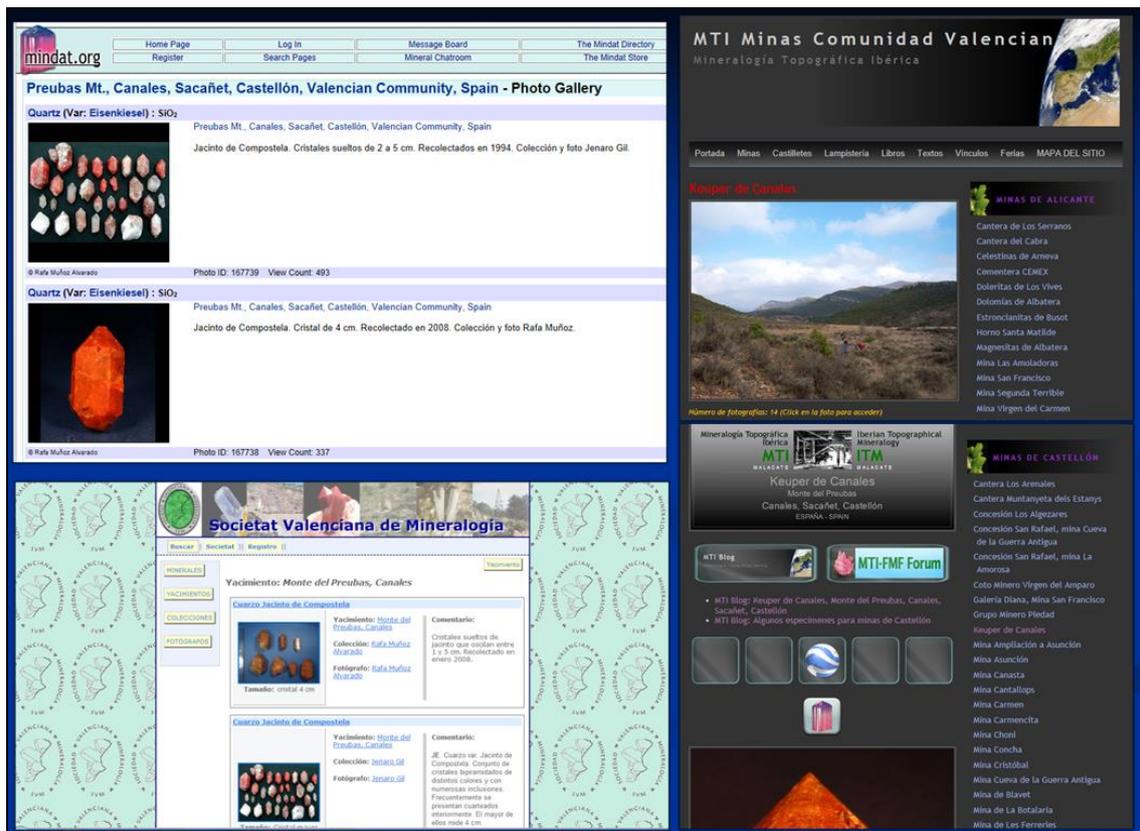


Figura 5: El yacimiento del "Monte Preubas" Canales (Castellón), descrito en:
<http://www.mindat.org>;
<http://bbdd.minval.org/index.php?tipo=Y&yac=156>;
<http://www.mtiblog.com/2008/05/Keuper-de-canales-monte-del-preubas.html>.

De las tres provincias de la Comunidad Valenciana, Castellón es la que tiene menor extensión de materiales del triásico superior o Keuper (Fig. 6) y dada esta circunstancia, puede que la peor explorada en busca de Jacintos de Compostela. De ahí, que la localización de yacimientos sea escasa y sus citas en la literatura, relativamente antiguas y difíciles de atribuir a los autores clásicos, ya que en muchas ocasiones, utilizan una terminología bastante ambigua que dificulta la asignación concreta de sus descubrimientos al Jacinto de Compostela. A menudo, hablan de cuarzos en general, cuando en particular están recogiendo u observado Jacintos, y términos como: cuarzos; cuarzos rojos, hematoides o ferruginoso; cuarzo pingüe (grueso y abundante), etc. son bastante comunes e inducen a error, ya que otras variedades también pueden ajustarse a dichos términos. Muchas veces hay que comprobar, cuando no es posible visitar los

yacimientos, si las citas están asociadas o no a materiales del Keuper y aun así, cabe la duda.



Figura 6: Distribución del Keuper en la Comunidad Valenciana. Castellón es la que menor extensión de afloramientos del Triásico superior presenta. Elaboración propia, Jenaro Gil y Estela Sáez, 2013.

En este sentido, el ilustre naturalista valenciano Antoni J. Cavanilles fue el primero en citar los Jacintos de Compostela en Castellón, y aunque desde luego no de forma explícita en la descripción detallada de sus viajes, sí en el prólogo de su obra (1795-1797) *“Observaciones sobre la Historia Natural, Geografía, Agricultura, Población y Frutos del Reino de Valencia”*. En las otras provincias, sí los citó y describió con bastante exactitud, de hecho, de sus escritos se desprende que era partidario de utilizar el término *“Jacinto de Compostela”* para referirse a los cristales de diferentes colores que aparecían en los mismos afloramientos del Keuper, basta con leer cómo describe los clásicos yacimientos de Moixent y Buñol en Valencia o el de Planes en Alicante. En Moixent los recogió desde niño, al ser el lugar de recreo de su familia, de ellos escribió:

“Se observa en el fondo de los barrancos, principalmente en las fuentecillas del Bosquét, gran número del cuarzo cristalizado, que se conoce vulgarmente con el nombre de Jacintos de Compostela. Estos cristales son blancos, amarillentos, y las mas veces de un rojo encendido: forman prismas ó pilares de seis caras tres de ellas mas angostas, terminados por ambos lados en puntas piramidales de igual número de triángulos” (Cavanilles, 1795, vol. 1, p. 233)

Sin embargo, en Castellón solo utilizó el término *“Jacinto de Compostela”*, en las explicaciones referentes a la geología del Reino de Valencia en el prólogo de su obra, cuando describiendo los materiales triásicos dice:

“Aunque comúnmente es la caliza la substancia de nuestros montes, se ven no obstante muchos de piedra arenisco-gredosa, mayormente hácia el norte del reino, ya mezclados con otros marmóreos, ya encerrados entre cordilleras calizas. ...En los areniscos y de amoladeras se observan algunos duros, y otros al contrario blandos, que se descomponen y reducen á tierras arcillosas, granugientas y ásperas al principio, las cuales con el tiempo van adquiriendo suavidad. Los ángulos que forman con el horizonte las hojas ó delgadas capas de estas amoladeras, son siempre mayores que los que se observan en los bancos calizos, y en sus grietas se halla espato pesado y cuarzo. ...En los areniscos de Náquera, sumamente duros, se ven vetas de mas de quatro palmos de verdadero alabastro, ...En los inmediatos á Planes, á Moixent y Ayodar se halla gran número de cristales, conocidos con el nombre de Jacintos de Compostela.” (Cavanilles, 1795, vol. 1, prólogo p. V)

Con todo, y tras esta precisa e intencionada cita en la que sitúa los Jacintos de Compostela en las tres provincias del Reino (Planes en Alicante, Moixent en Valencia y Ayódar en Castellón), luego, al tratar de Ayódar en el interior de su obra, no vuelve a referirse a ellos bajo este término y puede que incluso no los mencione, porque aunque sí hace referencia al cuarzo en dos ocasiones, no queda demasiado claro que se refiera a ellos, al utilizar los términos “*quarzo pingüe*” y “*quarzo confusamente cristalizado*” (Cavanilles, 1797, vol. 2, p. 104).

Sos Baynat (1970), tratando las citas de cuarzo de Cavanilles escribe:

Hablando de Pina de Montalgrao y del monte llamado Santa Bárbara, en una digresión, dice: “En las grietas de dichas piedras (areniscas) se hallan porcioncitas de Cuarzo pingüe ya puro, en laminitas de mina micácea de hierro, ya manchado superficialmente de ocre (Jacintos de Compostela?) (pingüe = gordo, abundante)”. (Sos Baynat, 1970, p. 31)

Con esta cita, Sos Baynat se refiere a Cavanilles (1795), vol. 1, p. 101 y apunta la posibilidad de que esté describiendo los Jacintos de Pina de Montalgrao, pero se equivoca al pensar que la cita es una digresión sobre el monte de la Ermita de Sta. Bárbara de Pina, pues Cavanilles en realidad se refiere a la Ermita de Sta. Bárbara situada en el Montí de Onda, ciertamente muy próximo al otro y de similares características. En cuanto a la cita, Cavanilles conocía perfectamente los Jacintos de Compostela, que desde niño había recogido en multitud de ocasiones, y es difícil que los describiera de una forma tan enrevesada (“*Cuarzo pingüe ya puro, en laminitas de mina micácea de hierro, ya manchado superficialmente de ocre*”), pero esto es una apreciación personal.

Cavanilles, en otros pasajes de su obra también apunta la presencia de cuarzo en los materiales triásicos de esta provincia. De los próximos a Orpesa dice:

“Hay porciones calizas, hácia el oriente y mediodía; pero en el centro y parte septentrional son ó apizarradas ó areniscas, variando en la dureza, color y grueso de los bancos. En las raices de los bancos inferiores se ve mucho cuarzo ya embutido en las grietas de las peñas, ya suelto por haber resistido mas que la matriz en donde estuvo.” (Cavanilles, 1795, vol. 1, p. 50).

El cuarzo es un mineral presente en las areniscas triásicas de la zona, generalmente lo encontramos formando vetillas blancas que atraviesan las rocas. En este caso, no se trata de Jacintos, sino de los pedazos de cuarzo rotos y dispersos, que quedan al disgregarse la roca.

Ni en las demás citas (vol. 1, págs. 6, 53, 55 y 60), ni en los apuntes adjuntos a las muestras que recogió para la composición de sus colecciones (observados en la Tesis Doctoral dictada por Casanova, J.M. en 2009) parece que haya nuevas referencias a los Jacintos en Castellón.

El siguiente investigador en utilizar el término Jacinto de Compostela, para referirse a los cristales que había encontrado en Castellón, fue el eminente geólogo valenciano Juan Vilanova y Piera, que en 1859 publica su “*Memoria Geognóstico-agrícola sobre la provincia de Castellón*” y en ella dice haberlos observado en Villavieja, aunque sin especificar el lugar exacto. Salvador Calderón, que según Sos Baynat (1970), no recorrió las comarcas castellonenses, debió tomar la cita de Vilanova y Piera (1859), compárese la pág. 266 de Calderon (1910) y la 15 de Vilanova y Piera (1859), y los señaló en el mismo lugar, añadiendo que también es posible encontrar cristales hialinos y lechosos.

Sorprende, que en el excelente trabajo de Rafael Candel Vila (1928): “*Contribución al estudio de los Cuarzos cristalizados españoles*”, no aparezcan más citas castellonenses que una somera referencia, en la que sin aportar más información escribe:

“*En la provincia de Castellón se conocen también algunas localidades de Cuarzos hematoideos. El Museo de Madrid posee ejemplares recogidos en el camino de Eslida a Chóvar.*” (Candel Vila, 1928, p. 47)

Vicente Sos Baynat (1970), hizo una buena recopilación de citas de la provincia de Castellón y como muy buen conocedor y explorador de su tierra, añadió las suyas propias. En las margas del Keuper de Sueras cercanas al pueblo, encontró cuarzos hematoideos, sucios, defectuosos de cristalización y en prismas incompletos. En las margas de Onda a la salida de Sueras, cuarzos rojizos y amarillentos, aislados o formando nódulos irregulares. Y también, donó al Instituto de Enseñanza Media de Castellón, según sus palabras:

“*Varios cristales de Cuarzo, prismáticos, hexagonales, apuntados por pirámides, muy limpios, pequeños, aislados o formando drusas sobre caras de areniscas Triásicas. Todos procedentes de la Montanyeta dels Cristalets, Villavieja.*” (Sos Baynat, 1970, p. 31 y 32)

Este yacimiento se encuentra en un cerro muy próximo al pueblo y probablemente sea al que se refieren Vilanova (1859) y Calderón (1910).

Casanova y Canseco (2002), únicamente citan los yacimientos escogidos fundamentalmente por su calidad mineralógica o su interés histórico. De la provincia de Castellón, escasa en yacimientos, destacan el histórico de la “*Muntanyeta dels Cristalets*” en Villavieja.

Manuel Canseco (2003), cita la presencia de Jacintos de Compostela en las margas y yesos de los terrenos del Keuper de Borriol, por ejemplo en el “*Barraco de las Ermitas*” o en “*Monegros*”.

Últimos hallazgos

Recientemente han surgido nuevas citas de algunos emplazamientos más o menos difundidos. Se ha encontrado buenos ejemplares perfectamente biterminados, de alrededor de 2 cm, parecidos a los de Canales en el cerro y el barranco del “*Aguamala*”, detrás del conocido “*Monte de la Rocha*” en Torás. En la misma localidad, hay pequeños Jacintos hematoideos y Teruelitas en los yesos y arcillas de la zona “*El Prao*” al S-SE del pueblo (Detorás.es, 2012).

En los alrededores del km 17 de la carretera CV-235 que va de Sacañet a Bejís, hay importantes afloramientos de yesos rojos del Keuper en los que se presentan los típicos Jacintos de Compostela valencianos de color rojo, aislados o formando pequeños grupos (Fig. 7).



Figura 7: Jacinto de Compostela. Cristal de 1 cm, recogido en el Km 17 de la CV-235, carretera que enlaza Sacanyet con Bejís (Castellón). Col. JÉ2634 y foto Jenaro Gil, 2013.

En Segorbe, en los yesos de las canteras de la concesión de “*Los Algezares*”, han aparecido Jacintos de hasta 4 y 5 cm, blancos, rojos y de tonalidades parduzcas entremezcladas (Fig. 8).

Miembros de la SVM han encontrado cuarzo morión en Alfondoguilla (Fig. 9), a unos 6,5 km del pueblo, siguiendo por la carretera que circula por los barrancos de “*la Basseta*”, “*el Coll de la Vella*” y el “*d’Escala*” y que conduce a los yacimientos de “*la Cova del Colom*” y “*el Colom*”. Son dos afloramientos separados por un pequeño barranco, en los que se encuentran cristales biterminados de hasta 2 cm de longitud, bipiramidados con distinto desarrollo del prisma hexagonal o puramente bipiramidades (sin éste).



Figura 8: *Jacinto de Compostela. Cristal mayor (partido) de 5 cm, el cristal superior mide 3,9 cm, recogido en el yacimiento de "Los Algezares", Segorbe (Castellón). Col. y foto Honorio Cócera, 2013.*



Figura 9: *Diferentes cristales de cuarzo morión del yacimiento de "La Cova del Colom" de Alfondegulla (Castellón). Cristal mayor de 1,8 cm Colección y foto Ramón López García, 2011.*



Figura 10: Aldea de Canales, municipio de Sacañet. **A:** Vista desde la carretera de acceso que sale de Sacañet a Canales. **B:** Vista desde el camino que enlaza Canales con Andilla, a través de una pista forestal que sale desde la plaza del pueblo. Foto Jenaro Gil, 2011.

Canales y Andilla

Canales es una pequeña aldea de la provincia de Castellón de unos 35 habitantes (Fig. 10), pertenece al municipio de Sacañet que según el censo de 2011 cuenta con 87 (IVE, 2012). Limita con Bejís, Jérica, Teresa y El Toro en la provincia de Castellón y con Alcublas y Andilla en la de Valencia. Está situada a 1180 m de altitud sobre el nivel del mar, en la comarca del “Alto Palancia”, y presenta probablemente los afloramientos de Keuper con Jacintos de Compostela más elevados de la Comunidad Valenciana.

La gente del pueblo conoce desde antiguo la presencia de Jacintos de Compostela en sus tierras y aunque no los identifican con este nombre, saben que son cuarzos y así les llaman.



Figura 11: Vasija de yeso decorada con Jacintos rojos de Canales. Estos Jacintos rojos son relativamente escasos en los afloramientos de la zona, en donde aparecen incluidos en las arcillas rojas. Obra de la Sra. Elvira, vecina del pueblo. Foto Jenaro Gil, 2008.

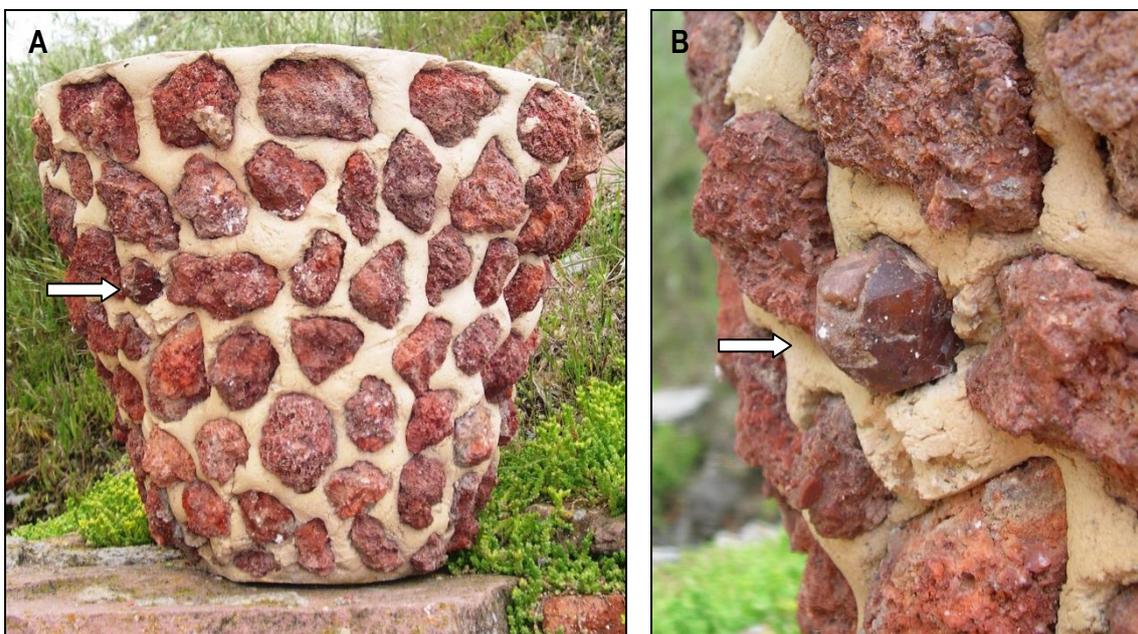


Figura 12: **A:** Maceta decorada con piezas de yeso rojo con Jacintos. Obra de la Sra. Elvira, vecina de Canales. **B:** Detalle de la maceta. La flecha blanca señala un enorme cristal de Jacinto de Compostela de varios centímetros de longitud. Foto Jenaro Gil, 2008.

A pesar de que en la actualidad Canales está prácticamente deshabitado, aún es posible encontrar vecinos, que en sus largos y tranquilos paseos por los alrededores del pueblo, han recogido multitud de cristales sueltos dispersos por los campos y márgenes de los caminos. Durante décadas los han atesorado atraídos por su curiosa forma geométrica, tamaño y colores, e incluso los han utilizado para decorar diferentes objetos como

vasijas o macetas (Figs. 11 y 12). Algunos aún recuerdan, que de niños, solían jugar con ellos.

En Canales, se conoce desde hace algún tiempo el yacimiento del “*Monte Preubas*”, no está muy difundido su emplazamiento y pocos saben realmente localizarlo. En el presente trabajo daremos a conocer sus coordenadas y las de otros dos nuevos yacimientos, que por sus características son dignos de mención. En varios puntos de la geografía de la zona afloran los materiales del Keuper, aunque como ya es sabido, esto no garantiza la presencia de Jacintos de Compostela. Ni tan solo localizando los niveles donde suelen aparecer (K4), se puede afirmar su presencia sin una exhaustiva exploración “*in situ*” de los materiales. Vicente Sos Baynat (1981), ya advertía esta circunstancia en sus estudios sobre la geología de la provincia de Castellón, cuando afirmaba:

“El Keuper, es el nivel de las margas irisadas, de las arcillas, de los yesos,... Las coloraciones son vivas, amarillas, rojas, violáceas,... Pueden contener Cuarzos prismáticos, bipiramidados, hematoideos.” (Sos Baynat, 1981, p. 89)

Andilla es un pequeño municipio de la provincia de Valencia limítrofe con la de Castellón (Fig. 13). Pertenece a la comarca de “*El Serrans*” y está situado a unos 895 m sobre el nivel del mar. Limita con Alcublas, La Yesa, Chelva, Calles, Higuieruelas, Villar del Arzobispo y Liria en Valencia y con Sacañet en Castellón. Cuenta con 441 habitantes (IVE, 2012) y sus vecinos también han recogido Jacintos de Compostela, incluso tienen una palabra específica propia para designarlos “*Pilastricas*”, término que refleja claramente la forma columnar de estos cristales.



Figura 13: *Andilla, desde el camino forestal que enlaza con Canales, Foto J. Gil, 2012.*

En Andilla hay al menos cuatro puntos donde se ha encontrado cristales relativamente abundantes, de una calidad y características similares a los de Canales. En un camino que enlaza con la pista forestal que lleva al área recreativa conocida como la “*Fuente del Señor*”; en el camino que conduce a la “*Fuente Gallarda*”, en una zona a la que llaman “*Los Anzules*”; en un punto cercano al “*Collado de la Salada*”; y por último, muy cerca del núcleo urbano de Canales, en una zona a la que llaman “*El Prao*”.

Explotaciones en el Keuper de Canales-Andilla

El Keuper es una formación sedimentaria de características endorreicas, con mineralizaciones evaporíticas (calizas, yesos, sal gema) (Sos, 1981). Típico de éste tipo de afloramientos del triásico superior es la presencia de pequeñas explotaciones para extraer sal, yeso o arcillas.



Figura 14: La Salina. Vista desde la senda que conduce al yacimiento de Jacintos de "La Salina". Al fondo, camino forestal que desde el pueblo lleva a la Fuente y Balsa Salada. Todavía se observa las ruinas de la caseta que se construyó. Foto J. Gil, 2008.

En Canales, como en muchas otras regiones de la Comunidad Valenciana, también hubo intentos de explotar la sal de una zona que se conoce como "Las Salinas". Se trata de un pequeño manantial de agua, que atraviesa los materiales salinos del Keuper, esta fuente llamada de la Sal, ya fue citada por Vilanova y Piera (1859), en la p.16 de su Memoria Geognóstico-Agrícola sobre la Provincia de Castellón. Junto a ella se construyó una caseta y una balsa con la intención de abastecer al pueblo y obtener suficiente sal como para no tener que depender del exterior, especialmente en las largas jornadas de invierno en las que en algunas ocasiones, después de fuertes nevadas, el pueblo se quedaba incomunicado. La explotación no tenía ningún interés comercial, ni estaba destinada al consumo humano, pero sí al de los animales y para el mantenimiento de las carreteras. Las labores no tuvieron éxito y poco después fueron abandonadas pues no resultaban rentables (Fig. 14). Hoy solo quedan las ruinas de la caseta y una pequeña balsa.

En las inmediaciones de Andilla, cerca de la piscina municipal, existen unas pequeñas explotaciones hoy abandonadas, de las que se extrajo yeso correspondiente a la formación K5 “*Yesos de Ayora*” (Fig. 15). Se trata de bancos de yeso blanco y grisáceo, con estructura laminada, y los desarrollos porfiroblásticos oscuros con que típicamente se les distingue en todo el levante (IGME, 1977).

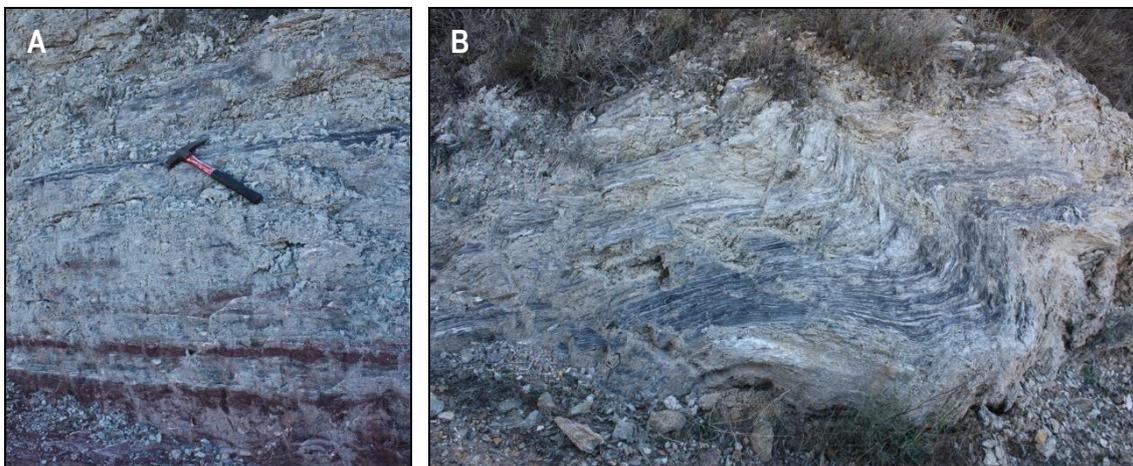


Figura 15: **A:** Banco de yeso explotado correspondiente a la formación K5 “*Yesos de Ayora*”, cerca de la piscina municipal de Andilla. **B:** Un micropliegue correspondiente a la misma formación de yesos. Foto Jenaro Gil, 2012.

Cuando uno visita estos pueblos y habla con sus habitantes, ancianos la gran mayoría, buscando información precisa por ejemplo a cerca de posibles yacimientos, se da cuenta de lo frágil que puede ser la transmisión del conocimiento y la cultura. Lo efímero de su existencia, depende no pocas veces, de la posibilidad de registrar el saber reunido antes de que se lo lleve su último depositario. Por ello, son necesarios este tipo de trabajos en los que además de recoger la información “de primera mano”, en ocasiones, se descubre con sorpresa, nuevos yacimientos con características que por su singularidad e interés se pueden convertir en objeto de investigación y estudios posteriores, como es nuestro caso.

Por último, y dejando a un lado la localización de yacimientos, se puede afirmar que muy pocos trabajos tratan en particular del Jacinto de Compostela. Para encontrar análisis y descripciones con cierto detalle de este mineral, nos tenemos que remontar más de 40 años y estudiar los que hicieron Galván et al. (1963), Mafil (1970), y Ortí (1974). Las limitaciones técnicas y económicas del estudio no han permitido un análisis más profundo, no obstante, como resultado del realizado, se ofrece los apuntes de una serie de datos que pueden servir como punto de partida para iniciar nuevos trabajos. Como se indicaba al inicio de esta introducción, “*sería necesario hacer un estudio detenido, completamente nuevo, a tono con los nuevos avances actuales*”.

OBJETIVOS, MATERIAL Y MÉTODO

Un doble objetivo promueve la realización de este trabajo. En primer lugar, enriquecer el escaso número de citas de Jacintos de Compostela en la provincia de Castellón, a través de la exploración del Keuper del área de Canales-Andilla y la localización de nuevos afloramientos de este mineral. En segundo lugar, realizar un estudio detallado de las principales características: color, formas, inclusiones, minerales asociados, superficie de los cristales y dimensiones, de estos singulares Jacintos.

La selección de los yacimientos se ha realizado, consultando y revisando la escasísima bibliografía existente, especialmente la que atañe al conocido yacimiento del Monte

Preuebas; atendiendo las indicaciones de los vecinos del pueblo sobre la presencia de jacintos y visitando sistemáticamente las diferentes zonas con posibles afloramientos, según la información del mapa geológico (IGME, 1977) y la exploración “in situ”.

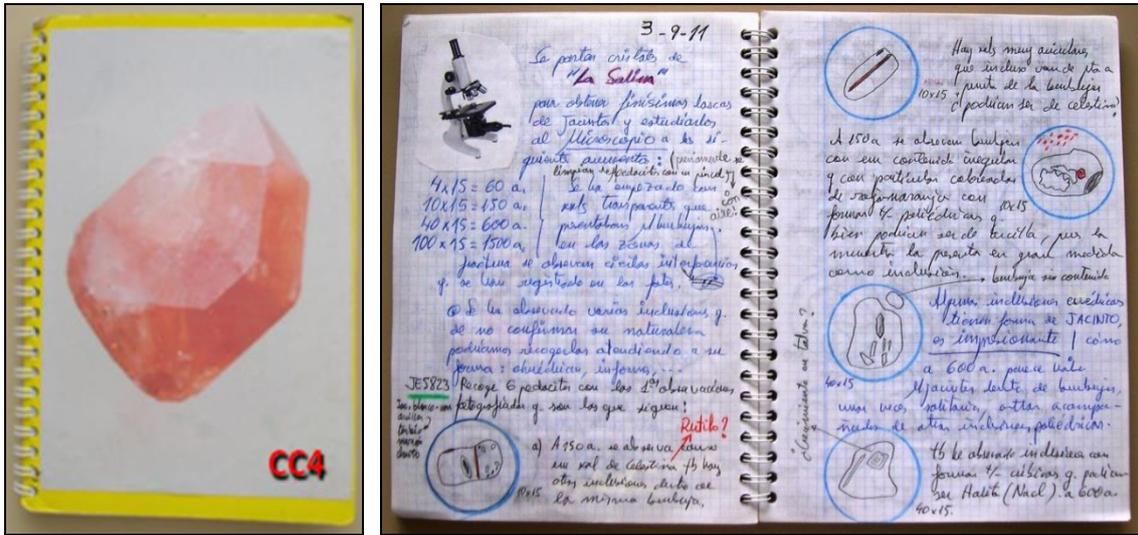


Figura 16: Portada y páginas interiores del Cuaderno de Campo **CC4**, correspondiente a los yacimientos de Canales (Castellón), Andilla (Valencia) y los jacintos de los afloramientos del Keuper de la Cuenca Mijares-Palancia. Foto Jenaro Gil, 2013.

FICHA DE DATOS DE CAMPO		Yacimientos de JACINTO DE COMPOSTELA	
FICHA de INDICIOS/PRESENCIA de JACINTOS de COMPOSTELA			Nº 1
I. DENOMINACIÓN DEL PUNTO			
Monte Preuebas	Código:	Yac.1 o CAN-1	Primera Visita: 16-1-1994
II. DATOS GEOGRÁFICOS. LOCALIZACIÓN			
PROVINCIA:	Castellón	LOCALIDAD:	Canales (Sacañet)
PARAJE:	Monte Preuebas (1185 m), próximo a la Fuente Matamachos.		
CARTOGRAFÍA	E 1:50.000	Hoja:	Nº: 639 (28-25)
Militar	E 1:25.000		
COORDENADAS:	U.T.M. X:	690.201,98 m	Y: 4.415.887,32 m
	Latitud:	N 39° 52' 18,21"	
		Longitud:	W 0° 46' 33,66"

Figura 17: Extracto de la Ficha de indicios/presencia de Jacintos (**FDYJ-1**) correspondiente al yacimiento del "Monte Preuebas", en la que se ordena y estructura toda la información recogida.

Los trabajos de campo se han realizado durante 10 campañas comprendidas entre los años 1994 y 2012. Se ha estudiado un área aproximada de unas 2200 ha y como resultado se describen siete yacimientos distintos; uno conocido, el del “Monte

Preubas” y seis nuevos, dos pertenecen al término de Canales y cuatro al de Andilla. De todos ellos, con los datos recogidos en el cuaderno de campo (CC4) y aquellas observaciones más relevantes para su estudio, se ha elaborado unas fichas (FDYJ 1-7), (Figs. 16 y 17).

Los ejemplares se han obtenido utilizando el método de muestreo no probabilístico denominado teórico, intencional o selectivo. Se trata de un método cualitativo no aleatorio, en el que en este caso, los individuos seleccionados han sido escogidos buscando la mayor representatividad de los presentes en los yacimientos. Esto se ha hecho, en función del estudio que se iba a realizar y según el criterio subjetivo del recolector. De este modo, la realización del trabajo de campo se simplifica sobremanera, pues se puede concentrar mucho la muestra. En contrapartida, al hacerlo de forma subjetiva, se pueden cometer sesgos y errores debidos al recolector, además, los resultados del muestreo no tendrán una fiabilidad estadística exacta. Sin embargo es cierto, que el estudio cualitativo de los yacimientos seleccionados, en ocasiones, no persigue la generalización, sino más bien el descubrimiento de casos específicos de interés intrínseco que aporten significado.

Tabla II

Yacimientos \ Muestras	Cristales recogidos	Cristales No seleccionados	Cristales clasificados	Nº de registros
Yac.1: Monte Preubas (CAN-1)	3274	2286	991	308
Yac.2: La Salina (CAN-2)	1546	1125	421	119
Yac.3: Umbría Fuente de la Carrasca (CAN-3)	535	364	171	40
Yac.4: El Prao (AND-1)	374	293	81	19
Yac.5: Camino Fuente del Señor (AND-2)	637	381	246	50
Yac.6: Los Anzules (AND-3)	515	378	137	34
Yac.7: Collado de la Salada (AND-4)	282	196	86	17
Total y (%)	7163 (100%)	5020 (70,1%)	2133 (29,8%)	587

Tabla II: Cómputo global de muestras recogidas en los siete yacimientos de Jacintos* de Compostela del Keuper de Canales-Andilla. Los tres primeros pertenecen al término de Canales, los cuatro últimos al de Andilla. Las muestras se recogieron durante las 10 campañas de campo realizadas, entre los años 1994 y 2012.

***Nota:** Se opta por utilizar la mayúscula para designar los nombres propios de los minerales según el criterio recientemente expuesto por Joan Abella, 2012



Figura 18: Jacintos de Compostela de Canales (Castellón). Algunos ejemplares de los recogidos durante las campañas de 1994, 2003, 2008, 2009, 2010 y 2011, sobre los que se ha realizado el estudio. Pertenecen mayoritariamente al yacimiento del Monte Preubas y forman parte de la colección de muestras compuesta para su estudio. Col. y foto Jenaro Gil, 2011.

En cuanto al tamaño de la muestra, no hay criterios ni reglas firmemente establecidas, determinándose en base a las necesidades de información, por ello, uno de los principios que ha guiado nuestro muestreo es la saturación de datos, esto es, hasta el punto en que ya no se obtiene nueva información y ésta comienza a ser redundante.

En total, se ha recogido para su estudio más de 7163 cristales, atendiendo a su gran diversidad, sin reparar en criterios estéticos y procurando obtener varias muestras de una misma tipología. Se ha revisado todos, eligiendo para su determinación alrededor de 2133 ejemplares. A los que se les ha asignado un nº de registro (587 en total), teniendo en cuenta que éste puede agrupar varios cristales (Tabla II y Fig. 18). También se ha obtenido varias muestras de jacintos englobados en matriz (difíciles de conseguir), unas veces limonítica con cuarzos negros al estilo de los moriones de Náquera (Valencia) y otras carníolar con Jacintos rojo-anaranjados, blancos y de tonalidades marrones.

Se ha visitado y estudiado otros ejemplares pertenecientes a diferentes colecciones. Destacan especialmente los ejemplares de la colección de D. Rafael Antonio Muñoz Alvarado y Sifrido Serrano Valero, los cuales han aportado varios cristales que han sido incluidos en la colección que compone este trabajo. También se ha visitado las colecciones de Francisco Mayor Boix, Manuel Canseco Caballé, Ramón A. López García, José Vicente Alpuente Navarro y otras (Figs. de la 19 a la 30).



Figura 19: Jacinto de Compostela del yacimiento de la "Umbría de la Fuente de la Carrasca", Canales. Nótese la longitud exagerada de su prima hexagonal. Perteneciente a la colección de Ramón A. López García, cristal de 2,5 cm. Foto Ramón López, 2012.

La mayoría de las observaciones realizadas son "de visu" y meramente descriptivas. Para el estudio detallado del interior y superficie de los cristales se ha utilizado una Lupa Estereoscópica con Zoom progresivo de 7 a 90 aumentos y un microscopio binocular de 60 a 1500 aumentos (en ocasiones con aceite de inmersión), con platina accesoria de polarización. En una segunda fase del estudio se podría abordar el análisis y determinación de algunas inclusiones utilizando otros métodos más adecuados y concluyentes.

Para la fotografía de paisajes, la descripción de los accidentes geológicos y el detalle de los cristales completos se ha utilizado una Cámara Réflex Digital CANON EOS 450D, casi siempre con luz natural. Para las fotografías tomadas a la lupa binocular y al microscopio se ha utilizado una Cámara NIKON COOLPIX 4300 y luz blanca procedente de alógenos. Las fotografías no han sido tomadas desde un punto de vista

meramente artístico, sino que se ha pretendido aportar imágenes con la suficiente calidad como para servir de ejemplo de los diferentes aspectos tratados.

La descripción de las técnicas analíticas específicas empleadas en el trabajo, se realiza ampliamente en el apartado en que son utilizadas.



Figura 20: Jacinto de Compostela del yacimiento del "Monte Preubas", Canales. Cristal de 4,5 x 2,7 cm. Col. y Fot. Rafael Antonio Muñoz Alvarado.



Figura 21

*Jacinto de Compostela del yacimiento del "Monte Preubas", Canales.
Cristal de 3,8 x 2,2 cm. Col. y Fot. Rafael Antonio Muñoz Alvarado.*



Figura 22: Jacinto de Compostela del yacimiento del "Monte Preubas", Canales. Punta de 3 cm. Col. y Fot. Rafael Antonio Muñoz Alvarado.



Figura 23: Jacinto de Compostela del yacimiento del "Monte Preubas", Canales. Cristal en matriz de 2,8 x 2 cm. Col. y Fot. Rafael Antonio Muñoz Alvarado.



Figura 24: Jacinto de Compostela del yacimiento del "Monte Preubas", Canales. Cristal blanco de 4 x 1,8 cm. Col. y Fot. Rafael Antonio Muñoz Alvarado.



Figura 25: Jacintos biterminados de gran tamaño pertenecientes a la colección de Sifrido Serrano Valero. Recogidos en el yacimiento del "Monte Preubas" en enero de 1994. **A**: Cristal anaranjado de 4,0 x 2,1 cm. **B**: Cristal de 3,8 x 1,6 cm. Fotos Jenaro Gil, 2012.



Figura 26

*Jacinto biterminado de gran tamaño perteneciente a la colección de Sifrido Serrano Valero.
Recogido en el yacimiento del "Monte Preubas" en enero de 1994.*

Jacinto rojo de 4,3 x 2,1 cm.

Foto Jenaro Gil, 2012.



Figura 27

*Jacinto biterminado de gran tamaño perteneciente a la colección de Sifrido Serrano Valero.
Recogido en el yacimiento del "Monte Preubas" en enero de 1994.*

Ejemplar de 3,7 x 1,85 cm.

Foto Jenaro Gil, 2012.



Figura 28: Jacinto de Compostela del yacimiento del "Monte Preubas" (Canales), perteneciente a la colección de José Vicente Alpuente Navarro.

Jacinto rojo bipyramidado de 6,7 x 3,0 cm. Se trata del mayor Jacinto recogido del que se tiene noticia. Foto Jenaro Gil, 2013.



Figura 29: Jacintos de Compostela del yacimiento del "Monte Preubas" (Canales), pertenecientes a la colección de José Vicente Alpuente Navarro.

Conjunto de cristales de grandes dimensiones, el de la izquierda es el de la figura 28, los tres siguientes de 4,5 cm, los dos últimos de 3,7 x 1,9 cm y 3,1 x 1,7 cm respectivamente. Todos recogidos por José Vicente entre 1994-1995. Foto Jenaro Gil, 2013.



Figura 30: Las fotografías muestran ejemplares de las distintas colecciones visitadas. Todos ellos pertenecen al yacimiento del "Monte Preubas". **A:** Jacinto rosado de 3,5 cm, Col. y foto Francisco Mayor Boix. **B:** Cristal anaranjado de 2,5 x 2,5 cm, Col. y foto Manuel Canseco Caballé. **C:** Jacinto biterminado de 2,2 x 1,4 cm, Col. y foto Manuel Canseco Caballé.

A continuación, en el cuadro nº 1 se expone de forma resumida, las principales fases del método utilizado para realizar el presente estudio. Se trata de una modificación del propuesto por Ramón Jiménez (2005 y 2010) para el estudio de los Aragonitos del Triásico de la Península Ibérica.

Cuadro nº 1: MÉTODO DE TRABAJO

1. Selección de los Yacimientos

- 1.1. Búsqueda y consulta de la bibliografía existente.
Revisión de citas y noticias.
- 1.2. Estudio de los afloramientos de Keuper en la cartografía geológica.
- 1.3. Localización de posibles yacimientos con SIGPAC.
- 1.4. Trasposición de las zonas elegidas al mapa del IGN escala 1:25.000 o militar E 1:50.000

2. Campañas de Campo

- 2.1. Visita y exploración exhaustiva de las zonas señaladas o escogidas.
- 2.2. Toma de datos:
 - 2.2.1. Cuaderno de campo (**CCnº**): anotaciones de acceso y localización, coordenadas geográficas, datos geológicos relevantes, observaciones a cerca de la abundancia de cristales, formas de presentarse, etc.
 - 2.2.2. Información obtenida a través de la entrevista a personas de la zona.
 - 2.2.3. Material gráfico: vídeos y fotografía general de los yacimientos y en detalle de diversos aspectos.
- 2.3. Recogida y etiquetado de muestras.

3. Análisis de Laboratorio

- 3.1. Acondicionamiento de las muestras.
- 3.2. Selección de ejemplares.
- 3.3. Fotografía, descripción y toma de medidas.
- 3.4. Registro de las muestras y composición de la Colección de Jacintos.
- 3.5. Aplicación de los distintos procedimientos de análisis: tratamiento con ácidos, calentamiento de cristales, troceado y obtención de láminas delgadas, observación a la lupa binocular y al microscopio, SEM/EDS, etc.

4. Trabajo de Gabinete

- 4.1. Confección de las Fichas de datos sobre los yacimientos de Jacintos (**FDYJ**). En ellas se ordena toda la información recabada.
- 4.2. Estructuración del trabajo: definición y concreción de todos los apartados que se pretende estudiar.
- 4.3. Análisis de resultados y conclusiones.
- 4.4. Redacción del informe.

GEOLOGÍA

Los materiales del Keuper de Canales pertenecen al núcleo triásico del anticlinorio del Macizo de la Salada (grupo de pliegues divergentes, cuyo conjunto adquiere forma de anticlinal). Abarca los afloramientos de la Almarja, la Juliana, Arteas-Andilla, Ventas de Bejís y Aguamala-Masadas (Fig. 31).

Al periodo evaporítico del Keuper le siguieron tres fases tectónicas importantes: dos de compresión, en las que se producen sendos plegamientos y una de distensión que se prolonga durante gran parte del Terciario y afecta a las dos primeras. Estos esfuerzos tectónicos provocaron en gran medida, que los afloramientos del Keuper se muestren muy mezclados, formando domos y cubetas diseminados por todo el territorio. En el mapa geológico podemos observar como tres estructuras tectónicas dominan el área de los yacimientos estudiados: un pliegue sinclinal de núcleo Jurásico al NO, un pliegue anticlinal en la mitad SO y una gran falla normal que atraviesa los materiales de NE a SO. Las dos primeras corresponderían a la fase de compresión mientras que la tercera pertenecería a la fase distensiva (Fig. 31).

El Keuper de la Cuenca Triásica Levantina, ha sido estudiado con detalle por F. Ortí Cabo, (1973, 1974) y dividido en 5 subunidades, que de más moderna a más antigua, presentan en la hoja de Jérica (nº 639) las siguientes potencias medias: Formación "Arcillas y yesos de Jarafuel", K1: 130 m; F. "Areniscas de Manuel", K2: 15 m; F. "Arcillas de Cofrentes", K3: 25 m; F. "Arcillas yesíferas de Quesa", K4: 20 m; y F. "Yesos de Ayora", K5: 30 m. No todas están presentes por igual en la zona y aunque en el mapa geológico no se hace distinción entre ellas, una exploración detallada y programada, puede localizar los diferentes materiales aflorando en muchos puntos del término de Canales.

Édouard Verneuil llamaba "*fósiles característicos del Triásico español*" a los Jacintos de Compostela, dado su carácter marcador de este periodo en ausencia de los verdaderos fósiles. En realidad, los Jacintos de Compostela no solo son los "*fósiles*" característicos del Trias español, sino que pueden servir de "*mineral guía*", como marcador de la Formación K4 de nuestro Keuper. De hecho, y dado que, los cuarzos diagenéticos también están presentes en las demás formaciones del Keuper, pero nunca con el grado de desarrollo que presentan en el K4; hemos utilizado los Jacintos de Compostela como verdadero "*mineral guía*" para la localización de esta Formación; y su posición relativa en la secuencia de sedimentos según el principio de "*superposición de los estratos*" formulado por el danés Nicolás Steno, para la localización de las demás Formaciones del Keuper.

A continuación se describe el método utilizado para la localización e identificación de las distintas Formaciones del Keuper en la zona de Canales-Andilla (Fig.32):

1. Ubicamos en la mancha del T_{G3} del mapa Geológico, los afloramientos de K4 con Jacintos de Compostela abundantes y bien desarrollados.
2. Localizamos las estructuras tectónicas más importantes cercanas a los yacimientos representados.
3. Trazamos una línea que una, dos o más yacimientos de Jacintos de Compostela situados a cierta distancia entre ellos, que queden bajo la influencia de la estructura tectónica superior. La línea no tiene porque se recta, pero sí respetar la dirección de la estructura tectónica cercana.
4. Localizada la estructura tectónica más cercana, en nuestro caso un sinclinal para los yacimientos Yac.2, 7, 3 y 4; y un anticlinal para los yacimientos Yac.5 y 6; observamos las charnelas, su dirección y los materiales que forman el núcleo de los pliegues.

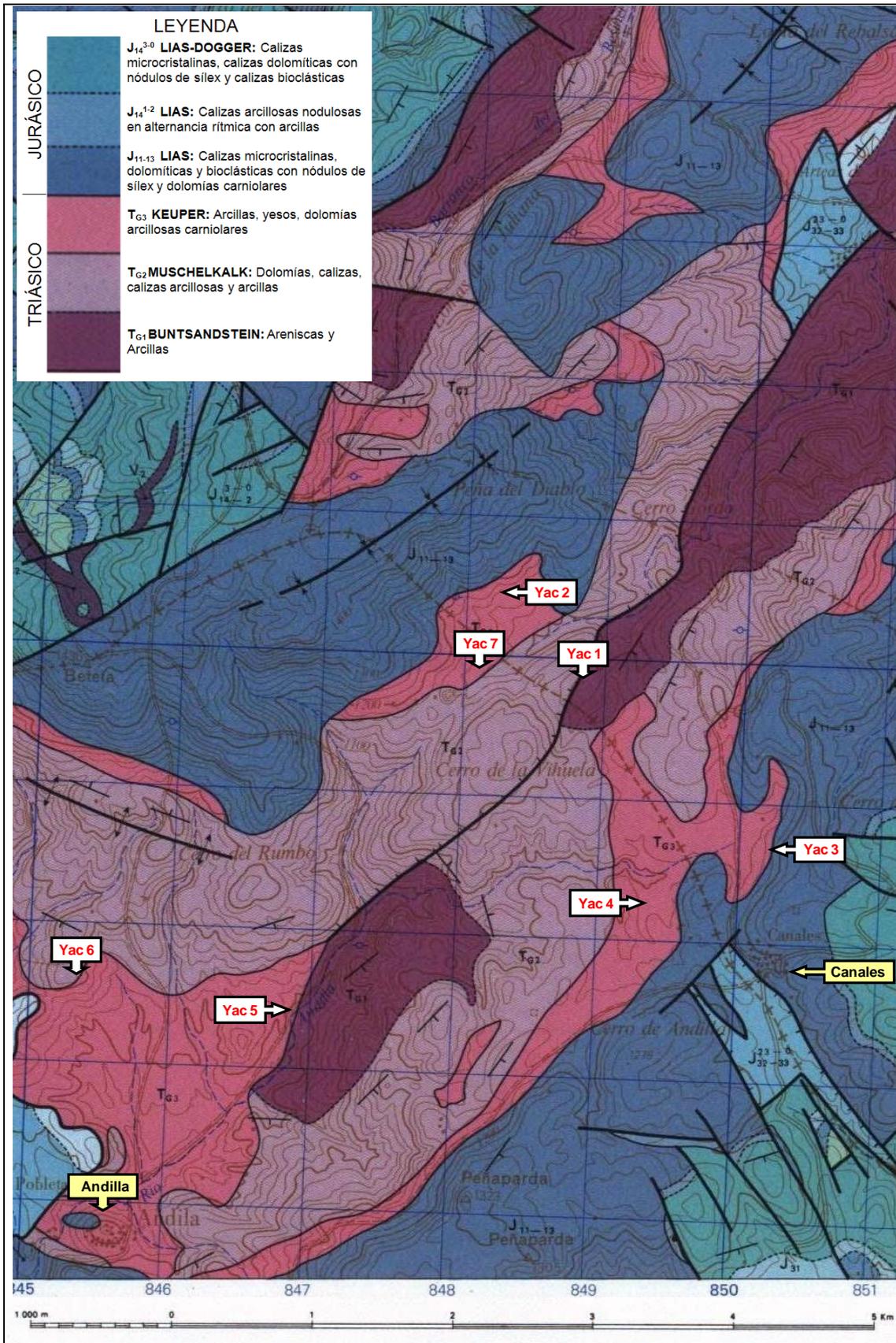


Figura 31: Localización de los yacimientos de Jacintos de Compostela del Keuper (T_{G3}) de Canales. Modificado de IGME (1977) – MAGNA 50, Mapa Geológico hoja nº 639. JÉRICA.

5. Los estratos que forman el flanco del pliegue evidentemente siguen la misma configuración y estarán formados por diferentes materiales. Los identificamos.
6. De este modo, observamos por ejemplo en la zona del sinclinal hacia la derecha la siguiente secuencia: Jurásico-Triásico-Jurásico (porque el último Jurásico pertenece a otro pliegue).
7. La línea que hemos trazado con los afloramientos de K4 (yacimientos con Jacintos) es paralela a la charnela del pliegue, lo que nos indica que en esa dirección se encuentra el estrato que contiene dichos materiales e incluso que siguiéndola sería, tal vez posible, localizar nuevos afloramientos. A todo esto, no hay que perder nunca de vista que los materiales del Triásico se encuentran muy entremezclados y no siempre es posible encontrar lo que cabría esperar.
8. Perpendicularmente a esta línea (la que une los yacimientos de Jacintos), trazamos una recta que nos indicará la secuencia de deposición de las diferentes formaciones del Keuper. Esta recta no debe salir del T_{G3} .
9. Y fijándonos en la secuencia anterior (pto. 6), ésta nos indica la otra secuencia de deposición, en este caso, de los materiales que componen las distintas Formaciones del Keuper.
10. Nos centramos ahora en los yacimientos que rodean al “Monte Preubas” y el sinclinal Jurásico que tenemos próximo a él. Localizando los niveles Jurásicos y teniendo en cuenta la falla normal, sabemos que la parte de la recta perpendicular que está junto al jurásico y que pertenece al T_{G3} es K5 y en sentido opuesto siguiendo un orden decreciente y según el principio de superposición de los estratos, se localizarán los materiales del K4 al K1.

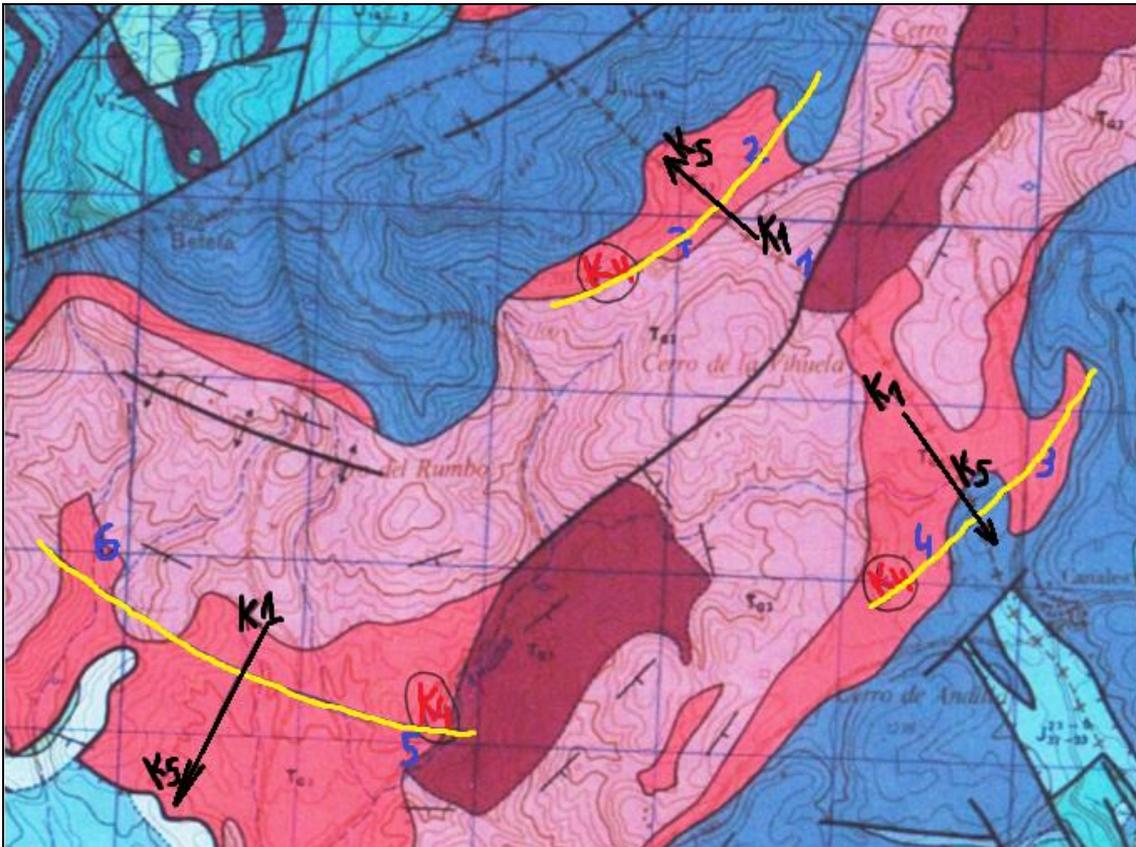


Figura 32: Interpretación siguiendo el método propuesto para la localización de afloramientos de K4 con de Jacintos de Compostela, sobre la hoja nº 639. JÉRICA. Modificado de IGME (1977) – MAGNA 50, Mapa Geológico.

Hipótesis de trabajo:

J₁₁₋₁₃ → K₅ → K₄ → K₃ → K₂ → K₁ → Buntsandstein (Falla Normal) → Keuper
(Sup. del Yac 1) → Muschelkalk → K₁ → K₂ → K₃ → K₄ → K₅ → J₁₁₋₁₃

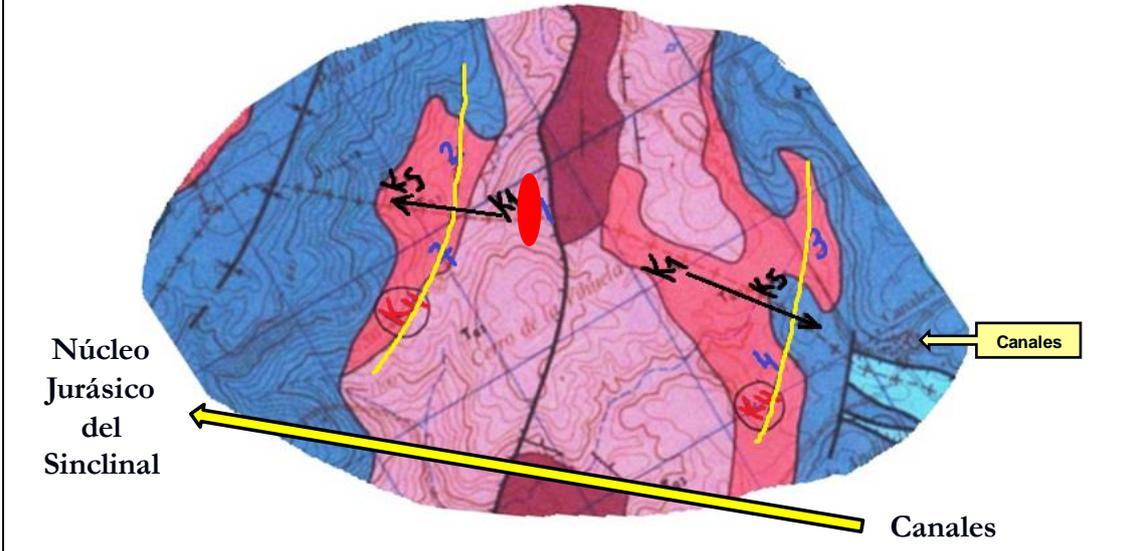


Figura 33: Hipótesis de trabajo para la localización de las distintas formaciones del Keuper para el área de influencia del yacimiento del "Monte Preubas" (Yac.1). Jenaro Gil, 2012.

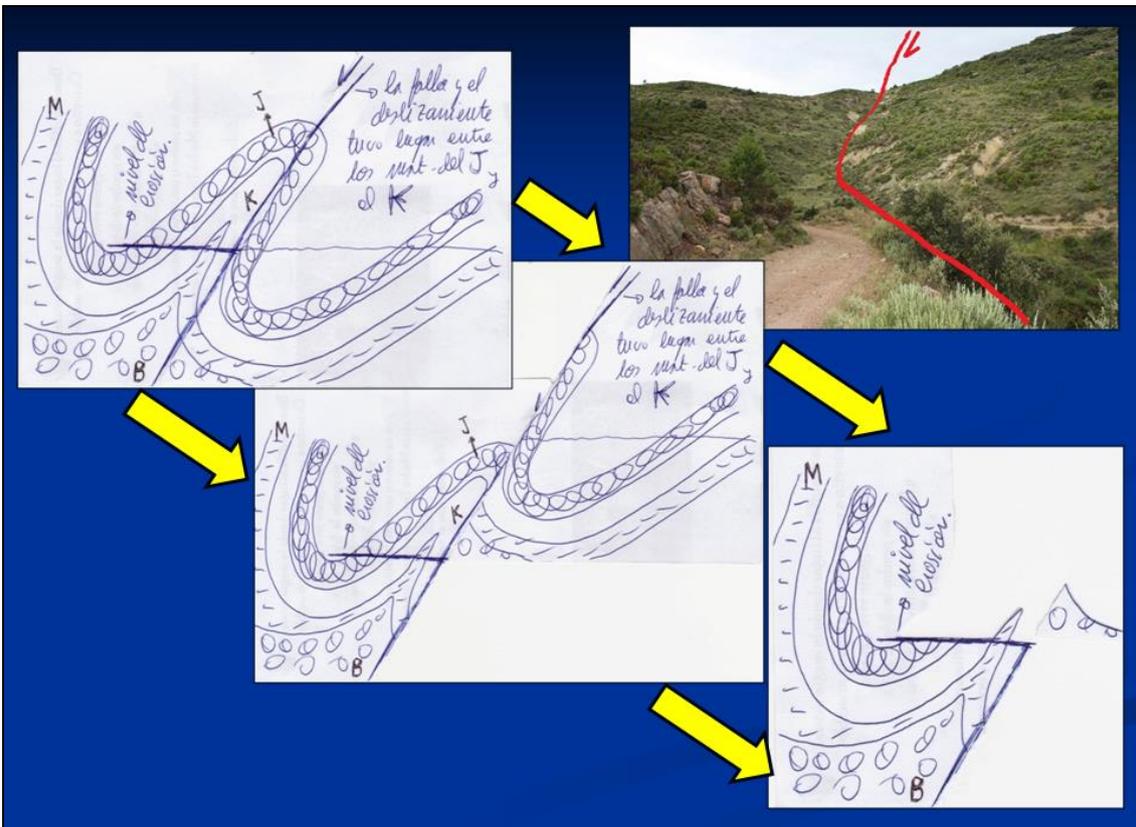


Figura 34: Posible explicación para la mancha de Keuper observada en la ladera SE del Monte Preubas y donde se sitúa el Yac.1. En la fotografía la Falla en cuestión. Jenaro Gil, 2012.

Ahora, solo resta ir al campo e intentar encontrar las pruebas (pistas) que corroboren nuestra hipótesis de trabajo, esto es, desde el núcleo urbano de Canales y en dirección al yacimiento del “*Monte Preubas*” (Yac.1) la secuencia de materiales debería ser la que se observa en la figura 33.

La secuencia de materiales en la hipótesis de trabajo propuesta únicamente presenta un punto conflictivo, precisamente el yacimiento del “*Monte Preubas*”. En esa zona se observa una pequeña mancha de Keuper en medio de los materiales del Muschelkalk, no reflejado en el mapa geológico, y que ha sido interpretada y explicada como los restos del flanco derecho del sinclinal, ligeramente tumbado hacia nuestra derecha, tras su fractura, al ser el Keuper el nivel que sirvió de despegue con el Jurásico, de la Falla Normal cuyo labio levantado es el derecho y sobre el que con posterioridad actuaría la erosión nivelando el terreno y dejando los materiales en la posición en la que los encontramos (Fig. 34).

En las figuras de la 35 a la 49 podemos comprobar cómo se ha podido localizar en el área de Canales, todas las Formaciones del Keuper descritas por Ortí, (1973). El mismo método es útil para interpretar la zona de los yacimientos Yac.5 y Yac.6, en Andilla, cercanos a su anticlinal.

A continuación, pruebas o pistas que corroboran nuestra hipótesis de trabajo:



Figura 35: **J₁₁₋₁₃**: **Calizas microcristalinas, calizas dolomíticas y bioclastos con nódulos de sílex y dolomías carniolares.** **A:** Nódulos de sílex. **B:** Amonites. **C:** Amonite piritizado y **D:** algunos Belemnites. Alrededores del núcleo urbano de Canales. Foto Jenaro Gil, 2003 y 2012.



Figura 36

J₁₁₋₁₃: Calizas microcristalinas, calizas dolomíticas y bioclastos con nódulos de sílex y dolomías carniolares

Nódulo de sílex y pirita en las calizas y dolomías del Jurásico de Sacañet.

Foto Jenaro Gil, 2003.



Figura 37

K5: Yesos de Ayora

De camino al "Monte Prebas", tomada la bifurcación de la izquierda que sigue por el GR-10, justo en la pronunciada bajada y antes de llegar al "barranco de la Cingla" aflora un banco de yesos grises laminados con desarrollos porfiroblásticos muy oscuros de pocos a varios cm de diámetro. Foto Jenaro Gil, 2011.



Figura 38

K4: Arcillas Yesíferas de Quesa

Ésta formación, presenta en Canales las características propias de los valles del Palencia y del Mijares, es decir, muy diferentes a las de la provincia de Valencia, ya que faltan en gran parte los niveles yesíferos (principalmente yesos rojos), presentándose en su lugar arcillitas y margas rojas con texturas carniolares las cuales intercalan costras delgadas de pequeños cristales de cuarzo blanco o anaranjado no siempre idiomorfo (A). También, estas arcillas son muy ricas en pequeños cuarzos idiomorfos, blancos o de tonalidades rojizas y marrones (B). La primera fotografía pertenece al Yac.4 "El Prao" la segunda al Yac.3 de la "Umbría de la Fuente de la Carrasca", ambos, separados por poco más de 1,5 km de distancia en línea recta, comparten el mismo nivel aflorado de K4 y han sido utilizados como nivel guía para la interpretación y localización de las demás formaciones del Keuper de la zona. Posteriormente veremos cómo ya en la localidad de Andilla es posible observar los primeros yesos rojos entre las arcillas. Foto Jenaro Gil, junio 2008.

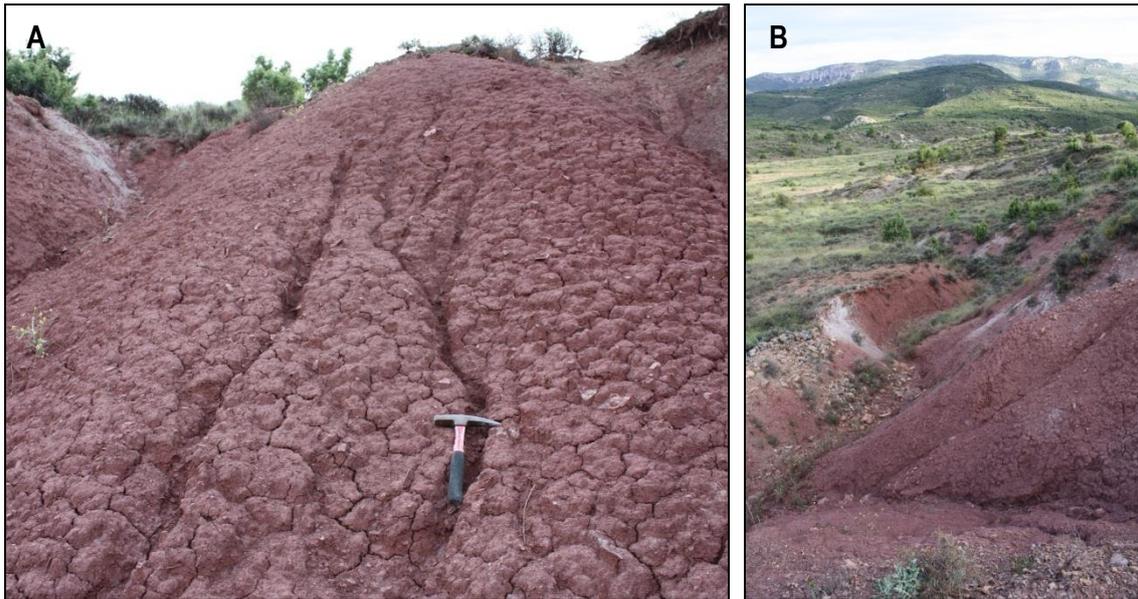


Figura 39

K3: Arcillas de Cofrentes

Se trata de una formación constituida en Canales por potentes bancos (de hasta 25 m) de arcillas viníferas de tonos rojizos oscuros, con característica morfología erosiva en Bad-Lands (A), cuyo desarrollo puede dar lugar a profundos barrancos (B). Estas arcillas no contienen Jacintos. Foto Jenaro Gil, julio 2011.



Figura 40

K2: Areniscas de Manuel

De difícil localización, pues en la zona únicamente alcanzan espesores máximos de 15 m, se pueden observar en el margen derecho de la pista forestal de bajada hacia el "Barranco de la Cingla", con intercalaciones de arcillas rojas. Se trata de areniscas rojizas más deleznales que las del Buntsandstein de estratificación cruzada y con presencia de "ripples" u ondulitas. Foto Jenaro Gil, julio 2011.





Figura 41

K1: Arcillas y yesos de Jarafuel

Es la formación del Keuper, de mayor desarrollo y predominancia en la zona. Se puede observar en varios puntos y se caracteriza por potentes bancos (> de 10 m) de arcillas de tonos amarillentos (ocres) que al profundizar pasan a azules (A), grises e incluso negros (arcillas y margas versicolores). Son de fácil erosión pero sin llegar a formar los profundos barrancos que se originan en las arcillas del K3. Intercalan niveles limoníticos carniolares o masivos, de hasta 30 cm de espesor (D), con cristales de dolomita formando verdaderas capas limonítico-teruelíticas (C). También se intercalan capas calcáreas o calcáreo-margosas (de hasta 10 cm) con cristales oscuros de cuarzo bipiramidado. Ocasionalmente se pueden encontrar piritoedros dorados o más frecuentemente negros oxidados (B), sueltos por el terreno, desprendidos probablemente de yesos blancos o grises del K1. Fotos Jenaro Gil, 2008 y 2011.



Figura 42

Buntsandstein

Se sitúa en el límite del bloque derecho de la Falla Normal. La fotografía **A** presenta el labio levantado a la izquierda y en ella se puede distinguir perfectamente la diferencia entre las dos laderas, la de la derecha con los materiales arcillosos del Keuper y la de la izquierda con los resultantes de la alteración de las areniscas. **B**: Presenta un nivel de areniscas rojas con cristales de moscovita (**C**) fuertemente fracturado debido a los esfuerzos tectónicos y su posición justo en el plano de falla. Este potente banco de areniscas encuentra un gran desarrollo en los alrededores de la "Fuente del Señor" ya en Andilla. Pista forestal al Yac.1, muy cerca ya del "Monte Preubas". Foto Jenaro Gil, 2008.



Figura 43

K4: Arcillas Yesíferas de Quesa.

Entre las areniscas del Buntsandstein (a la derecha de la falla) y las calizas arcillosas del Muschelkalk (a la izquierda de la falla) hay una pequeña mancha de Keuper, no recogida en el mapa geológico, y que debe ser parte del nivel que sirvió de despegue con los materiales jurásicos del anticlinal ligeramente tumbado en dirección SE, que se fracturó y hoy completamente erosionado. Hemos podido comprobar que entre los materiales de esta pequeña mancha de Keuper hay un K4 muy rico en Jacintos de Compostela, por tanto, estos materiales formarían parte de ese Keuper superior en contacto directo con el Jurásico del que se separó. Es en esta mancha en la que se sitúa el Yac.1 y los grandes Jacintos de Compostela que se han recogido durante décadas en este lugar. En **A** observamos una calva de vegetación constituida por un afloramiento de arcillitas sin yesos rojos, repleto de Jacintos blancos, anaranjados, con tonalidades marrones de gran calidad e incluso buen tamaño (> 2 cm). En **B**, dos pequeñas puntas de flecha de yeso rojizo muy planas, de 1,6 y 1,4 cm de longitud, Col. JE5868, recogidas en la falda NE del "Monte Preubas". **C**: Col. JE5730, Jacinto de 5,1 cm semienterrado entre la vegetación arbustivo espinosa de la zona. Fotos Jenaro Gil, 2008 y 2011.



Figura 44

Muschelkalk: Calizas, dolomías y calizas arcillosas y arcillas

A: A techo de la mancha de Keuper, los materiales del Muschelkalk y sobre ellos las parte de las ruinas del "Corral de la Nava", al fondo de la fotografía el núcleo Jurásico que constituye en sinclinal. **B:** Grandes bloques de calizas arcillosas, algunas con recristalizaciones de Calcita diente de perro. Cima del "Monte Preubas". Foto Jenaro Gil, 2008.

Llegados a este punto y dada la situación del sinclinal y los materiales jurásicos que lo componen, si seguimos en dirección hacia el yacimiento de "La Salina" deberíamos encontrar la misma secuencia de formaciones en el Keuper del TG₃ de la hoja, pero en sentido inverso. En las figuras de la 45 a la 49 observamos las pistas correspondientes a estos materiales.



Figura 45

K1: Arcillas y yesos de Jarafuel

En esta formación, que constituye la base del Keuper se localizan los principales depósitos salinos del Triásico. Generalmente se explotan en ella las sales, aunque en ocasiones se sitúen por migración en otras formaciones como el K4. El color amarillento, azul, gris (A) e incluso negro de las arcillas que observamos alrededor de la "Balsa Salada" (B) y en la zona, delatan su posible posición dentro de la formación K1. En diversos puntos (C) afloran los niveles dolomítico-limoníticos típicos del K1, en los que es muy fácil encontrar también, capas calcáreo-margosas con buenos cristales de cuarzos oscuros bipyramidados o formando agregados (D y E), entre los que destacan los radiales planos de tamaño < a 2 cm. Se corresponden con un cuarzo que hemos identificado como "Stinkquarz" por su elevado contenido en M.O. Alrededores de "La Salina". Fotos Jenaro Gil, 2008.



Figura 46

K2: Areniscas de Manuel

De camino al yacimiento de "La Salina", no hemos encontrado ningún banco de areniscas, pero es relativamente frecuente encontrar entre las arcillas de esta formación, nódulos silíceos de alta porosidad interna, aislados o formando agregados e incluso capas concrecionadas, con microcristales de cuarzo blanco o anaranjado en su interior o sobre la superficie generalmente de pocos milímetros. Foto Jenaro Gil, 2012.



Figura 47

K3: Arcillas de Cofrentes

Arcillas viníferas de tonos rojizos oscuros, con morfología erosiva en Bad-Lands, y desarrollando un barranco. Estas arcillas no contienen Jacintos. Foto Jenaro Gil, julio 2012.



Figura 48

K4: Arcillas Yesíferas de Quesa

A y B: En el Yac.2 "La Salina" no hay niveles yesíferos y las arcillas con Jacintos afloran en un pequeño estrato junto al camino donde los cristales de cuarzo se presentan muy abundantes y fracturados. **C y D:** Ya en el Yac.7 "El Collado de la Salada", situado más al SO, justo debajo de las calizas del Muschelkalk del "Cerro de la Viruela", en el término de Andilla; se puede observar los primeros yesos rojos. Aquí el K4, empieza a presentarse con arcillas rojas repletas de Jacintos de Compostela típicamente rojos (**E y F**) como en los yacimientos valencianos, con grandes nódulos de yeso rojo también con Jacintos. Foto Jenaro Gil, septiembre 2012.



Figura 49

K5 – Jurásico

No hemos encontrado restos del K5 en nuestra ascensión en dirección al núcleo Jurásico del sinclinal. No es de extrañar dado el entremezclado que sufren las distintas Formaciones del Keuper en la zona. En la fotografía podemos observar la caseta del nacimiento de la "Fuente Salada", ubicada todavía en las arcillas del Keuper y al fondo, en la parte superior, el núcleo Jurásico. Foto Jenaro Gil, abril 2013.

El Aragonito de macla pseudo-hexagonal es un mineral típicamente Triásico, característico también de la Formación K4 del Keuper. Ramón Jiménez (2010), explica la metodología utilizada para el estudio y localización de los aragonitos del Trías español y fruto de su trabajo sistemático encuentra que: “...principalmente en el Sistema Ibérico, han dado buen resultado los anticlinales erosionados por valles del triásico y con los flancos en calizas del Jurásico, presentando buenos afloramientos del techo del Keuper; también los cerros y cuevas coronadas por paquetes carbonatados jurásicos, con un potente afloramiento de Keuper a media ladera, suelen presentar yacimientos con Aragonito. Finalmente los diapiros salinos con calizas jurásicas aflorando por encima, también han dado buenos resultados”.

Nosotros hemos observado en el área estudiada, que los yacimientos de Jacintos de Compostela se presentan alineados según la dirección de la estructura tectónica a la que pertenecen y a techo del Trías, entre las formaciones K5-K3, siempre que la tectónica y la meteorización hayan respetado la secuencia de deposición de las diferentes Formaciones del Keuper. También hemos notado, casi como una constante, la falta de vegetación que sufren estos afloramientos arcillosos, presentándose como calvas de un tono rojizo en un área cubierta por las diferentes especies, en la que los reflejos de la luz del sol, al incidir sobre los cristales, expuestos tras las fuertes lluvias que robó las arcillas, los hacen brillar revelando su posición. En ocasiones nos encontramos los Jacintos de Compostela muy dispersos por el yacimiento, debido al entremezclado que sufrieron los materiales del Keuper tras los repetidos esfuerzos tectónicos especialmente en determinados puntos y el lento pero infalible efecto de la erosión. No obstante, la

metodología propuesta para su localización en del presente trabajo, permite encontrar diferentes afloramientos en un mismo nivel, próximo al Jurásico; al igual que sucedía con Jiménez (2010), ya que Aragonitos y Jacintos comparten Formación K4, aunque en el área estudiada por nosotros no se haya localizado ningún ejemplar.

LOCALIZACIÓN DE LOS YACIMIENTOS

CANALES, Sacañet (Castellón)

Al municipio de Sacañet se accede a través de la carretera comarcal CV-235. Una vez allí, tomamos el desvío que deja a nuestra izquierda Sacañet y nos dirigimos por la CV-217 hasta llegar al pueblo de Canales, situado a unos 5 km. Desde la plaza, por la “*Calle Mayor*” se coge el camino que lleva al cementerio y dejando éste a la derecha a unos pocos metros hay una bifurcación con una señal de GR pintada sobre una gran roca (Fig. 50). El camino de la izquierda sigue el GR-10, el de la derecha el GR-7, los dos se encuentran en un punto y toman direcciones diferentes permitiéndonos acceder a los yacimientos. En el mapa de la figura 51 y en la ortofotografía de la figura 52 podemos ver la situación de los yacimientos que a continuación se describen en la Tabla III.

Tabla III

Abreviatura y Yacimiento	Coordenadas ^{1*}	FDYJ ^{2*}
Yac.1: “ <i>Monte Preubas</i> ”	N 39° 52' 18,90" y W 0° 46' 38,28"	1
Yac.2: “ <i>La Salina</i> ”	N 39° 52' 35,44" y W 0° 46' 51,49"	2
Yac.3: “ <i>Umbría de la Fuente la Carrasca</i> ”	N 39° 51' 38" y W 0° 45' 37"	3

Tabla III. Localización de los yacimientos de Jacintos estudiados en el Keuper de Canales. ^{1*}: Localización de los puntos en SIGPAC. **FDYJ^{2*}** Ficha de Datos de Yacimiento de Jacintos.



Figura 50: **A:** Prolongación de la Calle Mayor, que desde la plaza del pueblo conduce por la izquierda del cementerio hacia la bifurcación y los yacimientos. **B:** Bifurcación. Izquierda GR-10 y dirección a los yacimientos de “El Prao”, el “Monte Preubas” y “La Salina”; derecha GR-7 y dirección a los yacimientos de la “Umbría de la fuente la Carrasca” y también a “La Salina”. Foto Jenaro Gil, 2011.

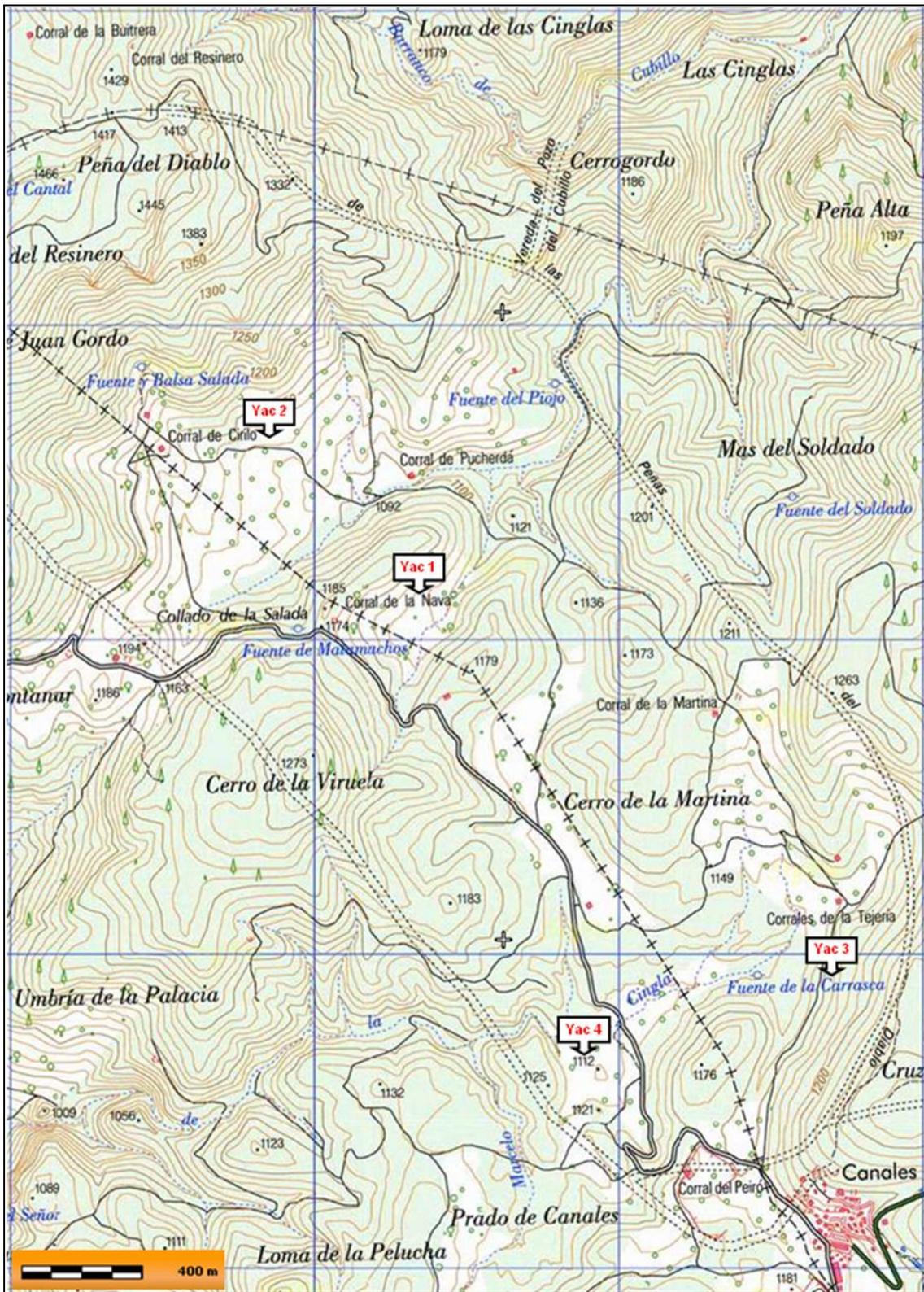


Figura 51

Localización de los yacimientos de Jacintos de Compostela del Keuper de Canales. Nótese que el yacimiento **Yac.4** pertenece al término de Andilla, aunque se localiza en este mapa por su proximidad al núcleo urbano de Canales. Las cuadrículas representan 1 Km².

Modificado de SIGPAC - MAPA, 2011.



Figura 52

Ortofotografía. Localización de los yacimientos de Jacintos de Compostela del Keuper próximo a Canales. Todos se encuentran a una altitud que oscila entre 1130 y 1150 m. Modificado de Google Maps, 2008.

Yacimiento del “Monte Preubas” (Yac.1, muestras CAN-1)

El yacimiento se encuentra siguiendo el recorrido del GR-10 y es de difícil localización si no se conoce bien el terreno, el camino no está asfaltado y hay zonas de difícil acceso por lo que es mejor acceder con un todo terreno. Una vez elegida la bifurcación de la izquierda, dejando atrás el cementerio, la seguimos aproximadamente 1.150 m hasta atravesar un pequeño barranquillo “*la Cingla*” y sin desviarnos conducimos en dirección a la “*Fuente Matamachos*” (Fig. 53), cerca del “*Collado de la Salada*”. Aproximadamente 1.850 m del barranquillo, justo antes de llegar a lo que se conoce como la “*Cuesta Matamachos*”, dejamos el vehículo junto a las ruinas que asoman a nuestra derecha del “*Corral de la Nava*” (a 3 km justos de la bifurcación). Desde allí, mirando hacia abajo se divisa la fuente, un abrevadero de ganado y a nuestra espalda dos grandes árboles (Fig. 54) nos anuncian la entrada al yacimiento del “*Monte Preubas*”, situado a unos 1140 m de altitud. Bajamos por la ladera SE (Fig. 55) unos 200-300 m buscando unos troncos partidos quemados (Fig. 56); alrededor de estos y diseminados por una zona de unas 1,7 ha es donde salen los cristales de mayor tamaño (Fig. 57). El yacimiento se encuentra cubierto por bastante vegetación arbustiva y espinosa lo que dificulta la recogida de ejemplares (Fig. 58). También en la ladera NO se pueden recoger cristales, aunque con mayor dificultad. Desde ella se divisa el yacimiento de “*La Salina*”.



Figura 53: Vista desde el Corral de la Nava. A la izquierda La Cuesta Matamachos y en el centro de la imagen la Fuente Matamachos, un abrevadero de ganado. Foto Jenaro Gil, 2011.

El límite del término que separa Andilla (Valencia) de Canales (Castellón) pasa paralelo por la derecha del camino. La Fuente Matamachos pertenece al término de Andilla, y aunque una pequeña parte del “*Monte Preubas (1185 m)*” también, la mayor parte de éste y el yacimiento de Jacintos pertenecen al término de Canales.



Figura 54: *Dos grandes Chopos nos indican la entrada al yacimiento del Monte Preubas. Foto Jenaro Gil, 2008.*



Figura 55: *Ladera SE del Monte Preubas. Al fondo se observa un afloramiento de arcillas rojas que contiene cristales mayoritariamente blancos y anaranjados. Después de fuertes lluvias, es fácil recogerlos abundantemente. En segundo plano la Falla Normal. Foto Jenaro Gil, 2008.*



Figura 56: *Unos troncos quemados nos indican el emplazamiento exacto de la zona por donde se extiende el yacimiento. En sus alrededores y ladera arriba abundan los cristales de gran tamaño, cubiertos en gran medida por vegetación arbustiva y espinosa. Foto Jenaro Gil, 2008.*



Figura 57: *Miembros de la Sociedad Valenciana de Mineralogía (SVM) recogiendo muestras entre la abundante vegetación arbustiva espinosa. Foto Jenaro Gil, 2008.*



Figura 58: JE3978. Enorme Jacinto de *Compostela biterminado* de 5,1 x 3,5 cm recogido en la ladera SE del Monte Preubas, en enero de 2008. Col y foto Jenaro Gil, 2008.

Yacimiento de “La Salina” (Yac.2, muestras CAN-2)

Al yacimiento se accede siguiendo el recorrido del GR-7 y es muy difícil dar con él si no se visita acompañado de alguien que lo conozca. A unos 900 m de la bifurcación hay un lavadero y un abrevadero cerca del “*Corral de la Tejería*” (Fig. 59), seguimos por la izquierda en dirección a la “*Fuente y Balsa Salada*” (Fig. 45A y B). A 750 m encontraremos unas ruinas a nuestra izquierda y a 1,4 km de éstas, las “*Corralizas del Zurdo o Corral de Pucherdá*”. A unos 100 m de la corraliza hay una bifurcación (Fig. 60), el camino de la izquierda nos conduce a una caseta en ruinas junto a una pequeña balsa, donde podemos dejar el coche. Un poco más adelante, veremos una joven chopera de la que sale una senda a nuestra derecha (Fig. 61), muy poco transitada y perpendicular al camino que continua hacia el Monte Preubas. Subiremos por la senda unos 280 m, nos cruzaremos con una sabina (Fig. 62) y a menos de 100 m encontraremos el yacimiento de “*La Salina*”, a una altitud de unos 1150 m. Está situado en una zona donde afloran arcillas y niveles limonitizados (Fig. 45C, D y E). Se trata de un lugar desconocido por los aficionados a la mineralogía y apartado para los habitantes del pueblo, por lo que no se suelen recoger sus cristales y son bastante abundantes (Figs. 63 y 64). También se puede acceder a la “*La Salina*” desde el yacimiento del Monte Preubas. Bajando por la “*cuesta Matamachos*”, que pasa por la izquierda de la fuente que lleva el mismo nombre y vamos tomando las sendas que a nuestra derecha se van presentando.



Figura 59: En la parte superior derecha "Corrales de la Tejería". Abajo, un lavadero al que acude la gente del pueblo y un abrevadero. Foto Jenaro Gil, 2008.



Figura 60: Vista general del yacimiento de "La Salina" desde la ladera NO del Monte Preubas. A nuestra derecha la bifurcación del Corral de Pucherdá, a nuestra izquierda el camino que sigue de la chopera hacia el yacimiento del Monte Preubas, y en medio, la senda que sube al yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2011.



Figura 61: Chopera y senda que conduce al yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2008.



Figura 62: A la derecha de la senda, una joven sabina (*Juniperus thurifera*) conocida en toda la comarca de "Els Serrans" como "**Trevina**". A la izquierda una pequeña cárcava sin vegetación nos anuncia la proximidad al yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2008.



Figura 63: Abundantes Jacintos sueltos y semienterrados entre las arcillas del K4 del Keuper del yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2008.



Figura 64: Izquierda, Daniel Orero Gómez (Teniente Alcalde de Canales), y a la derecha, Raúl Sapena Martínez, recogiendo cristales en la zona exacta del afloramiento. Foto J. Gil, 2008.

Yacimiento “Umbría de la Fuente la Carrasca” (Yac.3, muestras CAN-3)

El yacimiento se encuentra siguiendo el recorrido del GR-7. Por el camino de la derecha de la bifurcación y a unos 700 m de ésta, antes de llegar al corral de la Tejería (Fig. 59) en el margen derecho del camino, se halla el afloramiento de Jacintos de Compostela a una altitud aproximada de 1150m (Figs. de 65 a 69).

En un recorrido de unos 300 m, hay varias lomas con calvas de vegetación donde quedan al descubierto las arcillas mostrando su característico color rojizo. Después de fuertes lluvias, que arrastran los sedimentos arcillosos dejando a la vista los Jacintos; los laterales y el fondo de las pequeñas cárcavas, aparecen sembrados de multitud de pequeños cristales, la mayoría blancos, que brillan al reflejar la luz del sol. Son zonas donde las plantas crecen con mayor dificultad y no los ocultan. Muchas veces encontramos los mejores ejemplares y de mayor tamaño, junto a los tallos y el ramaje de pequeños arbustos que actuaron de “retén”, impidiendo que rodasen y quedaran enterrados por los sedimentos acumulados en el fondo de la cárcava, junto al resto de cristales que debido a su tamaño no fueron retenidos.

Se trata de un yacimiento que por su proximidad al pueblo, es bastante visitado por la gente cuando sale de paseo. Algunos recogen los Jacintos sueltos y rodados que tienen a mano, por lo que si hace tiempo que no ha llovido posiblemente el yacimiento se encuentre bastante agotado, al haberse retirado ya los mejores ejemplares.

Si continuamos por la misma pista unos 200 m, nos aparecerá a nuestra derecha los “Corrales de la Tejería” y a nuestra izquierda un lavadero (Fig. 59), este es uno de los dos caminos que conduce hacia el yacimiento de “La Salina”.



Figura 65: Calvas de vegetación con cristales a la derecha del camino. Foto Jenaro Gil, 2008.



Figura 66: Afloramientos de arcillas con cristales en el margen derecho del camino. Foto Jenaro Gil, mayo de 2011.



Figura 67: Vista general de la parte izquierda del camino, desde el yacimiento de la "Umbría de la Fuente de la Carrasca". Foto Jenaro Gil, junio de 2008.



Figura 68: Jenaro Gil, sobre un afloramiento arcilloso próximo al camino, desprovisto de vegetación y repleto de Jacintos. Yacimiento de la "Umbría de la Fuente de la Carrasca". Foto Raúl Sapena, mayo de 2011.



Figura 69: Jacintos blancos y semitransparentes sueltos y semienterrados entre las arcillas del yacimiento de la "Umbría de la Fuente de la Carrasca". Foto Jenaro Gil, 2008.

ANDILLA (Valencia)

Al municipio de Andilla (Fig. 13) se puede acceder desde Canales y no es necesario hacer los casi 30 Km que supone ir por carretera dando la vuelta. Una vez en Canales cogemos una pista forestal de unos 7 km, en buen estado, que sale a mano izquierda desde la plaza del pueblo (“Plza. del Horno”), bordeando por la derecha un pequeño parquecito infantil.

También podemos tomar esta pista forestal, desde la bifurcación de los GR-10 y 7; cogiendo la pista del GR-10 (la de la izquierda) y a unos 200 m de la bifurcación tomando un camino estrecho que sale nuevamente a la izquierda. Éste, enlaza con la pista forestal que lleva a Andilla desde la plaza del pueblo de Canales. Una vez en la pista, seguiremos siempre el camino principal, dejaremos a nuestra derecha un depósito en la zona conocida como la “Fuente de la Ponza” y llegaremos a Andilla.

En el mapa de la figura 70 podemos ver la situación de los yacimientos pertenecientes al término de Andilla, exceptuando el Yac.4 “El Parao” que ha sido localizado en el mapa de la figura 51 dada su proximidad al término de Canales.

A continuación, la descripción de las coordenadas de estos yacimientos en la Tabla IV.

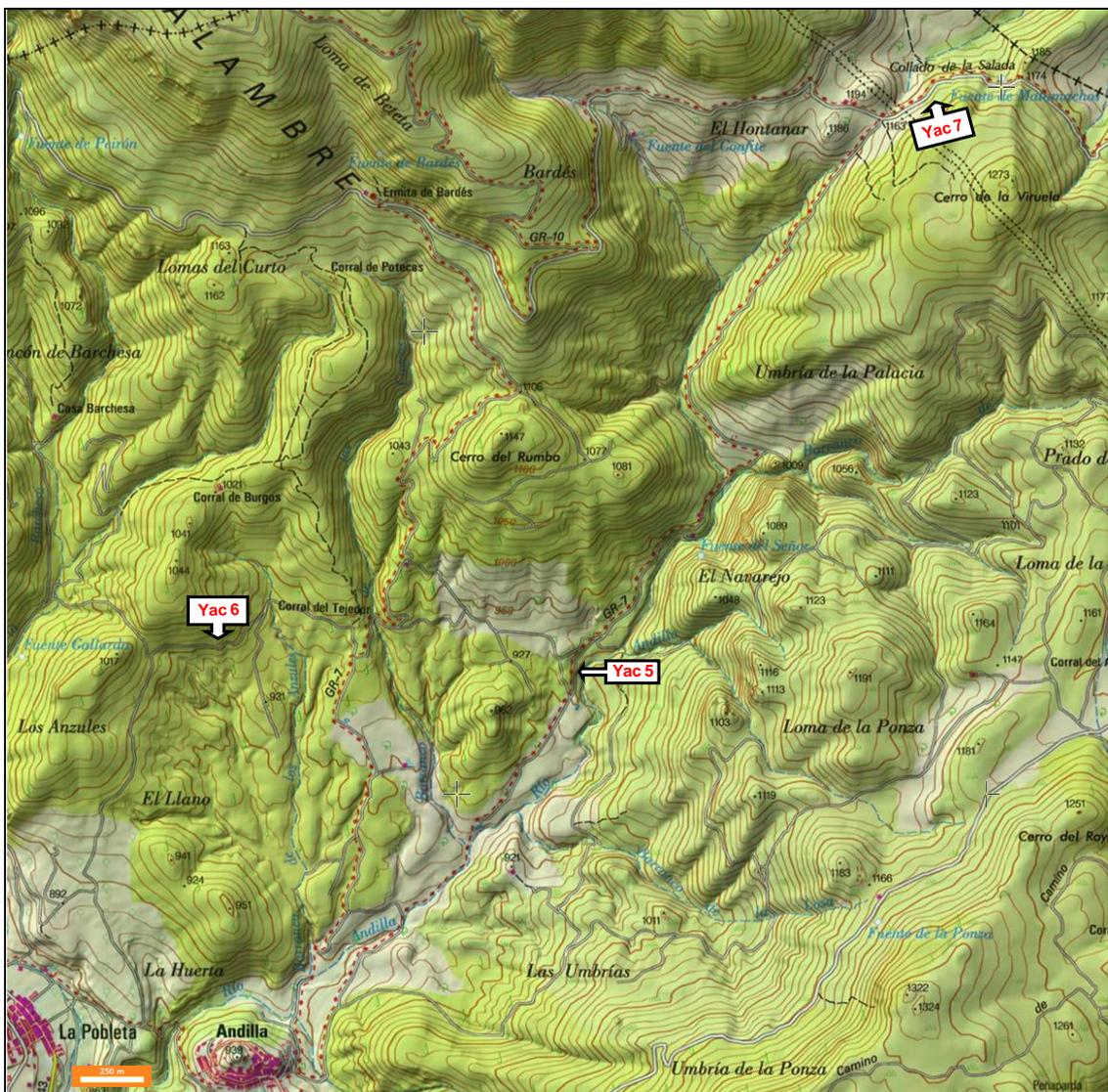


Figura 70: Localización de los yacimientos de Jacintos de Compostela del Keuper de Andilla. Falta el Yac.4 que se localiza en el mapa de la figura 50. El segmento blanco del margen inferior izquierda representa 250 m. Modificado de SIGPAC - MAPA, 2013.

Tabla IV

Abreviatura y Yacimiento	Coordenadas ^{1*}	FDYJ ^{2*}
Yac.4: "El Prao"	N 39° 52' 33" y W 0° 46' 55"	4
Yac.5: "Camino a la Fuente del Señor"	N 39° 51' 03" y W 0° 47' 57"	5
Yac.6: "Los Anzules"	N 39° 51' 03" y W 0° 48' 56"	6
Yac.7: "Collado de la Salada"	N 39° 52' 16,5" y W 0° 47' 1,03"	7

Tabla IV: Localización de los cuatro yacimientos de Jacintos de Compostela estudiados del Keuper de Andilla. ^{1*}: Localización de los puntos en SIGPAC. **FDYJ^{2*}** Ficha de Datos de Yacimiento de Jacintos (fichas de indicios/presencia).

Yacimiento de "El Prao" (Yac.4, muestras AND-1)



Figura 71: Afloramientos de arcillas con Jacintos blancos, marrones, rojos y anaranjados. Al fondo, la zona que llaman "El Prao". Vista desde la parte superior de la colina, donde se encuentran las carniolas. Foto Jenaro Gil, 2008.

Este yacimiento a pesar de su proximidad al término de Canales, pertenece al municipio de Andilla (Valencia). Se sitúa aproximadamente a 1,1 km de la bifurcación descrita en

Canales. Siguiendo el camino de la izquierda, el que lleva por el GR-10. Justo antes de atravesar el “*Barranco de la Cingla*”, nuevamente a mano izquierda sale una senda que debemos tomar hasta subir por una pequeña colina; que otra vez a la izquierda se alza a pocos metros del barranco (Fig. 71).



Figura 72: *Jacinto de Compostela marrón* de 3,5 x 1,6 cm, semienterrado entre las arcillas del yacimiento de “*El Prao*”, recogido en mayo de 2011. Col. JE4674 y foto Jenaro Gil, 2011.



Figura 73: *Calvas de vegetación* donde se acumulan sueltos los *Jacintos de Compostela*, la mayoría partidos. En la parte superior *carniolas rojizas con cristales*. Foto Jenaro Gil, 2008.

Diseminados entre la vegetación y por donde afloran las arcillas podemos recoger abundantes cristales, la mayoría partidos (Fig. 72). En éste yacimiento es fácil localizar

sueltas por el terreno, especialmente en la parte superior de la colina, carniolas rojizas ricas en filoncillos de Jacintos blancos y anaranjados (Figs. 38A y 73). El afloramiento se encuentra a unos 1130 m de altitud.

Yacimiento del “Camino a la Fuente del Señor” (Yac.5, muestras AND-2)

Una vez en Andilla bordeamos el pueblo por la derecha sin dejar la carretera principal y llegamos a un puente que termina con un cartel que nos señala el camino a la Fuente del Señor (situada a 4,7 km) y el GR 10. Tomamos la desviación a nuestra derecha que empieza con una curva muy cerrada y bajamos por un camino asfaltado que se dirige hacia la piscina municipal. Tras recorrer 0,5 km dejamos la piscina a nuestra izquierda y a pocos metros se termina el camino asfaltado abriéndose una bifurcación; debemos tomar el camino de la izquierda. Tomando siempre como origen, el inicio del camino de la piscina, seguimos 1,9 km y tomamos el desvío de la izquierda; continuamos hasta los 2,5 km y a la derecha (Fig. 74); seguimos recto 300 m y a los 3,6 km a la izda. A los 4,4 km desde nuestro inicio llegamos a las instalaciones de la Fuente del Señor (Fig. 75). Aproximadamente 1,2 km antes habremos visto un cruce con una señal que contiene el dibujo de una fuente que nos indica el camino hacia el área recreativa de la Fuente del Señor. Es en el camino que sale a la derecha de la señal donde se encuentra el yacimiento (Figs. 77 y 78). A unos 3 km de la bifurcación del camino de la piscina.



Figura 74: Cruce del camino que sube al área recreativa de la "Fuente del Señor" (por la derecha). Recto, el camino conduce al "Corral de La Tejería" y al yacimiento de "Los Anzules"
Foto Jenaro Gil, 2012.

Podemos aparcar el vehículo en esta zona y dejando la pista forestal a nuestra izquierda y la señal de la fuente en medio, tomar la senda que sale a la derecha y que baja hacia el pueblo. En ella, a unos 20 m del cruce está situada la zona donde afloran los cristales, diseminados por varios puntos del camino y en ambos márgenes podemos recoger bastantes Jacintos blancos, rojizos e incluso negros. También han aparecido cristales en

el camino situado justo detrás de éste. Este es el yacimiento donde han aparecido Jacintos de Compostela verdes asociados a cristales romboédricos de Dolomita.



Figuras 75-76: Área recreativa de "La Fuente del Señor". A 1,2 km del Yac. 5. Foto Jenaro Gil, 2011.



Figura 77: Cruce del camino con la pista forestal que lleva a la “Fuente del Señor”. Al fondo vemos la señal que indica la fuente, a la derecha de ésta, el camino por el que se extiende el yacimiento (Yac.5).



Figura 78: Enrique Corman, recogiendo Jacintos de Compostela, en el tramo exacto donde afloran. El yacimiento se sitúa a 1,2 km del área recreativa. Foto Jenaro Gil, 2011.

Yacimiento de “Los Anzules” (Yac.6, muestras AND-3)

Se puede llegar desde Andilla por el GR10 que lleva a la “Fuente del Señor”. Al llegar a la bifurcación que conduce por la derecha hacia la “Fuente del Señor” y por la izquierda a la “Fuente Gallarda” (Fig. 74), tomaremos el camino de la izquierda que pasa primero por el “Corral del Tejedor” (Fig. 79). A unos 600 m de este, tras una segunda curva muy cerrada, se encuentra el yacimiento (Figs. 80, 81 y 82) que se extiende hacia el margen izquierdo de la pista forestal. Esta pista conduce al área recreativa de “El Tejar” o “Fuente Gallarda”. También se puede acceder al yacimiento desde la aldea de “La Pobleta”.



Figura 79: “Corral del Tejedor”. A 600 m del Yac.6 “Los Anzules”. Foto Jenaro Gil, 2012.

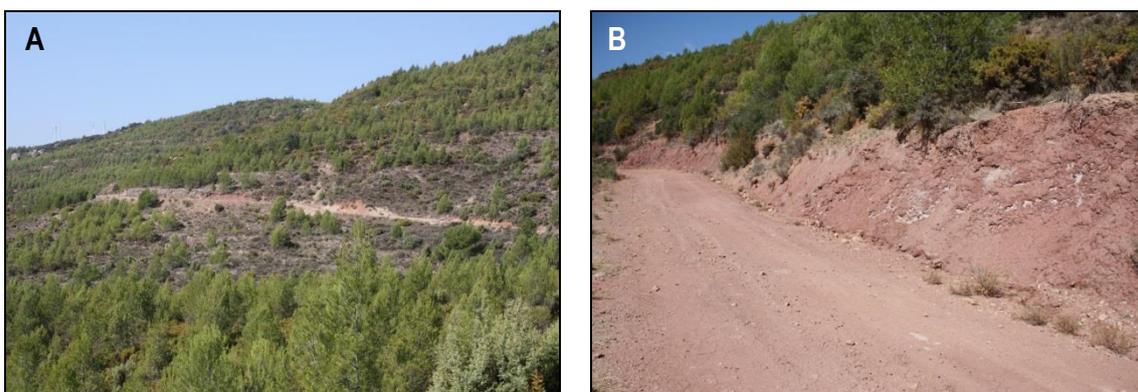


Figura 80: **A:** Curva a la que se encuentra el yacimiento de “Los Anzules”, a 600 m del Corral del Tejedor. **B:** Tramo de la pista forestal en el que se concentra la mayor cantidad de cristales, especialmente en el margen izquierdo y ladera abajo. Foto Jenaro Gil, 2012.

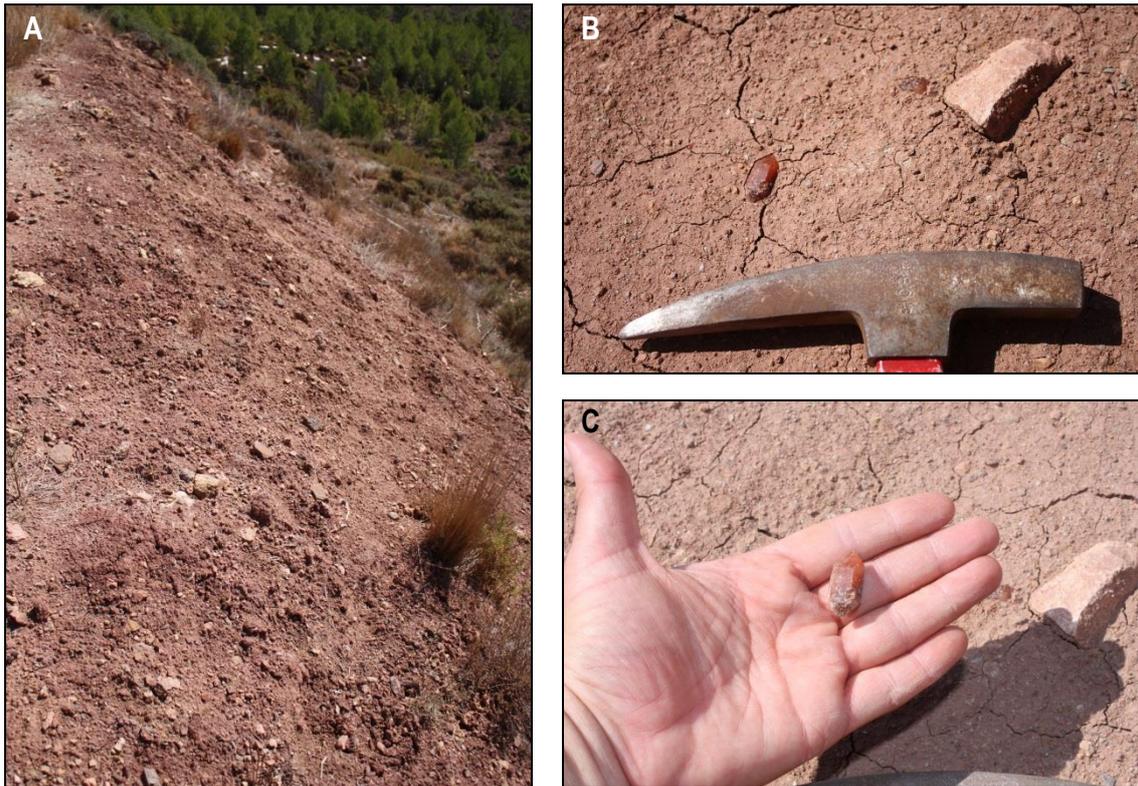


Figura 81: **A:** Margen izquierdo de la pista forestal en el que se concentra la mayor cantidad de cristales. **B:** Pisado por las ruedas de los vehículos y hundido en el camino, un Jacinto perfecto rojo anaranjado de 2,5 cm (JE6083b). Foto Jenaro Gil, 2012.



Figura 82: Concentración de cristales a media ladera, Yac.6 "Los Anzules". Foto J. Gil, 2012.

Yacimiento del “Collado de la Salada” (Yac.7, muestras AND-4)

Se puede acceder a él de dos formas distintas:

Desde Canales (CS): una vez en el “*Monte Preubas*” bajamos por la “*cuesta Matamachos*”, dejando la “*Fuente Matamachos*” a nuestra derecha (Fig. 53). Desde ella a unos 330 m, en el mismo camino que conduce por el “*Collado de La Salada*”, encontramos a nuestra derecha una importante calva de vegetación rica en arcillas rojas, que baja por la ladera N-NO del “*Cerro de la Viruela*” y por donde se encuentran esparcidos los Jacintos de Compostela.

Desde Andilla (V): Tomamos dirección hacia el yacimiento del “*Camino a la Fuente del Señor*”, una vez en la bifurcación que nos indica hacia la derecha “*La fuente del Señor*” y a la izquierda la “*Fuente Gallarda*” (Fig. 74), cogemos el camino de la derecha y tras una curva y cuesta pronunciada que dobla hacia la izquierda, encontraremos una pista señalizada que sube hacia la “*Ermita Bardés*”. Se trata de un camino en muy mal estado (no subir sin todoterreno) pero que lleva hasta una amplia pista forestal. Giramos a la derecha y seguimos hacia delante en dirección al “*Collado de la Salada*”. Pasaremos unas ruinas y el desvío que lleva al yacimiento de “*La Salina*”. A unos 540 m del desvío y a nuestra izquierda, se encuentra la calva de vegetación con las arcillas que contienen los Jacintos (Fig. 48C-F y 83), en plena senda del GR-10.



Figura 83: Vista del afloramiento desde abajo. Yac.7 “Collado de la Salada”. Foto J. Gil, 2012.

DESCRIPCIÓN DE LOS CRISTALES

Formas Cristalinas

Los Jacintos de Compostela, como cuarzos que son, pertenecen a la clase trigonal trapezoédrica del sistema trigonal o romboédrico. Las clases del sistema trigonal se podrían considerar como hemiedricas (con la mitad de las caras) o tetartoédricas (con un cuarto) de la clase bipiramidal dihexagonal del sistema hexagonal; de hecho, durante un tiempo los dos sistemas se consideraron uno solo, bajo el nombre de hexagonal romboédrico, como hiciera en su día D. Salvador Calderón (1910), a principios del siglo XX, en su obra “*Los Minerales de España*”. Hay autores, que siguen considerando únicamente 6 sistemas cristalinos y no los 7 comúnmente aceptados, aunque todos coinciden en señalar la misma clase de simetría para el cuarzo (trigonal trapezoédrica o trapezoedro-trigonal). El “*Manual de Mineralogía*” de Cornelius K. y Cornelius S. Hurlbut, JR. (1996), basado en la obra de J. D. Dana, es un claro ejemplo. Esta diferencia de criterios, junto a la falsa simetría hexagonal que presentan muchos cristales de cuarzo es lo que ha provocado cierta confusión.

No es objeto de este trabajo explicar los detalles de una u otra consideración y para ello podemos consultar la amplísima bibliografía. Sí apuntaremos, que la verdadera simetría del cuarzo se muestra a primera vista solo cuando se presenta alguna forma característica, como las facetas rómbicas (s) o los trapezoides trigonales (x) que delatan la existencia de dos tipos de cuarzo, uno levógiro y otro dextrógiro (Fig. 84).

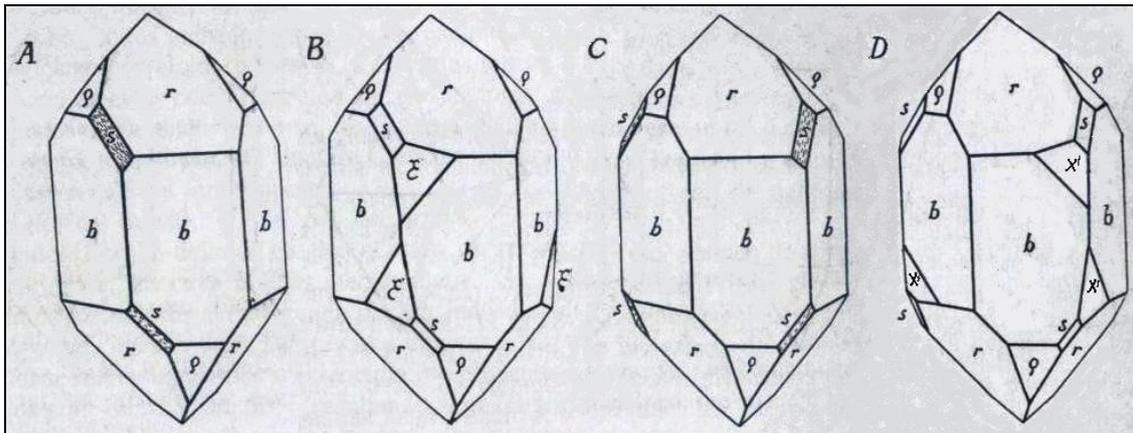


Figura 84: Cristales de cuarzo con presencia de facetas rómbicas (s) y trapezoidales (x), izquierda (ε) y derecha (χ). **A y B:** Son dos cristales levógiros. **C y D:** Cristales dextrógiros. Extraído y modificado de “*Contribución al estudio de los cuarzos cristalizados Españoles*” por Rafael Candel Vila, 1928.

Rafael Candel Vila asegura en su trabajo de 1928 haber observado en algunos Jacintos de Villatoya (Albacete), facetas trapezoédricas (ε) {1122} que aparecían truncando las aristas del romboedro r con el z. Rafaela Marfil (1970), a falta de un estudio goniométrico, también creyó haber observado estas formas en otros Jacintos. Ningún otro autor ha vuelto a referir lo mismo y probablemente habría que hacer una revisión actualizada de la interpretación de los cristales que observaron; en cualquier caso, se puede considerar como una característica propia de los Jacintos de Compostela, el que no se encuentren fácilmente cristales con formas de cuarzo levógiro o dextrógiro, es decir, con presencia de facetas rómbicas o trapezoidales. Esta variedad, de origen autógeno y formada a bajas temperaturas, parece estar completamente representada por individuos de apariencia hexagonal más o menos deformados (Fig. 85).

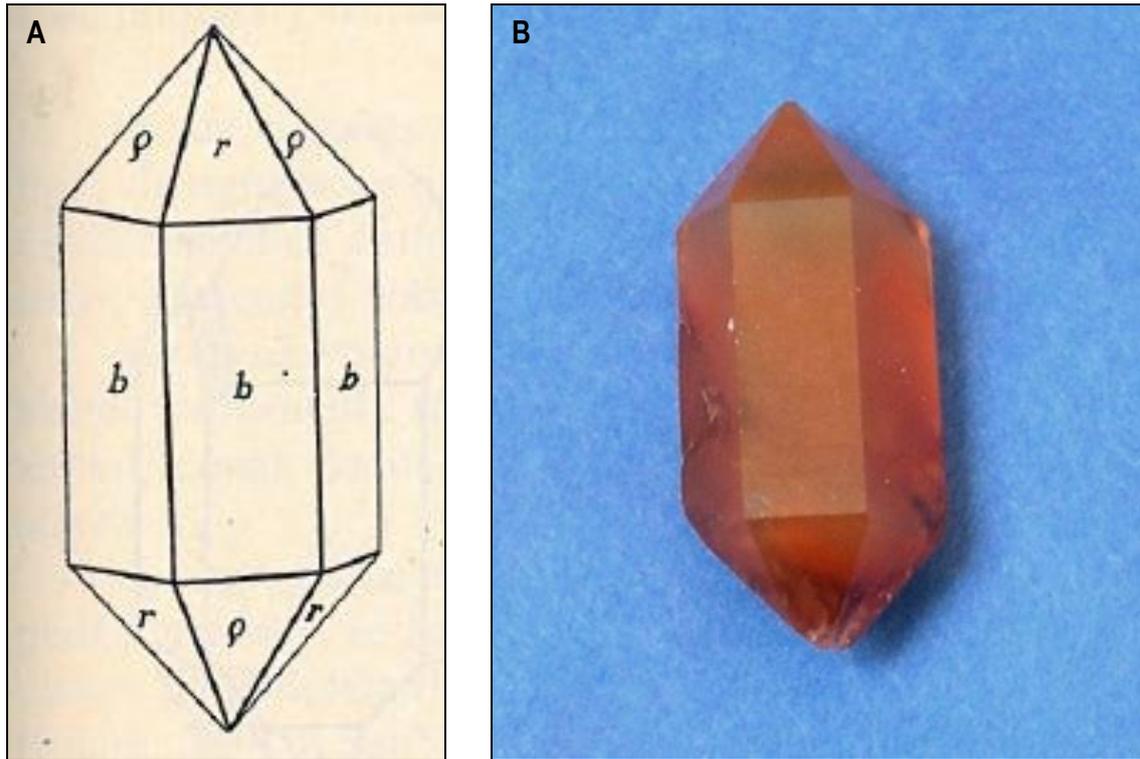


Figura 85: Cristales de cuarzo con apariencia hexagonal. Constituidos por las típicas formas **r**, **z** (ρ) y **m** (b). **A**: Dibujo extraído de "Contribución al estudio de los cuarzos cristalizados Españoles" por Rafael Candel Vila (1928). **B**: Jacinto de 1,4 x 0,6 cm recogido en el yacimiento del Monte Preubas en 1994. Regalo de Sifrido Serrano Valero. Col. JE5628a. Foto Jenaro Gil, 2011.

Hablar de "formas cristalinas" y "hábitos" resulta un poco engañoso dada la generalización que han sufrido los términos. En teoría, el primero no hace referencia a la forma real del cristal en su conjunto, sino a un cuerpo virtual geométrico o conjunto de caras cristalinas, las cuales tienen la misma relación con los elementos de simetría y exhiben las mismas propiedades físicas y químicas; por ejemplo, en el caso del cuarzo la forma cristalina **r** se utiliza para designar al romboedro positivo (Tabla V). El segundo, o bien hace referencia a la apariencia general de los cristales; como cúbicos, prismáticos, "hábito Dauphiné",... o bien se utiliza para designar el aspecto general de los agregados minerales, términos típicos son: dendrítico, acicular, fibroso, etc.

Tabla V

Forma Cristalográfica	Símbolo	Otros símbolos	Miller-Bravais {hkil} índices* <small>*Se ha substituido la barra por la negrita</small>
Romboedro positivo	r	r	{1 0 1 1}
Romboedro negativo	z	ρ	{0 1 1 1}
Prisma hexagonal	m	b	{1 0 1 0}
Bipirámide trigonal (facetas rómbicas)	s	s', s	Levo, (-): {2 1 1 1}; dextro, (+): {1 1 2 1}
Trapezoedro positivo (facetas trapecianas)	x	ϵ , x'	Levo, (-): {6 1 5 1}; dextro, (+): {5 1 6 1}

Tabla V: Formas cristalográficas típicas del cuarzo, símbolos e índices Miller-Bravais. Las tres primeras constituyen los cristales de Jacinto de Compostela. Las dos últimas sirven para diferenciar el cuarzo levógiro del dextrógiro.

La naturaleza ha concedido al cuarzo gran profusión de formas cristalográficas, unas 40, aunque 30 de ellas rara vez se pueden observar. Rafael Candel Vila (1928) identificó 23 en los cuarzos cristalizados españoles, 15 de ellas nuevas citas. Pero si nos fijamos solo en los Jacintos de Compostela existe una considerable pobreza, pudiéndose reconocer tan solo 3 y alguna más algo dudosa. No obstante, sorprende el número elevado de formas derivadas que encontramos a partir de tal simplicidad.

Atendiendo al aspecto general de los cristales, básicamente los podríamos clasificar de la siguiente manera:

- A. **Cristales simples.** Constituidos por formas cristalográficas básicas o la combinación de éstas. Agruparía a todos aquellos cristales que presentan un hábito cercano a las formas cristalográficas básicas. Un ejemplo de ellos, serían los Jacintos que presentan una falsa apariencia hexagonal, en donde la simetría geométrica es superior a su simetría cristalina.
- B. **Cristales deformados.** Individuos donde coexisten formas simples y derivadas, fruto de las deformaciones que se producen durante el crecimiento de los cristales. La simetría cristalina es en estos casos, superior a la simetría geométrica y se pierde la falsa apariencia hexagonal.
- C. **Agregados o complejos.** Aunque los cristales de Jacintos de Compostela suelen aparecer individuales, con mucha frecuencia se les observa asociados a otros Jacintos de muy diferentes tamaños, formando multitud de agregados que pueden ser irregulares o regulares, dentro de éstos últimos situamos las posibles maclas.

Los Jacintos de Compostela de Canales-Andilla mayoritariamente se presentan con hábitos deformados. En menor medida le siguen, los cristales simples perfectos y los agregados de pocos o varios cristales.

A. Cristales simples

No todas las formas cristalográficas que el cuarzo adopta se pueden reconocer en los cristales de origen autógeno y por tanto en los Jacintos de Compostela.

Como han indicado todos los autores que han estudiado los cuarzos autógenos españoles y entre ellos también F. Ortí Cabo (1974), los Jacintos del Keuper de levante están típicamente formados por la combinación del prisma hexagonal (**m**) con los romboedros, positivo (**r**) y negativo (**z**), ver figuras 86 y 87.

Según esto, básicamente estaríamos hablando de tres posibles hábitos:

- **Cuarzos romboédricos**, de apariencia pseudocúbicos (Fig. 86A).
- **Cuarzos bipiramidales** o cuarzoides, constituidos únicamente por la bipirámide hexagonal (Fig. 86C)
- **Cuarzos prismáticos**, prismados o bipiramidados (Fig. 86D-G) en los que a la bipirámide se sumaría el prisma hexagonal; todos ellos siempre de proporciones regulares.

Teóricamente también incluiríamos aquí, aquellos cristales que presentasen facetas de otras formas cristalinas básicas, como podrían ser las trapecianas o las rómbicas.

Según Grimm (1962), durante el transcurso del crecimiento de los cristales de cuarzo autigénico es frecuente que éstos presenten el plan de desarrollo de superficies cristalinas que se muestra en la figura 86.

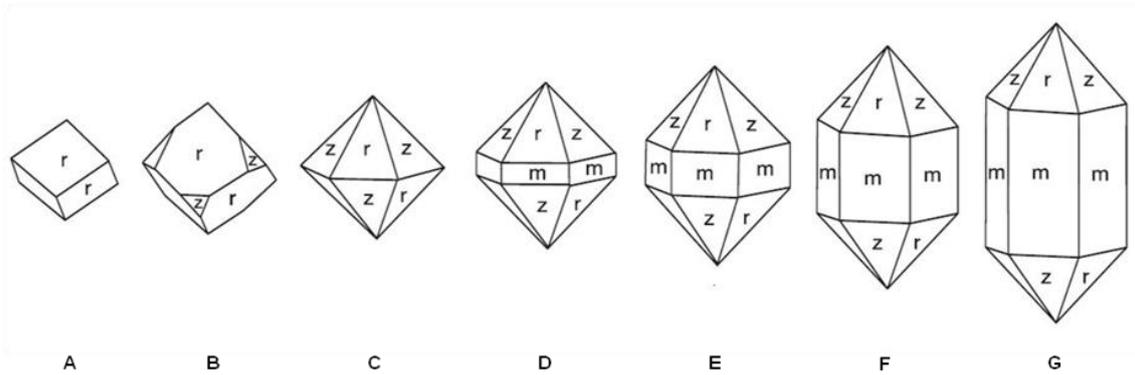


Figura 86: Serie evolutiva del desarrollo de las caras de los cristales de cuarzo idiomórfico. Modificado de Grimm (1962). **A. Cuarzo pseudocúbico.** Romboedro fundamental positivo, *r*. **B.** Cuarzo pseudocúbico con vértices truncados (combinación de romboedros: positivo, *r* y negativo, *z*). **C. Cuarzo bipiramidal, dihexaédrico, dodecaédrico o isosceloédrico.** Las caras de los prismas (*m*) están ausentes y la combinación de ambos romboedros da una apariencia de bipirámide hexagonal completa que se conoce como Cuarzoide. **D, E, F y G. Cuarzos prismados bipiramidados.** Cristales de cuarzo normales, con diferente desarrollo del prisma hexagonal, como resultado de la combinación de los romboedros *r* y *z* y el prisma *m*.

Siendo la simetría de los Jacintos trigonal, en ocasiones, cuando el crecimiento de los cristales ha sido muy lento bajo las condiciones de diagénesis, muestran una pobreza de formas que provoca una falsa apariencia hexagonal, de proporciones perfectas. Este fenómeno lo observamos mejor en cristales de tamaño reducido, que suelen ser prácticamente perfectos, ya que al aumentar de tamaño generalmente se desproporcionan los romboedros y desaparece esa falsa simetría hexagonal (Fig. 87).

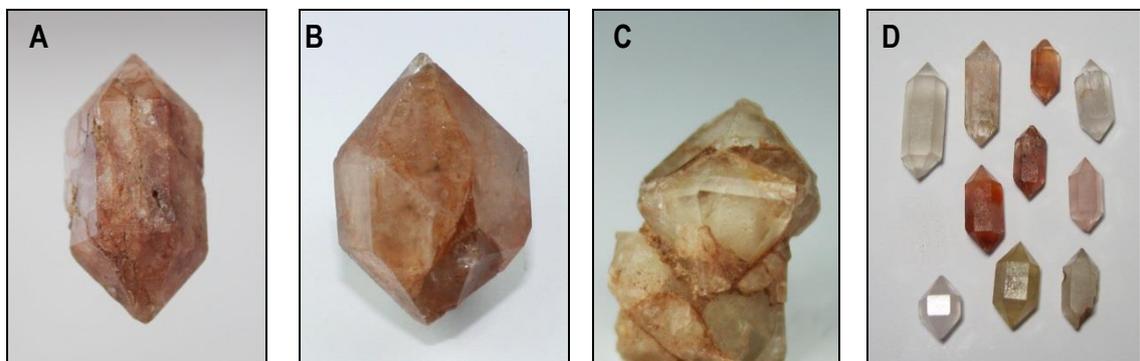


Figura 87: Cristales simples hallados en el yacimiento del "Monte Preubas" en 1994. Todos presentan hábito pseudoexagonal con distinto desarrollo del prisma. **A:** Col. JE2593a, cristal de prisma largo y 3 x 1,3 cm. **B:** Col. JE2620a, cristal de prisma mediano (cuadrado) y 1,9 x 1,1 cm. **C:** Col. JE5525d, cristal de prisma muy corto y 0,9 x 0,7 cm. **D:** Grupo de cristales simples de dimensiones reducidas, menores de 2 cm. Foto Jenaro Gil, 2010.

Por otra parte, el prisma hexagonal puede alcanzar distinto grado de desarrollo, pudiendo incluso llegar a desaparecer por completo, como Gil y Muñoz (2000) observaron que sucedía con algunos Jacintos del yacimiento del "Cerro del Cementerio" en Montroy, Valencia (Fig. 88) y entonces adoptan un hábito bipiramidal perfecto, también conocido con el nombre de cuarzoide. Ni en Canales ni en Andilla, hemos podido encontrar ningún cristal de este tipo. Tampoco hemos localizado ninguno con apariencia pseudocúbica.

Resumiendo, los cristales encontrados en los yacimientos de Canales-Andilla que podríamos considerar simples, únicamente se presentan bajo el hábito pseudoexagonal. En su inmensa mayoría son Jacintos bipiramidados de prisma hexagonal largo, que en ocasiones alcanzan hasta los 3 cm de longitud. Les siguen en menor medida, los Jacintos de prisma mediano, siendo bastante raros los de prisma muy largo, aunque muy característicos de estos yacimientos (Fig. 19). Son muy raros los de prisma corto o muy corto, ver el capítulo de “DIMENSIONES”, en el que se expone una clasificación por tamaños y se hace referencia al modo de medirlos.



Figura 88: JE 1631. Cuarzo variedad Jacinto de Compostela. Cristal bipiramidal de 1,1 x 0,9 cm sobre matriz de yeso rojo, constituido únicamente por la combinación de los romboedros positivo y negativo en igual desarrollo. Recogido en julio de 1992 en el yacimiento del "Cerro del Cementerio", Montroy, Valencia. Col. y foto Jenaro Gil, 2005.

B. Cristales deformados

Como ya se ha mencionado anteriormente y se puede observar en la figura 86D-G, las caras del prisma pueden alcanzar un distinto grado de desarrollo; pero además, algunas de éstas crecimientos muy diferentes, y a esto hay que sumar, los distintos desarrollos de las caras de los romboedros positivo y negativo. Por tanto, de la combinación de las caras **r**, **s** y **m** resultan diferentes tipos de cristales según el desarrollo que éstas alcancen.

En 1822 se publicó la 2ª edición (21 años después de la primera) del “*Traité de Minéralogie*” escrito por Haüy. En él se describen algunas de las modalidades de cuarzo más frecuentes, otorgándoles incluso denominaciones específicas para designarlas. Sus

dibujos se pueden ver en el Atlas que completaba su obra y que salió a la luz en 1823 (Fig. 89).

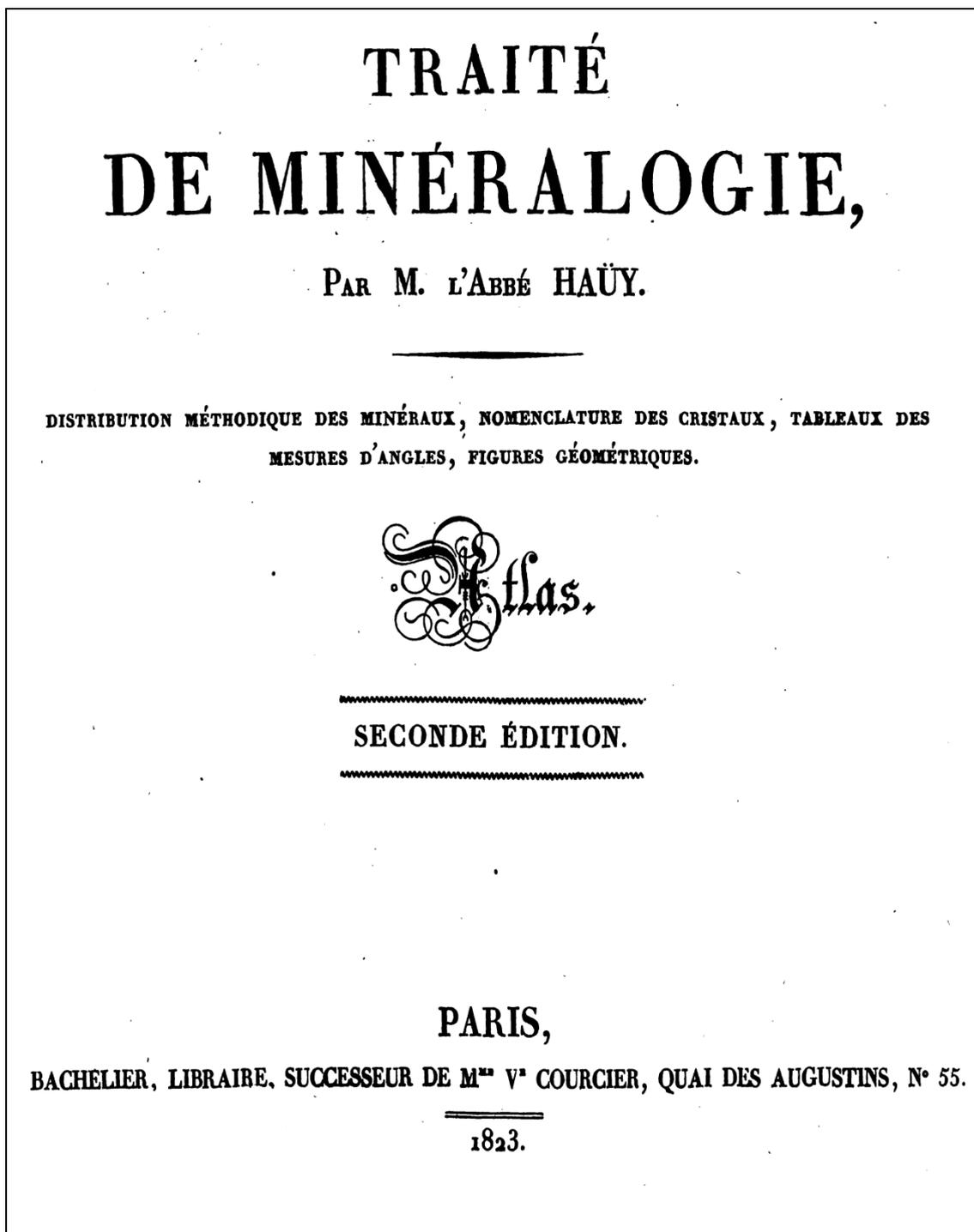


Figura 89: "Traité de Minéralogie", Atlas. Escrito por René Just Haüy (1743-1822), también conocido como "Abate Haüy", pues era canónigo honorario de la catedral de "Notre Dame" de París. Fue publicado en 1823 tras su muerte.

En los cuarzos autógenos se puede observar casi todas las modalidades cristalográficas que Haüy contempló para los cuarzos con prisma o como él les llamaba "prismados". No obstante, en los yacimientos de Canales-Andilla únicamente han sido hallados los cristales deformados que a continuación se muestran siguiendo su nomenclatura en las figuras de la 90 a la 93.

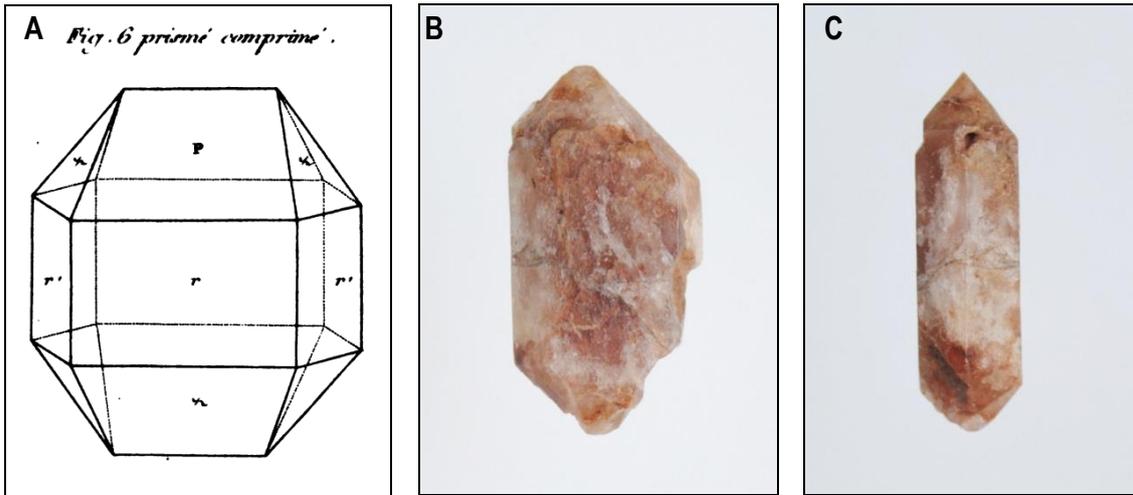
Prismado comprimido

Figura 90: **Jacinto comprimido**. Se trata de una deformación bastante común y muy fácilmente reconocible en los cristales de los yacimientos especialmente de Canales. **A**: muestra el dibujo que hizo Haüy para ilustrar el cristal en el que dos caras opuestas del prisma se desarrollan mucho tomando un aspecto tabular. **B y C**: Son la vista frontal y lateral respectivamente de un mismo Jacinto de 3,4 x 1,7 x 0,9 cm. Recogido en el yacimiento del Monte Preubas, en enero de 1994. JE2569, Col. y foto Jenaro Gil, 2010.

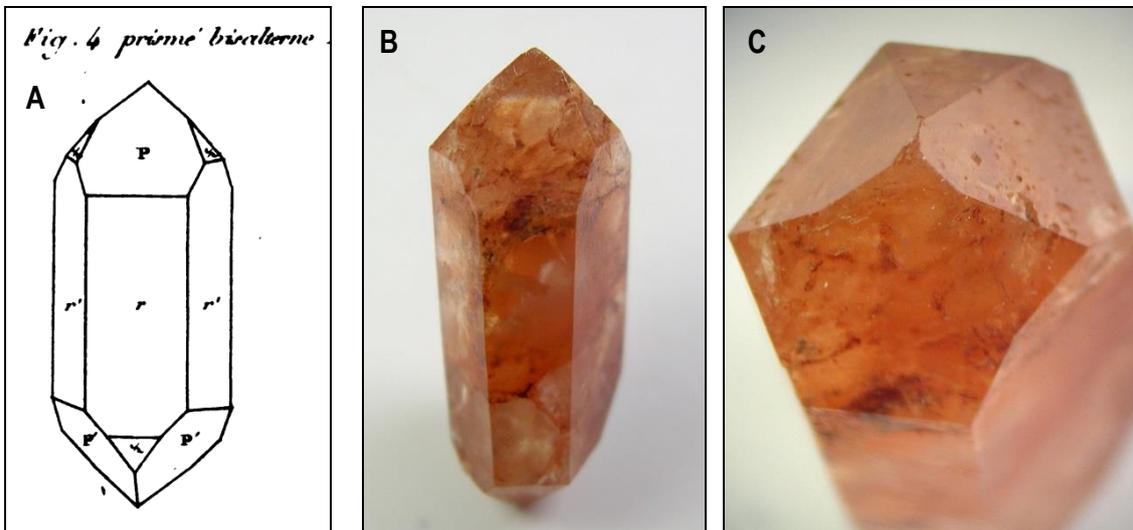
Prismado bisalerno

Figura 91: **Jacinto bisalerno**. **A**: muestra el dibujo que hizo Haüy para ilustrar el cristal en el que las caras de uno de los romboedros están mucho más desarrolladas que las del otro (presenta 3 caras grandes alternas con 3 más pequeñas). **B y C**: Son la vista frontal y superior respectivamente de un mismo Jacinto de 3 x 1,1 cm. Recogido en el yacimiento del Monte Preubas, en enero de 1994. JE2570. Este tipo de deformación es más rara en los yacimientos y generalmente se presenta combinada con otras dando lugar a formas intermedias. Col. y foto Jenaro Gil, 2010.

Prismado basoide

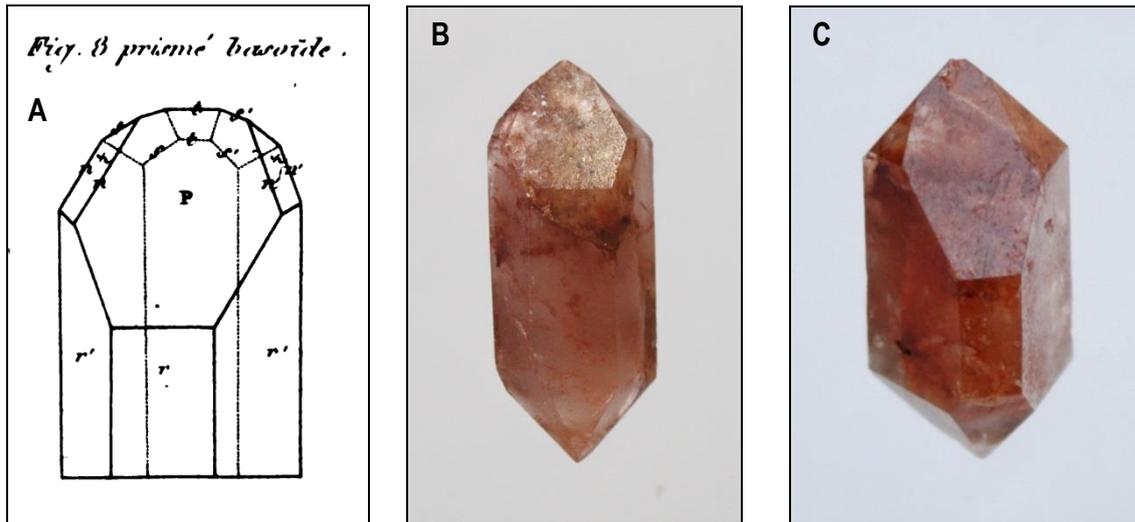


Figura 92: **Jacinto basoide o en "pico de Clarinete"**. **A:** muestra el dibujo que hizo Haüy para ilustrar un cristal con desarrollo excesivo de una de las caras romboédricas terminales, las demás se muestran mucho más pequeñas. Se confunde fácilmente con la bisalterna, ya que depende del grado de desarrollo del resto de facetas romboédricas. Esta deformación es conocida como "pico de Clarinete" por su similitud con la boquilla del instrumento musical. **B:** Cristal de 3 x 1,2 cm, JE2572 y **C:** Cristal de 2,2 x 1 x 0,9 cm, JE5512. Ambos recogidos en el yacimiento del Monte Preubas, en enero de 1994. Igual que sucedía con la deformación bisalterna, en los yacimientos aparece combinada con otras dando lugar a modalidades intermedias, algunas de las cuales se presentan algo comprimidas o esfaloideas. Es una deformación bastante más frecuente. Col. y foto Jenaro Gil, 2010.

Prismado esfaloide

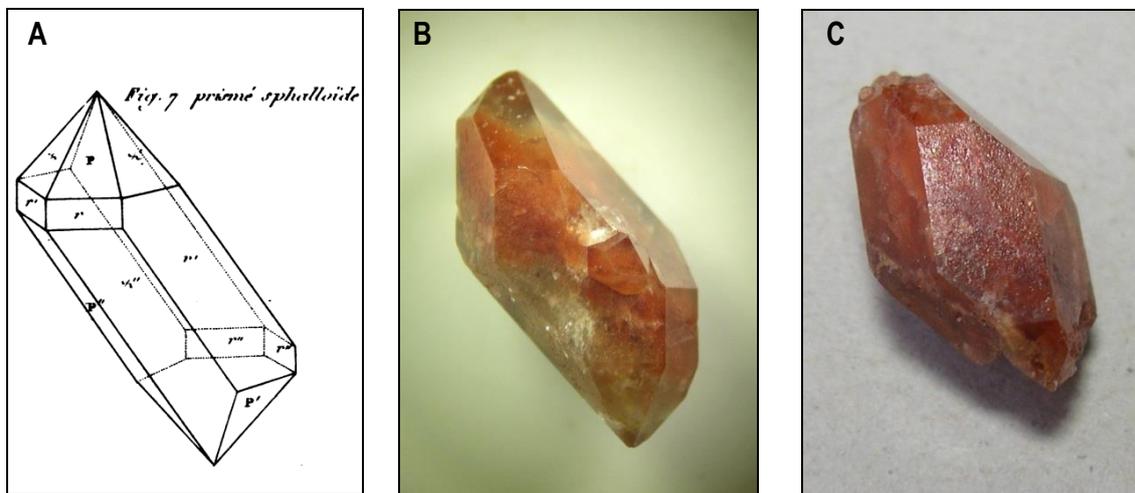


Figura 93: **Jacinto esfaloide**. Esta deformación es bastante rara, especialmente con un desarrollo tan acusado. **A:** muestra el dibujo que hizo Haüy para ilustrar el cristal en el que una zona de caras romboédricas y prismáticas adquiere un gran desarrollo. **B:** Jacinto de 1,5 x 0,6 cm. Col. JE5622a. **C:** Jacinto de 2 x 1 cm. Col. JE5622b. Recogidos en el yacimiento del Monte Preubas, en 1994. Regalo de Sifrido Serrano Valero. Foto Jenaro Gil, 2011.

Dejando ya a un lado la nomenclatura de Haüy, en la bibliografía se habla de "hábito Dauphiné" para referirse a aquellas modalidades en las que se desarrollan una o dos

facetas romboédricas adoptando la forma denominada en “pico de flauta o de clarinete”, localmente en algunas zonas se les conoce como “pico de pato” (Fig. 94).



Figura 94

Jacinto en “pico de Clarinete”

Otra perspectiva de la muestra JE2572, (Fig. 92B).

Intermedios o de transición

También Rome de L'Isle en su “*Cristallographie*” de 1783, recogió con sus dibujos una buena representación de cristales de cuarzo deformes (Fig. 95). Algunos se pueden incluir en las modalidades descritas por Häüy, otros sin embargo, son cristales que presentan hábitos intermedios o de transición. En los yacimientos de Canales-Andilla es muy frecuente encontrar este tipo de Jacintos (Fig. 96), ofreciéndonos en ocasiones ejemplares extraños de gran interés por su rareza (Fig. 97).

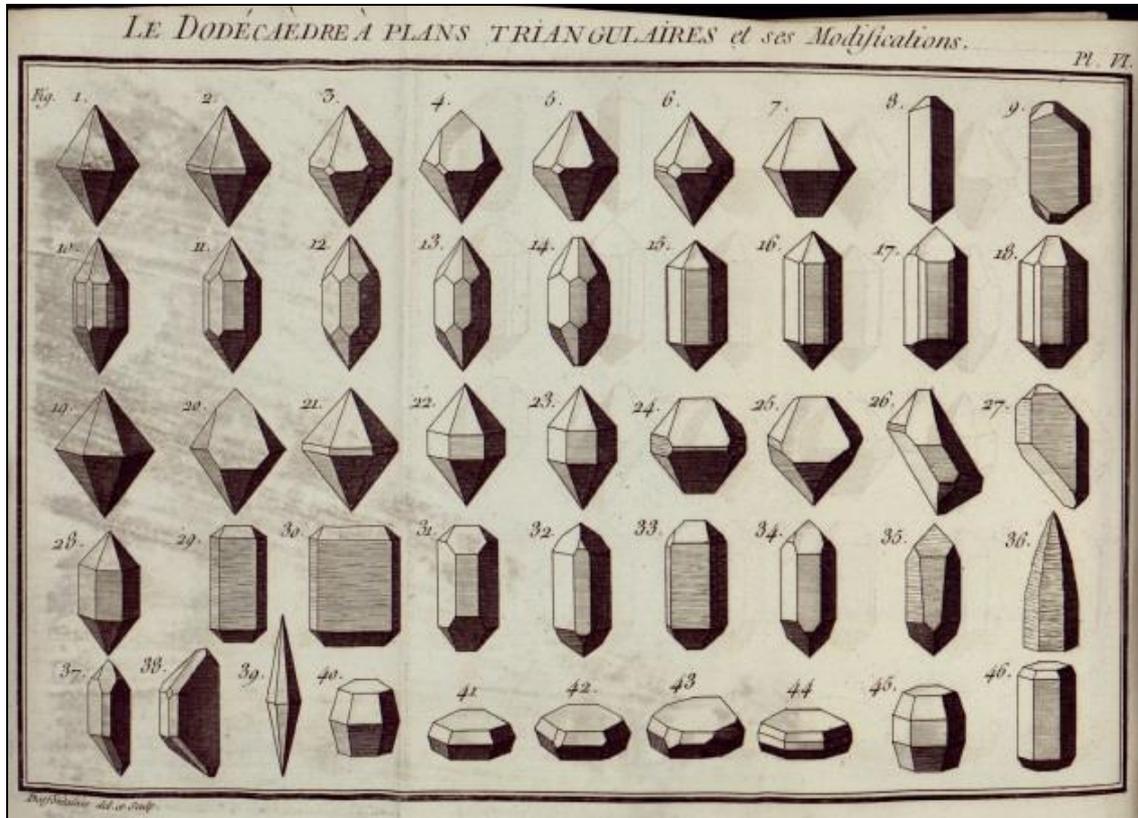


Figura 95: Lámina VI, Vol. 4. “*Cristallographie*”, ROME de L'Isle (1783).

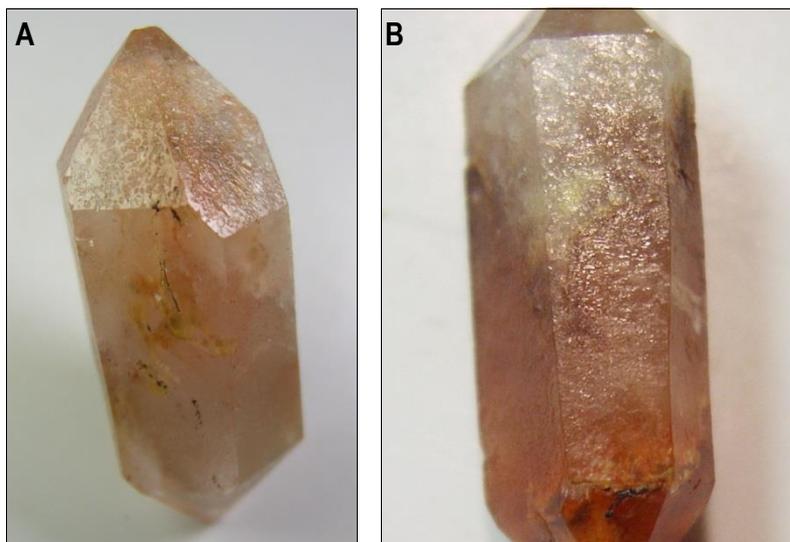


Figura 96: **Cristales intermedios o de transición.** **A:** Jacinto de 3 x 1,2 cm, Col. JE2571, con gran desarrollo consecutivo de dos facetas romboédricas. **B:** Jacinto de 2,3 x 0,7 cm con aristas del prisma hexagonal curvas. Col. JE5653a. Ambos recogidos en 1994, del yacimiento del “Monte Preubas” Foto J. Gil, 2011.



Figura 97: **Jacinto Intermedio o de transición**. Las fotografías muestran 6 perspectivas distintas de un mismo Jacinto de 2,6 x 1,4 cm, recogido en el yacimiento del Monte Preubas, en abril de 2011. Col. JE5666 Foto Jenaro Gil, 2011.

C. Agregados de cristales, complejos, grupos o asociaciones

En todos los yacimientos de cuarzos autógenos del Keuper es muy frecuente encontrar Jacintos que crecen acompañados de otros cristales de la misma especie mineralógica. Más raramente, se encuentran Jacintos junto a otros minerales de especies distintas, pero éste, es un tema que trataremos al final de este capítulo.

La clasificación más utilizada diferencia los **agregados irregulares**, en donde los cristales aparecen juntos fruto del azar de las condiciones del medio y del espacio disponible; de los **agregados regulares**, en los que los cristales aparecen dispuestos paralelamente según algún elemento del cristal o siguiendo una ley determinada (Candel, 1962).

En Canales-Andilla encontramos de ambos, aunque de las múltiples tipologías que han sido citadas por los diferentes autores solo hemos comprobado la presencia de algunas.

Agregados irregulares

Tres tipos de agregados irregulares hemos encontrado en los yacimientos: **drusas**, **geodas** y **grupos**.

Las **drusas** están formadas por cristales de diferentes tamaños dispuestos desordenadamente tapizando superficies. Dadas las características geológicas de la

zona, éstas superficies normalmente suelen ser materiales procedentes de niveles carniolares endurecidos, placas de caliza-dolomía, calizas limoníticas o masas de cuarzo (a modo de nódulos), de tamaño variable (Figs. 98, 99 y 100).



Figura 98: **Nódulo de Cuarzo tapizado de cristales.** Pieza de 6 x 5,5 x 3 cm con cristal mayor de 2,2 cm. Recogida en 1994 del yacimiento del "Monte Preubas". Regalo de Sifrido Serrano Valero. Col. JE 5581 y foto Jenaro Gil, 2011.

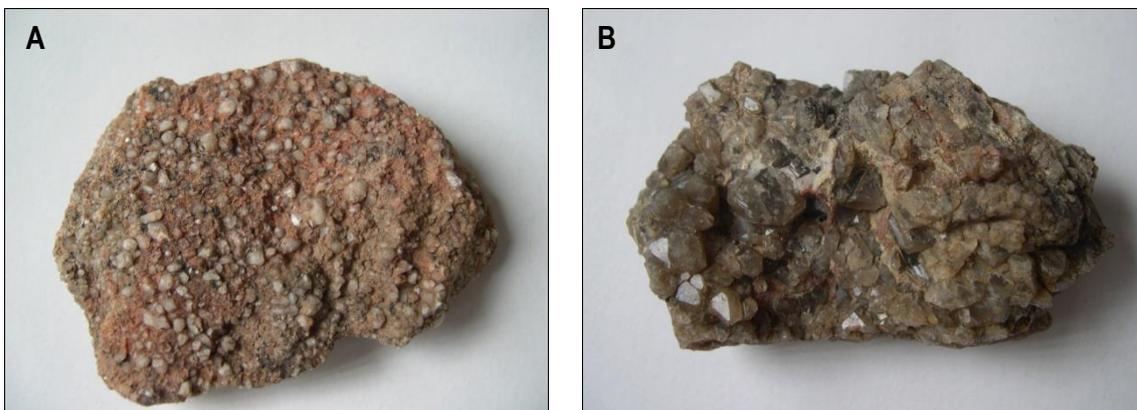


Figura 99: **Drusas de cuarzo.** **A:** Tapizado de cristales lechosos sobre una placa de caliza dolomítica. Pieza de 7,6 x 5,4 x 1,7 cm con cristal mayor de 0,6 cm. Col. JE5671. **B:** Tapizado de cristales grisáceos sobre una masa de cuarzo de 6,8 x 3,8 x 2,4 cm con cristal mayor de 1,2 cm, Col. JE5672. Ambos recogidos en abril de 2011 en el yacimiento del "Monte Preubas". Foto Jenaro Gil, 2011.

Como **geodas**, hemos encontrado pequeñas oquedades en las carniolas con Jacintos incrustados muy pequeños, a menudo blancos o anaranjados. También en los nódulos de cuarzo hemos encontrado cavidades con pequeños cristales casi transparentes.

Generalmente reciben el nombre de **grupos** aquellos cristales reunidos, originados por flotación, como los que a veces se encuentran incluidos en las arcillas o en los yesos. Cuando las condiciones del medio lo permiten y especialmente en el caso del cuarzo, los grupos se desarrollan por completo dando lugar a complejos espectaculares que han llevado a muchos aficionados a considerarlos erróneamente como maclas.



Figura 100: *Detalle del ejemplar JE4360, donde se observa una placa de dolomía limonítica de 11 x 9 cm, completamente tapizada por cristales de cuarzo morión que ocupan un área de 8 x 5 cm. Los cristales aparecen individuales y formando diferentes agregados de tamaño no superior a 1 cm. Ejemplar recogido en junio de 2008 en el yacimiento de "La Salina". Col. y foto Jenaro Gil, 2010.*

Los grupos pueden estar formados por un número indeterminado de cristales. Especialmente en los Jacintos de color rojo, se observa uno o dos cristales principales de mayor tamaño, y multitud de ellos más pequeños, surgiendo del prisma hexagonal o de cualquier otra parte (Fig. 101). No obstante, los grupos más interesantes y de mayor belleza son aquellos formados únicamente por 2 ó 3 cristales perfectamente desarrollados (Figs. 102, 103 y 104). Algunos muestran formas muy curiosas que destacan por su repetición en los yacimientos, incluso de áreas geográficas muy diferentes y en este sentido es fácil observar grupos de dos cristales, por ejemplo, en forma de cruz recta u oblicua (Fig. 103) o la típica asociación del Jacinto muy conocida y buscada, pues ha sido publicada en varios trabajos y diccionarios (Fig. 105).



Figura 101: **Agregados Irregulares.** **A:** Col. JE5603 Grupo de 4 cristales de 2,9 x 2,7 cm. Recogido en abril 2011 en el yacimiento del "Monte Preubas". **B:** JE5733 Pequeña escultura de 4 cristales formando un grupo de 2,4 x 1,7 cm **C:** JE2596e Grupo de 1,6 x 1,3 cm **D:** JE2596d Grupo de 2 x 1,4 cm. Recogidos en varias campañas en el yacimiento del "Monte Preubas". Foto Jenaro Gil, 2011.

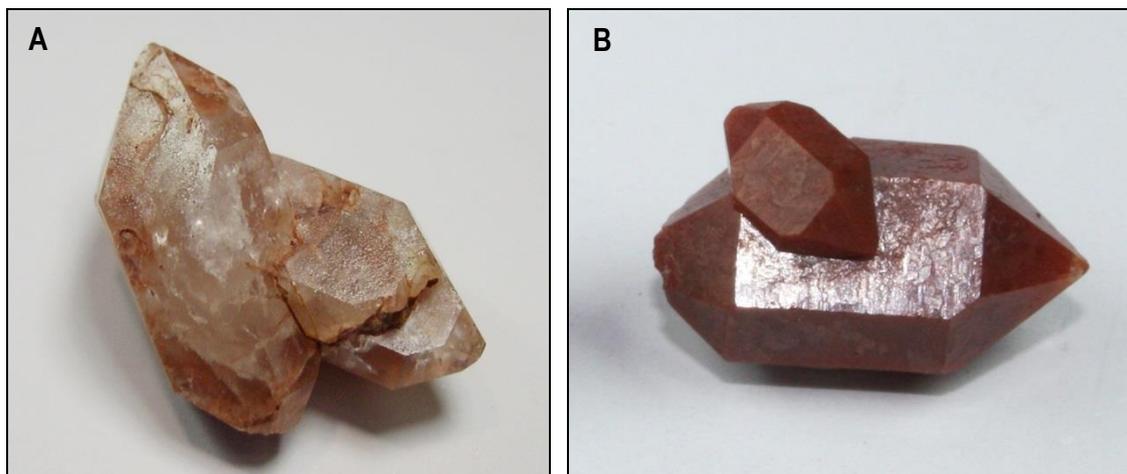


Figura 102: **Grupos sencillos de 2 ó 3 cristales.** **A:** Col. JE5734b, grupo de 2,5 x 1,7 cm. **B:** Col. JE5584g, grupo de 1,1 x 0,6 cm. Foto Jenaro Gil, 2010.



Figura 103

Grupo de dos cristales de 1,7 x 1,6 cm perfectamente desarrollados formando una cruz. Recogido en abril de 2011 de entre las arcillas (Figs. 43A y 55) del yacimiento del "Monte Prebas". Col. JE5665 y foto Jenaro Gil, 2011.



Figura 104: **Grupos sencillos de 2 ó 3 cristales.** **A:** Col. JE3988, grupo de 2,3 x 1,8 cm. **B:** Col. JE5721b, grupo de 1,9 x 1,4 cm. **C:** Col. JE5632a, grupo de 2,1 x 1,3 cm. **D:** Col. JE2580a, grupo de 2 x 0,9 cm. Todos recogidos en yacimiento del "Monte Preubas" en diferentes campañas. Foto Jenaro. Gil, 2010.

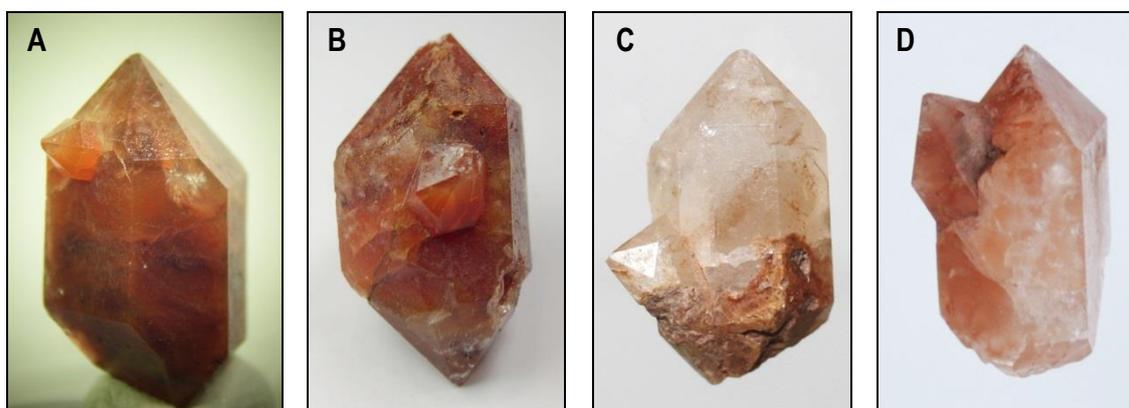


Figura 105: Típica asociación del Jacinto, en la que de una de las caras del prisma hexagonal, perpendicular u oblicuamente (**D**), surge un cristal mucho más pequeño en distintas posiciones (superior, media o inferior). **A:** Col. JE2581c, grupo de 1,4 x 0,6 cm. **B:** Col. JE5736a, grupo de 2,2 x 1,3 cm. **C:** Col. JE2619b, grupo de 2,6 x 1,2 cm. **D:** Col. JE3995d, grupo de 2,1 x 1,1 cm. **A** y **C** recogidos en enero de 1994, **B** en julio de 2011, **D** en febrero de 2008, todos del yacimiento del "Monte Preubas". Foto Jenaro Gil, 2011.

Agregados regulares

Varios autores, entre los que se encuentra Rafael Candel Vila (1928), han descrito estos agregados e incluso los han clasificado siguiendo las ideas genéticas de Goldschmidt. Según este autor se distingue tres clases principales, seguiremos también nosotros esta clasificación:

- Agregados paralelos
- Agregados uniáxicos
- Agregados biáxicos o Maclas

Entre los agregados regulares más frecuentes en los yacimientos están los **paralelos**, constituidos por el crecimiento de cristales de la misma especie, con todos sus elementos geométricos paralelos, pudiéndoles considerar estructuralmente como un único individuo (Figs. 106, 107 y 108). Son representantes de este caso los cristales pedunculados o en cetro, y aunque también pertenecen a esta categoría los cristales en forma de piña y los cristales esqueleto o en tolva, no se han encontrado muestras en los yacimientos estudiados.

Cuando hablamos de cristales en cetro, debemos pensar que esta terminología agrupa varios casos, como se puede observar en el dibujo de la figura 109. Por tanto, un cuarzo cetro sería un cristal de primera generación, que tiene en la punta otro cuarzo de segunda generación. Este cristal de segunda generación suele ser más grande que el cuarzo de la primera, pero también podría llegar a ser más pequeño y entonces se habla de cetro inverso, o incluso se pueden apilar formando cetros múltiples.

Rudolf Rykart (1995) en su *“Quarz Monographie”* cita la formación de cuarzos cetro en las fisuras de las rocas calizas, del norte de los Alpes en Austria, pero no se ha encontrado citas de cuarzos cetro en rocas de ambientes sedimentarios como los que nos ocupan, yesos y arcillas.

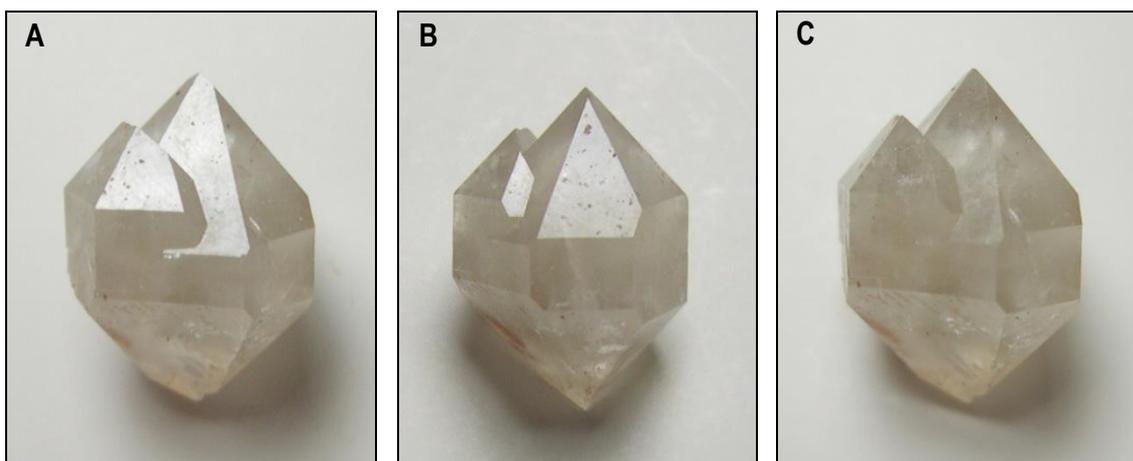


Figura 106: Conjunto de tres imágenes de un mismo ejemplar (A, B y C), que muestran un agregado regular paralelo de dos cristales blanco-transparentes de 1,5 x 1 cm, los cuales se pueden considerar estructuralmente como un único individuo. Recogido en noviembre de 2012 en el yacimiento de "La Salina". Col. JE6165 y foto Jenaro Gil, 2012.



Figura 107

*Agregado regular paralelo de dos cristales rosados de 2,8 x 1,4 cm.
Recogido en enero de 1994 en el yacimiento del "Monte Preubas".
Col. JE2592 y foto Jenaro Gil, 2011.*

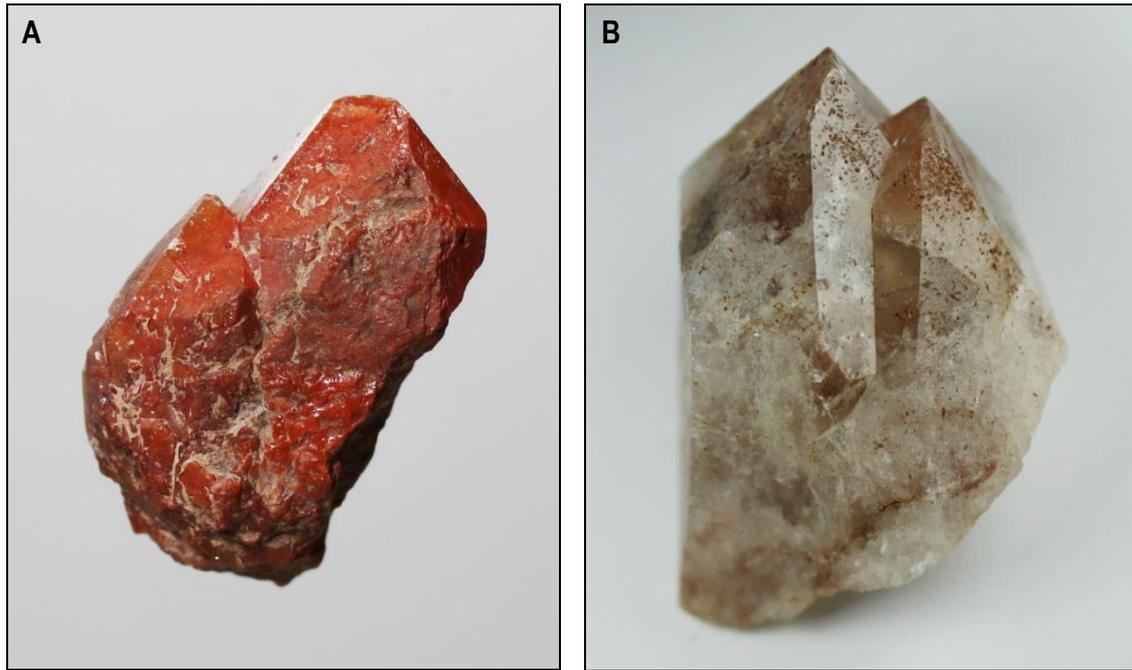


Figura 108: Agregados regulares paralelos. **A:** Jacinto de 3,7 x 2,6 cm, Col. JE2574. **B:** Jacinto de 3,6 x 2,3 cm, Col. JE2584. Ambos recogidos en enero de 1994 en el yacimiento del "Monte Preubas". Foto Jenaro Gil, 2010.

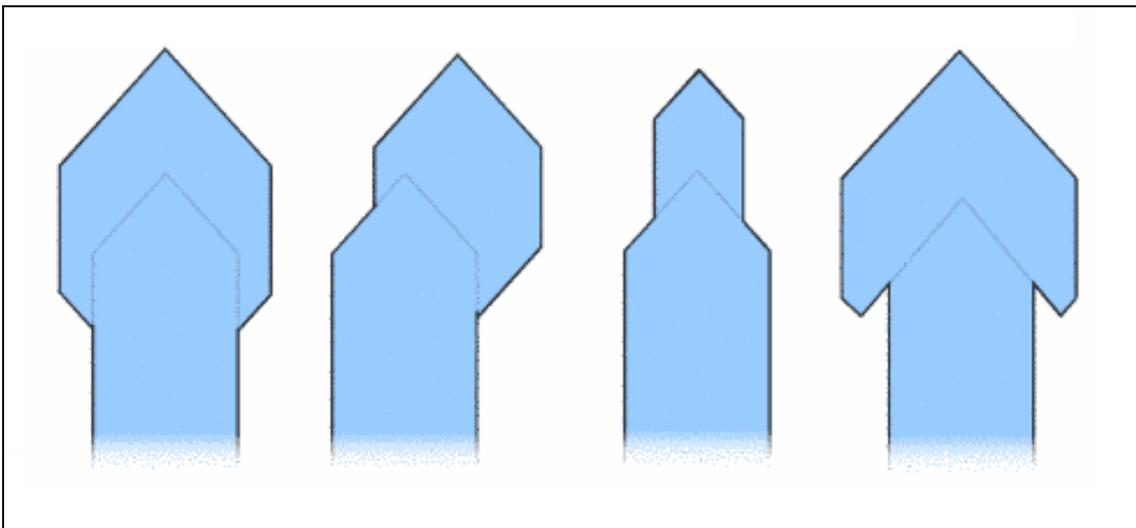


Figura 109: Distintos tipos de cristales de cuarzo en cetro. Modificado de Akhavan, A.C. (2010).

En cualquier caso, para que hablemos de Jacintos en cetro, debe cumplirse que los ejes de los cristales que lo forman estén orientados en paralelo, no basta que un cristal presente otro adherido en la parte superior.

Los cristales de Jacintos en cetro son un caso muy particular y no resulta fácil encontrar ejemplares que cumplan las características descritas. De todas las muestras recogidas muy pocas parecen adaptarse a los requisitos, algunos ejemplos se muestran en las figuras 110 y 111. En otros yacimientos, como por ejemplo, los del "Cerro del Cementerio" y el "Barranco de los Arquillos" en Montroy (Valencia), se ha encontrado Jacintos bipiramidales formando preciosos cetros de dos cristales e incluso múltiples (Fig. 112).

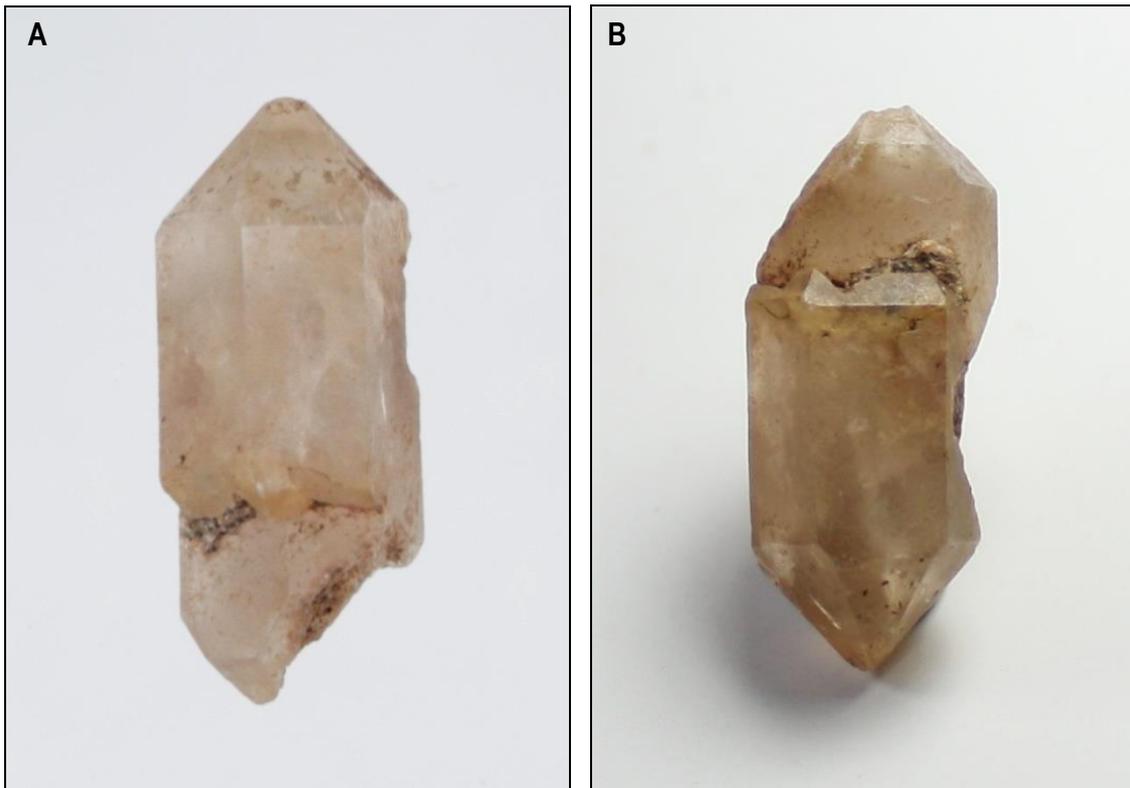


Figura 110: Posibles cristales en Cetro. **A y B:** Son las vistas frontal y lateral invertida de un Jacinto de 2,2 x 0,8 cm, Col. JE5516a. Recogido en enero de 1994 en el yacimiento del "Monte Preubas". Foto Jenaro Gil, 2010.

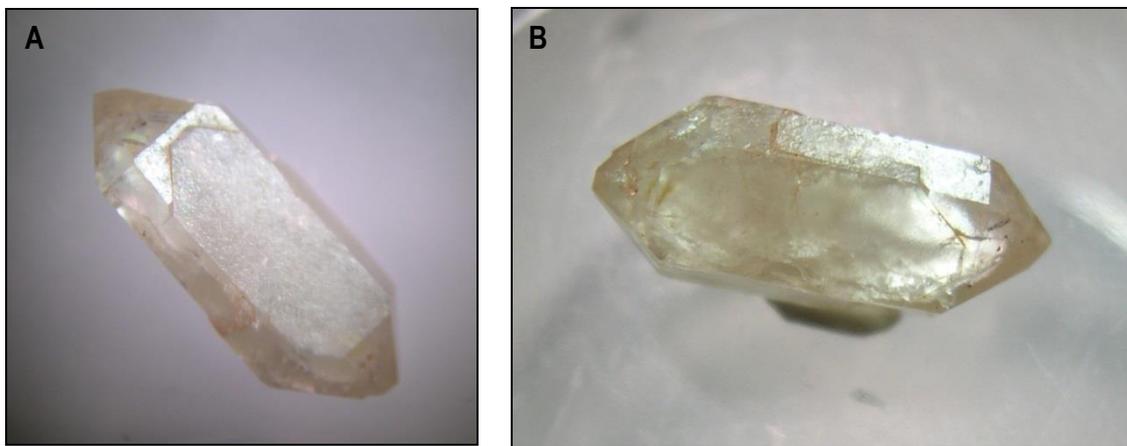


Figura 111: Posibles cristales en Cetro. **A y B:** Son las vistas lateral y frontal de un Jacinto de 1,4 x 0,6 cm, Col. JE4364c, recogido en junio de 2008 en el yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2010.

Aunque en otros yacimientos de Jacintos, como en los de Chella (Valencia), si se ha reconocido agregados regulares en piña, también conocidos como cuarzo alcachofa, ya que los cristales de cuarzo se disponen unos sobre otros como las hojas de una alcachofa, en los yacimientos de canales no se ha encontrado ninguno.

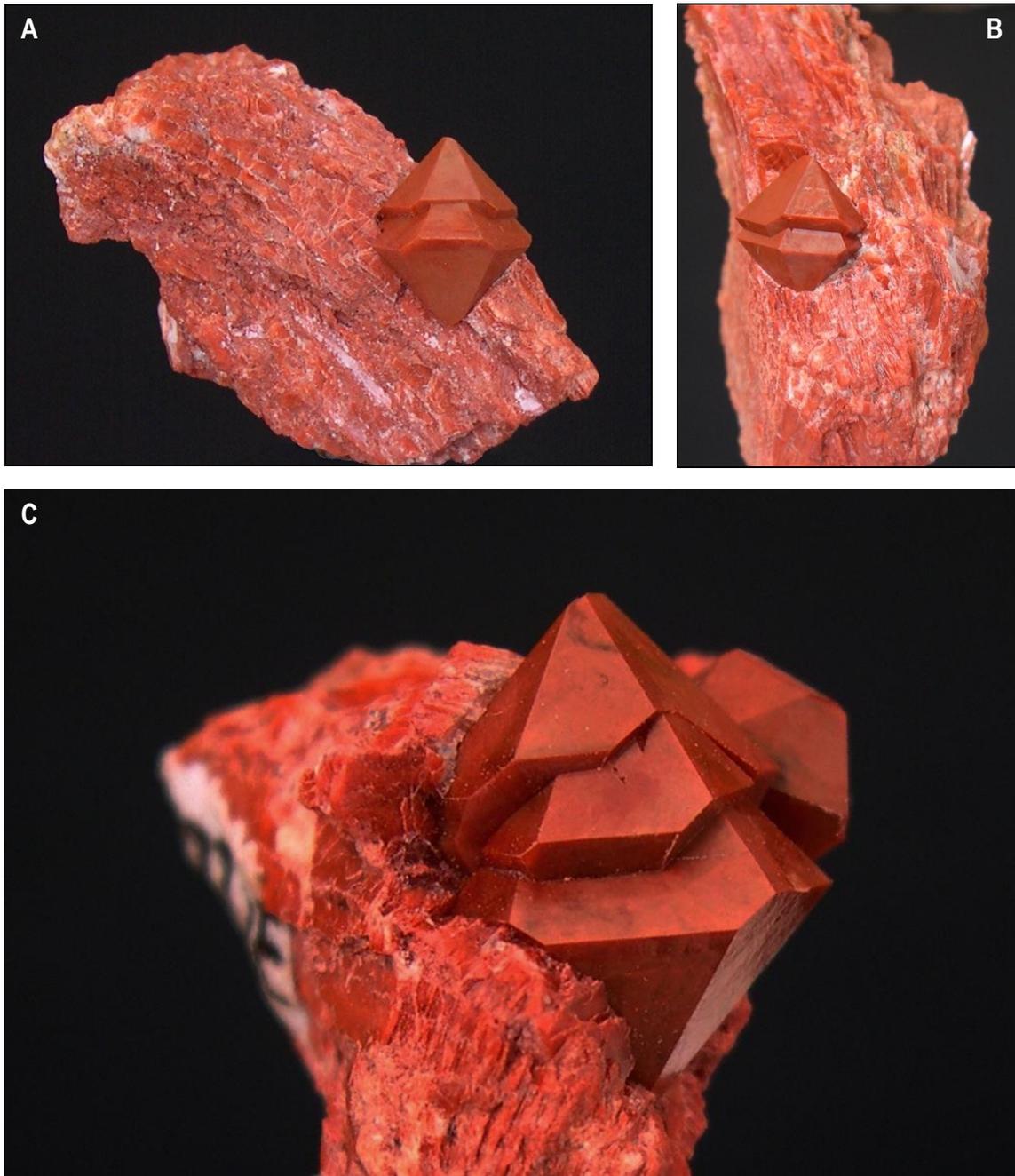


Figura 112: Jacintos de Compostela en cetro. **A:** Grupo de dos cristales bipiramidales de 1,2 x 1 cm sobre matriz de yeso rojo. Col. JE1642, recogido en abril de 1999. **B:** Grupo de dos cristales bipiramidales de 1,2 x 1 cm sobre matriz de yeso rojo. Col. JE1635, recogido en junio de 1999. **C:** Grupo de tres cristales bipiramidales formando un cetro múltiple de 1,5 x 1,4 cm sobre matriz de yeso rojo. Col. JE92, recogido en abril de 2003, todos en el yacimiento del "Cerro del Cementerio", Montroy, Valencia. Fotos Jenaro Gil, 2005.

Otro caso de agregado regular lo constituyen los **agregados uniáxicos**. Se trata de un caso de simetría inferior, formado por cristales que solo tienen algún elemento geométrico paralelo o común. Generalmente se habla de agregados helicoidales, pero en los yacimientos no hemos encontrado ninguno.

Rafael Candel Vila (1928) incluyó en este apartado los agregados radiales (algunos autores les llaman policristalinos), aunque explica que no pertenecen exactamente a este tipo. Estos agregados radiales están originados generalmente a partir de un núcleo de condensación y suelen aparecer formando bolas más o menos esféricas, de diferentes

colores y tamaños. Los más grandes y famosos son sin duda alguna los de color rojo brillante conocidos con el nombre de “*Bolas de Chella*”, del yacimiento próximo a la “*Cueva del Chato*” en Chella, Valencia (Fig. 113).



Figura 113: *Cuarzo var. Jacinto de Compostela, "Bola de Chella"*. Pieza de 12 x 7 cm de yeso rojo-anaranjado con una bola de Jacintos de 5,6 x 3,7 cm. Recogida en abril de 1998 en el yacimiento del área del “*El Tejar*”, Chella, Valencia. Col. JE 114. Foto Jenaro Gil, 2005.

De color rojo hemos encontrado posibles agregados radiales aunque no como los de Chella. En el yacimiento del “*Monte Preubas*” se ha obtenido ejemplares en los que un grupo de cristales sufren un mayor desarrollo dando lugar a estructuras estrelladas o en forma de cruz de varias puntas que no suelen superar los 2 cm (Fig. 114).



Figura 114

Agregado radial de 1,6 x 1,5 cm Col. JE5589b. Recogido en 1994 en el yacimiento del "Monte Preubas". Regalo de Sifrido Serrano Valero. Foto Jenaro Gil, 2011.



Figura 115: Agregados radiales. Dos portaobjetos con 6 muestras cada uno, recogidas de los niveles limoníticos del yacimiento de "La Salina" en junio de 2008. Foto Jenaro Gil, 2011.

La inmensa mayoría de los agregados radiales encontrados no son rojos y casi todos proceden del yacimiento de "La Salina". Generalmente están formados por cristales ahumados o incluso moriones de color intenso, que no superan los 1,5 cm de diámetro (Fig. 115). Su morfología es muy variada, observándose formas completamente aplanadas (Figs. 116 y 126A). Es fácil recogerlos sueltos o engastados en una matriz limonítica, especialmente en los yacimientos de "La Salina" o en la ladera NO del "Monte Preubas".



Figura 116

Agregado radial en matriz limonítica de morfología plana de 1,3 cm de diámetro. Col. JE4359, recogido del yacimiento de "La Salina" en junio de 2008. Foto Jenaro Gil, 2010.

Y por último los **agregados biáxicos**, o **MACLAS**, formados por individuos cristalinos iguales, aunque esto no significa que tengan un mismo desarrollo, puede crecer un individuo más que el otro o incluso presentarse alguno de los dos deformado. Son agregados de cristales teóricamente simétricos, respecto a un plano que se denomina de macla y que coincide con alguna de las caras existentes o posibles del cristal. La mayoría de las maclas se pueden distinguir también mediante un giro de 180° alrededor de un eje que pasa por el centro del cristal y que se denomina eje de macla.

Es cierto que el cuarzo representa un caso especial, pues debido a su simetría no puede formar maclas en sentido estricto, ya que el poliedro fundamental es enantiomorfo (como nuestras manos) y no pueden germinarse dos individuos cristalinos iguales; éste es un tema en discusión. No obstante, existen varias maclas de cuarzo citadas ya por Friedel, G. en sus trabajos de 1923 y 1926 titulados respectivamente “*Sur les macles du quartz*” y “*Leçons de cristallographie*”. Gault, H. R. (1949) propone una tabla donde se recogen las características de 7 maclas de cuarzo de baja temperatura (Tabla VI). De ellas, tres leyes de agregación gozan de una aceptación muy generalizada como maclas. La primera es la Macla del Delfinado o Ley de Suiza, que consiste en la unión de dos cristales del mismo tipo, dos cuarzos dextrógiros o levógiros. La segunda es la Macla o Ley del Brasil, en la que dos individuos, uno dextrógiro el otro levógiro se unen para formar un ejemplar y la última es la conocida y apreciada Macla del Japón o Ley de la Gardette, en la que los individuos se disponen formando un ángulo casi recto, de 84° 33’ y parecen formar un corazón, este tipo de macla se forma por yuxtaposición, es decir, a diferencia de las otras se trata de una macla de contacto.

Tabla VI

Tipo de Macla	Eje de Macla*	Plano de Macla ^{1*}	Observaciones
<i>Macla del Delfinado, Ley de Suiza o (Dauphiné)</i>	{0 0 0 1}		Macla de compenetración
<i>Macla o Ley del Brasil</i>		{1 1 2 0}	Macla de compenetración
<i>Macla del Japón o Ley de la Gardette</i>		Variable ^{2*} {1 1 2 2}	Macla de contacto
Dauphiné-Brasil combinada o Liebisch	{0 0 0 1} y {1 1 2 0}		Macla de compenetración
Ley de Esterel		{1 0 1 1}	Macla de contacto
Ley de Cerdeña		{1 0 1 2}	Macla de contacto
Ley de Breithaupt		{1 1 2 1}	Macla de contacto

Tabla VI: *Leyes de Macla en Cuarzos de baja temperatura (< 573°C). Las tres primeras, en cursiva, muy aceptadas.* ^{1*}: En los índices se ha substituido la barra por la negrita. ^{2*}: *Diferentes autores consideran varios tipos de maclas del Japón, {1 1 2 2} es una de ellas. Modificado de Akhavan, A.C. (2010). Tomado de Gault, H. R. (1949).*

La presencia de maclas en los Jacintos de Compostela es bastante rara. Prácticamente en la totalidad de las ocasiones en las que los aficionados hablan de ellas, no lo son; y en

realidad utilizan el término como sinónimo de grupos, al tratarse de dos individuos de desarrollo muy similar que parecen compartir alguna regla de simetría (Fig.117).

Rafael Candel Vila (1928) dice haber observado la Macla del Brasil en cuarzos hematoideos (Jacintos de Compostela). En los yacimientos de Canales-Andilla no se ha podido reconocer ningún tipo de macla con seguridad y únicamente a un pequeño grupo de ejemplares podría atribuírseles la macla del Japón. En la fotografía de la figura 118 se muestra un buen ejemplo de un individuo que parece cumplir los requisitos exigidos para formar dicha macla (Fig. 119).



Figura 117: *Distintas posiciones del ejemplar Col. JE4332 que revelan la verdadera naturaleza del agregado irregular. Se trata de un grupo de dos individuos perfectamente desarrollados, que parecen formar una macla del Japón. Recogido en junio de 2008, en yacimiento del "Monte Preubas". Foto Jenaro Gil, 2010.*



Figura 118: *Posible Jacinto con Macla del Japón. La determinación del ángulo interno arroja un valor aproximado de 85°. El efecto de la reflexión en la fotografía impide ver la línea de sutura (plano de macla) que separa los dos cristales. Col. JE5661, ejemplar de 3,1 x 2,3 cm, recogido en el yacimiento del "Monte Preubas" en abril de 2011. Foto Jenaro Gil, 2011.*



Figura 119: Ejemplar JE5661. En amarillo, línea de sutura (plano de macla) que separa los dos cristales que componen el agregado. Entre ellos ha crecido material de relleno constituyendo parte de otro cristal, esto es bastante normal en este tipo de maclas. En rojo, ejes-c de los dos cristales formando un ángulo interno casi recto. Foto y modificación J. Gil, 2011

Asociación con otros minerales

Se trata aquí aquellas asociaciones en las que los Jacintos de Compostela aparecen junto a otros minerales de especies distintas. Quedan excluidos lógicamente, los que actúan de matriz englobante como yesos, arcillas, materiales dolomíticos, etc.

Un buen ejemplo de este tipo de asociaciones, como ya citaran Calderón, S. (1910); Castro Barea (1919) o J. M. Ríos (1963), es la que forma el aragonito de macla pseudoexagonal con Jacintos (Figs. 120 y 121). En este caso, no se trata de una verdadera epitaxia, ya que, si bien es cierto que ambos han crecido bajo unas mismas condiciones energéticas, el crecimiento del cristal considerado depósito (el Jacinto) no siempre parece encontrarse orientado bajo la influencia del considerado como sustrato (el aragonito).



Figura 120: Asociación formada por Aragonitos y Jacintos de Compostela. Col. JE3714 Aragonito violeta con varios Jacintos incrustados, el mayor de 7 mm. Recogido en el yacimiento del "Barraco de la Escarabehuela", Enguídanos (Cuenca). Foto Jenaro Gil, 2013



Figura 121

Asociación formada por Aragonito y Jacinto de Compostela. Col. JE2883, Aragonito rojo con un Jacinto de 8 mm. Recogido en el yacimiento del "Barraco de la Escarabehuela", Enguídanos (Cuenca).Foto Jenaro Gil, 2013.

Hemos encontrado una asociación muy interesante, formada por Jacintos y cristales romboédricos de dolomita (Fig. 122). Esta curiosa y poco frecuente asociación, ha aparecido formando parte de los materiales arcillosos del yacimiento “Camino a la Fuente del Señor” (Yac.5) en la localidad de Andilla (Valencia). Los cristales de dolomita son translúcidos, muy alterados, se encuentran sueltos por el terreno generalmente exfoliados y pueden alcanzar los 4,5 cm de arista. Los Jacintos asociados, dispuestos aleatoriamente sobre ellos, suelen ser blancos, transparentes o ligeramente verduzcos o anaranjados y raramente superan 1,2 cm.



Figura 122: Asociación de Jacintos con otras especies minerales. Jacinto verduzco, de 1,1 x 0,4 cm insertado en un cristal romboédrico de Dolomita de 2,2 x 2 cm. Col. JE5780, recogido en el Yac.5, una senda que conduce al área recreativa de la “Fuente del Señor” en Andilla (Valencia) en agosto de 2011. Estos ejemplares suelen encontrarse desprendidos por el terreno. Foto Jenaro Gil, 2011.

COLORACIÓN

“El color dominante es el rojo vivo, o más frecuentemente rojo rosado, pero también los hay blancos, negros, ahumados, pardos; suelen ser opacos, más raramente hialinos.”

*Jose María Ríos, 1963
Materiales Salinos del Suelo Español, pág. 40*

La coloración en los cristales de cuarzo es debida a la presencia de inclusiones finamente repartidas por el interior del cristal o a las anomalías que presenta su red cristalina.

Autores como Calderon, S. (1910); Candel Vila, R. (1928) y muchos otros, han relacionado el color de los Jacintos de Compostela con el de los sedimentos o la roca

encajante que los contienen. El primero en atribuir su color, a las impurezas que presentaban los cristales fue Bourcart, J. (1959), aunque sin señalar de qué clase eran.

Grimm, W.D. (1964) concluye que: *“El color de los cuarzos idiomórficos está condicionado por sus inclusiones y resulta, en consecuencia, análogo al de las rocas recipientes, de modo que incluso quedan atonados a sus cambios de color: blanco lechoso, amarillo miel, pardo, rojo, gris, negro. El peso específico cambia, en la mayoría de los casos, con la coloración o el enturbiamiento, lo que constituye otra prueba más de que la coloración es aportada por los elementos extraños. Los cuarzos libres de inclusión son completamente limpios y transparentes. Los casos de coloraciones ocasionadas por anomalías en la red cristalina son extremadamente raros”*.

Marfil, R. (1970) para el caso concreto de los Jacintos de Compostela y siguiendo las ideas de GRIMM, confirma que el color es reflejo de la estructura y naturaleza de las inclusiones de la roca encajante y que son rarísimos los cristales que presentan coloración debido a las anomalías en su red cristalina.

Ortí Cabo, F. (1974) indica que: *“En Levante son muy abundantes los grandes cuarzos idiomorfos entre los que destacan los de tonalidad rojiza, conocidos en la literatura por <<jacintos de Compostela>>. Su color hace frecuentes tránsitos, dentro de un mismo cristal, a otras tonalidades: negra, violácea, blanca, o a la transparencia, según las inclusiones.”*

En el apartado de inclusiones, estudiaremos con mayor detalle esos “elementos extraños” que participando en la estructura del cristal, son los principales responsables de sus cambios de color. Aquí, nos limitaremos únicamente a realizar una descripción de los diferentes colores que muestran los ejemplares recogidos.

Diversidad de Colores

La coloración en los Jacintos de Canales-Andilla es debida a la presencia de inclusiones. Diseminadas en diversos puntos o concentradas en un área concreta, son las principales responsables de los colores más o menos uniformes y de la mayoría de los matices que presentan estos cristales.



Figura 123: Variaciones de color de los Jacintos de Compostela de Canales. Cristal mayor 2 x 1 cm. Col. y foto Jenaro Gil, 2010.

En los yacimientos, hay Jacintos de Compostela de casi todos los colores. Suelos por el terreno, raramente incluidos en una matriz los podemos encontrar: negros, ahumados, blanco lechosos, rojo oscuro y rojo sangre (generalmente los primeros de caras mates y los segundos más brillantes), anaranjados, marrones, amarillentos y de muchas otras tonalidades intermedias como se muestra en las figuras de la 123 a la 129.

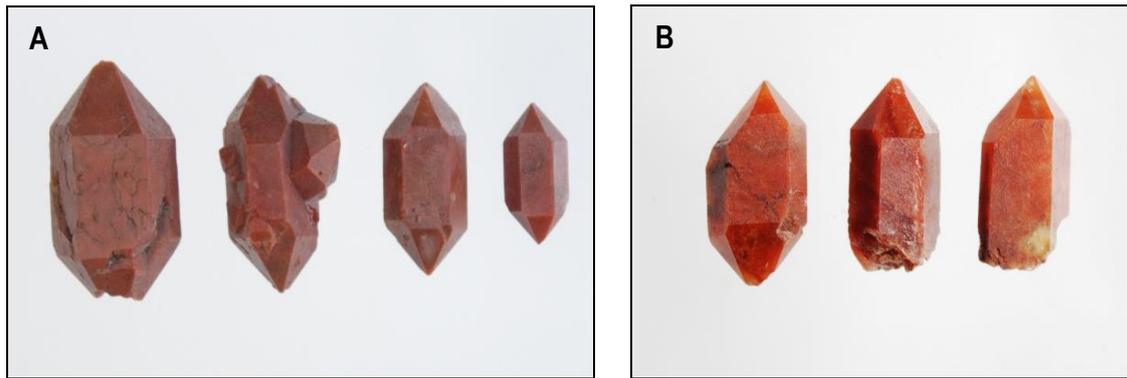


Figura 124: *Diferentes Jacintos de color rojo. A:* Rojo oscuro. Cristal mayor 1,7 x 1 cm, Col. JE2596, recogidos en enero de 1994 y *B:* Rojo sangre. Cristal mayor 1,9 x 1 cm, Col. JE3989, recogidos en febrero de 2008. Todos del yacimiento del "Monte Preubas". Foto J. Gil, 2010.

Lo primero que salta a la vista de estos Jacintos, es que no se trata de los típicos o clásicos cristales rojos de localidades valencianas como Chella, Montroy o Domeño. Y aunque también los podemos encontrar de color rojo en los yacimientos (Fig. 124), éstos no son ni los más representativos ni los más abundantes, siendo los de mayor predominio en la zona los cristales blancos con tonalidades marrones y en un segundo plano los rojo-anaranjados (Fig.125).

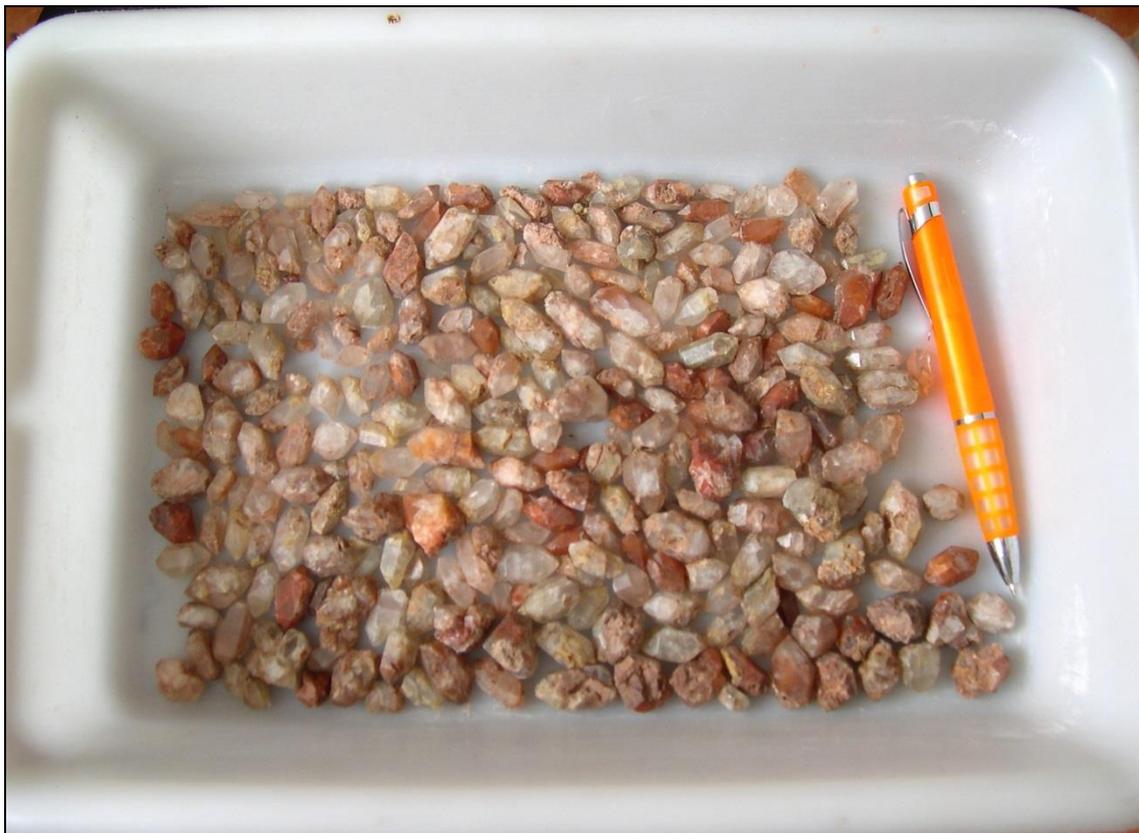


Figura 125: *Vaciado de una bolsa de muestras recogida del yacimiento del "Monte Preubas" en enero de 1994. Obsérvese el predominio de las tonalidades blanco-rojizas y marrones. Foto Jenaro Gil, 2011.*

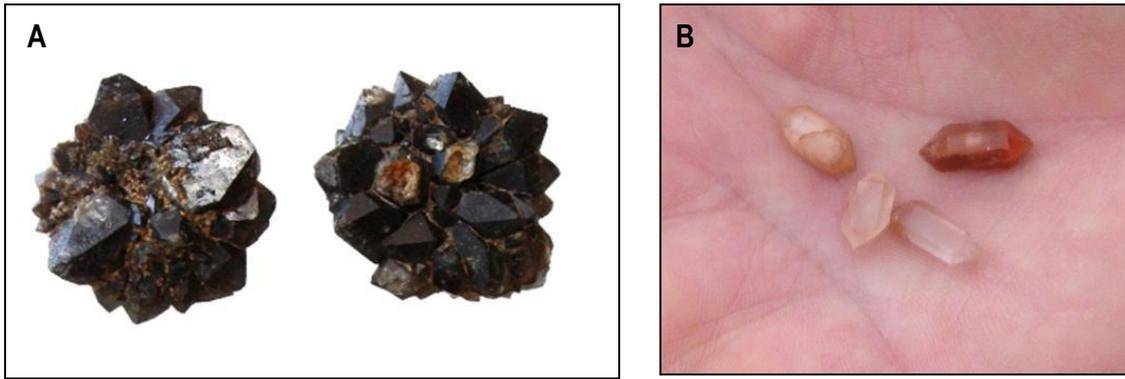


Figura 126: **A:** Jacintos de color negro, diámetro 1,3 cm del yacimiento de "La Salina". Col. JE4354, recogidos en junio de 2008. Foto Jenaro Gil, 2010. **B:** Jacintos de aprox. 1 cm recogidos en junio de 2008. Yacimiento de "El Prao". Col. y foto J. Gil, 2008.



Figura 127: Espléndido Jacinto de color anaranjado de 2 x 1,5 cm del yacimiento del "Monte Prebas". Col. JE4323, recogido en junio de 2008. Foto Jenaro Gil, 2010.

Generalmente se pueden obtener cristales de todos los colores en los siete yacimientos estudiados, si bien hay que matizar, que los pequeños cristales negros en forma de roseta o bolas planas, son prácticamente exclusivos de los afloramientos limoníticos del yacimiento de "La Salina" (Fig. 126A). En los yacimientos de "El Prao" y la "Umbría de la Fuente la Carrasca" abundan los Jacintos blancos y anaranjados, de translúcidos a transparentes (Fig. 126B). En el del "Monte Prebas" es posible encontrar de todos los colores. En el yacimiento "Camino a la Fuente del Señor" es relativamente sencillo encontrar Jacintos verduzcos asociados a cristales de dolomita (Fig. 122) y especialmente en el yacimiento del "Collado de la Salina" hay gran cantidad de

cristales rojos semienterrados en las arcillas o incrustados en los yesos sueltos que observamos esparcidos (Fig. 48D, E y F).



Figura 128: Jacintos de distintos colores recogidos en los yacimientos estudiados. La mayoría pertenecen al yacimiento del "Monte Preubas". Col. y foto Jenaro Gil, 2010

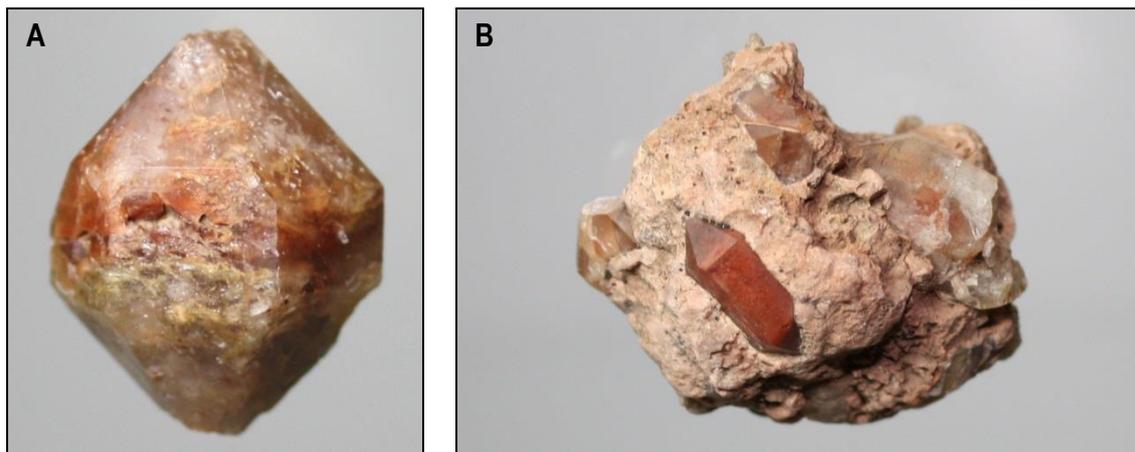


Figura 129: **A:** Cristal 2,2 x 1,5 cm, con multitud de inclusiones de varios colores, rojo, verde, marrón,... Col. JE3992. Recogido en febrero de 2008. **B:** Jacintos rojos y blancos incrustados en una misma matriz. Cristal rojo de 1,3 x 0,5 cm. Recogida en enero de 1994. Col. JE2594. Las dos muestras del yacimiento del "Monte Preubas". Foto Jenaro Gil, 2010.

Transparencia

La transparencia o enturbiamiento que presentan los cristales es otro factor que afecta directamente a la intensidad de su color. Desde la total opacidad a la perfecta transparencia, encontramos toda una gradación de cristales que va de mayor a menor intensidad (Fig. 130). Resulta verdaderamente imposible hallarlos con ausencia total de inclusiones (únicamente hialinos menores de 1 cm), es relativamente sencillo obtener muestras de una muy buena transparencia (Fig. 131), hecho que nos facilita poder observar su interior.



Figura 130: Relación inversamente proporcional entre la intensidad de color y el aumento de la transparencia en cristales ahumados. El mayor de ellos de 2,1 x 0,8 cm, yacimiento del "Monte Preubas". Col. JE2600, recogidos en enero de 1994. Foto Jenaro Gil, 2010.

A diferencia de otros Jacintos que son generalmente opacos, como por ejemplo los del "Cerro del Cementerio" en Montroy (Valencia) o los del yacimiento de la "Cueva del Chato" en Chella (Valencia), la mayoría de los cristales de Canales son translúcidos o turbios. La parte externa del cristal suele mostrarse muy transparente, pero a medida que profundizamos en él, disminuye su transparencia no dejando ver nítidamente su interior.

Su enturbiamiento es debido al mezclado con otros elementos (inclusiones) que oscurecen o quitan claridad natural al cristal.



Figura 131: *Cristal fotografiado a trasluz utilizando como fondo el cielo. Su perfecta transparencia deja ver las imperfecciones que guarda en su interior. Cristal de 1,7 x 1,5 cm, recogido en enero de 1994, yacimiento del "Monte Preubas" Col. JE2598. Se puede encontrar fácilmente cristales hialinos, aunque de reducidas dimensiones y generalmente prisma hexagonal muy largo en el yacimiento de la "Umbría de la Fuente de la Carrasca". Foto Jenaro Gil, 2010.*

Variaciones de Color

Como sucede con los Jacintos de otros yacimientos, también los de Canales-Andilla presentan manchas, zonaciones, bandeados, puntos de color que configuran caprichosos ejemplares únicos y de gran belleza (Fig. 132).

Un buen ejemplo son los **Jacintos bicolor**, formados casi siempre por cristales blancos interrumpidos por inclusiones arcillosas, de color rojo o rojo-anaranjado y que dividen al cristal en dos partes perfectamente diferenciadas (Fig. 133).

Otro buen ejemplo son los **fantasmas de crecimiento**, los veremos más adelante en el capítulo dedicado a las inclusiones, en estos cristales se presentan dos colores claramente diferenciados por la forma geométrica que muestra el del interior, siendo

posible observar fantasmas anaranjados en cristales blancos o pseudotransparentes y más raramente fantasmas blancos en cristales anaranjados (Figs. 134 y 135).



Figura 132: Bellos ejemplares con características zonas de color debido a las inclusiones arcillosas que presentan. Pueden concentrarse en uno o varios puntos concretos del cristal o afectar a un área mayor. En muchas ocasiones, muy próximas a estos accidentes, se observan grietas y fracturas asociadas. Cristal mayor de 2,1 x 0,8 cm, yacimiento del "Monte Preubas". Col. JE2607, recogidos en enero de 1994. Foto Jenaro Gil, 2010.



Figura 133: Jacintos bicolor (blanco-rojo anaranjado) por inclusiones arcillosas. El mayor de 2,2 x 0,8 cm. Col. JE2573. Yacimiento del "Monte Preubas". Enero de 1994. Foto J. Gil, 2010.



Figura 134

Cristal incompleto de 2 x 1 cm, con un fantasma interior blanco rindiendo verdadero homenaje a su nombre. Col. JE2610. Recogido en enero de 1994 en el yacimiento del "Monte Prebas". Foto J. Gil, 2010.



Figura 135: *Fantasma blanquecino en el interior de un Jacinto anaranjado, cristal de 1,6 x 0,6 cm. Col. JE5594c. Recogido por Sifrido S. en 1994, en el yacimiento del "Monte Preubas". Foto J. Gil, 2010.*

Iridiscencias

Otro fenómeno interesante de coloración que podemos observar en los Jacintos de Canales, son las iridiscencias provocadas por la reflexión de la luz dispersada. Esta particularidad no es habitual en Jacintos de otras zonas, pero éstos cristales de cuarzo están llenos de grietas y contienen infinidad de burbujas de aire, u otros accidentes con índices de refracción muy diferentes; que al ser atravesados por los haces de luz blanca (policromática), provocan su dispersión refractaria descomponiéndola monocromáticamente (en colores) y produciendo un efecto de reflexión interna total; es decir, la luz dispersada intenta salir del cristal, de un medio en que su velocidad es más lenta a otro más rápido, con un determinado ángulo de tal modo que no es capaz de atravesar la superficie entre ambos medios y queda atrapada reflejándose completamente su dispersión y mostrándonos el color del arcoíris. Estas iridiscencias no proceden de la superficie del cristal sino de su interior y resulta más fácil observarlas que fotografiarlas; generalmente se muestran más abundantes en cristales blanco-transparentes, aunque también es posible verlas en cristales de otros colores.

Según relata Plinio el Viejo (1624), estos cuarzos eran muy apreciados en la antigüedad y se les conocía con el nombre de "*Lapis iris*". Existían tratamientos para acentuar su

iridiscencia al menos temporalmente, basados en la infiltración de soluciones colorantes en las microfisuras. También se habla de procedimientos similares en un papiro egipcio del siglo IV d. C. que se conserva en Estocolmo. Actualmente se les conoce como Cuarzo Iris o “*Rainbow Quartz*” y siguen siendo muy apreciados por los coleccionistas (Figs. 136, 137 y 138).

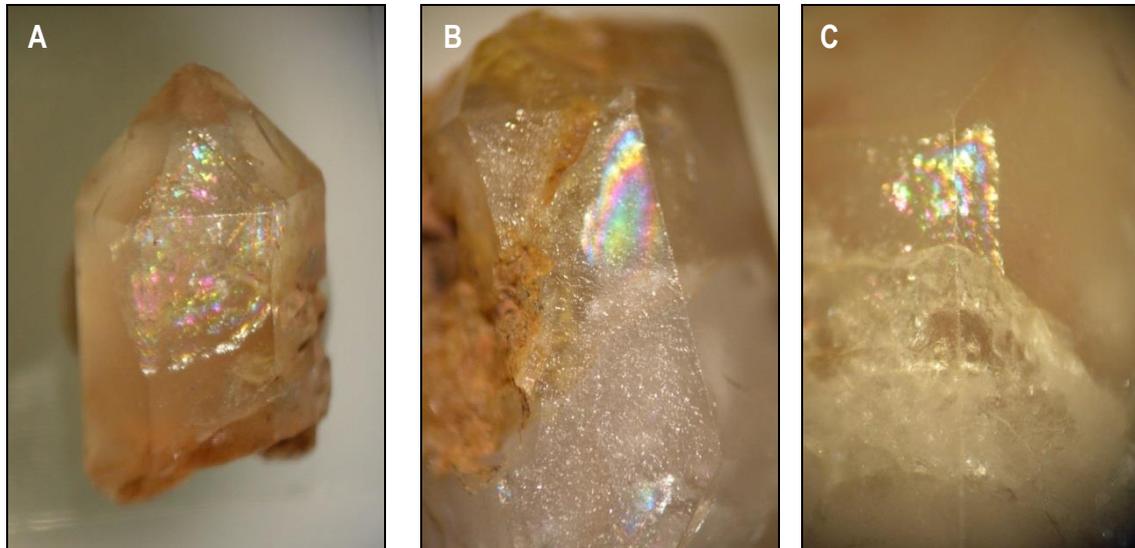


Figura 136: Iridiscencias provocadas por la reflexión de la luz dispersada. **A:** Iridiscencia asociada a un plano de exfoliación cóncavo que ocupa la mayor parte del interior del cristal incompleto de 1,1 x 0,5 cm. **B:** Dos cristales crecen asociados y la superficie interna de uno de ellos provoca una iridiscencia en el otro. Cristal incompleto de 1,6 x 0,8 cm. **C:** Cristal incompleto de 2 x 0,9 cm en el que se observa una iridiscencia interna producida por una fractura próxima al vértice entre las caras del romboedro y el prisma hexagonal. Todos proceden del yacimiento del “Monte Preubas”. Col. JE5467, recogidos en junio de 2008. Foto Jenaro Gil, 2010.

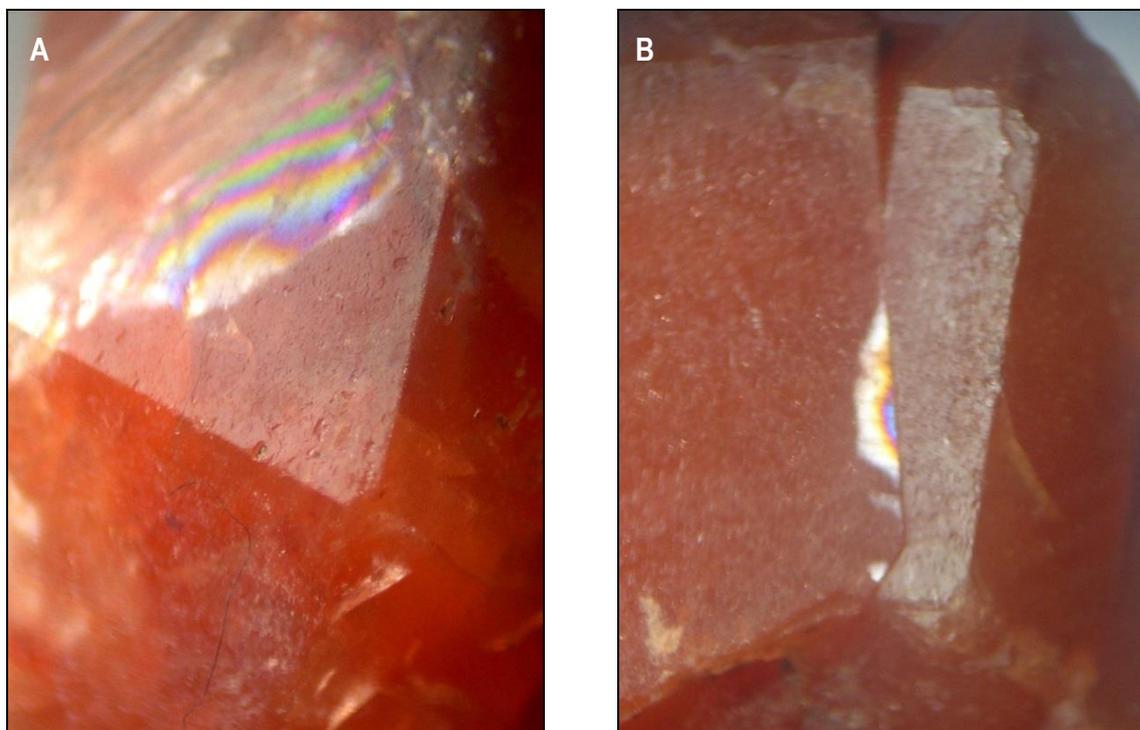


Figura 137: Iridiscencias en Jacintos de color rojo. **A:** asociada a un plano de exfoliación. **B:** al incrustarse un cristal en otro. Jacintos de 2 y 1,3 cm respectivamente, recogidos en enero de 1994, en el yacimiento del “Monte Preubas” Col. JE5550a-b. Foto Jenaro Gil, 2010.

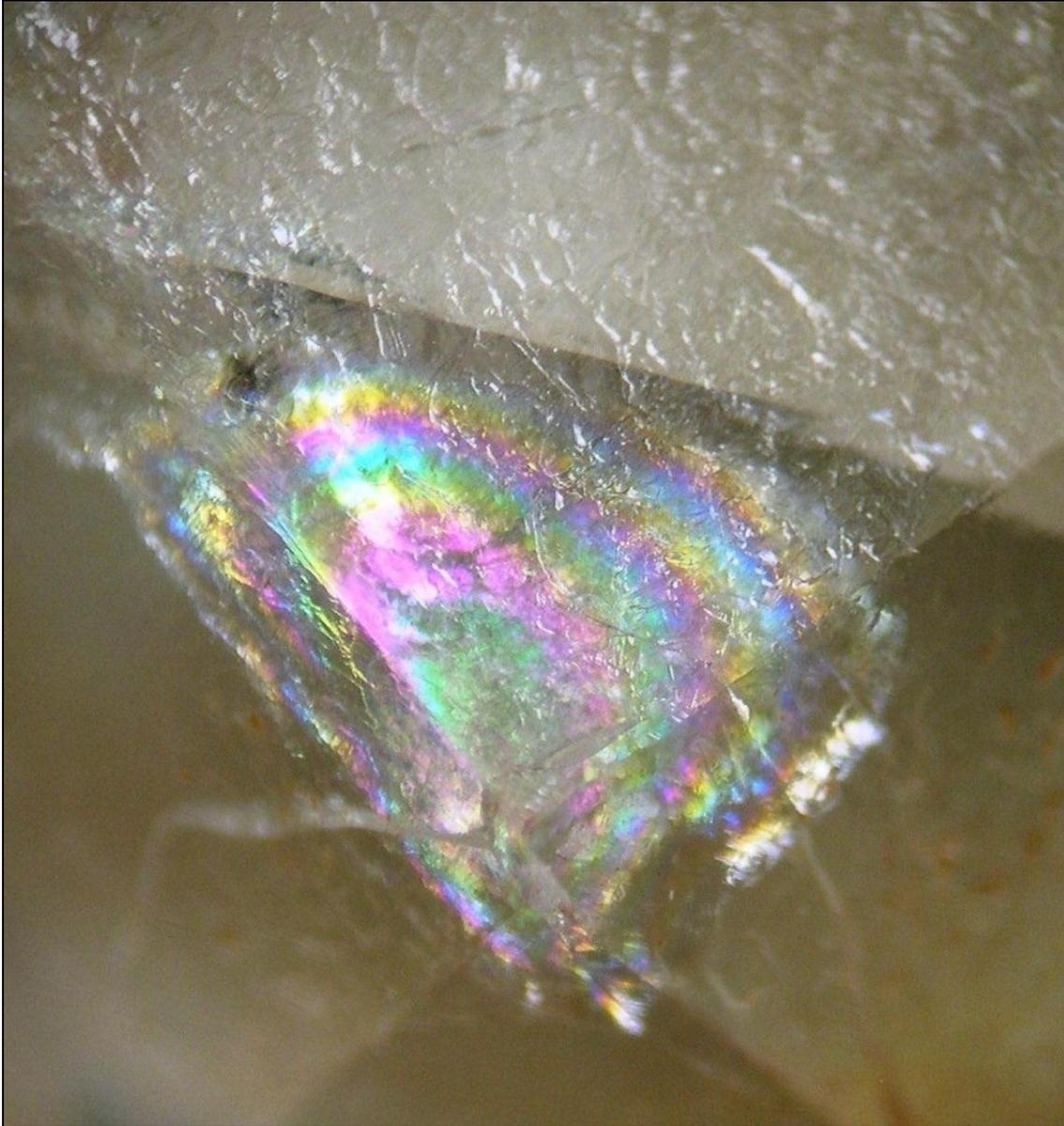


Figura 138: Preciosa iridiscencia, asociada a una fractura sin desplazamiento que produce un plano de exfoliación perpendicular a ella, próxima al vértice entre las caras del prisma y la pirámide hexagonal. Col. JE5621a, cristal de 2,1 x 1,1 cm recogido en 1994 en el yacimiento del "Monte Preubas". Regalo de Sifrido Serrano Valero. Foto Jenaro Gil, 2011.

Irisaciones

En los Jacintos de Canales-Andilla también es posible observar cristales que presentan irisaciones de superficie. Estos reflejos de color del arcoíris, son debidos al depósito de finísimas pátinas (como un barnizado) de óxidos metálicos sobre las caras de los cristales.

Las irisaciones se producen en las capas más externas de algunos minerales, principalmente metálicos, sin que tales coloraciones tengan relación alguna con la naturaleza del propio mineral. Por ejemplo, en óxidos como la goethita, o en las superficies alteradas de sulfuros como la calcopirita, etc.

No es muy habitual en los yacimientos, pero en aquellas zonas donde los Jacintos aparecen en sedimentos ricos en óxidos de hierro, como en los niveles con costras de limonita que hay en el yacimiento de "La Salina" (Fig. 45D), se puede encontrar

Jacintos completamente amarillos (Figs. 128n, 140) o más frecuentemente con recubrimientos de estos óxidos que les confieren la irisación (Fig. 139).



Figura 139: *Cristal con una fina lámina o película de óxidos de hierro, que además de una tonalidad amarillenta, le produce una irisación en la superficie de las caras. Ejemplar de 1,5 x 0,7 cm, registrado como JE5810e. Recogido en agosto de 2011 entre los materiales de los niveles limoníticos del yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2011.*



Figura 140: **A:** Jacinto Col. JE5810b completamente amarillo, de 2,6 x 1,2 cm. El cristal estaba suelto entre las arcillas y limonitas. Recogido en agosto de 2011 entre los materiales de los niveles limoníticos del yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2011.

INCLUSIONES

"...puedo afirmar por cosa cierta que nacen de las asperezas de los Alpes, y tan sin camino por donde se pueda andar, que muchas veces lo sacan estando pendientes colgados de sogas. Los diestros y prácticos tienen señales y indicios conocidos para hallarlo. Es ofendido el cristal de muchos defectos de aspereza, orín o moho, manchada nube, algunas veces de oculta fístula, muy duro y quebradizo centro y de otro llamado sal. Algunos también tienen un moho roxo, otros unos pelos semejantes a hendeduras. Esto encubren los artífices con cinzeladura, pero los cristales que no tienen vicio, más quieren que estén lisos, y llámanlos acenteros como limpias y transparentes aguas sin color de espuma."

*Cayo Plinio Segundo, 1624
Historia Natural, Libro XXXVII, Cap. II, pág. 1127*

Definición y antecedentes bibliográficos

Las inclusiones son todas aquellas sustancias sólidas, líquidas o gaseosas que pueden apreciarse en el interior de un cristal. También lo son, los defectos y variaciones que producen cambios de su aspecto o color.

El estudio de las inclusiones resulta fundamental para los científicos, pues el cristal de cuarzo, químicamente muy estable, actúa de cápsula del tiempo protegiendo su contenido de las frecuentes alteraciones ambientales del exterior. Nos muestran una ventana al pasado, revelándonos condiciones de la formación de los Jacintos hace más de 200 millones de años, por ejemplo: la temperatura, la presión, la salinidad o la composición de la solución salina en la que se originaron.

En los Jacintos de Compostela de Canales-Andilla es posible encontrar inclusiones de diferente naturaleza física. Atendiendo a su morfología, las podemos hallar informes o cristalinas, pudiendo llegar alguna de ellas a ser euhédrica (Figs. de 176 a 188). Y si analizamos su origen, las inclusiones pudieron formarse antes (**protogenéticas**), durante (**singenéticas**) o después (**epigenéticas**) de completarse el desarrollo del cristal de cuarzo que las incluye, como indica Michael O'Donoghue (1987) en su libro "*Quartz*".

No existen muchos análisis de Jacintos de Compostela en la bibliografía y los que hay son bastante antiguos. Aunque las muestras que estos autores utilizaron pertenecen a yacimientos muy diferentes a los que nos ocupan, mostramos a continuación un resumen de sus resultados.

Desde mediados del siglo XIX y principios del XX, autores como Des Cloizeaux (1855), Le Chatelier (1914), Lacroix A. (1901), Jiménez de Cisneros (1928) y Castro Barea (1919, para el aragonito), han atribuido los diferentes colores de los Jacintos de Compostela, a las partículas arcillosas y otros materiales circundantes, que quedaron englobados en el interior de las estructuras cristalinas. Su difusión más o menos homogénea, en toda la masa del cristal o su cantidad, determinaba en buena medida el color del ejemplar (verde, amarillo, naranja, marrón, rojo, casi negro...). Hay que recordar que no todas las coloraciones son debidas a inclusiones y que excepcionalmente la propia estructura cristalina del cuarzo unida a elementos traza o afectada por la radiación puede ofrecerlas, como sucede con algunos citrinos, amatistas y otras variedades.

Febrel, T. (1962) en "*Materiales salinos del suelo español*", señala la presencia de anhidrita y yeso en el interior de Jacintos, e incluso habla de la orientación de estos

crisales, que dice ser la misma que la de la matriz encajante. También indica haber observado sustituciones parciales del cuarzo por anhidrita (pseudomorfosis).

J. M. Ríos, tradujo del alemán un trabajo titulado: “*Idiomorphe Quarze als Leitmineralien für Salinare Facies*” (Los cuarzos idiomorfos como minerales indicativos de las facies salinas), en donde el Dr. W. D. Grimm en 1962 exponía que las inclusiones en este tipo de cuarzos, se acumulaban principalmente en el núcleo y eran recubiertas por sucesivos recrecimientos, a modo de cáscaras de cuarzo cristalino. Estas inclusiones relictas en el cristal, según sus palabras, eran de carbonatos, anhidritas o yesos. También las sustancias bituminosas y carbonosas o la hematites eran capaces de resistir el desplazamiento durante el crecimiento metasomático del cristal y quedar englobadas en su interior.

Galván, J., Álvarez, C., Alonso, J. y Catalán, J. publicaron en 1963 un análisis espectroquímico de diferentes Jacintos de Compostela procedentes de varias localidades españolas, obteniendo la presencia de oligoelementos como: Fe, Sr, Cr, K, Mg, Na y Al. También Ca, que según este autor podría estar ligado al origen singenético de cuarzos y yesos dentro de las formaciones triásicas, pudiendo estar presente en las soluciones salinas englobadas en cavidades o como inclusiones sólidas. El Fe fue detectado en todos los ejemplares de color rojo, confirmando lo anunciado por otros autores como Baalman, A. A. (1961) y Deer, W. A. (1962).

Marfil, R. (1970) señala que por orden de importancia la naturaleza de las inclusiones son de: yeso, anhidrita, polihalita, calcita y halita. También se detectaron como elementos traza Mn, Ti, Sr, Al, Be y Cr. El Fe_2O_3 solo era representativo en los Jacintos rojo mate, el MnO_2 y el TiO_2 se encontraban en muy pequeñas proporciones como elementos traza. No se consideró rara la presencia del óxido de Titanio ya que las margas del Keuper son relativamente ricas en rutilo o anatasa.

Ortí Cabo, F. (1974) también señaló como inclusiones principales al yeso y la anhidrita, apuntando que más raras eran las de calcita y dolomita. No detectó polihalita.

En ninguno de los trabajos citados se detectó materia orgánica como inclusión, probablemente debido a las técnicas experimentales utilizadas, únicamente Grimm (1962) menciona estas sustancias como inclusiones posibles en cuarzos idiomorfos.

Métodos de estudio empleados

Se ha utilizado principalmente cuatro técnicas para el estudio de las inclusiones en estos Jacintos, cada una de ellas nos ha aportado información relevante y complementaria para su interpretación. Las técnicas utilizadas han sido:

1. Método de SEM/EDS

Se ha utilizado el Microscopio Electrónico de Barrido y la Espectroscopía de Energía Dispersiva (SEM/EDS). Los análisis espectrales han sido realizados por el Dr. Joan Viñals i Olià, (Departamento de Ingeniería Química y Metalúrgica, Universidad de Barcelona), empleando el siguiente procedimiento:

a) Selección de las muestras.

Se ha elegido ocho muestras representativas de los yacimientos del área de Canales (Fig. 141), sin ningún tipo de tratamiento previo. Todas proceden del “*Monte Preubas*” a excepción de los ejemplares que componen la muestra CAN-2.6 que proceden del yacimiento de “*La Salina*”. Para la selección, se ha tenido en cuenta el color de los cristales y la diferente naturaleza de las inclusiones observadas en su interior, a la lupa binocular (Tabla VII).

b) Método experimental.

Se ha procedido a la investigación de sustancias incluidas en cristales de cuarzo tipo "Jacintos de Compostela". Para ello se han analizado por SEM/EDS muestras obtenidas por fractura. El análisis se ha efectuado sin recubrimiento de carbono, con objeto de detectar posible materia orgánica. El equipo utilizado ha sido un JEOL JSM-840 provisto de un analizador INCA-250. Las medidas se han efectuado sobre superficies de 100x100 µm utilizando un potencial de aceleración de 20 kV y una corriente de sonda de 0,6 nA. Se ha obtenido espectros EDS a tiempos largos de conteo (5 minutos) para una mejor detección de elementos minoritarios.

2. Observación directa a la Lupa Binocular o Estereoscópica.

Se ha utilizado una lupa estereoscópica SOGERESA Serie ST-ET-20, con zoom progresivo de 7 a 90 aumentos. Con este método se ha observado el interior y el exterior de los cristales consiguiendo obtener fotografías muy claras de varios de los elementos que los componen. Su uso ha revelado por ejemplo, la existencia de cristales negativos, la presencia de fantasmas de diferentes colores o nos ha mostrado distintos minerales perfectamente cristalizados en el interior de algunas cavidades.

3. Estudio al Microscopio Óptico.

Se ha empleado un microscopio marca OPTIKA Modelo BS 2030, con el objeto de buscar e identificar inclusiones inmersas en la masa silíceo del cristal o en el interior de las microburbujas.

El procedimiento para obtener las muestras es muy sencillo y consiste en producir, mediante la fracturación de cristales completos, lascas muy finas de un máximo de 2 mm de espesor y de entre 2 y 12 mm de longitud. Antes de observarlas, se limpia la superficie de fractura con un pincel o administrado aire, para eliminar las partículas que han podido quedar adheridas debido a la rotura. Posteriormente, se depositan en un portaobjetos, sin cubre, para su observación directa a 60-1500 aumentos y se registran en la colección de muestras que compone el estudio. Los resultados han sido espectaculares en el intervalo de 150 a 600 aumentos. Para disponer de muestras variadas, se ha empleado Jacintos de diferentes colores.

4. Detección de MO con luz ultravioleta (UV).

Se ha combinado la utilización del microscopio óptico anteriormente descrito con la acción de la luz ultravioleta (UV) de onda larga (350 a 370 nm, de baja energía) procedente de una lámpara portátil modelo JML 1197UV. La débil fluorescencia de las muestras, no permitía su observación bajo la lupa binocular, así que se probó con el microscopio obteniendo buenos resultados.

Tras la obtención de las lascas siguiendo el método descrito en el apartado anterior, se procede de igual modo que para la observación de las muestras al microscopio pero acoplando la lámpara de luz UV a la platina del mismo.

A continuación se realizan tres tipos de observaciones: primero con máxima intensidad de la fuente lumínica del microscopio y ausencia total de luz UV; después colocando el regulador de la intensidad lumínica a mitad y encendiendo la lámpara de luz UV, dejando actuar unos segundos; por último, apagando la luz del microscopio y observando la muestra únicamente bajo la acción de la luz UV. Todas las observaciones han de realizarse en condiciones de total oscuridad.

Resultados y Discusión

Presentaremos a continuación los resultados obtenidos tras los análisis SEM/EDS y después, las inclusiones identificadas con las otras tres técnicas organizándolas según la clasificación genética en: **protogenéticas**, **singenéticas** y **epigenéticas**. Advertimos, que en ocasiones resulta muy difícil distinguir entre uno u otro origen, pudiendo existir varias interpretaciones.

Análisis SEM/EDS

Se ha procedido a analizar los Jacintos de Compostela de Canales, por el método de SEM/EDS, con el objeto de tener una primera aproximación de los elementos o sustancias incluidas en los cristales. Se ha utilizado esta técnica de manera preliminar, pues existen otros métodos cuantitativos más sensibles para determinar inclusiones a nivel de trazas como son: la fluorescencia de rayos "X" (para elementos de nº atómico superior al Na), la digestión del cuarzo con fluorhídrico y el análisis de la disolución por plasma de inducción (para elementos de nº atómico inferior al Na) y la cromatografía de masas (para el análisis de C, H, y N orgánicos).

Los análisis han revelado la presencia de materia orgánica (MO) que se evidencia en algunas muestras a través del pico del C. La presencia de arcillas se detecta a través del pico de Al. Destaca en algunas muestras la presencia de inclusiones de yeso o anhidrita confirmada por la presencia simultánea de Ca y S en el espectro. En algunas muestras se detecta Na y Cl que se deben a inclusiones de sal común, o más probablemente a inclusiones líquidas salinas.



Figura 141: Tubos de ensayo con las muestras fracturadas analizadas por SEM/EDS. Todos los ejemplares proceden del yacimiento del "Monte Preubas", a excepción de CAN-2.6 que procede del yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2010.

Muchas muestras presentan una intensa coloración roja, pero prácticamente no se detecta Fe por EDS. Esto significa que el contenido en Fe es inferior al 0.5%, lo que descarta propiamente a los óxidos de Fe. El color rojo debe atribuirse a inclusiones de arcillas (presencia clara de Al) teñidas con sólo indicios de óxidos de hierro.

Sería muy interesante aportar más información en estudios posteriores, acerca de los minerales que componen las arcillas detectadas en la gran mayoría de muestras. No obstante, los análisis realizados por autores como Rafaela Marfil (1970) y José López Gómez (1985) sobre la composición de las arcillas del Keuper han revelado la presencia dominante de cloritas (con formas pseudoexagonales y rómbicas), mica illita (también moscovita) y caolinita (con formas hexagonales) como constituyentes principales. Recientemente, Queralt, I. y otros (1993), analizaron por difracción de rayos X, la composición mineralógica de las arcillas del Keuper de Torás (localidad situada, en línea recta, a unos 10 km de Canales), obteniendo como resultado la presencia de illita y cloritas. A falta de estudios sobre la composición de estas inclusiones en los Jacintos, podríamos suponer que sean éstos los minerales arcillosos predominantes, contenidos en los cristales.

Los resultados específicos de las ocho muestras suministradas se detallan a continuación, individualmente para cada una de ellas con las gráficas obtenidas en cada caso (Figs. 142 a 149). Las muestras CAN-1.7 y CAN-1.8 además, cuentan con fotografías de los ejemplares analizados antes de su tratamiento (Fig. 150). También se ofrece un resumen conjunto de los resultados en la Tabla VII.

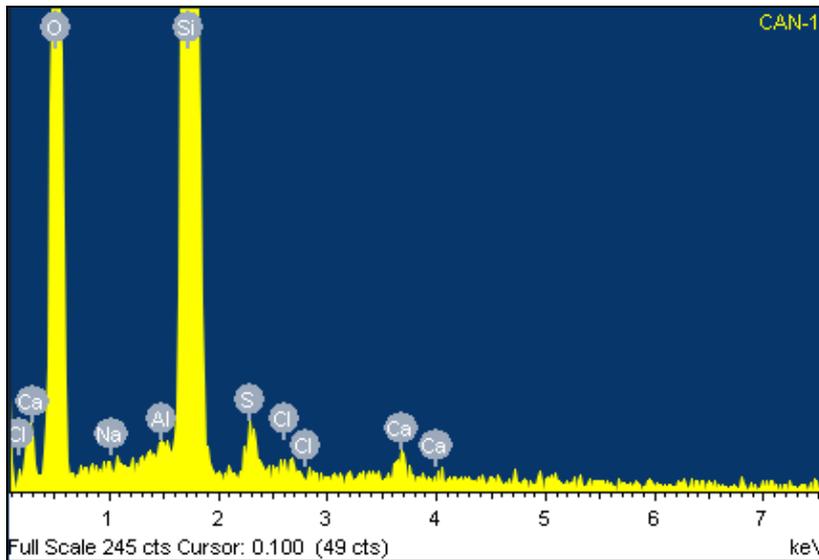


Figura 142

Resultado CAN-1.1, Jacintos blancos:
Ausencia de materia orgánica (ausencia de C). Presencia de inclusiones de yeso/anhidrita (Ca, S) y de inclusiones de sal o de líquidos salinos (Na, Cl). Indicios de arcilla (Al).

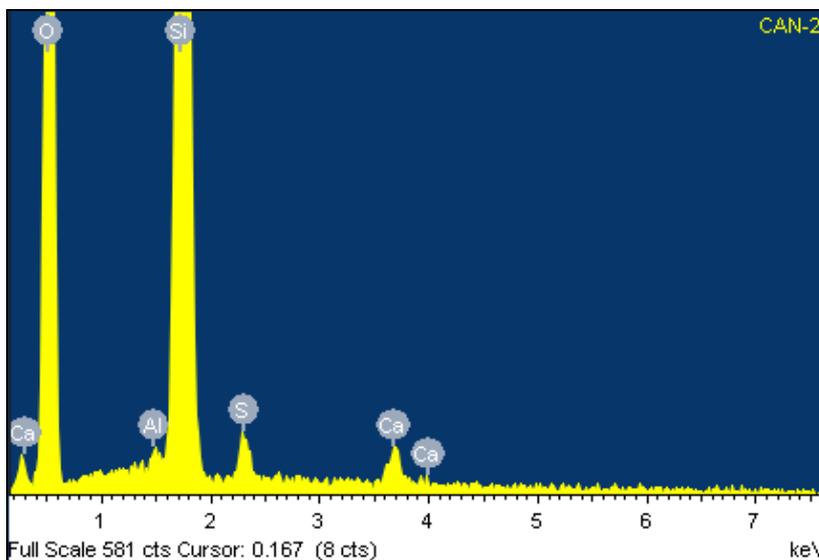


Figura 143

Resultado CAN-1.2, Jacintos anaranjados:
Ausencia de materia orgánica (ausencia de C). Presencia de inclusiones de yeso/anhidrita (Ca, S). Indicios de arcilla (Al). No se detecta NaCl. No se detecta Fe en contenidos >0.5%, a pesar del color anaranjado.

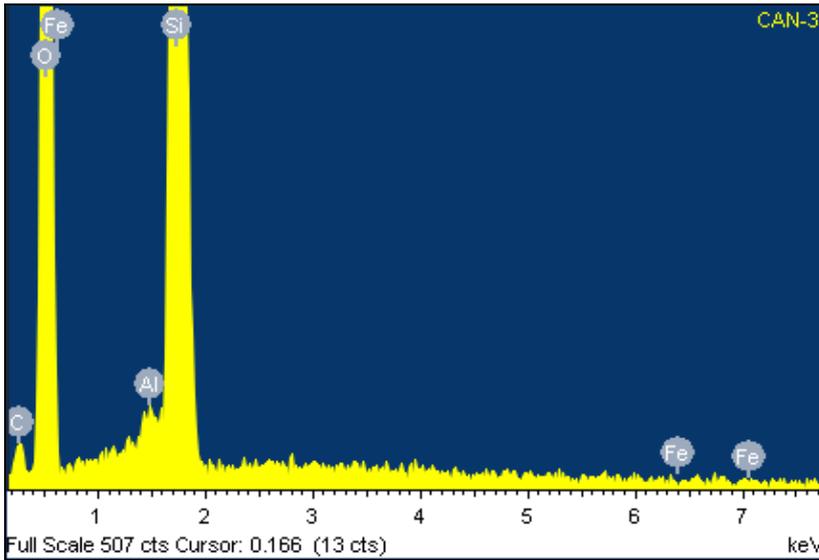


Figura 144

Resultado CAN-1.3, Jacintos marrones: Presencia de indicios de materia orgánica (C). Presencia de inclusiones de arcillas (Al). No se detecta NaCl. No se detecta Fe en contenidos >0.5%, a pesar del color marrón.

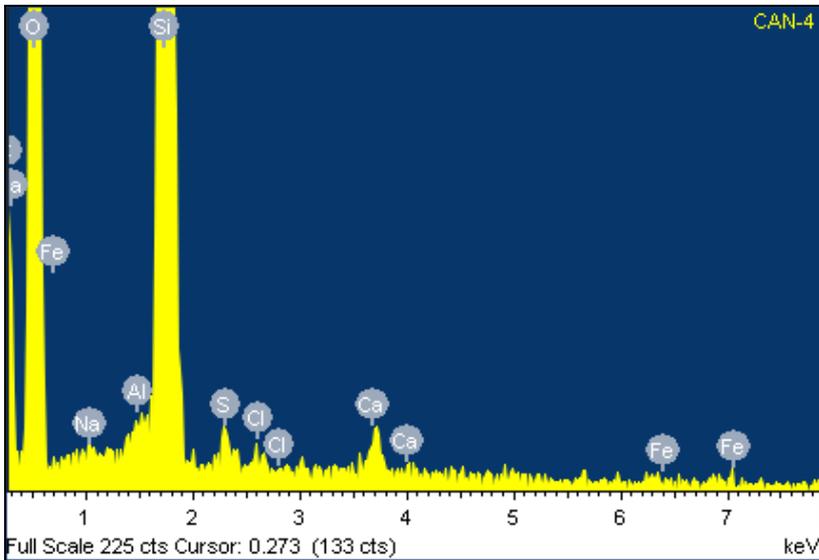


Figura 145

Resultado CAN-1.4, Jacintos rojo sangre: Presencia de abundante materia orgánica (C). Presencia de inclusiones de arcillas (Al). Presencia de NaCl y yeso/anhidrita. Se detectan indicios de Fe.

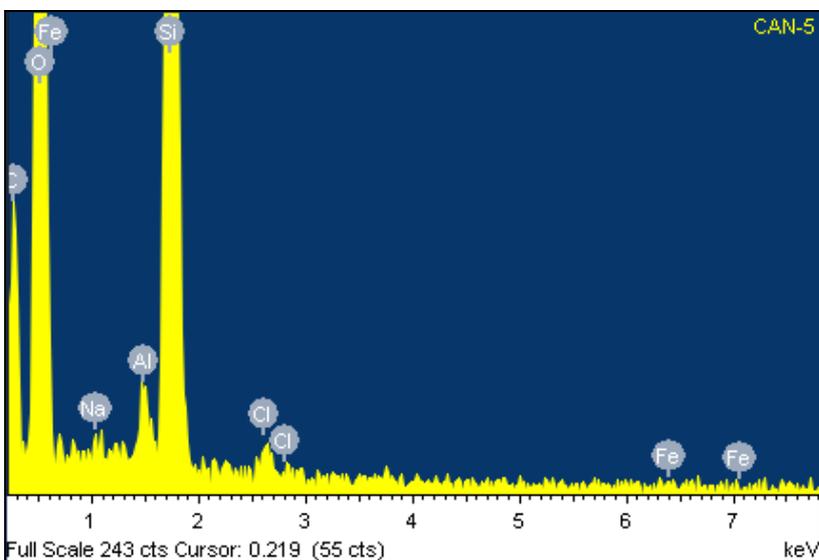


Figura 146

Resultado CAN-1.5, Jacintos rojo oscuro: Presencia de abundante materia orgánica (C). Presencia de abundantes inclusiones de arcillas (Al). Presencia de NaCl.

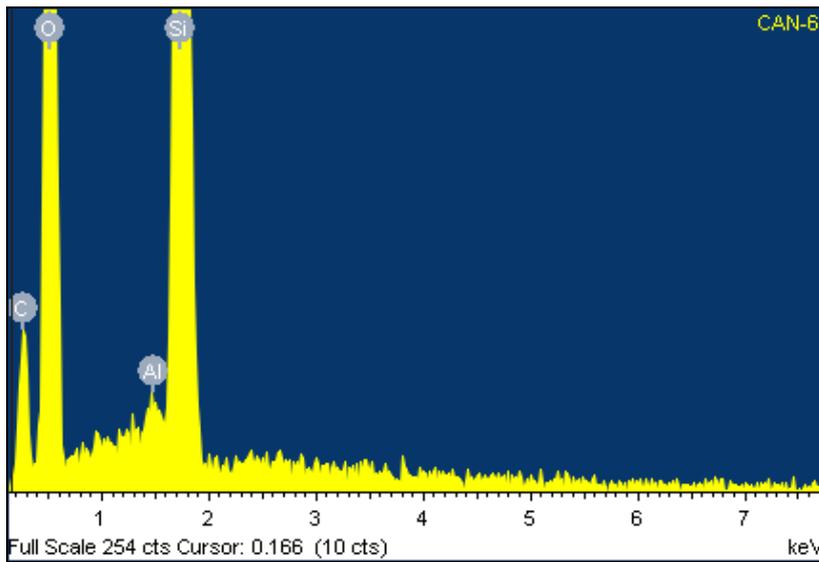


Figura 147
Resultado CAN-2.6, Jacintos negros:
 Presencia de abundante materia orgánica (C). Presencia de inclusiones de arcillas (Al).

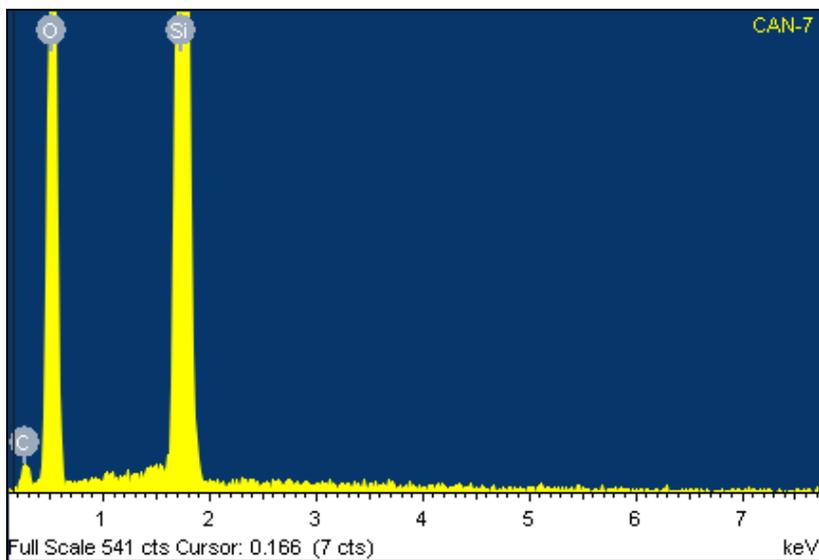


Figura 148
Resultado CAN-1.7, Jacintos transparentes:
 Presencia de indicios de materia orgánica (C). Prácticamente ausencia de inclusiones.

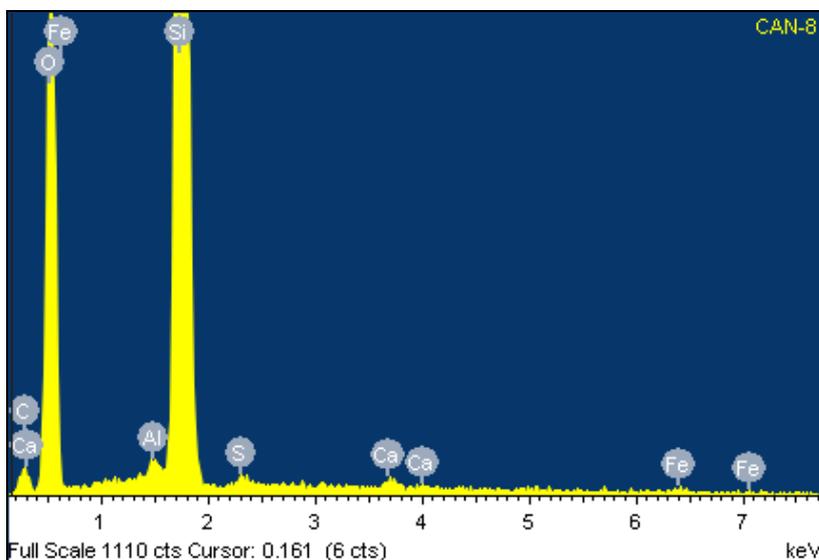


Figura 149
Resultado CAN-1.8, Jacintos blanco/transparente:
 Presencia de yeso/anhidrita (Ca, S) y arcilla (Al). Indicios de óxidos de hierro.

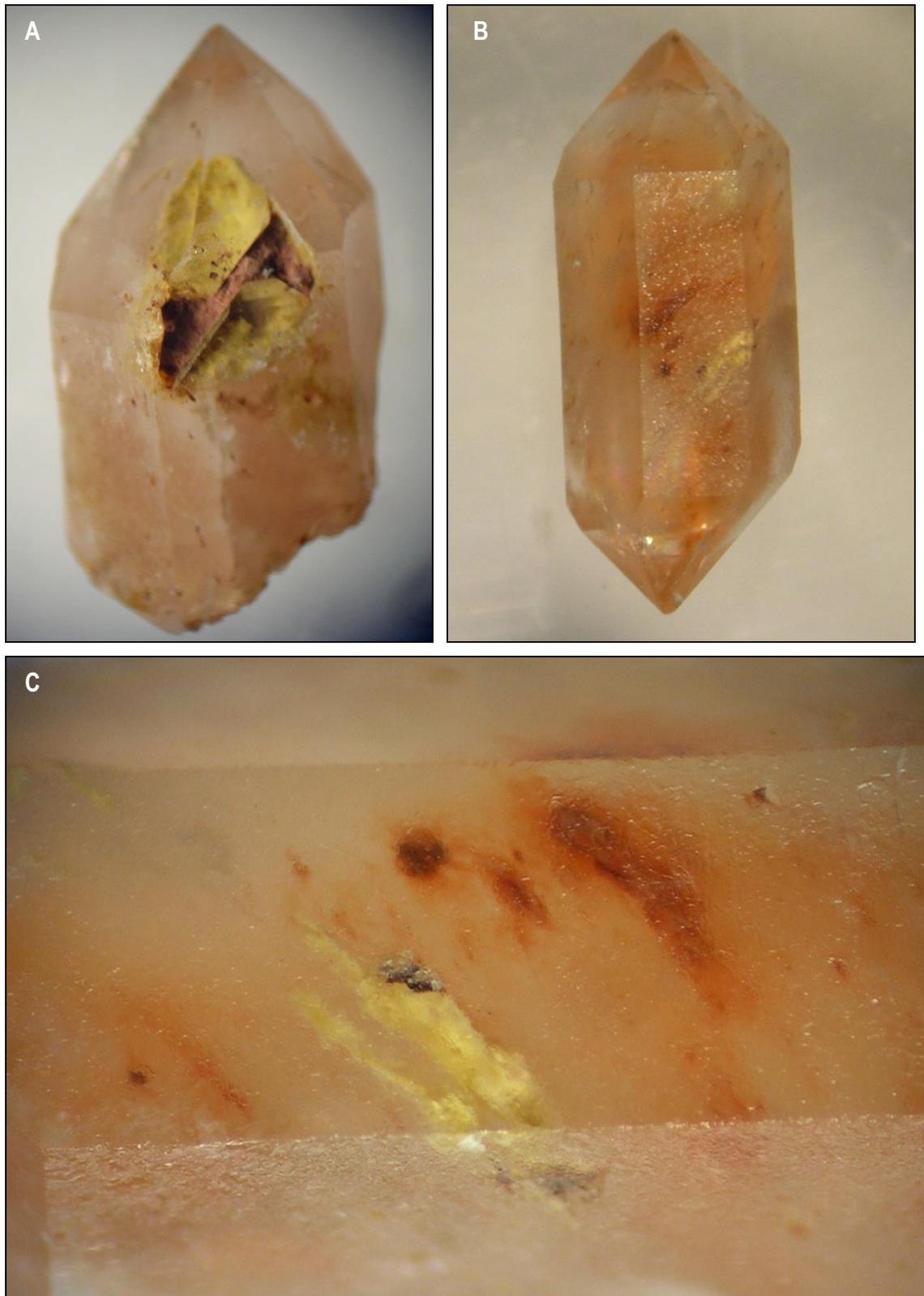


Figura 150

Fotografías de las muestras analizadas. **A:** CAN-1.7 **B** y **C:** CAN-1.8. Foto Gil, 2010

Tabla VII

Muestra	Color	Observaciones	Yeso o Anhidrita (Ca, S)	Halita (Na, Cl)	Arcillas (Al)	M.O. (C)	Fe	Mn
CAN-1	Blanco	Con núcleos lechosos por acumulación de micro-burbujas	P	P	I			
CAN-2	Anaranjado	Más o menos uniforme	P		I			
CAN-3	Marrón	De superficies mate			P	I		I
CAN-4	Rojo sangre	Con superficie de las caras brillantes	P	P	P	A	I	I
CAN-5	Rojo mate	Muy oscuros		P	A	A	I	I
CAN-6	Negro	Moriones del yacimiento "La Salina"			P	A		
CAN-7	Transparente	Con inclusiones amarillas				I		
CAN-8	Blanco trans.	Con inclusiones oscuras puntuales y amarillas	P		P	I	I	

Tabla VII: Relación de muestras analizadas y características de los cristales. **I**: Indicios (< de 0,5%), **P**: Presencia, **A**: Abundante. Todas las muestras proceden del yacimiento del "Monte Preubas", menos CAN-2.6 que proceden del yacimiento de "La Salina".

Inclusiones PROTOGENÉTICAS***Las Arcillas***

Entre las inclusiones más abundantes se encuentran las de tipo arcilloso, minerales del grupo de los filosilicatos que ya estaban presentes en la disolución salina cuando se formaron los Jacintos (Figs. de la 151 a la 155 y 132) y que son los principales responsables de la coloración zonal de estos cuarzos. Este tipo de inclusiones proto-genéticas son siempre sólidas, mantienen su forma original y suelen presentar una orientación aleatoria en el interior del cristal.



Figura 151

Aspecto interior del corte longitudinal de un cristal blanco-anaranjado de 2,1 x 0,9 cm, en el que se observa una clara invasión de los minerales arcillosos preexistentes en la solución madre que originó el cristal.

Col. JE2625, yacimiento del "Monte Preubas", recogido en enero de 1994.

Foto Jenaro Gil, 2010.



Figura 152

Jacinto de 3 x 1,1 cm, en el que se observa que la inclusión protogenética de los minerales arcillosos, confieren al cristal su color.

Col. JE2570, yacimiento del "Monte Preubas", recogido en enero de 1994.

Foto Jenaro Gil, 2011.



Figura 153

Inclusiones protogenéticas de minerales arcillosos en el interior de dos Jacintos blanco-transparentes atravesados por la luz solar directa.

El mayor de ellos de 2,1 x 0,8 cm, yacimiento del "Monte Preubas".

Col. JE2607, recogidos en enero de 1994. Foto J. Gil, 2010.

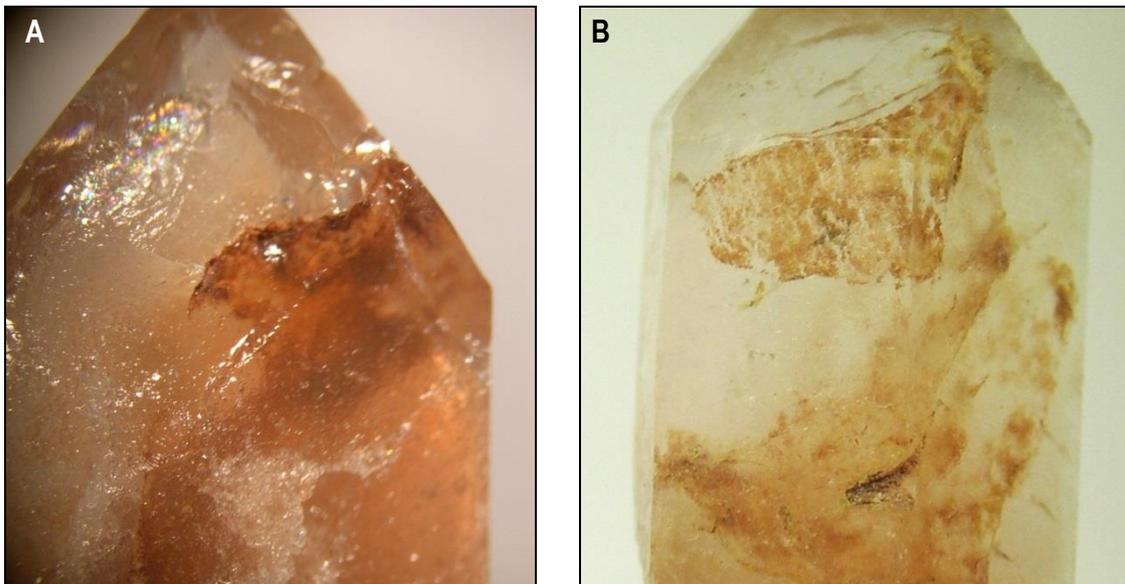


Figura 154

Las partículas arcillosas introducidas en el cristal a través de grietas, se difunden dando un aspecto zonal anaranjado-marrón.

A: Corte transversal, Col. JE2625, encuadre 8 x 5 mm. **B:** Col. JE5722a, encuadre 10 x 8 mm. Ambos del yacimiento del "Monte Preubas", recogidos en enero de 1994 y abril de 2011 respectivamente. Foto Jenaro Gil, 2011.

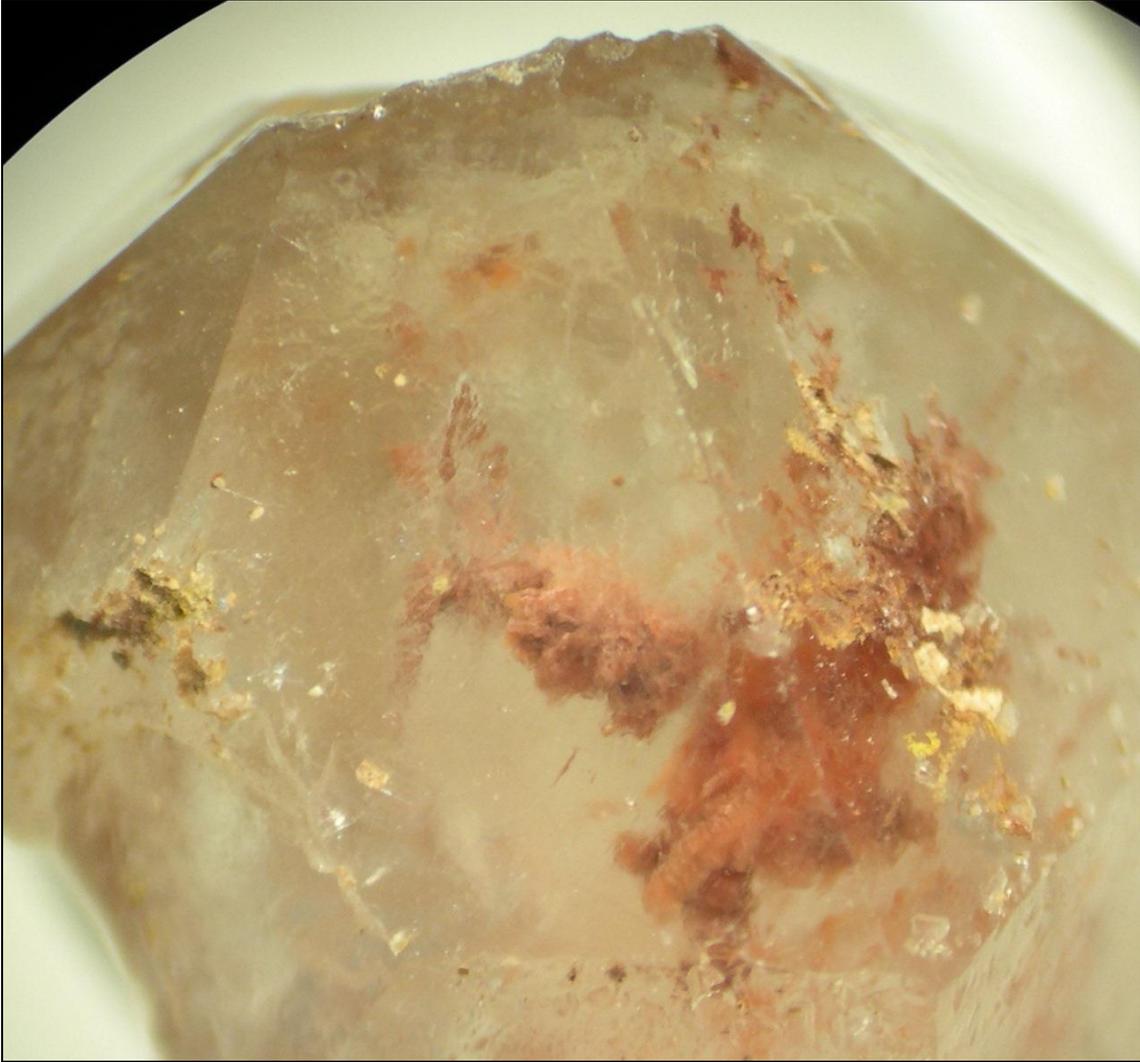


Figura 155: Las partículas arcillosas son fácilmente reconocibles a simple vista, especialmente en los cristales muy transparentes. Col. JE3997c, encuadre de 12 x 11 mm. Ejemplar recogido en el yacimiento del "Monte Prebas", en febrero de 2008. Foto Jenaro Gil, 2010.



Figura 156: Las fotografías **A** y **B** muestran la sección transversal de tres cristales de color rojo intenso en donde se observa, cómo las inclusiones arcillosas se han repartido homogéneamente invadiendo todo el cristal. **A**: son dos prismas de 3,9 x 2,3 cm y 3,5 x 3,2 cm respectivamente y **B**: uno de 2,5 x 1,7 cm. Todos pertenecen al yacimiento del "Monte Prebas", recogidos en febrero de 2008. Col. JE5494-5493-5496. Foto Jenaro Gil, 2010.

Los análisis SEM/EDS revelan que las **inclusiones arcillosas** son muy abundantes en casi todas las muestras, pero muy especialmente en aquellos cristales con tonalidades marrones y rojizas. La mayoría de los Jacintos debe su color a la presencia de inclusiones más o menos homogéneamente repartidas por el interior del cristal. Por ejemplo, en los cristales de color rojo (Fig. 156) son las arcillas, débilmente teñidas con trazas de óxidos de hierro, la principal inclusión responsable de esta coloración.

El examen realizado al microscopio óptico a diferentes aumentos, de varios Jacintos en los que se ha observado una presencia clara de partículas arcillosas, nos ha ofrecido una serie de imágenes muy particulares que se muestran y comentan en las figuras de la 158 a la 160.

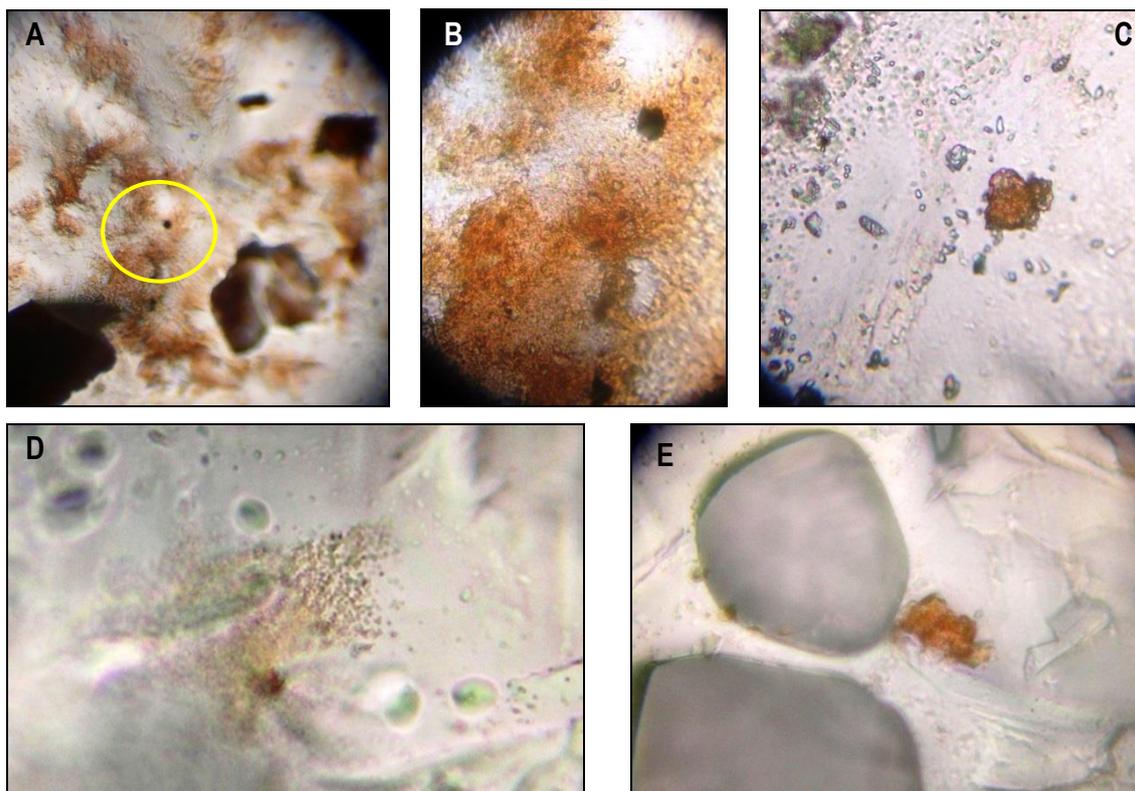


Figura 157

Conjunto de inclusiones observadas en el interior de dos Jacintos, con algunas zonas teñidas por las arcillas.

A, B y C: Son 3 fotografías a 60, 150 y 600 aumentos respectivamente, en donde se observa la invasión de partículas arcillosas en la masa silícea del cristal. El círculo amarillo en **A** muestra la zona aumentada. **C** es una partícula de arcilla aislada, rodeada de otras inclusiones. Col. JE5859b.

D y E: Partículas de arcilla observadas a 150 y 600 aumentos. Col. JE5823.

Todas las muestras ha sido recogidas en agosto de 2011, yacimiento de "La Salina".

Foto Jenaro Gil, 2011.

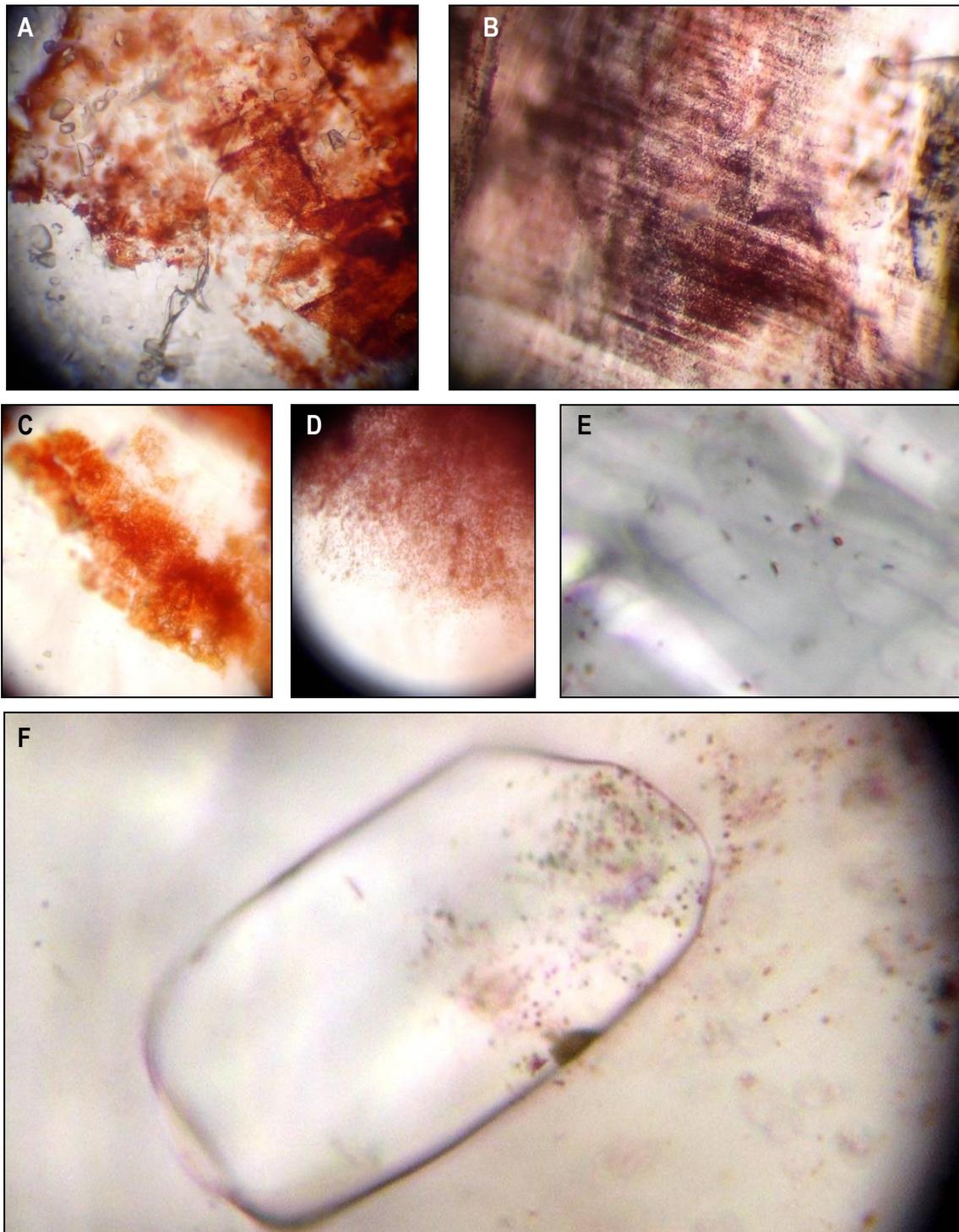


Figura 158

Inclusiones arcillosas en el interior de un Jacinto rojo transparente con numerosas burbujas.

A y B: *Invasión de partículas arcillosas diseminadas irregularmente por la masa silíceosa del cristal, observadas a 60 aumentos. En B (microlaminación) se observa cómo se disponen formando bandas paralelas que siguen la pauta de crecimiento en capas del cristal, alternándose con fases claras de menor contenido arcilloso. C y D:* *A 150 a., vemos cómo las arcillas se difunden en la masa cristalina. E y F:* *Son 2 observaciones a 600 a. con partículas individuales de color rojo.*

Col. JE5858, recogida en agosto de 2011, yacimiento "La Salina".

Foto Jenaro Gil, 2011.

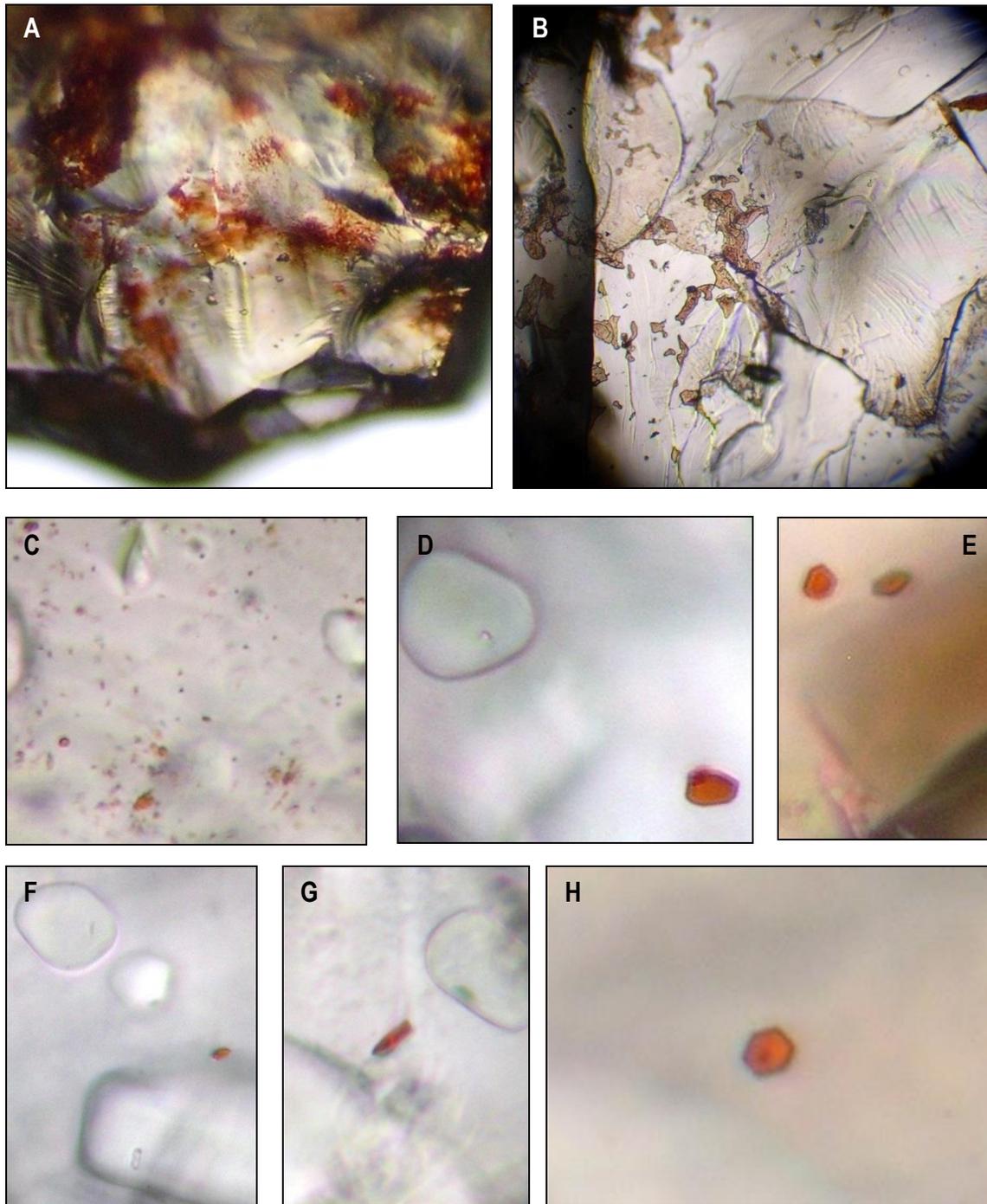


Figura 159

Conjunto de inclusiones observadas en el interior de un Jacinto blanco transparente con núcleo lechoso.

A, B y C: Son 3 fotografías a 60, 150 y 600 aumentos respectivamente, en donde se observa la invasión de partículas arcillosas diseminadas irregularmente por la masa silicea del cristal. En **A** se aprecia incluso tridimensionalmente la morfología de la lasca de Jacinto obtenida. **D a H:** Varias partículas individuales de color rojo anaranjado intenso observadas a 600 aumentos, fuera de las burbujas. Frecuentemente adoptan una morfología completamente hexagonal.

Col. JE5860e-f, recogida en agosto de 2011, yacimiento de "La Salina".

Foto Jenaro Gil, 2011.

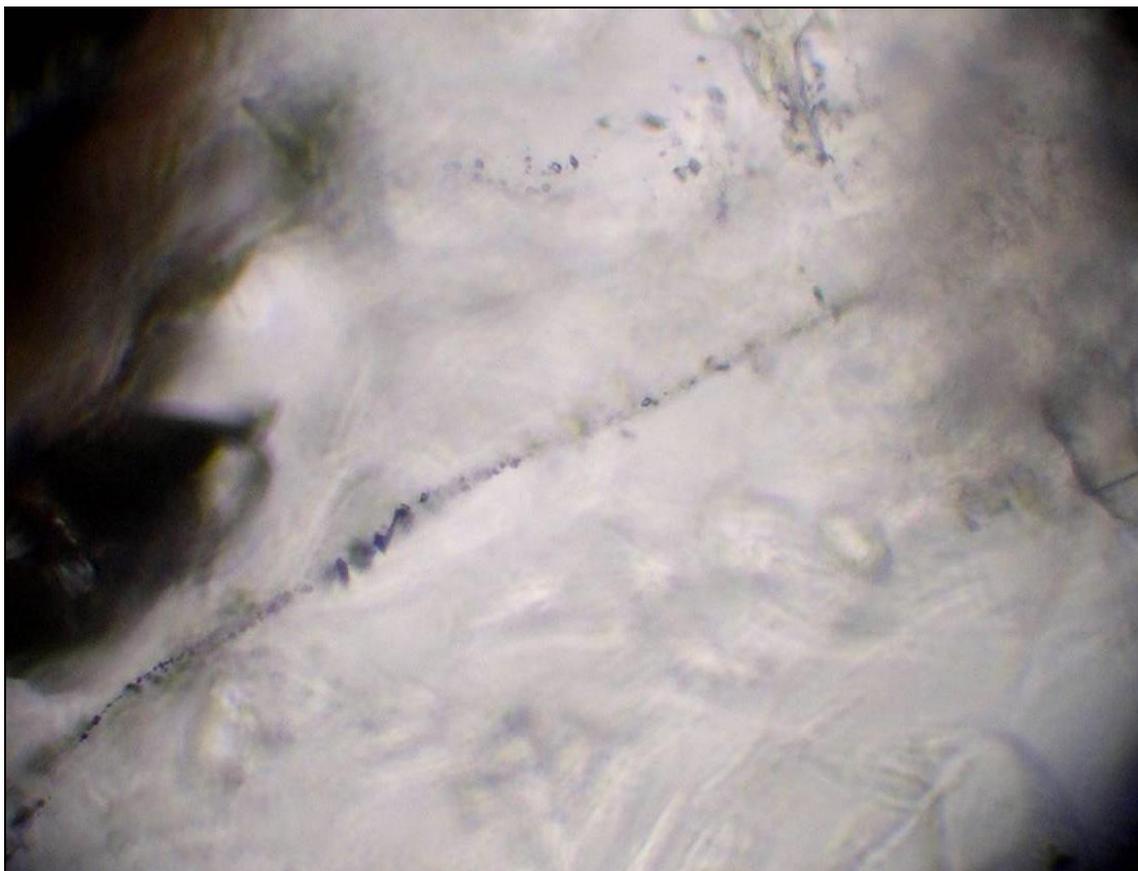


Figura 160: *Microfisuras en la masa silícea, invadidas por partículas penetrantes que constituirán parte de las inclusiones del cristal. Observación realizada a 150 aumentos. Col. JE5860h, recogida en agosto de 2011, yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2011.*

La Materia Orgánica

Otro tipo de inclusiones son las originadas por la presencia de **materia orgánica** en la solución salina generadora. Los análisis SEM/EDS han puesto de manifiesto que en algunas muestras, especialmente aquellas que contenían bastante arcilla, como CAN-1.4, CAN-1.5 y CAN-2.6 existe abundante materia orgánica representada por el pico del C.

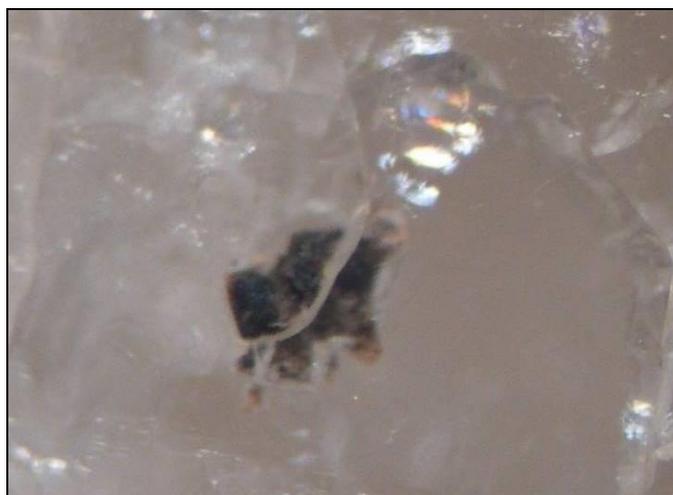


Figura 161: *Posible partícula carbonosa próxima a una fisura en el mismo cristal de la figura anterior. Encuadre aprox. 1 mm, ejemplar de 1,3 x 0,6 cm. Recogido en el yacimiento del "Monte Prebas", en enero de 1994. Col. JE5487a y Foto Jenaro Gil, 2010.*

A la lupa binocular no se ha encontrado grandes burbujas con líquidos orgánicos móviles en el interior de estos cristales. Lo que sí parece observarse es un cierto contenido en materia orgánica en algunos de los ejemplares recogidos. Se trataría de inclusiones de tipo oleoso o hidrocarburos de origen orgánico, que estando presentes en la solución salina dejaron su huella en estos Jacintos (Figs. de la 161 a la 163).

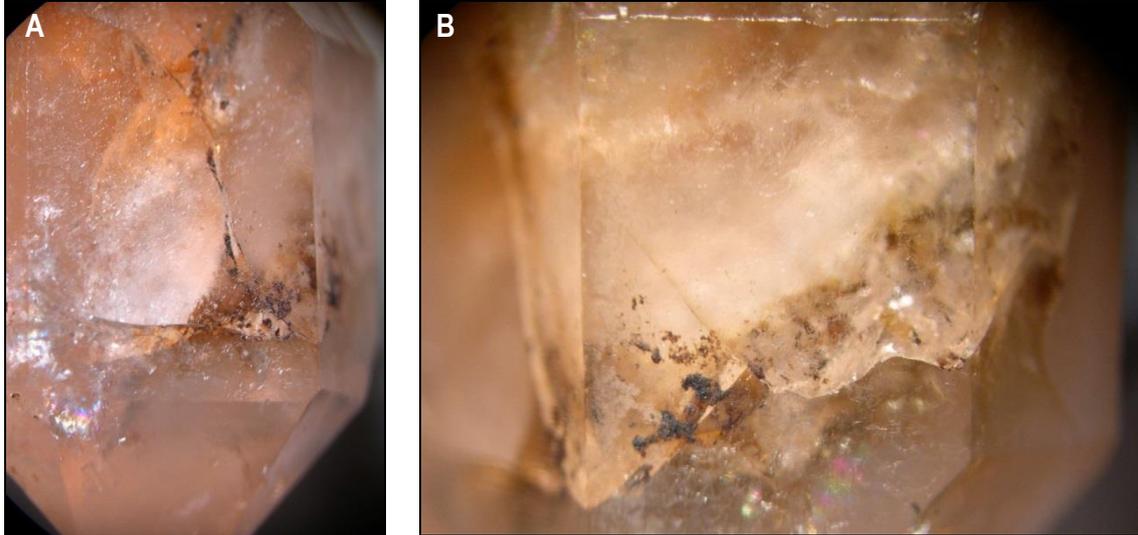


Figura 162

*Posibles partículas carbonosas próximas a una gran fisura interna que llega hasta la superficie del cristal aunque ésta parece estar cicatrizada. **A** y **B**: Son las vistas de dos caras consecutivas del prisma hexagonal. **B**, está observada a más aumentos. Jacinto de 1,3 x 0,6 cm, recogido en el yacimiento del "Monte Preubas", en enero de 1994. Col. JE5487a y Foto Jenaro Gil, 2010.*



Figura 163

Posibles partículas carbonosas y sustancias oleosas a su alrededor. Encuadre aprox. de 2 mm en un cristal transparente de 1,3 x 0,6 cm. Recogido en el yacimiento del "Monte Preubas", en enero de 1994. Col. JE5487a y Foto Jenaro Gil, 2010.

El examen realizado al microscopio óptico de las muestras obtenidas de un cristal mayoritariamente blanco turbio, con algunas zonas marrón claro por la abundancia de partículas arcillosas y el de otro, blanco transparente con núcleo lechoso y algunas partículas arcillosas diseminadas irregularmente, se muestra y comenta en las figuras 164, 165 y 166 respectivamente.

También se ha intentado determinar la presencia de materia orgánica al microscopio óptico con luz UV de onda larga (350-370 nm) por fluorescencia. Esta técnica ha ofrecido resultados sorprendentes especialmente con las muestras de cuarzo morión procedentes de “La Salina”. Las observaciones realizadas sobre estas muestras, se exponen detalladamente al final, en el apartado dedicado a los cuarzos olorosos. En las figuras 167 y 168 aparecen una serie de fotografías al microscopio óptico y luz UV, de otros cristales, en los que se ha encontrado una serie de inclusiones oscuras con formas irregulares en medio de la masa silíceo o contenida en el interior de microburbujas, que bien podrían ser atribuidas a este tipo de compuestos bituminosos.

No obstante, resulta muy difícil determinar la materia orgánica “*de visu*” y como ya se ha señalado anteriormente, sería necesario utilizar un análisis más específico. Para tratar de aportar más información, también se ha realizado otra prueba.

Se calentaron diferentes cristales procedentes de los yacimientos de Canales, en un horno a temperaturas cercanas a los 500 °C durante más de 3 horas, observándose que algunos sufrían una pérdida significativa de su coloración, mostrando un emblanquecimiento considerable. Esto sucedía especialmente en aquellos que poseían color blanco con tonos marrones y en los rojo anaranjados. Este fenómeno es atribuido por algunos autores, en otros cuarzos, a la presencia de partículas orgánicas.



Figura 164

Posibles partículas de materia orgánica como sustancias oleosas e hidrocarburos presentes en la solución generadora. Los análisis SEM/EDS han revelado que los Jacintos rojos y marrones con abundantes inclusiones arcillosas presentan también abundante materia orgánica.

Burbuja observada a 150 aumentos, con una posible partícula arcillosa y sustancias oleosas.

Col. JE5823a, recogida en agosto de 2011, yacimiento de La Salina.

Foto Jenaro Gil, 2011.

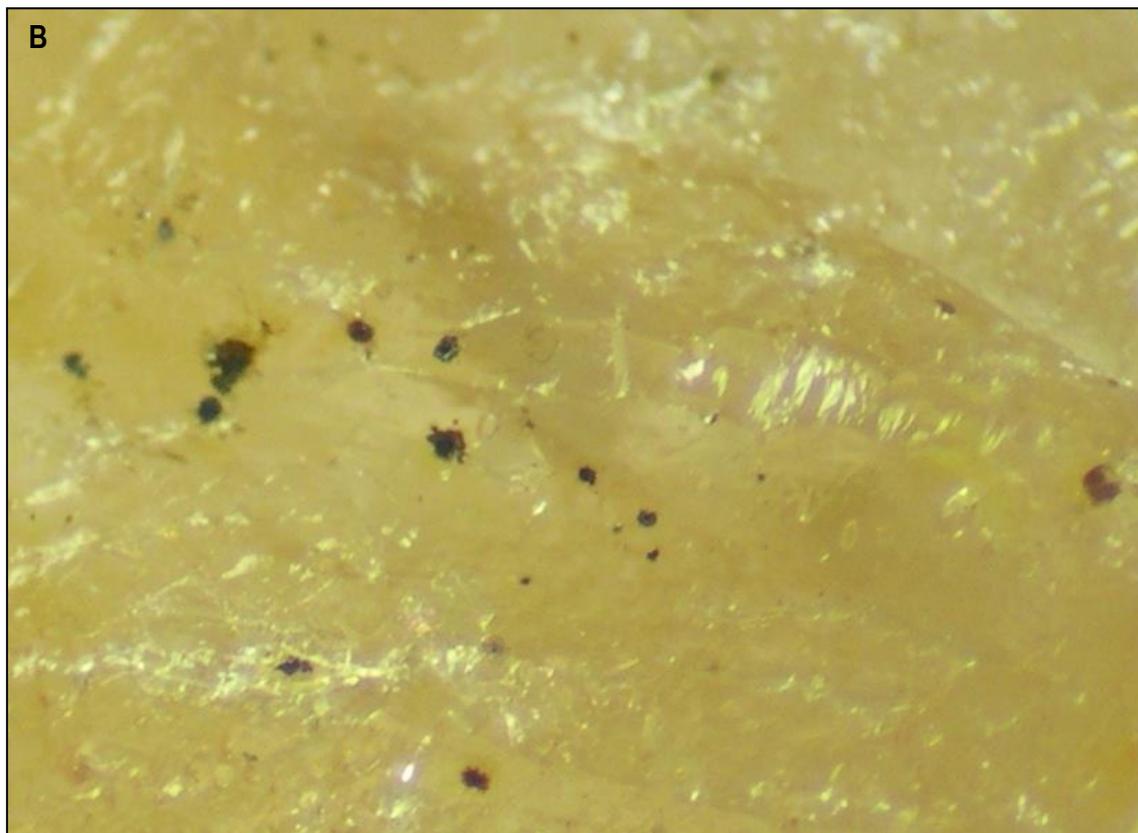


Figura 165: Posibles partículas de materia orgánica como sustancias oleosas e hidrocarburos presentes en la solución generadora. Los análisis SEM/EDS han revelado que los Jacintos rojos y marrones con abundantes inclusiones arcillosas presentan también abundante materia orgánica. **A:** Curiosa inclusión de MO observada al microscopio a 600 a. **B:** Una fotografía de la misma muestra obtenida a la lupa binocular, en donde se observan varias partículas con diferentes morfologías en un encuadre aproximado de 2 mm. Col. JE5823a, recogida en agosto de 2011, yacimiento de La Salina. Foto Jenaro Gil, 2011.

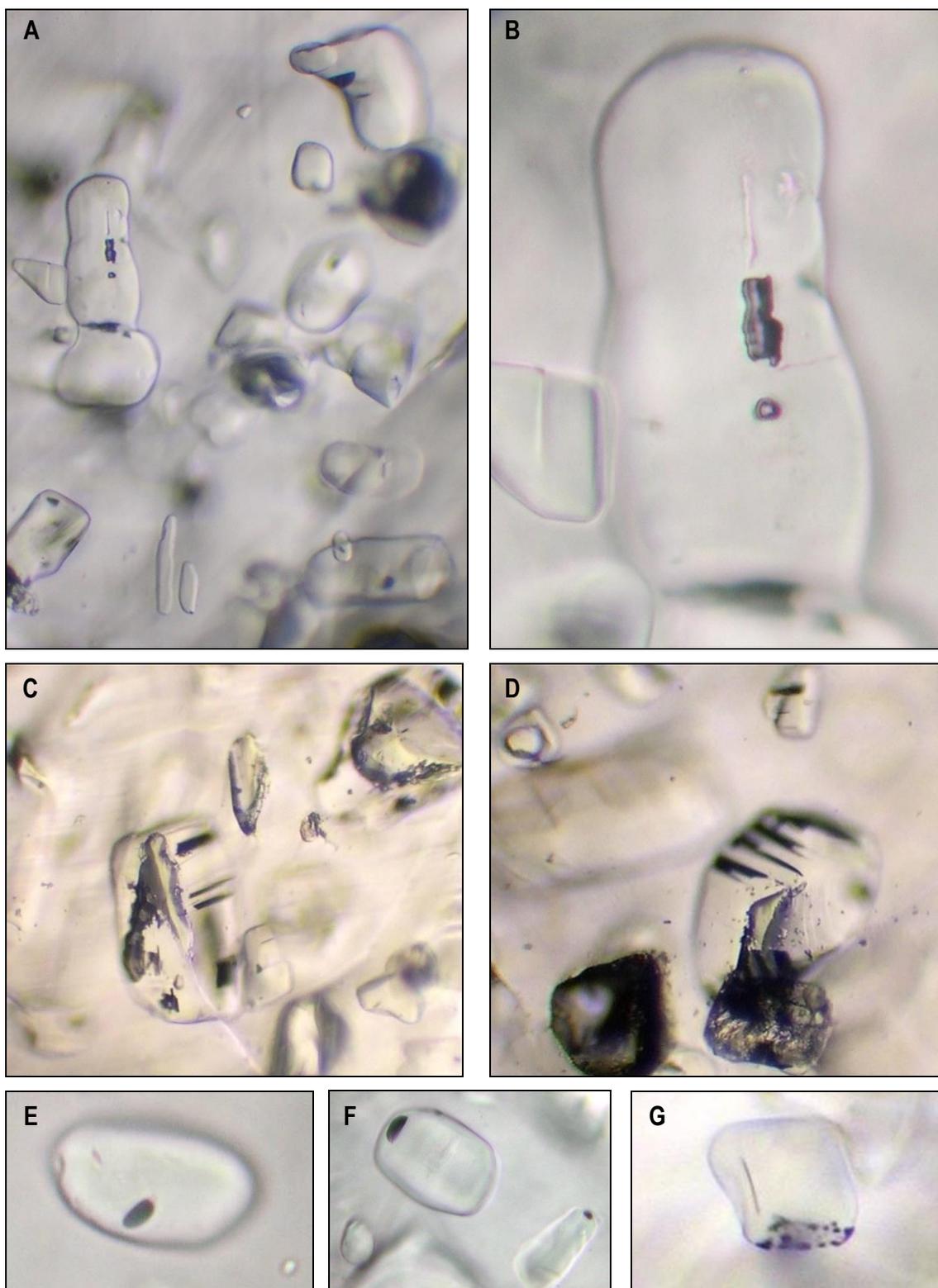


Figura 166

Posibles inclusiones de materia orgánica.

A y B: La misma burbuja observada a 150 y 600 aumentos. **C y D:** Burbujas con un contenido oleoso observadas a 150 aumentos. **E, F y G:** Las dos primeras fotografías a 600 a. la tercera a 150 a. En todas se observan pequeñas gotas de sustancias oleosas en su interior.

Col. JE5860 recogida en agosto de 2011, yacimiento de La Salina.

Foto Jenaro Gil, 2011.

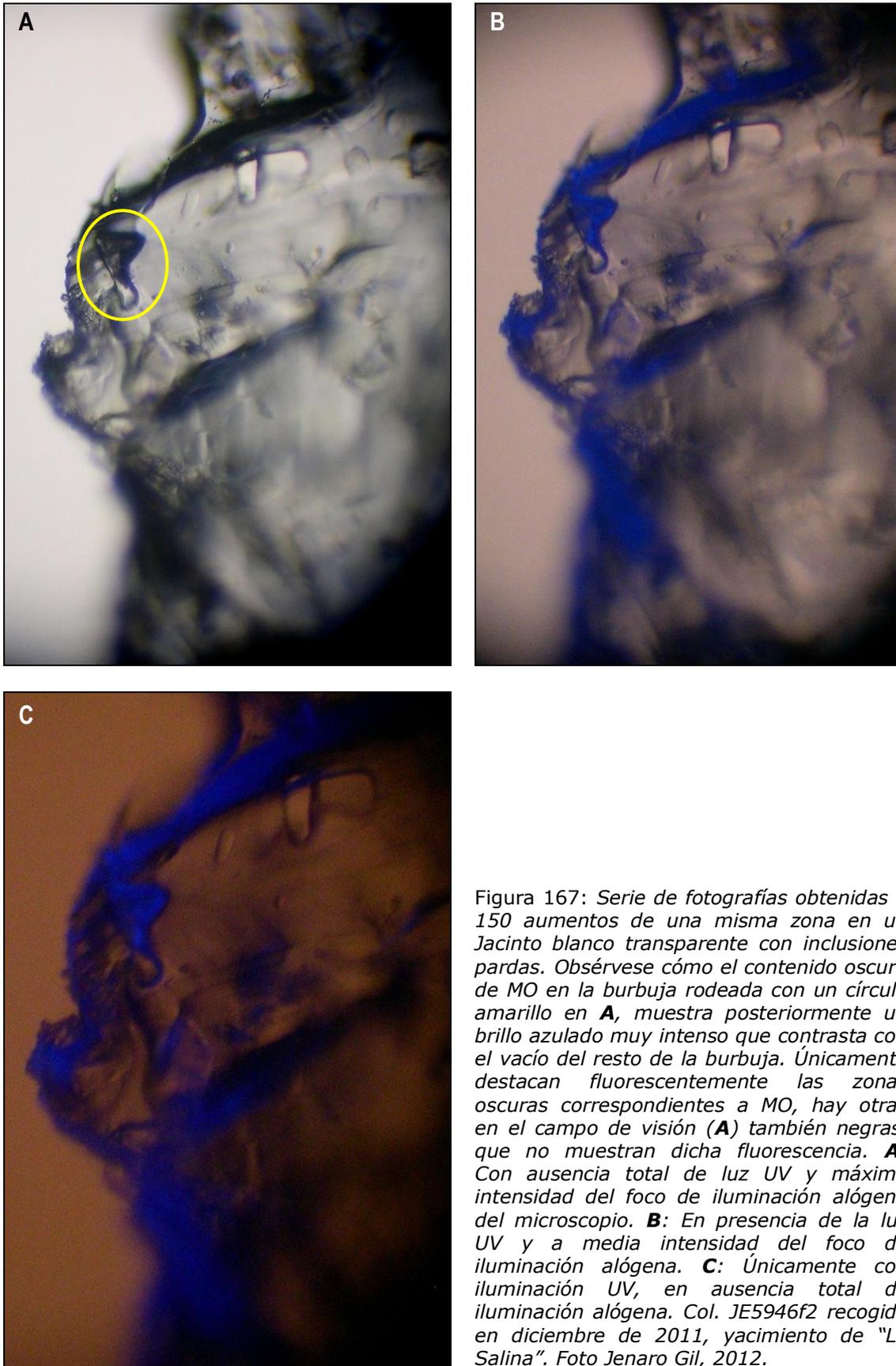


Figura 167: Serie de fotografías obtenidas a 150 aumentos de una misma zona en un Jacinto blanco transparente con inclusiones pardas. Obsérvese cómo el contenido oscuro de MO en la burbuja rodeada con un círculo amarillo en **A**, muestra posteriormente un brillo azulado muy intenso que contrasta con el vacío del resto de la burbuja. Únicamente destacan fluorescentemente las zonas oscuras correspondientes a MO, hay otras en el campo de visión (**A**) también negras, que no muestran dicha fluorescencia. **A**: Con ausencia total de luz UV y máxima intensidad del foco de iluminación alógena del microscopio. **B**: En presencia de la luz UV y a media intensidad del foco de iluminación alógena. **C**: Únicamente con iluminación UV, en ausencia total de iluminación alógena. Col. JE5946f2 recogida en diciembre de 2011, yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2012.

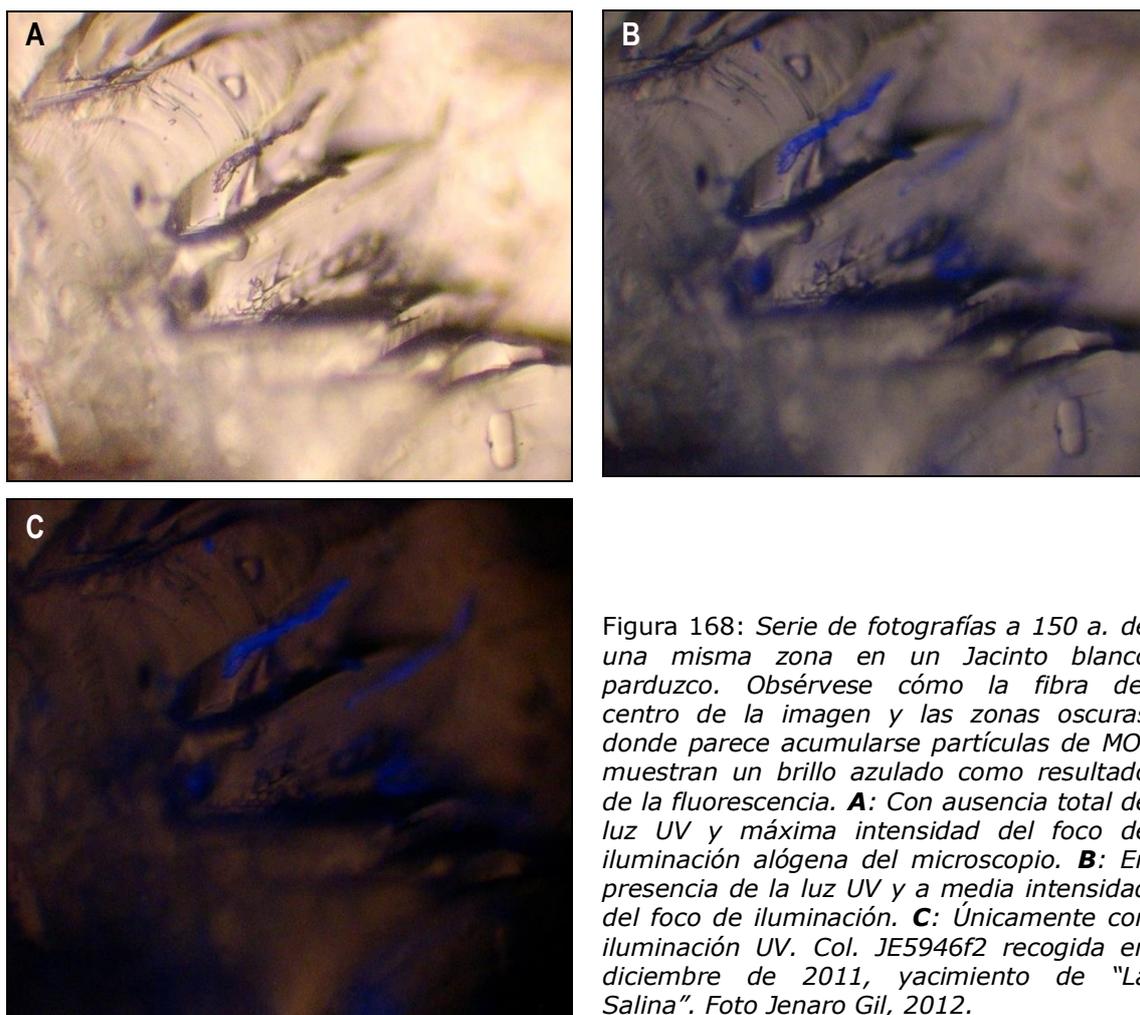


Figura 168: Serie de fotografías a 150 a. de una misma zona en un Jacinto blanco parduzco. Obsérvese cómo la fibra del centro de la imagen y las zonas oscuras donde parece acumularse partículas de MO, muestran un brillo azulado como resultado de la fluorescencia. **A:** Con ausencia total de luz UV y máxima intensidad del foco de iluminación alógena del microscopio. **B:** En presencia de la luz UV y a media intensidad del foco de iluminación. **C:** Únicamente con iluminación UV. Col. JE5946f2 recogida en diciembre de 2011, yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2012.

Inclusiones SINGENÉTICAS

Los Jacintos de Compostela crecen en soluciones salinas junto a otros minerales. Y éstos, así como las soluciones acuosas, las burbujas de gas y otras partículas circundantes, pueden quedar encerrados en su interior durante el crecimiento del cristal. Estas inclusiones formadas al mismo tiempo que el Jacinto reciben el nombre de singenéticas. Las pequeñas cavidades y las estrías de crecimiento que se observan en determinadas zonas, también pertenecen a este tipo.

Las Burbujas

Las más representativas son las **burbujas**, pues las hallamos pequeñas, muy abundantes y ocupando planos extensos del cristal a modo de velos o incluso cortinas, muy especialmente en las zonas próximas a pequeñas cavidades y fisuras internas (Figs. 169, 170 y 171). Estas microburbujas se producirían en la cicatrización de fisuras, fracturas o planos de exfoliación, que se abrieron mientras el cristal estaba creciendo debido a posibles tensiones. Presentan una morfología esférica o pseudoesférica y observadas al microscopio destacan de los pequeños microgránulos inmersos en la matriz de sílice, por ser más transparentes (Fig. 171).

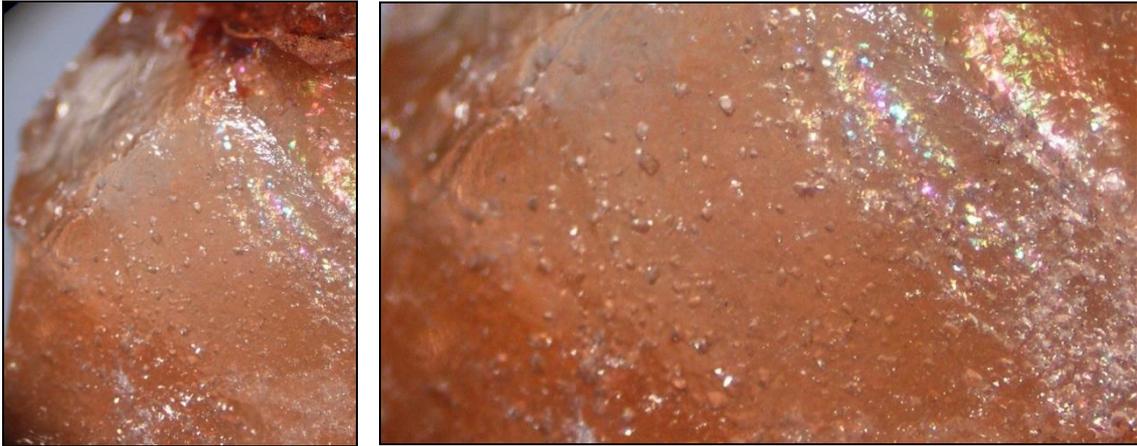


Figura 169: Detalle del ejemplar JE2625, encuadre 3 x 2 mm. Presencia de microburbujas y esférulas irregulares en el interior del cristal. Yacimiento del "Monte Preubas", recogido en enero de 1994. Foto Jenaro Gil, 2010.

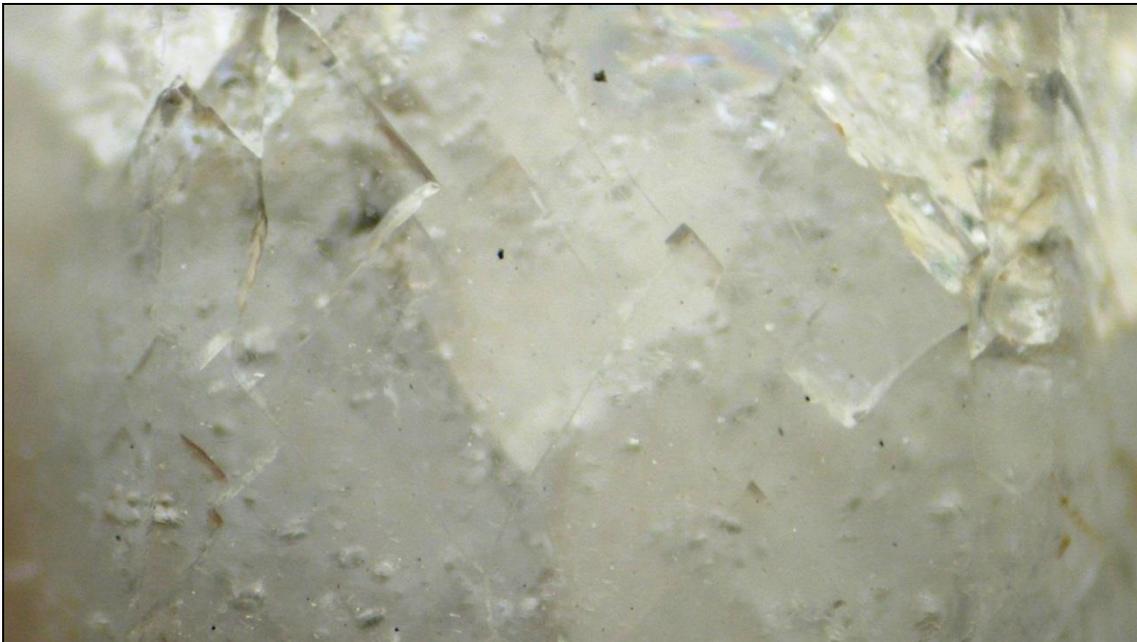


Figura 170: Acumulación de burbujas entorno a una serie de fracturas internas del cristal. Col. JE5481, encuadre 3 x 2 mm. Yacimiento del "Monte Preubas", recogido en junio de 2008. Foto Jenaro Gil, 2010.

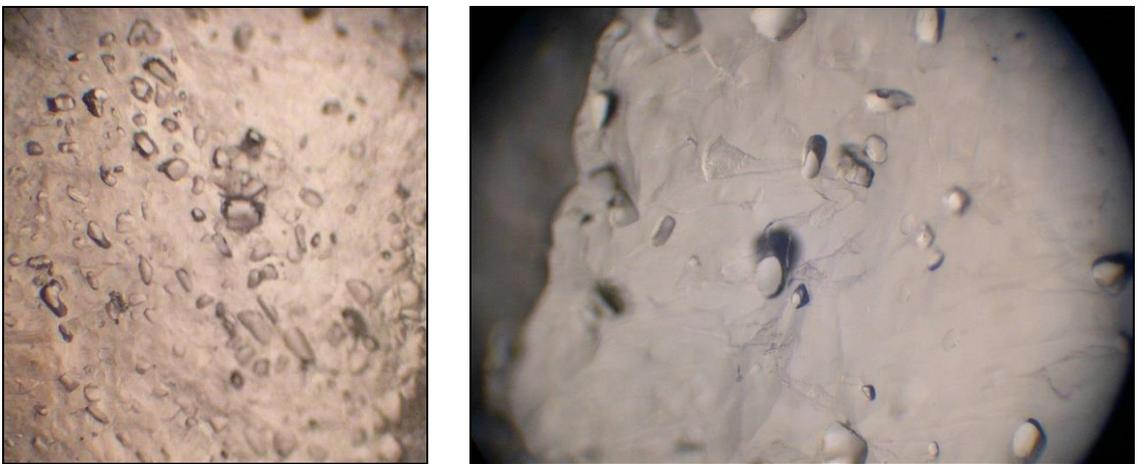


Figura 171: Burbujas y gránulos observados al microscopio a 60 y 150 a. respectivamente. Col. JE5544. Yacimiento del "Monte Preubas", recogido en enero de 1994. Foto J. Gil, 2010.

Algunos autores responsabilizan al elevado número de estas microburbujas concentradas en determinadas zonas, del color blanco que muestran algunos cristales de cuarzo. Al partir varios ejemplares de Jacintos blancos se ha observado su acumulación en lo que podríamos denominar **núcleos lechosos**, llegando a tener incluso una estructura esponjosa (Fig. 172). También se ha encontrado muestras, que las presentaban dispuestas alrededor de pequeñas cavidades, dándoles al menos localmente un color blanco muy característico (Figs. 172 y 173).

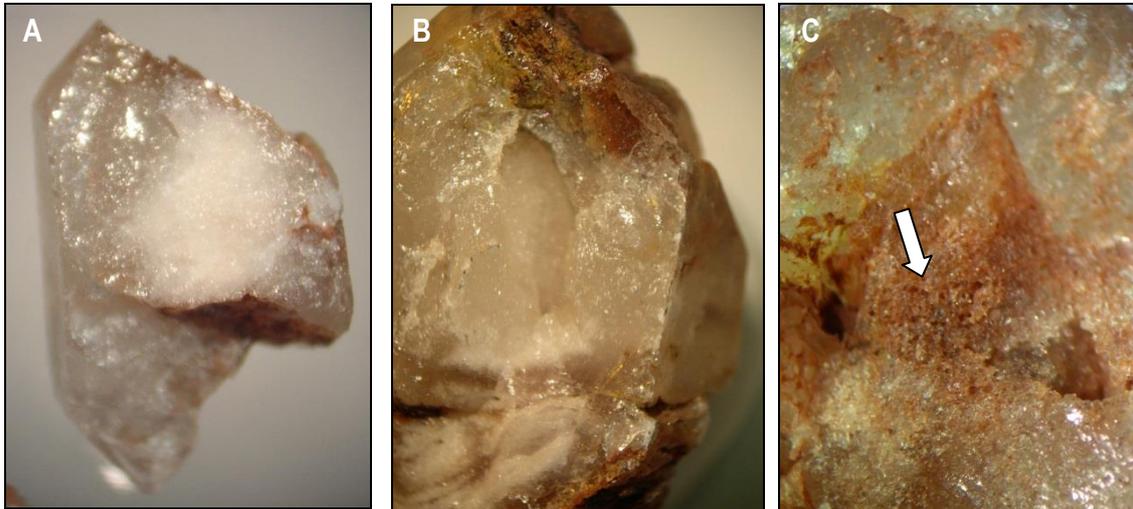


Figura 172: **A:** Detalle del ejemplar JE5475 en el que se observa un núcleo lechoso de 7 mm de diámetro. **B:** Col. JE5498. Varias zonas de acumulación de microburbujas alrededor de una gran cavidad de 9 x 4 mm que ocupa buena parte del cristal y una grieta inferior que lo atraviesa. **C:** Col. JE5472-a. Sección transversal de un cristal que presenta dos pequeños canales dispuestos longitudinalmente separados 2 mm por un campo de burbujas de estructura esponjosa. **A** y **B** son del yacimiento del "Monte Preubas", recogidos en enero de 1994. **C** pertenece al yacimiento de "La Salina", recogido en junio de 2008. Foto J. Gil, 2010.

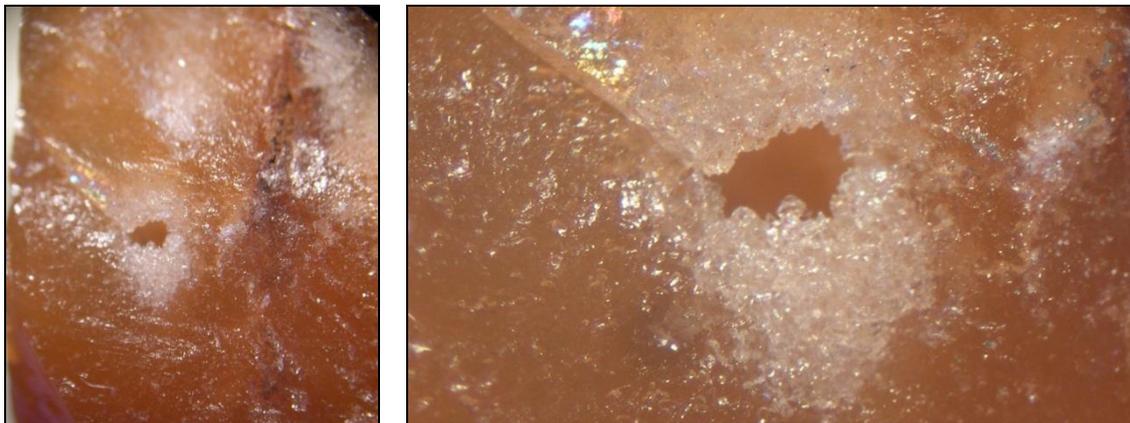


Figura 173: Detalle del ejemplar JE2625. Encuadre 3 x 2 mm. Pequeña cavidad en el interior del cristal próxima a una línea de fractura, rodeada de un halo de gránulos y microburbujas. Yacimiento del "Monte Preubas", recogido en enero de 1994. Foto Jenaro Gil, 2010.

El examen al microscopio óptico de estas microburbujas ha revelado la presencia de una gran cantidad de inclusiones en su interior. Aunque muchas están probablemente llenas de aire o solución salina, otras acogen diferentes minerales algunos muy bien cristalizados (inclusiones euédricas).

En las fotografías que se aportan a continuación (Figs. de 174 a 189) se observan diferentes inclusiones con formas muy características, desde cristales perfectamente aciculares a extraordinarios prismas hexagonales biterminados. También se ha detectado

la presencia inconfundible de gránulos y cristales cúbicos de halita inmersos en la masa cristalina, tanto en el interior de las burbujas como fuera de ellas.



Figura 174: Burbuja observada a 600 aumentos con una inclusión líquida en el interior. Es un resto de la solución salina generadora del cristal, que ha permanecido impertérrita durante millones de años. Col. JE5860g, recogida en agosto de 2011, yacimiento de La Salina. Foto Jenaro Gil, 2011.

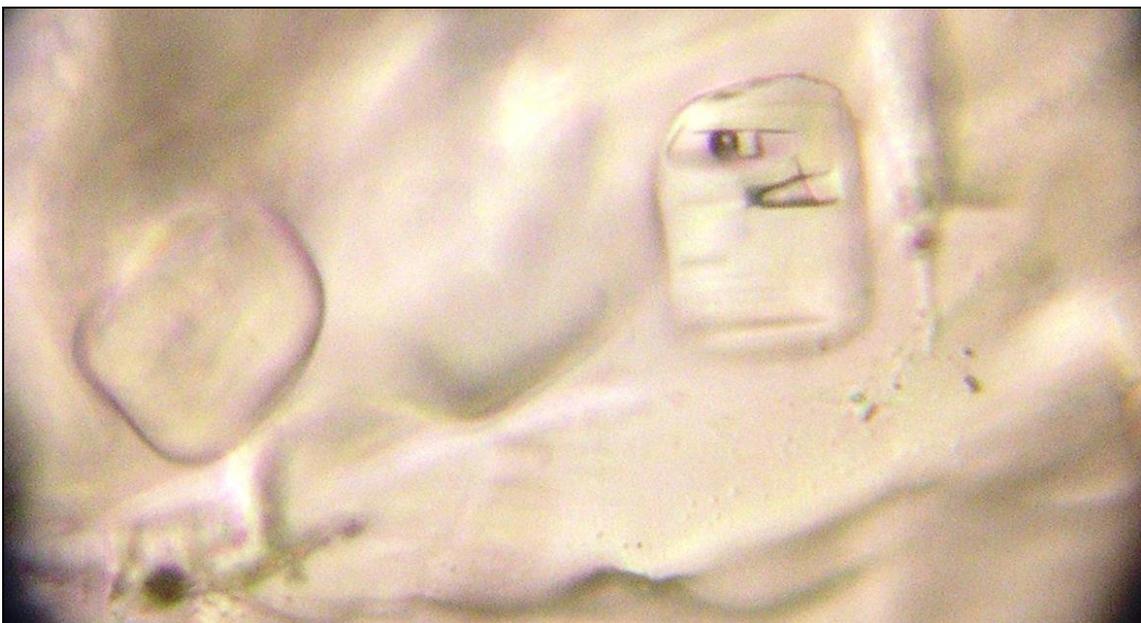


Figura 175: Burbuja observada a 600 aumentos con una posible inclusión trifásica. Col. JE5946f3, recogida en diciembre de 2011, en el yacimiento de "La Salina". Foto J. Gil, 2012.



Figura 176

En numerosas burbujas se ha encontrado inclusiones euédricas.

A: *Cristal acicular posiblemente de rutilo (TiO_2) en el interior de una burbuja observada a 150 aumentos.*

B: *Cristal monoclinico de hábito simple tabular, posiblemente de yeso, observado a 600 aumentos.*

C: *Dos cristales que podrían ser de yeso y halita observados a 600 aumentos. Col. JE5823c, recogida en agosto de 2011, yacimiento de La Salina. Foto Jenaro Gil, 2011.*

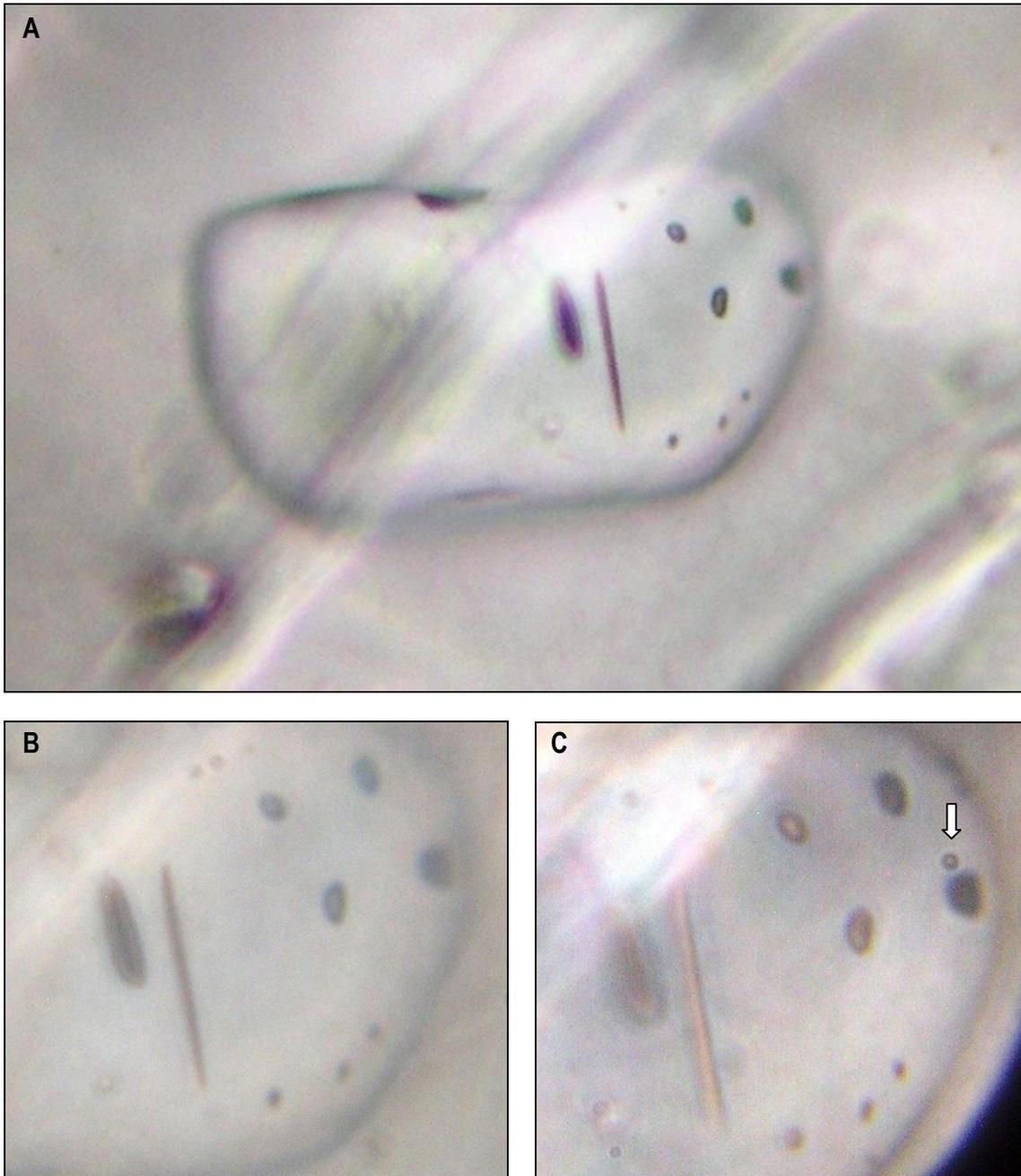


Figura 177

Distintas inclusiones en el interior de una burbuja de un Jacinto blanco turbio por las inclusiones arcillosas. Una interferencia debida a la exfoliación de la muestra atraviesa el campo de observación.

A: Observación realizada a 150 aumentos. La perfecta simetría del grupo de 4 inclusiones parece indicar que las 2 inclusiones pseudoesféricas de la izquierda, están acompañadas de sus reflejos o sombras que aparecen a la derecha.

B: A 600 aumentos y **C:** A 1500 aumentos (la flecha indica una partícula que no pertenece al conjunto de inclusiones sino a una interferencia o posible contaminación externa). En todas, podemos observar un conjunto de inclusiones con distintas formas, entre ellas hay una euhédrica, de hábito acicular posiblemente una aguja de rutilo. Col. JE5823b, recogida en agosto de 2011, yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2011.

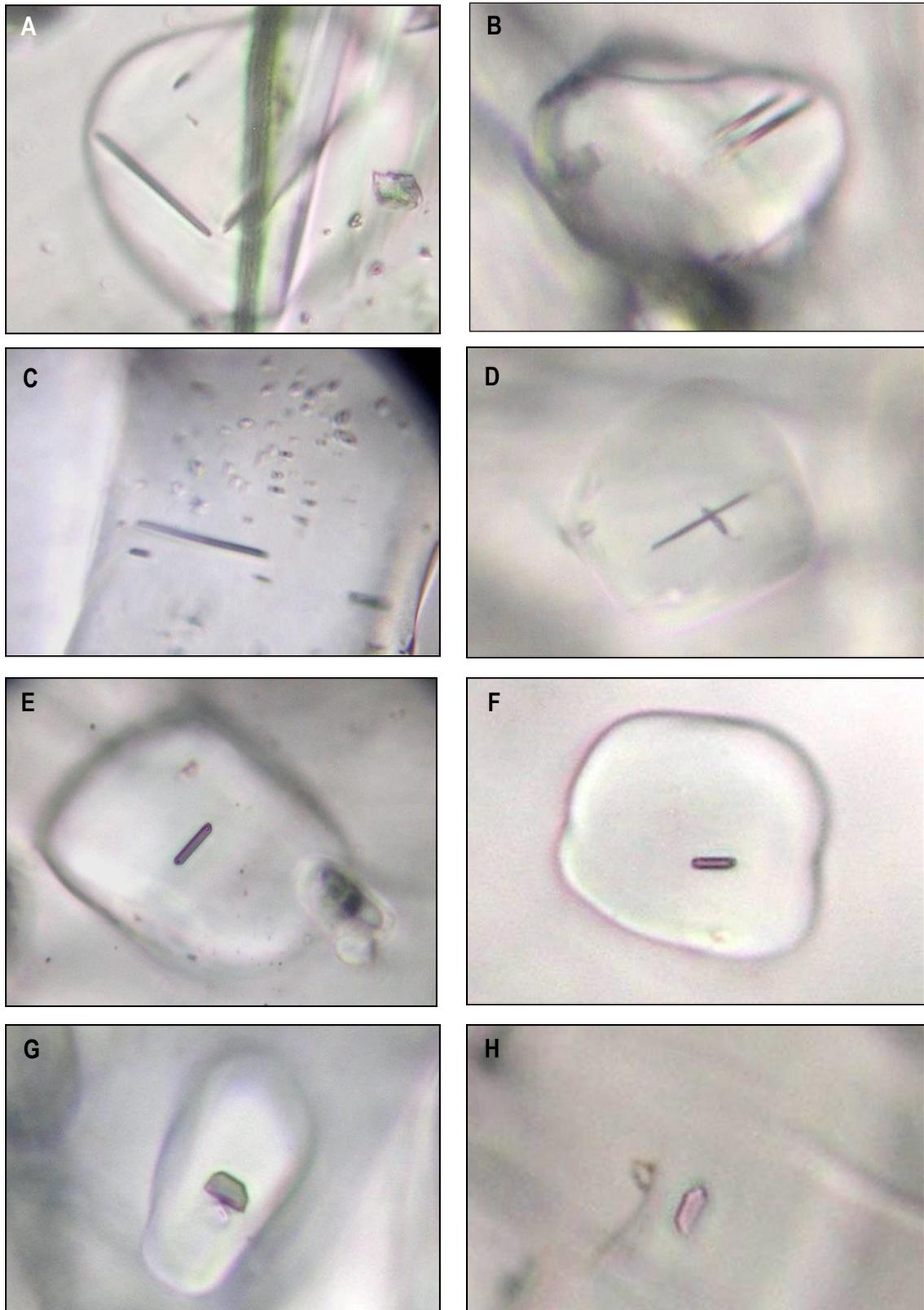


Figura 178

Inclusiones euédricas, observadas a 600 aumentos.

De A a D: Burbujas con cristales aciculares alargados en su interior. E y F: Dos burbujas con un cristal prismático corto del mismo mineral. G y H: Dos inclusiones pseudoexagonales en el interior de microburbujas. Col. JE5860 recogida en agosto de 2011, yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2011.



Figura 179: *Cristal prismático de hábito bipyramidal hexagonal, muy probablemente de cuarzo, observado a 600 aumentos en el interior de una burbuja inmersa en la masa silícea del cristal. Col. JE5860h, recogida en agosto de 2011, yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2011.*

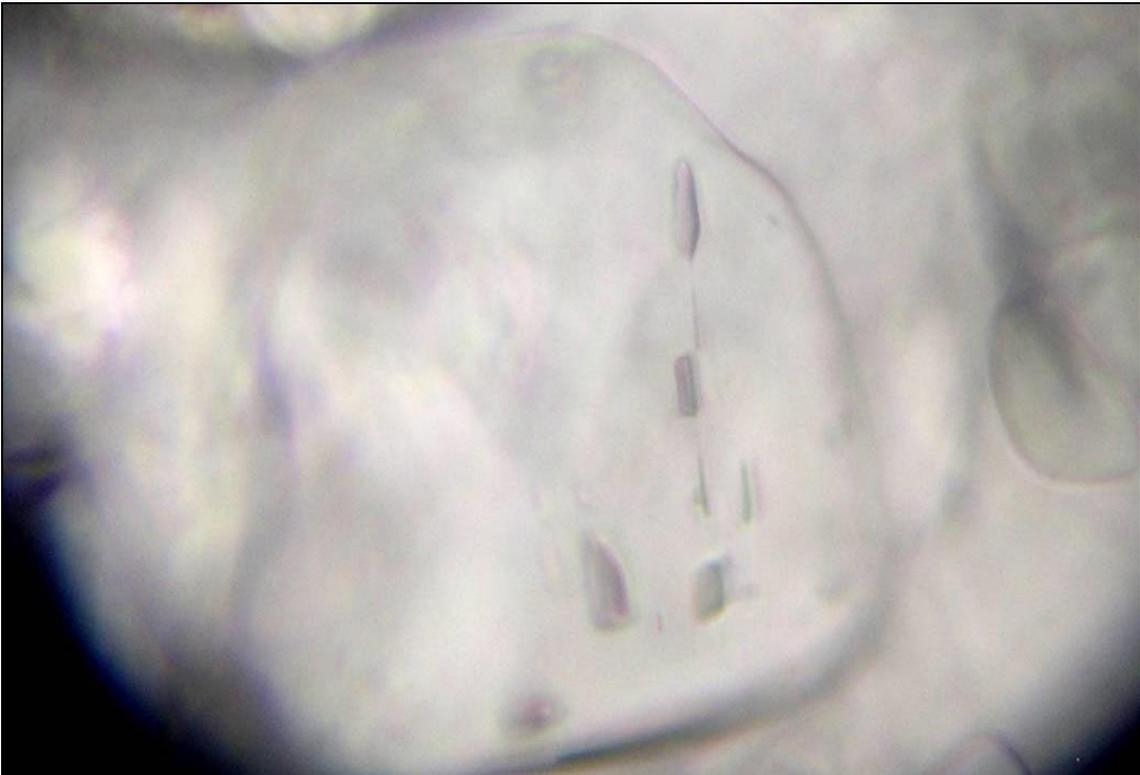


Figura 180: *Cristales alineados en el interior de una burbuja observada a 600 aumentos. Con frecuencia se ha encontrado cristales biterminados con hábitos idénticos al del cuarzo, son microcuarzos que unas veces aparecen solitarios y otras acompañando a otros minerales. Col. JE5823d, recogida en agosto de 2011, yacimiento de La Salina. Foto Jenaro Gil, 2011.*



Figura 181: Burbuja observada a 600 aumentos, en un Jacinto completamente transparente sin partículas arcillosas, con una inclusión euédrica formada por un cristal trapezoide. Col. JE5857b, recogida en agosto de 2011, yacimiento de La Salina. Foto Jenaro Gil, 2011.

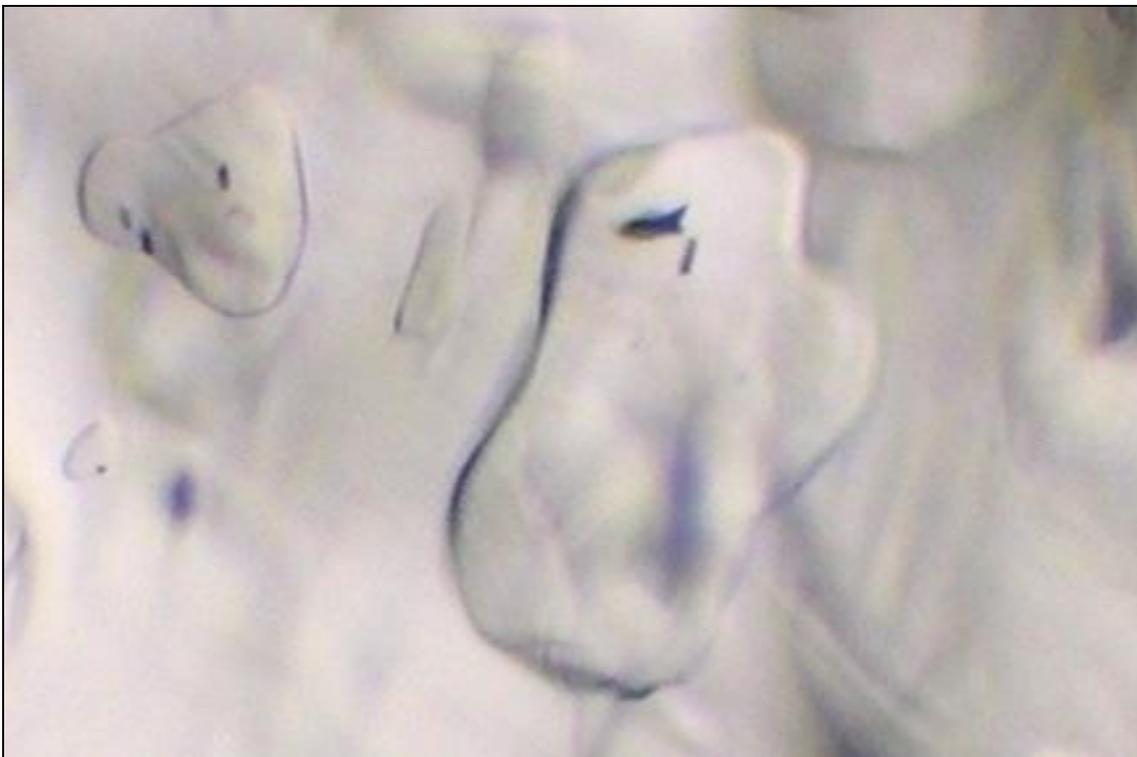


Figura 182: Burbuja observada a 150 aumento aumentos, en un Jacinto completamente transparente sin partículas arcillosas, con un cristal posiblemente de yeso maclado en punta de flecha o cola de golondrina. Col. JE5857a, recogida en agosto de 2011, yacimiento de La Salina. Foto Jenaro Gil, 2011.

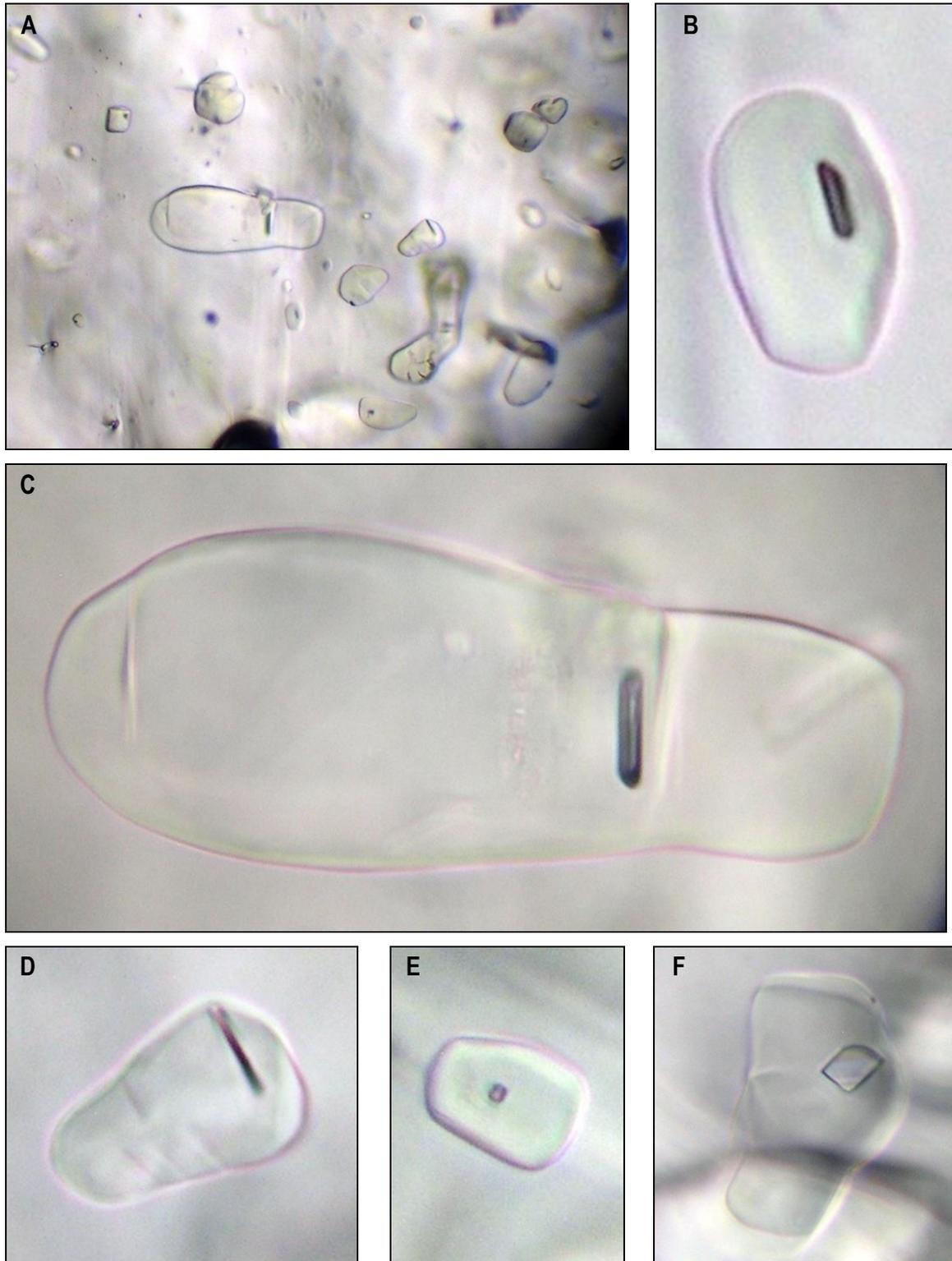


Figura 183

Inclusiones euédricas.

A: Campo de burbujas observadas a 150 aumentos. **B:** Cristal prismático alargado, observado a 600 aumentos. **C:** Cristal prismático que incluso presenta varias facetas, posiblemente de cuarzo, observado a 600 aumentos. **D:** Cristal acicular biterminado posiblemente de rutilo, observado a 600 aumentos. **E y F:** Dos burbujas con cristales perfectamente cúbicos, muy probablemente de halita, observados a 600 aumentos. Col. JE5857c, recogida en agosto de 2011, yacimiento de La Salina. Foto Jenaro Gil, 2011.

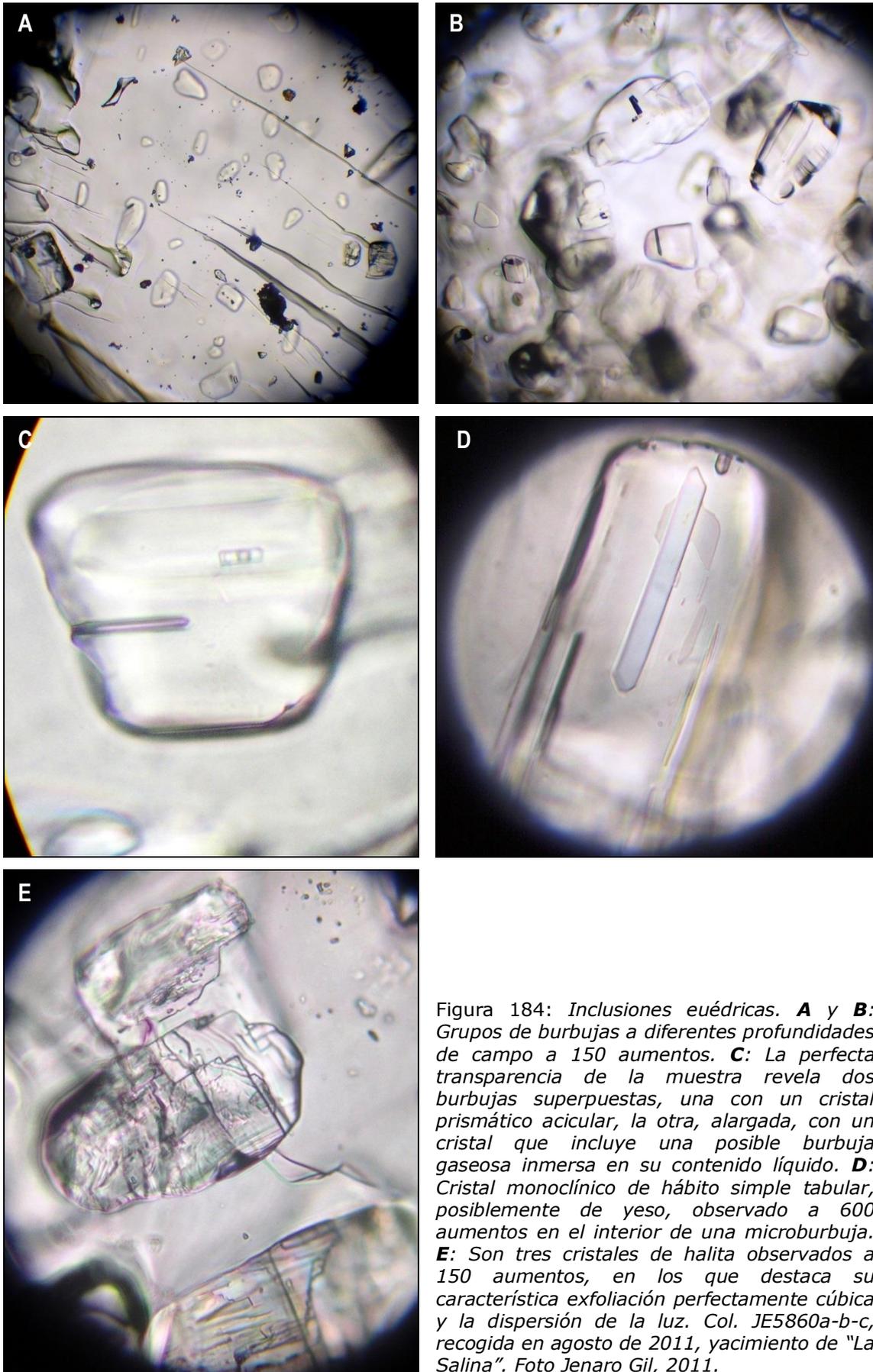


Figura 184: Inclusiones euédricas. **A** y **B**: Grupos de burbujas a diferentes profundidades de campo a 150 aumentos. **C**: La perfecta transparencia de la muestra revela dos burbujas superpuestas, una con un cristal prismático acicular, la otra, alargada, con un cristal que incluye una posible burbuja gaseosa inmersa en su contenido líquido. **D**: Cristal monoclinico de hábito simple tabular, posiblemente de yeso, observado a 600 aumentos en el interior de una microburbuja. **E**: Son tres cristales de halita observados a 150 aumentos, en los que destaca su característica exfoliación perfectamente cúbica y la dispersión de la luz. Col. JE5860a-b-c, recogida en agosto de 2011, yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2011.

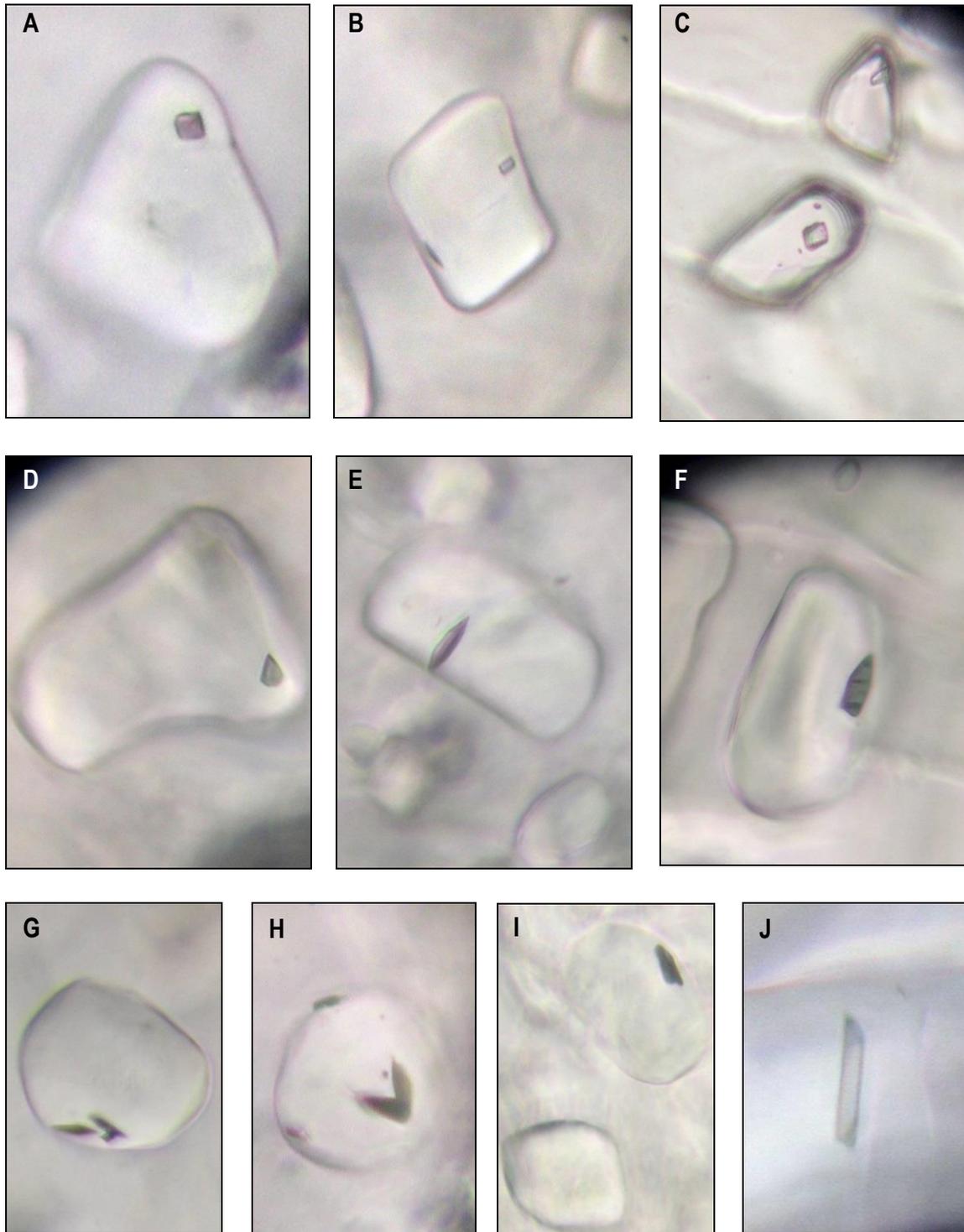


Figura 185

Inclusiones salinas euédricas.

A, B y C: Son burbujas con cristales perfectamente cúbicos, muy probablemente de halita, observados a 600 aumentos.

D - J: Siete fotografías de burbujas observadas a 600 aumentos con inclusiones probablemente de yeso adoptando hábitos muy diferentes y característicos de este mineral. Podemos observar desde cristales simples monoclinicos a puntas de flecha, incluso colas de golondrina o cristales lenticulares. Todas estas formas también han sido observadas en otras muestras. Col. JE5860, recogida en agosto de 2011, yacimiento de "La Salina".
Foto Jenaro Gil, 2011.

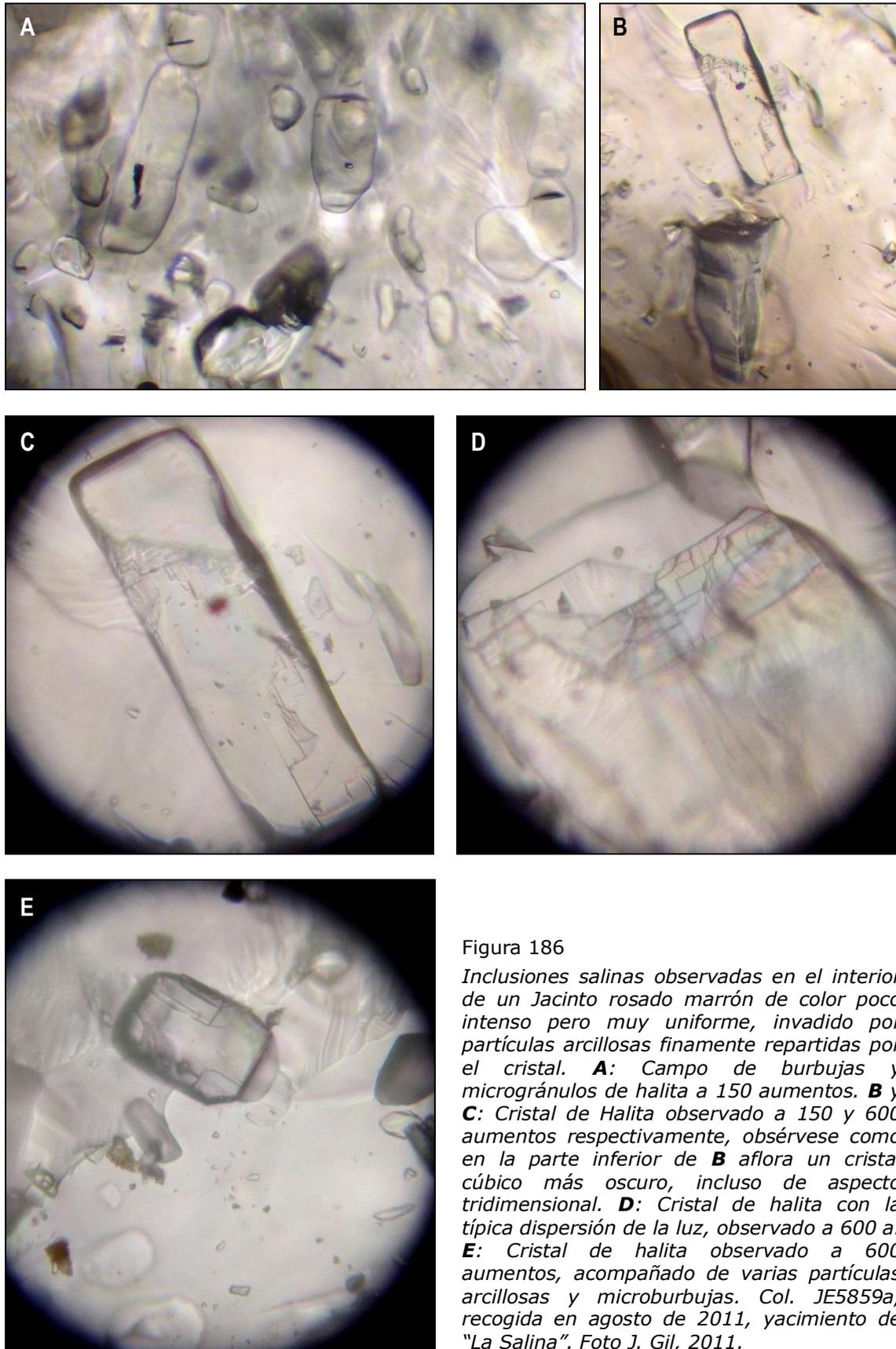


Figura 186

*Inclusiones salinas observadas en el interior de un Jacinto rosado marrón de color poco intenso pero muy uniforme, invadido por partículas arcillosas finamente repartidas por el cristal. **A**: Campo de burbujas y microgránulos de halita a 150 aumentos. **B** y **C**: Cristal de Halita observado a 150 y 600 aumentos respectivamente, obsérvese como en la parte inferior de **B** aflora un cristal cúbico más oscuro, incluso de aspecto tridimensional. **D**: Cristal de halita con la típica dispersión de la luz, observado a 600 a. **E**: Cristal de halita observado a 600 aumentos, acompañado de varias partículas arcillosas y microburbujas. Col. JE5859a, recogida en agosto de 2011, yacimiento de "La Salina". Foto J. Gil, 2011.*

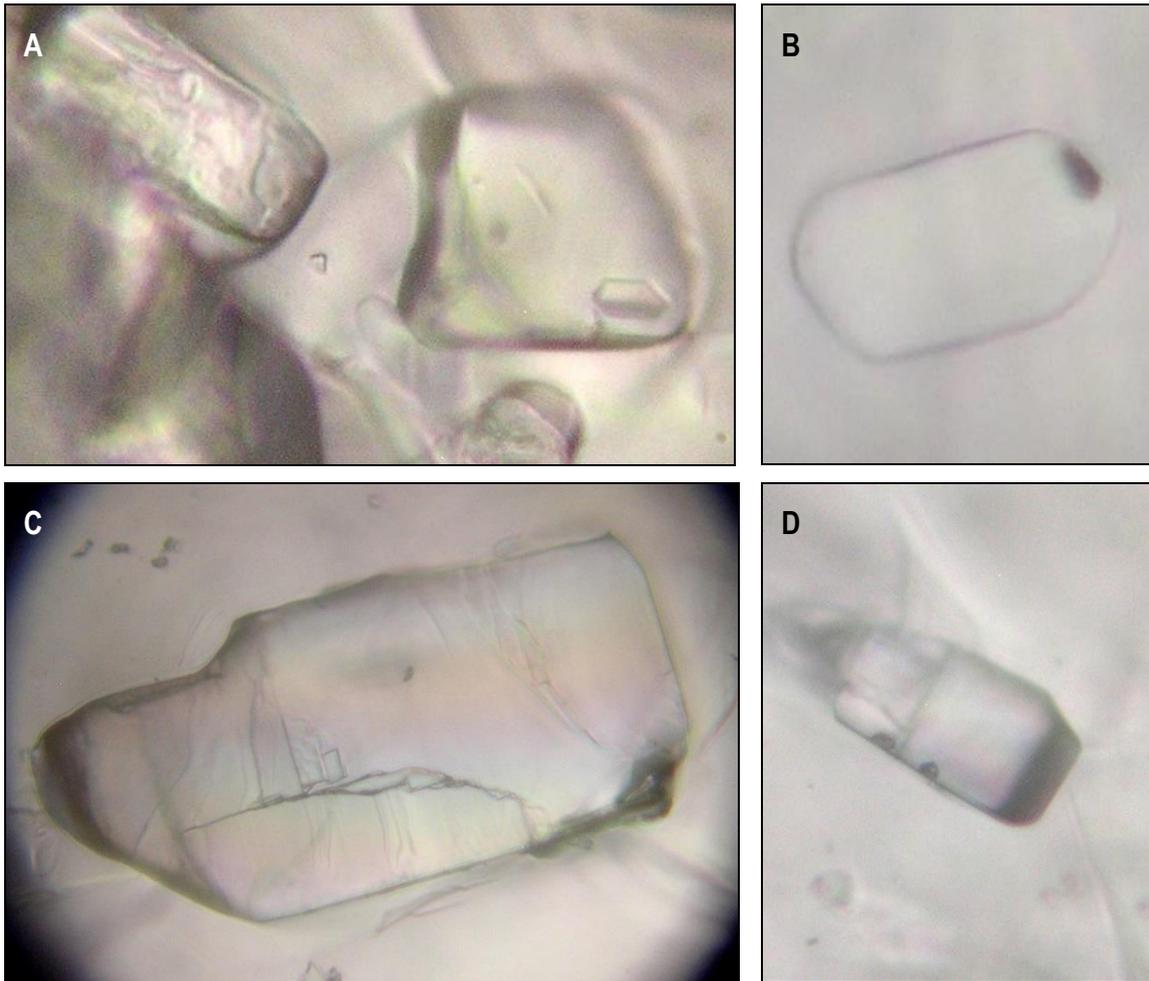


Figura 187: **A:** Burbuja observada a 600 aumentos con un cristal posiblemente de yeso en su interior. **B:** En muchas burbujas las inclusiones tienden a localizarse lateralmente (observación a 600 aumentos). **C y D:** Son 2 cristales de halita observados a 600 a. en la masa cristalina. Col. JE5859b, recogida en agosto de 2011, yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2011.

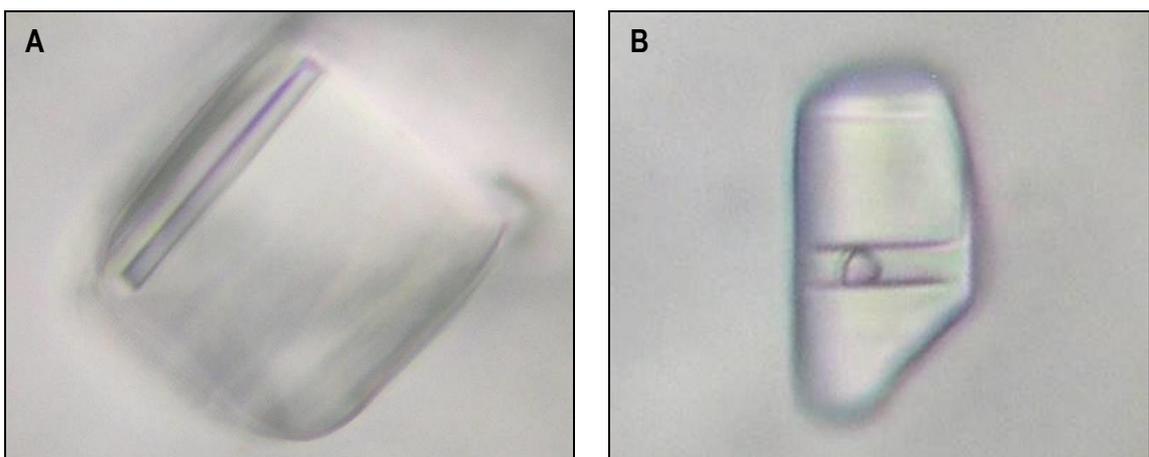


Figura 188: Inclusiones observadas a 600 a. **A:** Cristal prismático de CaSO_4 anhidrita? **B:** Podría ser una burbuja con líquido de la solución salina generadora y una burbuja gaseosa en su interior. Col. JE5857d, recogida en agosto de 2011, yacimiento de La Salina. Foto J. Gil, 2011.

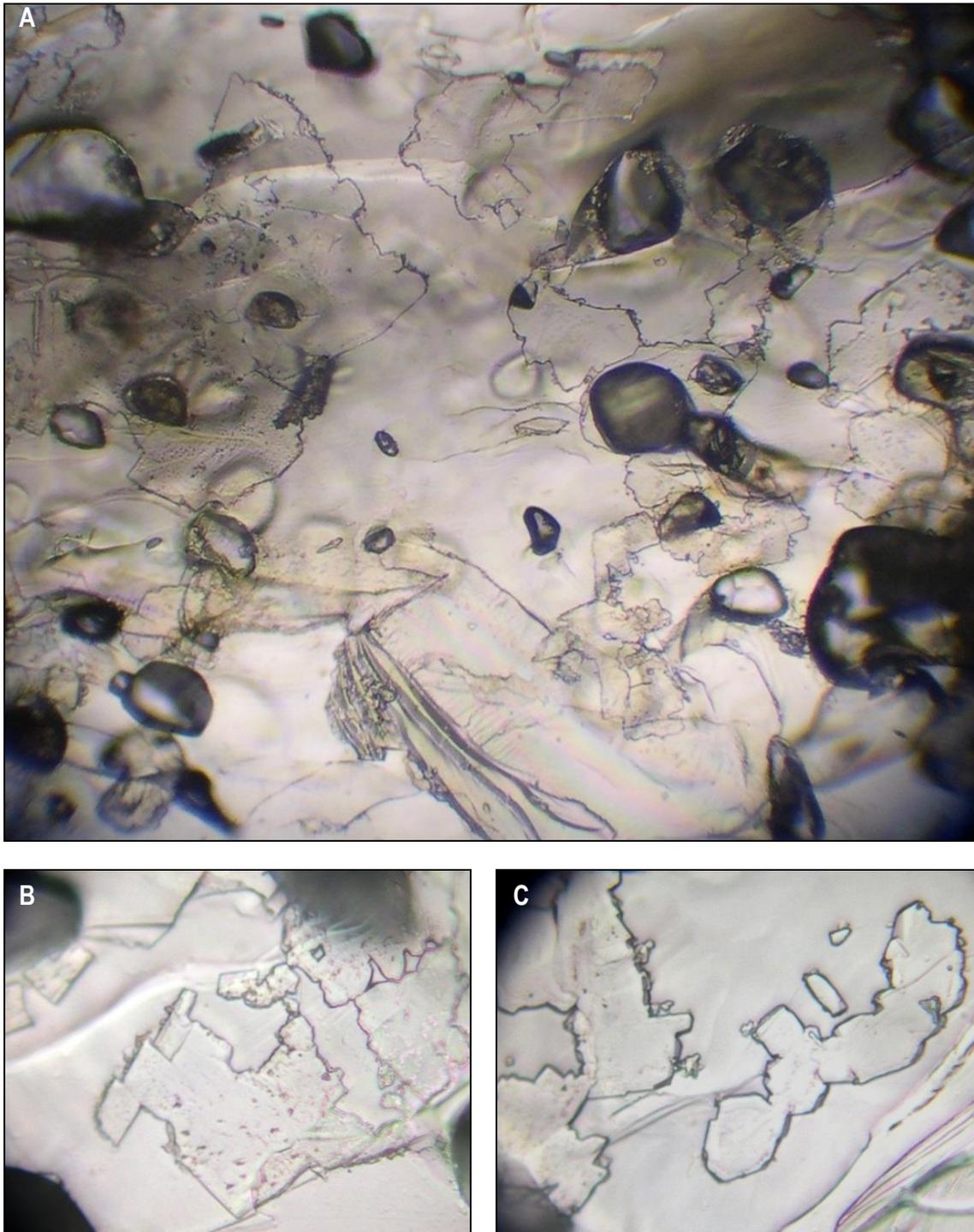


Figura 189

Inclusiones salinas observadas en el interior de un Jacinto blanco transparente con núcleo lechoso y algunas inclusiones arcillosas diseminadas irregularmente.

A: *Campo de burbujas y gránulos de halita observados a 150 aumentos en donde se ve un plano de crecimiento de cristales de una sal. Los análisis SEM/EDS han revelado que los Jacintos como este presentan inclusiones de halita y yeso fundamentalmente.*

B y C: *Son el detalle de dos zonas de estos planos de crecimiento de cristales de sal en la masa silícea, observados a 600 aumentos. Col. JE5860, recogida en agosto de 2011, yacimiento "La Salina". Foto J. Gil, 2011.*

Pequeñas Cavidades. Cristales Negativos

En su crecimiento, los Jacintos pueden albergar en el interior **pequeñas cavidades**, no son burbujas sino huecos; pequeñas geodas de morfología muy variada, incluso cilíndrica (fig. 191). Pueden llegar a ocupar buena parte del cristal (Figs. 172B, 173 y 190), conectar con el exterior y ser un verdadero canal por el que penetra la solución salina. Son más grandes que las burbujas, escasas en un mismo ejemplar y generalmente contienen gases u otros minerales que cristalizaron en sus paredes al quedar atrapados en el interior (Figs. 192, 193 y 194).



Figura 190: Pequeña cavidad de 4 x 4 mm en el interior de un cristal blanco de 2,4 x 1,4 cm. Col. JE551. Yacimiento del "Monte Preubas", recogido en junio de 2008. Foto J. Gil, 2010.



Figura 191: Ejemplar JE5513-b. Pequeño canal próximo a la superficie del cristal. Encuadre 4 x 3 mm. Yacimiento del "Monte Preubas", recogido en enero de 1994. Foto J. Gil, 2010.

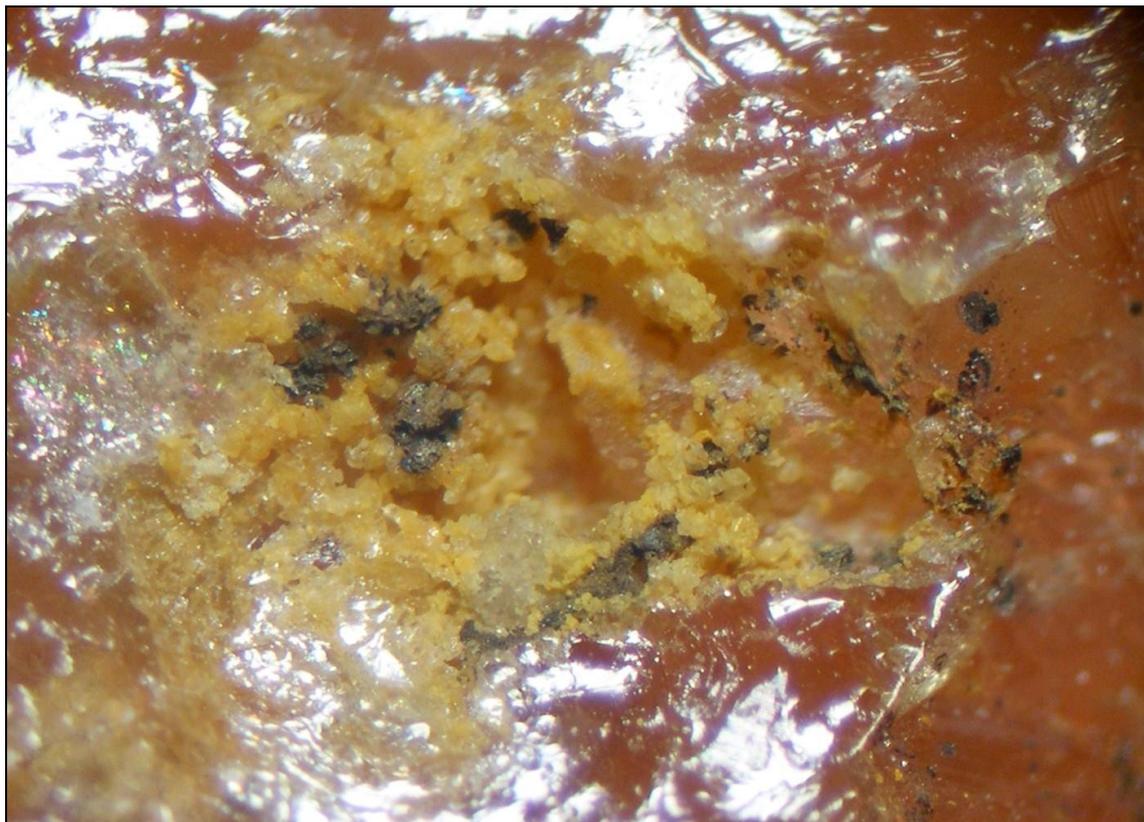


Figura 192

Cristal de 2 x 1,2 cm con una pequeña cavidad de 2 mm de diámetro y al menos dos minerales cristalizados en sus paredes. La cristalización de los minerales que forman las inclusiones, a menudo se desvía de las formas y hábitos típicos que se desarrollan durante un crecimiento sin obstáculos. Su identificación sin una metodología destructiva, resulta muy difícil. El mineral oscuro podría ser un óxido de hierro tipo hematites y el amarillo un carbonato con limonita.

Col. JE5543. Yacimiento de "La Salina", recogido en junio de 2008.

Foto J. Gil, 2010.

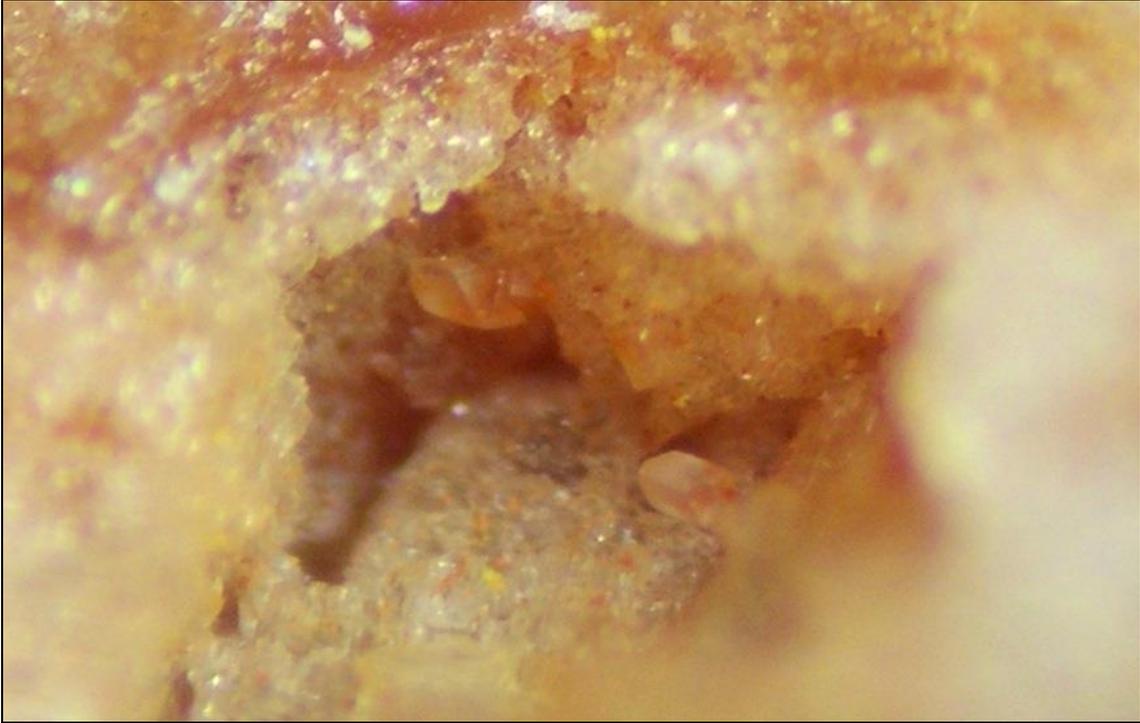


Figura 193: Geoda de aprox. 2 mm de diámetro perteneciente a la muestra Col. JE5543 en la que se observa un tapizado de cristales transparentes, algunos salpicados de inclusiones rojo anaranjadas y dos magníficos romboedros agudos de hábito idéntico al de las teruelitas del Keuper, probablemente de dolomita. El mineral de color amarillo (fig. 139) se presenta en la misma muestra. Yacimiento de "La Salina", recogido en junio de 2008. Foto J. Gil, 2010.



Figura 194: Geodilla de 3 mm. Se observa un tapizado de cristales de dolomita. Col. JE5670 Yacimiento de la "Umbría de la Fuente la Carrasca", recogido en abril de 2011. Foto J. Gil 2011.

Una clase muy particular de cavidades internas la constituyen los denominados **cristales negativos**. Estos cristales son cavidades que adoptan formas cristalinas muy parecidas a la de su huésped y que generalmente se disponen de forma paralela a las caras de éste.

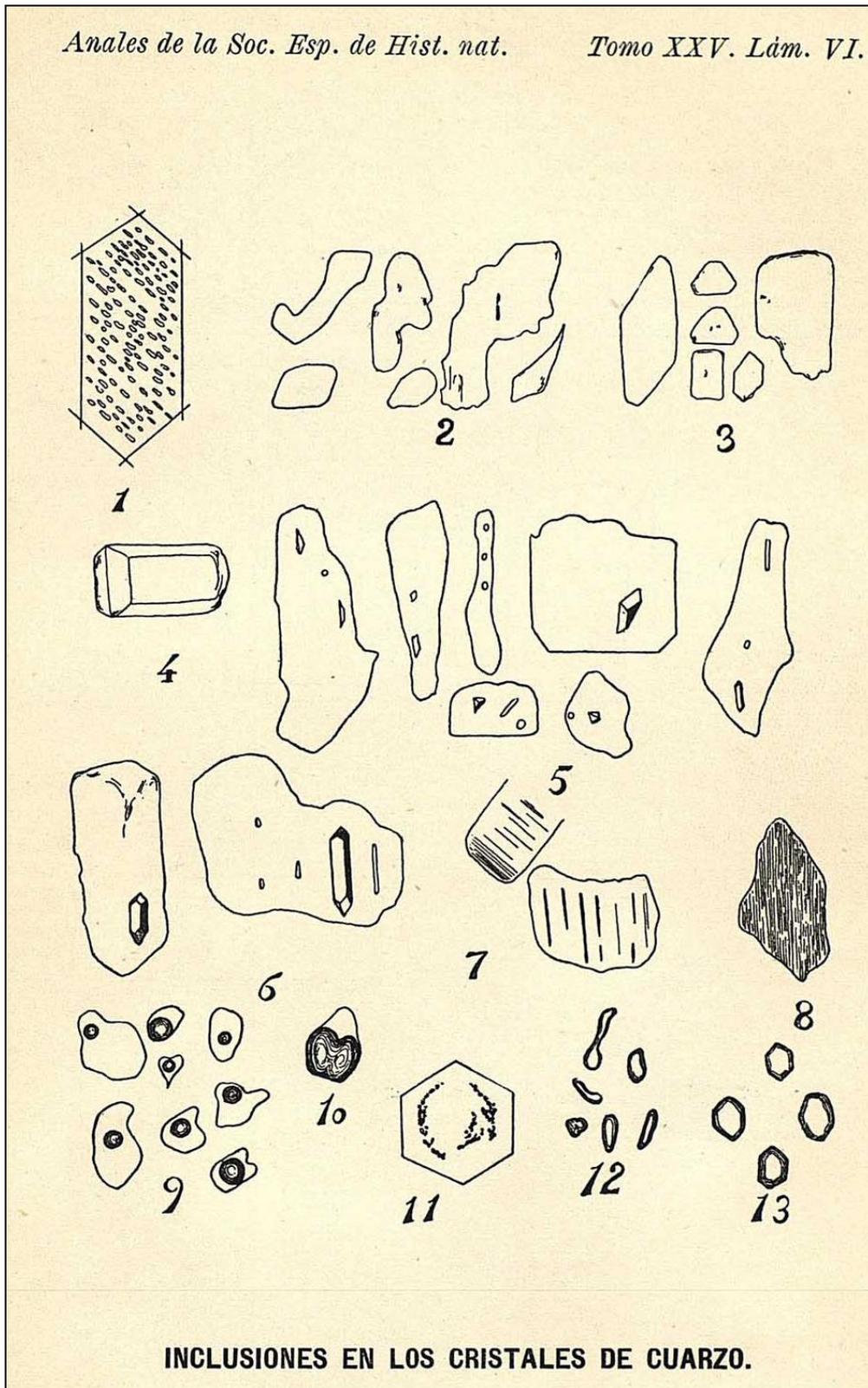


Figura 195

Lámina presentada por Chaves, F. en 1896, sobre las inclusiones encontradas en los cuarzos de las rocas epigénicas de Andalucía. 1: Microlitos alargados alineados. 2, 3, 4: Granos y formas poliédricas de Zircón. 5, 6 i 7: Inclusiones en los granos de Zircón. 8: Moscovita. 9 y 10: Inclusiones líquidas con burbuja gaseosa. 11 y 12: Poros gaseosos. 13: Inclusiones dihexaédricas o moldes negativos. Lámina obtenida de Anales de la Sociedad Española de Historia Natural. Serie II. Tomo quinto (XXV). (1896-1897).

Chaves, F. (1896) hizo un detallado estudio de las inclusiones que presentaban diferentes cuarzos biterminados (fig. 195), entre los que había Jacintos de Compostela obtenidos de yesos rojos. En él, se describe la presencia de “*moldes negativos*” como inclusiones dihexaédricas, e incluso se recogen las ideas de Macpherson, J. (1879) sobre su posible formación. Éste último los observa, en los cuarzos porfídicos de Sierra Morena.

Ortí Cabo, F. (1974) habla de “*crecimientos absorbidos*” estudiando láminas delgadas de Jacintos de Compostela de varias localidades y dice “...es corriente ver la parte externa del cristal limpia de inclusiones, así como cristales pequeños de cuarzo englobados a modo de inclusión dentro de otro mayor”.

La presencia de cristales negativos en los Jacintos de Compostela no es habitual; de hecho es bastante rara y a menudo se observan muy distorsionados. Resulta muy difícil distinguir sin destruir la muestra, si realmente se trata de un cristal negativo y por consiguiente de una cavidad con forma euhédrica o de un pequeño cristal de cuarzo incluido.

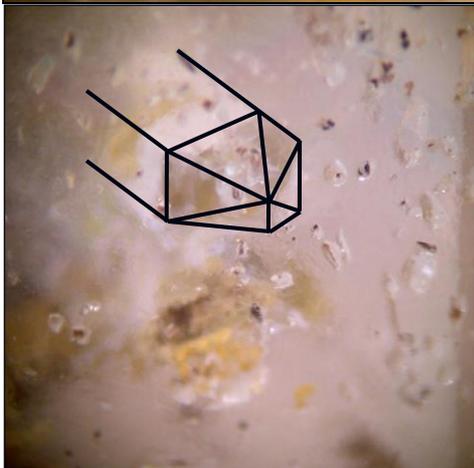


Figura 196

Detalle del ejemplar JE5490-b, en el que se observa claramente el hábito de un cristal alargado de cuarzo completamente transparente, dispuesto perpendicularmente a una de las caras del romboedro, es decir, apuntando con el vértice de una de las pirámides hexagonales hacia él. Se trata de un cristal negativo de pocos mm incluido en otro mayor blanco transparente de 1,9 x 1,2 cm. Obsérvese la presencia de numerosas inclusiones que lo acompañan. La muestra pertenece al yacimiento del “Monte Preubas” y fue recogida en enero de 1994. Foto y dibujo Jenaro Gil, 2010

De todas las muestras recogidas en Canales-Andilla, únicamente 3 presentan este tipo de inclusión. Se trata de un fenómeno muy difícil de observar a la lupa binocular tanto más teniendo en cuenta, que los Jacintos no suelen ser transparentes ni dejan ver

claramente lo que guardan en su interior y aunque los de Canales-Andilla sí nos lo permiten en gran medida, aun así, resulta complicada su detección (Figs. 196, 197 y 198).



Figura 197: *Detalle del ejemplar JE5590. Se observa claramente la presencia de un cristal transparente bipyramidado alargado de 1 mm, dispuesto paralelamente a una de las caras del romboedro; como un cristal negativo interior de otro mayor blanco transparente de 2,1 x 0,9 cm. Yacimiento "Monte Preubas". Regalo de Sifrido Serrano, recogido en 1994. Foto J. Gil, 2011*



Figura 198: Detalle del ejemplar JE5490-a. Se observa la presencia de un cristal bipiramidado alargado de 2,5 mm transparente, dispuesto paralelamente a una de las caras del romboedro; como un cristal negativo interior de otro mayor rojo anaranjado incompleto de 1,6 x 1,3 cm. Yacimiento del "Monte Preubas", recogida en enero de 1994. Foto y dibujo J. Gil, 2010.

Y en cuanto al análisis del contenido específico de estas cavidades y burbujas, en Jacintos de Compostela, no hay mucho en la bibliografía. Los importantes estudios microscópicos y espectroquímicos de Galvan (1963); Marfil, R. (1070) y Ortí Cabo, F. (1974) no se centran en este tipo de inclusiones sino que atienden al cristal en su totalidad.

La mayoría de los autores coinciden en señalar, que la presencia de burbujas gaseosas en inclusiones líquidas a temperatura ambiente, está directamente relacionada con bajas presiones y temperaturas de formación del cristal.

Las Marcas de Crecimiento. Estrías, Fantasmas y Bandeados

Otra clase de inclusiones singenéticas la constituye la presencia de **marcas de crecimiento**. Son frecuentes en los cristales de cuarzo líneas de crecimiento, de maclado, de agrupación de cristales y bandas de distinta coloración.

En todos los Jacintos de Compostela, y también en los de Canales-Andilla, observamos **estrías** como **líneas de crecimiento** especialmente en las zonas de contacto con otros cristales asociados (Fig. 199).

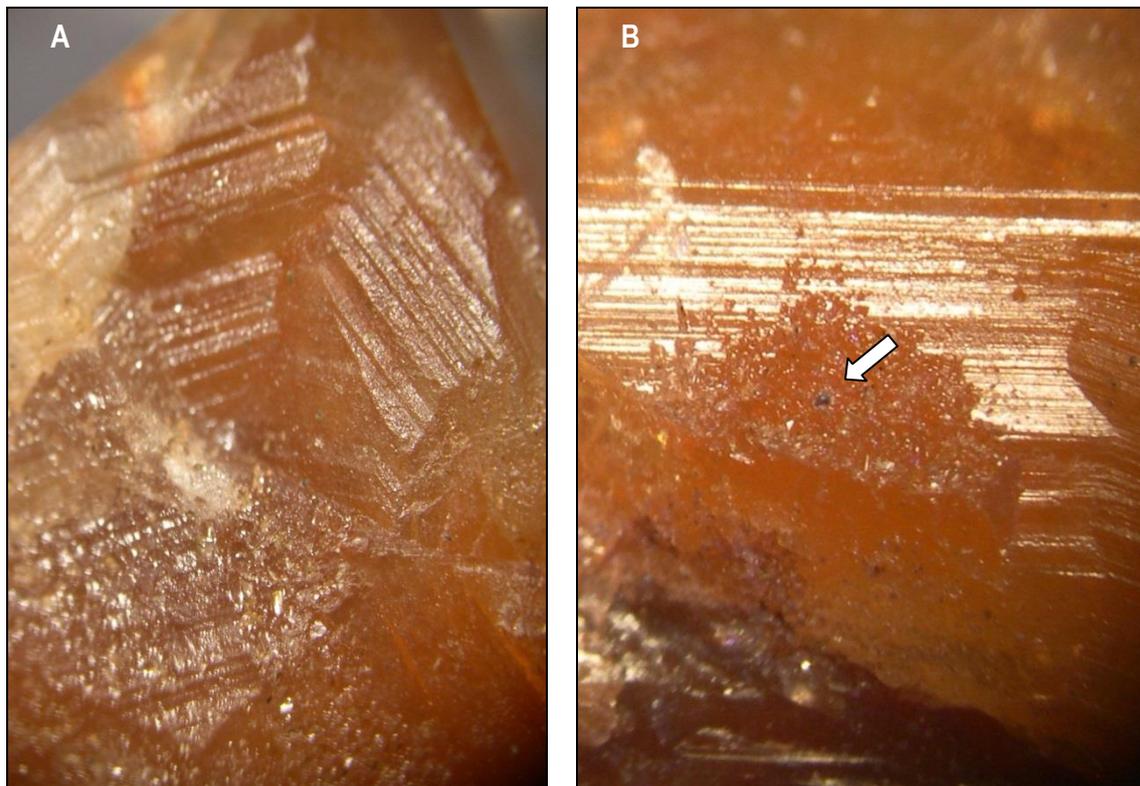


Figura 199: *Diferentes marcas de crecimiento observadas en las zonas de implantación del cristal con otros asociados. En ocasiones estas marcas se observan incluso a través de los cristales cuando éstos son muy transparentes. A: Col. JE5534. Encuadre aprox. 6 x 4 mm B: La presencia de una partícula en medio del campo de estrías de crecimiento ha provocado un halo de interferencia. Encuadre aprox. 3 mm. Ambos del yacimiento del "Monte Prebas", recogidos en enero de 1994. Col. y foto Jenaro Gil, 2010.*

Las **bandas de distinta coloración**, se producirían por cambios en la composición de la solución salina o de las condiciones de cristalización en el ambiente generador. Este es el caso de los conocidos **cristales fantasma** (Figs. de 200 a 205), en los que las condiciones de cristalización variaron tanto, que se puede observar varias etapas de crecimiento. Estos cristales singulares son especialmente buscados por los coleccionistas, ya que presentan coloraciones con formas muy llamativas.

Los fantasmas de crecimiento en el cuarzo se originan, cuando el cristal es parcialmente invadido por otro mineral en una primera fase de cristalización y al detenerse transitoriamente su crecimiento, al variar las condiciones del medio, este mineral queda englobado por su hospedador, al reanudarse después su crecimiento con otras condiciones de formación distintas. Por este motivo, los fantasmas interiores pueden guardar la relación de aspecto del crecimiento del cristal detenido y a menudo se muestran con hábitos perfectamente reconocibles, como si hubiese un cristal de cuarzo dentro de otro (Fig. 202).

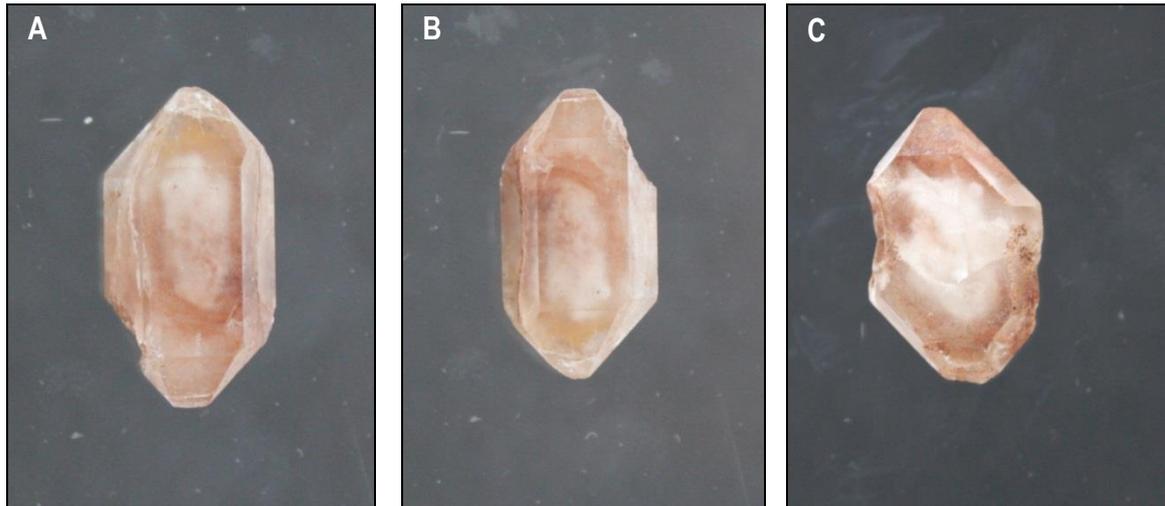


Figura 200: *Fantasmas prismáticos en el interior de Jacintos casi transparentes. A y B:* muestran dos posiciones distintas del mismo cristal de 1,6 x 0,9 cm, en el que se observa perfectamente un fantasma de hábito prismático bipiramidal. *C:* es un Jacinto de 1,8 x 1 cm en el que se observa cómo su fantasma prismático parece distorsionarse siguiendo las pautas de crecimiento que sufrió el cristal hospedador, también deformado. Ambos son del yacimiento del "Monte Preubas", recogidos en enero de 1994. Col. JE2610, foto Jenaro Gil, 2010.

En los Jacintos de Compostela de Canales-Andilla, es fácil observar fantasmas de crecimiento. Frecuentemente los encontramos blancos, generalmente prismáticos, en cristales pseudo-transparentes (Figs. 200, 201 y 202) o de color rojo anaranjado, como si un Jacinto algo difuminado estuviese dentro de otro perfecto (Figs. de 202 a 205).



Figura 201: *Otra fotografía, en la que se compara los fantasmas prismáticos de los tres ejemplares que componen la muestra JE2610. Obsérvese la curiosa forma que presenta el fantasma del primer cristal. Todos del yacimiento del "Monte Preubas", recogidos en enero de 1994. Foto Jenaro Gil, 2010.*



Figura 202: *Fantasmas interiores en las muestras Col. JE5486 a y b. Se trata de dos Jacintos distintos con fantasma de color rojo anaranjado en su interior. El de la izquierda es un cristal de 1,1 x 0,6 cm y el de la derecha de 1,4 x 0,8 cm ambos del yacimiento del Monte Preubas, recogidos en enero de 1994. Encuadre aprox. de 5 mm. Foto Jenaro Gil, 2010.*

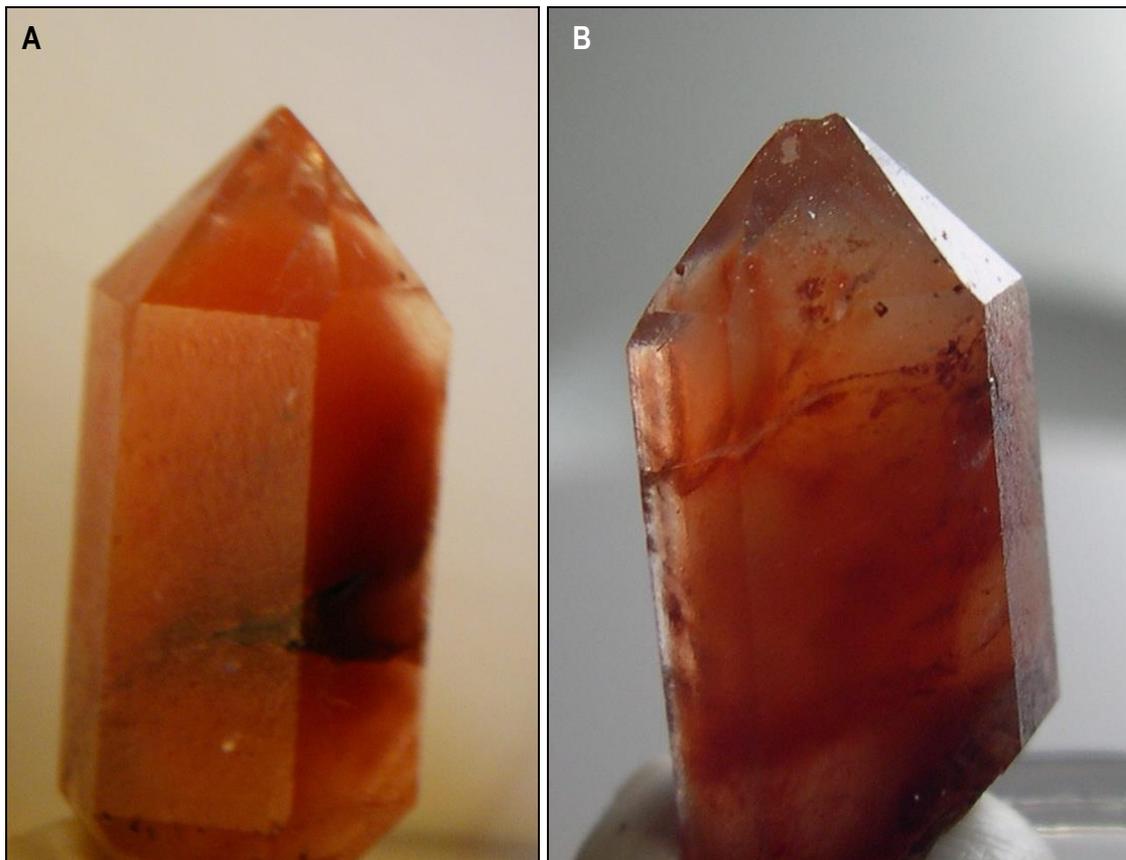


Figura 203: **A** y **B**: son dos cristales con fantasma rojo anaranjado recogidos en el yacimiento del "Monte Preubas". **A**: Col. JE5500 de 1,9 x 0,7 cm y de junio de 2008; **B**: Col. JE5495, de 1,5 x 0,7 cm y de enero de 1994. Foto Jenaro Gil, 2010.

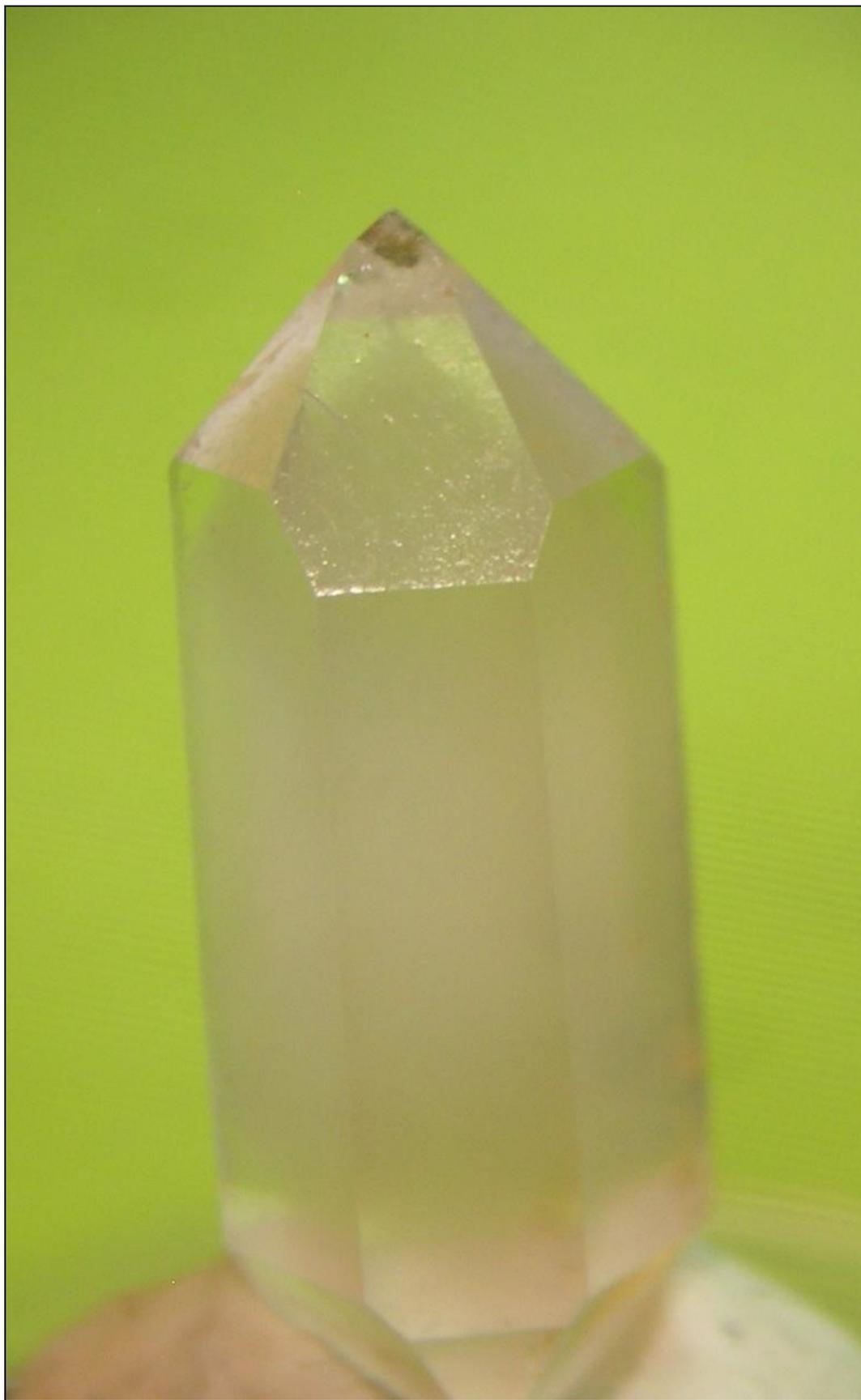


Figura 204

Jacinto de 1,5 x 0,5 cm con un fantasma blanco perfectamente euhédrico.

Col.JE4346.



Figura 205

Detalle del ejemplar JE5594b. Magnífica fotografía en donde se observa claramente la presencia de un fantasma interior anaranjado, que incluso guarda la apariencia geométrica y la nitidez de una de las aristas del romboedro que forma la pirámide hexagonal.

Cristal de 2,1 x 1 cm transparente anaranjado.

Yacimiento del "Monte Preubas". Regalo de Sifrido Serrano Valero, recogido en 1994.

Foto J. Gil, 2011.

En ocasiones, este proceso de crecimiento interrumpido se repite varias veces o de forma cíclica en los cristales de cuarzo, de manera que el mineral huésped, a través de un **bandeado o zonación**, se nos revela como un verdadero testigo de las diferentes fases de crecimiento del cristal, en el que como si fuesen los anillos de crecimiento del tronco de un árbol, podemos contar cuantas veces se detuvo el crecimiento y cómo variaron las condiciones de su formación.

Grimm, W. D. (1962) indicó que las inclusiones ofrecen con frecuencia ordenación zonar y se disponen paralelamente con respecto a las caras cristalinas confinantes.

Galván, J. (1963) obtuvo varias fotografías al microscopio óptico de láminas delgadas de Jacintos de Sigüenza y Riba de Saelices (Guadalajara), Montroy (Valencia), Ciudad Rodrigo (Salamanca) y del Barranco del Salobral (Teruel); en los que se observaba la presencia de estructura zonar atribuible a distintas fases de crecimiento del cristal.

Marfil R. (1970), apunta que a pesar de que varios autores hablan de estas zonaciones, no las ha observado al microscopio en las muestras estudiadas y es partidaria de un monocristal, aunque aporta una fotografía dudosa, que interpreta como el resultado de concentrarse las inclusiones en el interior del cristal dejando una banda de cuarzo más nítida en los bordes.

Ortí Cabo, F. (1974), sólo ha encontrado este tipo de zonación en Jacintos del K1 asociados a niveles calcáreos, en los que se observan dos y hasta tres fases de crecimiento. No se trataría de Jacintos formados bajo condiciones salinas según las ideas de Grimm (1962) y para el resto de Jacintos, encuentra y opina lo mismo que Rafaela Marfil.

En los Jacintos de Canales-Andilla no es difícil encontrar signos de zonación, la sección transversal de algunos cristales revela este fenómeno y a menudo se nos muestran varias fases distintas de crecimiento en los cristales (Figs. 206 y 207A). Las figuras 207B y 208 muestran dos casos especiales con un bandeado espectacular.

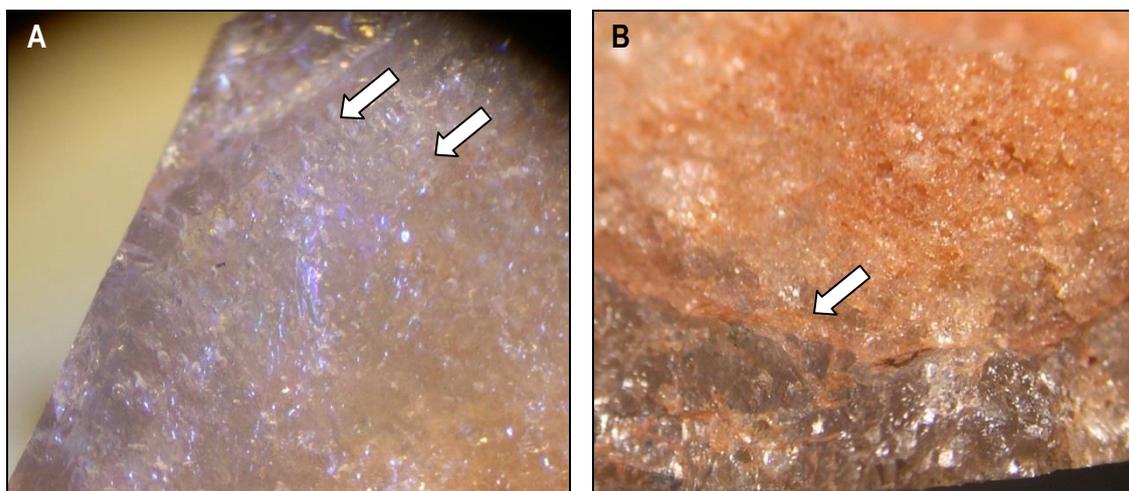


Figura 206: Cortes transversales al prisma hexagonal de dos Jacintos blancos distintos, observados a la lupa binocular, en los que parece observarse varias fases de crecimiento. **A:** Dos y hasta tres fases distintas de crecimiento. **B:** Dos fases de crecimiento. Encuadre aprox. 2 mm, yacimiento de "La Salina", recogidos en junio de 2008. Col. JE5472. Foto J. Gil, 2010.

También al microscopio y a 60 aumentos hemos observado esta zonación, en la que se alternan distintos episodios de cristalización de la sílice con y sin impurezas arcillosas. La imagen de la figura 158B correspondiente a la muestra JE5858 recogida en el yacimiento de "La Salina" es un buen ejemplo de ello.

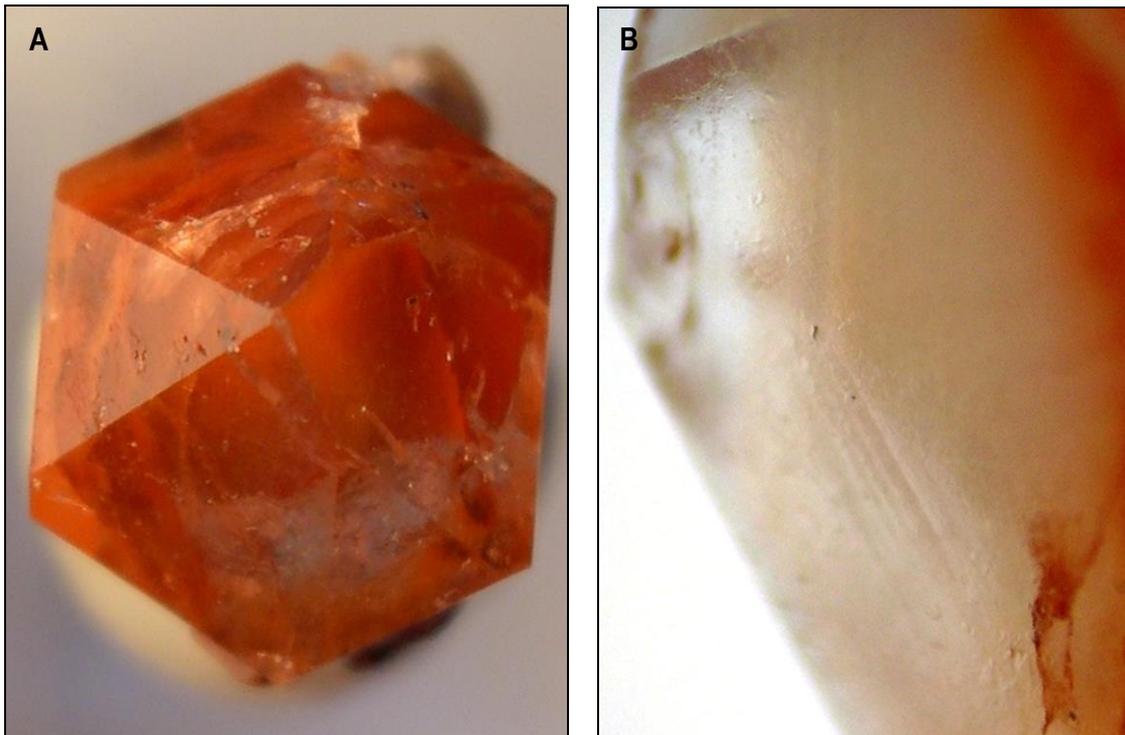


Figura 207: **A:** Cristal de 2,2 x 1,1 cm en el que parece observarse un cierto bandeado más o menos concéntrico, Col. JE5514a. **B:** Detalle del fantasma de un Cristal de 1,7 x 0,8 cm en el que se observa claramente varias fases de crecimiento. Encuadre 3 mm, Col. JE5514b. Ambos recogidos en el yacimiento del "Monte Preubas", en junio de 2008 y en julio de 2011 respectivamente. Foto Jenaro Gil, 2011.



Figura 208: Lámina delgada de 6 x 0,5 mm de un cristal en el que se observa a la lupa binocular, varias fases de crecimiento. La zonación está formada por fases de inclusiones hematoideas alternas con otras de sílice transparente. Yacimiento del "Monte Preubas", recogido en enero de 1994. Col. JE5545a. Foto Jenaro Gil, 2011.

Inclusiones EPIGENÉTICAS

Son inclusiones que se han producido al terminar el crecimiento del cristal de cuarzo. En los Jacintos de Canales-Andilla, encontramos inclusiones epigenéticas de dos tipos: aquellas debidas a cambios en los parámetros físicos del yacimiento (presión y temperatura) que condujeron a **deformaciones** y, las producidas por otros minerales que se unieron al cristal, bien introduciéndose a través de alguna grieta o fractura abierta, bien depositándose en su superficie como **incrustaciones o recubrimientos**.

Deformaciones físicas: fisuras y roturas

Los materiales del Keuper se presentan en la Hoja de Jérica afectados por esfuerzos tectónicos indiscutibles, aunque falta en la mayoría de sus afloramientos el importante diapirismo que puede observarse en otras regiones triásica próximas (IGME, 1977). Los afloramientos aparecen como bolsadas separadas por contactos mecánicos, asociados a una serie de fallas con hundimiento (Fig. 31).

Los cuarzos diagenéticos del Keuper de Canales-Andilla son testigos de ese marcado esfuerzo tectónico. Algunos Jacintos presentan la prueba de haber sufrido un fuerte estrés físico. Hemos encontrado cuarzos diagenéticos pertenecientes a distintas Formaciones del Keuper y por tanto de edades diferentes, con fisuras y fracturas semejantes (Figs. 209 y 210). Esto podría indicar, que los distintos cuarzos se habrían formado, cada uno, en su periodo evaporítico de relativa calma durante el Triásico Superior y que con posterioridad se habrían visto afectados por los mismos procesos tectónicos: dos de compresión durante el Cretácico y uno de distensión que se continuó durante el Terciario y que provocaría la rotura de los materiales y la Falla Normal de dirección NE-SO, próxima a los yacimientos.



Figura 209: Cuarzo morión completamente roto, englobado en su matriz dolomítico-limonítica de la Formación K1. Col. JE5668, cristal de 1,5 x 0,6 cm. Yacimiento del "Monte Preubas", recogido en abril de 2011. Foto Jenaro Gil, 2011.



Figura 210: Jacinto de 3 x 1 cm roto y doblado en su matriz de la formación K4, brechificada tras los esfuerzos tectónicos, junto a otros cristales fracturados. Col.JE4350, yacimiento de la "Umbría de la Fuente la Carrasca", en donde son muy abundantes este tipo de cristales. Recogido en junio de 2008. Foto Jenaro Gil, 2011.

Este marcado estrés mecánico hizo que los cristales soportasen grandes tensiones que terminaron por modificarlos leve o fuertemente. De forma leve (Fig. 211), produciéndose fisuras y exfoliaciones internas muchas veces asociadas a preciosas iridiscencias (Fig. 138). De forma acusada, produciendo fracturas importantes y la rotura de los cristales que por ello se presentan tan fragmentados y dispersos en los yacimientos (Fig. 212).



Figura 211

Pequeñas fisuras direccionales que atraviesan el prisma de un jacinto de 1,9 cm. Algunas revelan la dirección del esfuerzo tectónico que las originó. En este caso el cristal no estuvo sometido a gran tensión y las fracturas no alcanzaron la superficie ni se produjo rotura. Col. JE5593d, recogido por Sifrido en 1994 del yacimiento del Monte Preubas. Foto J. Gil, 2011.



Figura 212: Acumulación de cristales tras perder los sedimentos arcillosos debido a las fuertes lluvias y ser arrastrados por el agua a una zona de menor energía. Los Jacintos aparecen muy fracturados, debido al gran esfuerzo tectónico que sufrieron los materiales de esta zona y al efecto del arrastre que terminó por romperlos y separar los pedazos. En estas acumulaciones es fácil recoger muy buenos cristales, algunos de gran tamaño, que no corrieron esta suerte. Yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2011.



Figura 213: Cuarteado que alcanza la superficie exterior del cristal, presentándose perfectamente cementado. Encuadre aprox. de 6 mm, Col. JE5484a, Jacinto de 1,6 x 0,8 cm. Yacimiento del Monte Preubas., recogido en enero de 1994. Foto Jenaro Gil, 2010.

Muchos Jacintos fueron sometidos a tensiones tan grandes que terminaron por romperse. Hay cristales con fracturas importantes pero sin destruir, cristales en los que un cemento une los fragmentos (Fig. 213 y 214) como si de un puzle se tratase, Rafael Candel Vila (1928) los llama recementados, y ejemplares, donde las tensiones produjeron la rotura del cristal en varios trozos con un cierto desplazamiento, que tras cicatrizar y ser cementadas las partes, pueden adquirir un aspecto retorcido e incluso doblado (Figs. 215, 216 y 217). Este fenómeno queda muy bien reflejado en aquellos Jacintos que han permanecido englobados en su matriz (Figs. 209 y 210). Cuando el cemento que une los cristales rotos es la propia sílice, la fractura adquiere un aspecto lechoso dada la acumulación de micro burbujas que se generan en la zona de sutura.



Figura 214: Jacinto de 1,5 cm completamente roto y cementado. Col. JE6158c. Yacimiento de la "Umbría de la Fuente de la Carrasca", recogido en noviembre de 2012. Foto J. Gil, 2012.



Figura 215

Cristal completamente roto y cementado. Además se observa, que la parte superior está ligeramente inclinada hacia la izquierda. Encuadre aprox. de 7 mm. Col. JE5700b, cristal de 1,7 x 0,6 cm. Yacimiento de la "Umbría de la Fuente de la Carrasca", recogido en abril de 2011. Foto Jenaro Gil, 2011.

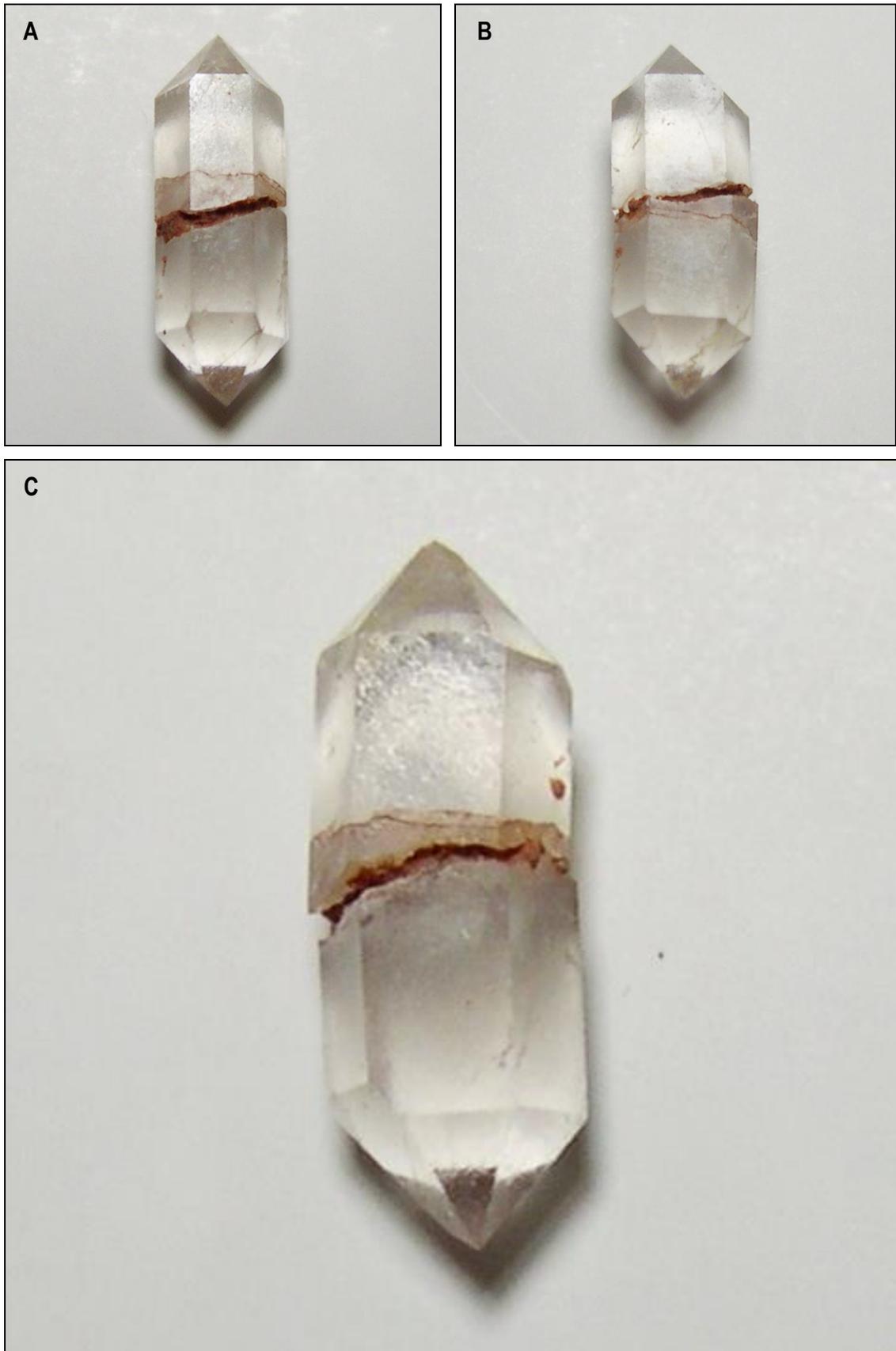


Figura 216: Las fotografías (A, B y C) muestran tres posiciones de un Jacinto hialino de 1,2 cm completamente roto, doblado y cementado. Claramente la fractura se produjo con posterioridad al crecimiento del cristal, que lo hizo en condiciones de ausencia de inclusiones, de ahí su nitidez. Col. JE6158a. Yacimiento de la "Umbría de la Fuente de la Carrasca", recogido en noviembre de 2012. Foto Jenaro Gil, 2012.

Sin embargo, un estudio realizado encontró (Goujou, 2004), que los cristales de cuarzo bipiramidal del Keuper de Corbières (Francia), no habían sufrido modificación alguna debida a los esfuerzos tectónicos que se produjeron en la zona. El material, muy plástico (arcillas y yesos), en el que se encontraban inmersos los cristales habría absorbido la energía de las deformaciones.

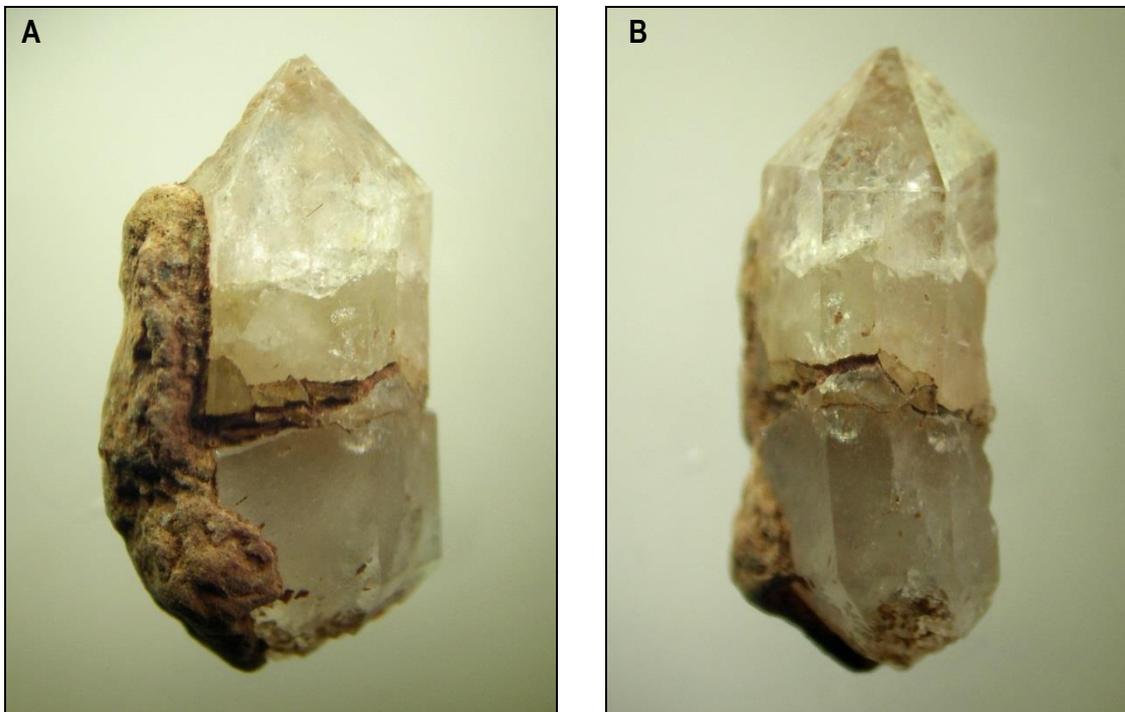


Figura 217: Cristal blanco de 1,7 x 0,6 cm en el que se observa una fractura con desplazamiento dando al cristal un aspecto curvo. **A:** Posición lateral con restos de la matriz carnolar que incluso penetra en el interior de la fractura. **B:** Vista frontal. Col. JE5593a. Recogido por Sifrido Serrano en 1994, del yacimiento del "Monte Preubas". Foto J. Gil, 2011.

Debemos señalar aquí, que en ocasiones resulta difícil distinguir si las deformaciones físicas se produjeron una vez concluido el cristal o durante el crecimiento del mismo, debido a posibles tensiones en el medio. En este caso la inclusión no sería epigenética sino singenética. Una característica común a muchos de estos Jacintos cuando se encuentran enteros, es su aspecto general cuarteado, dando la impresión de un cristal frágil a punto de romperse (Figs. 94, 152, 296, 297A, etc.). Las fisuras, grietas y exfoliaciones que presentan se circunscriben al interior del cristal, que externamente presenta, muchas veces, forma geométrica completamente idiomorfa con las caras **r**, **z**, y **m** perfectamente desarrolladas. Internamente parece como troceado, de hecho, debido a los minerales arcillosos preexistentes que penetraron y se difundieron por su interior (Fig. 154), cada zona puede presentar incluso distinta coloración.

En la figura 133 vemos dos cristales bicolors (JE2573) en los que se puede apreciar cómo las fisuras y grietas que atraviesan diagonalmente a los cristales no llegan a la superficie y las caras son perfectamente lisas. En ocasiones, el proceso continuo de crecimiento del cristal en diferentes fases, cubre estas zonas de penetración no dejando rastro en el exterior. En otros casos, si se observan rastros en el exterior de las grietas por las que penetraron las sustancias arcillosas, por ejemplo, en los Jacintos que componen la muestra JE2607 y que podemos ver en la figura 153.

Incrustaciones y Recubrimientos

Otra clase de inclusiones epigenéticas la constituyen las **incrustaciones** y **recubrimientos**. En los yacimientos de Canales-Andilla se recogen con facilidad cristales que presentan recristalizaciones de carbonatos que precipitan en la superficie (Figs. 218, 219 y 104A) y que incluso se incrustan en el interior del Jacinto a través de fracturas abiertas.



Figura 218: Ejemplar con recubrimientos de carbonatos de alteración. No se trata de restos de la matriz que lo contuvo. Col. JE4331b y 3,5 x 1,5 cm. Yacimiento del "Monte Preubas". Recogido en junio 2008. Col. y foto Jenaro Gil, 2010.



Figura 219: *Ejemplar con recubrimientos de carbonatos de alteración. No se trata de restos de la matriz que lo contuvo. Col. JE5524a, de 2,9 x 1 cm. Yacimiento del "Monte Preubas". Recogido en enero de 1994. Col. y foto Jenaro Gil, 2010.*

También **otros minerales** se unen a los Jacintos después de la última fase de crecimiento del cristal. Entre ellos hemos encontrado hematites (Figs.220 y 221) y diferentes concreciones de goethita-limonita principalmente.

Los óxidos e hidróxidos de hierro son muy comunes como inclusiones y revestimientos en los cristales de cuarzo y también en los Jacintos de Compostela (Fig.222). Algunos de estos compuestos son muy estables y el hierro es abundante, por lo que están casi omnipresentemente en los yacimientos. De todos los óxidos de hierro, hematites y

limonita son los que más abundan en ambientes sedimentarios a temperaturas de formación medias y bajas respectivamente. En muchos casos estos óxidos de hierro se presentan juntos, y resulta muy difícil identificarlos individualmente.

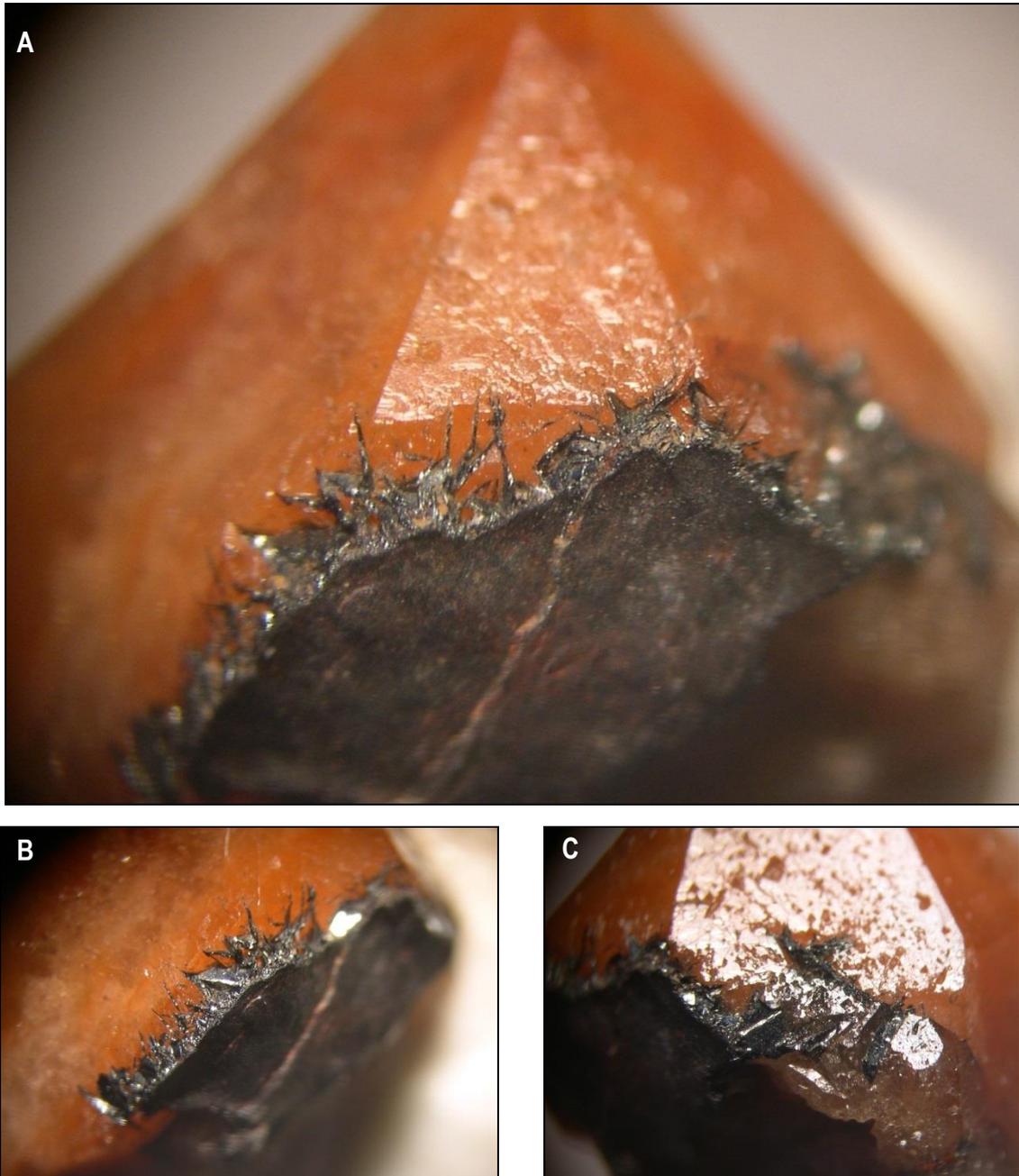


Figura 220

Distintas posiciones en las que se observa las inclusiones de hematites, aprovechando las fracturas y grietas que presenta un Jacinto anaranjado de 1,2 x 0,8 cm y encuadre aprox. 4 x 5 mm.

En el interior, también hay cristales aislados como agujas de hematites, pero tras una inspección más detallada se puede ver que simplemente son alargados cristales laminares irregulares de hematites.

*Estas inclusiones son conocidas en la literatura como "**beetle-legs**", patas de escarabajo.*

Col. JE 5471, recogido en enero de 1994 del yacimiento del Monte Preubas

Foto Jenaro Gil, 2010.

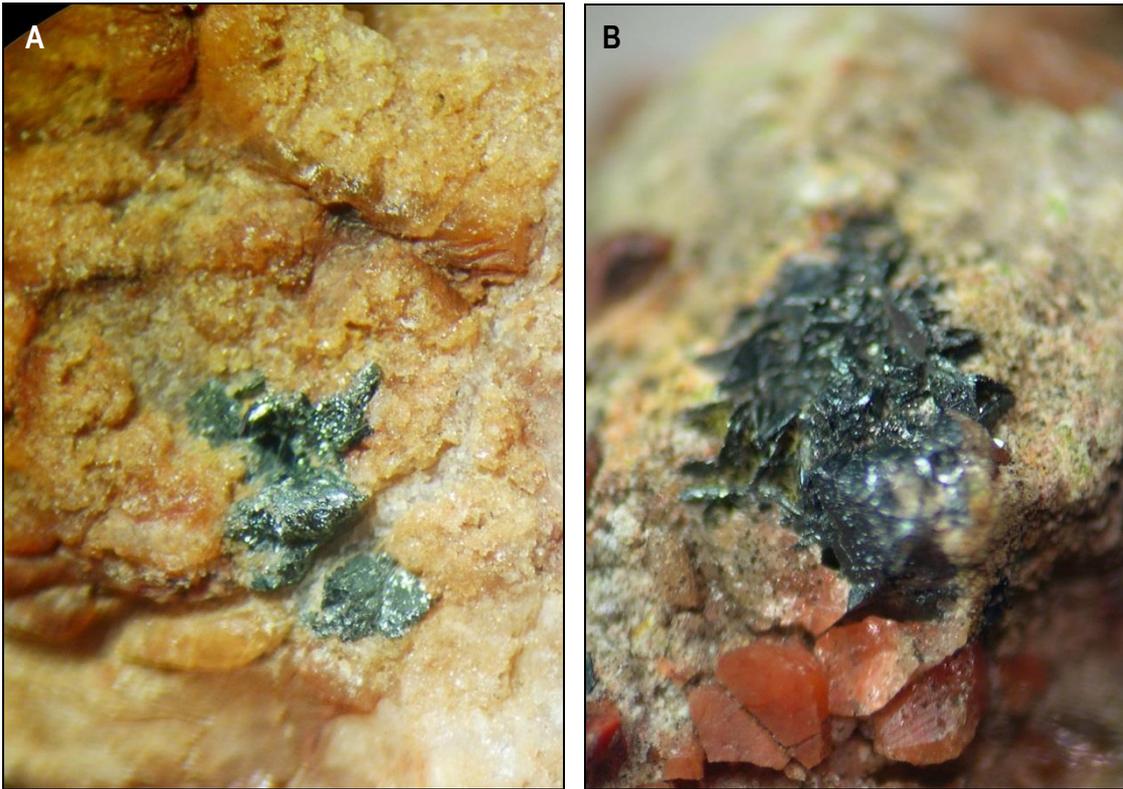


Figura 221: La hematites está presente en el yacimiento formando pequeñas masas informes (A) o cristales hexagonales muy deteriorados (B), repartidos por la superficie de los cristales o de la matriz que los contiene. Col. JE 5746a-b Encuadre de 6 mm. Recogido en julio de 2011 del yacimiento del Monte Preubas". Foto Jenaro Gil, 2011.



Figura 222: Jacinto de 2,6 x 1,2 cm fotografiado "in situ" recubierto completamente de una fina lámina de óxido de hierro que le otorga un color amarillo similar al de las limonitas sueltas que se encuentran diseminadas por el yacimiento. Col.JE5810, yacimiento de "La Salina", recogido en agosto de 2011. Foto "in situ" Jenaro Gil, 2011.

A la lupa y muy frecuentemente a simple vista, podemos observar pequeñas esferas (Fig. 225), nódulos, costras y diferentes inclusiones de color negro (Fig. 223) o amarillo (Fig. 224), que podrían ser debidas a goethita o limonita y que unas veces están recubriendo las caras de los cristales, otras localizadas en las zonas de fractura y otras dispersas por diferentes puntos de la superficie de la matriz que los contiene.

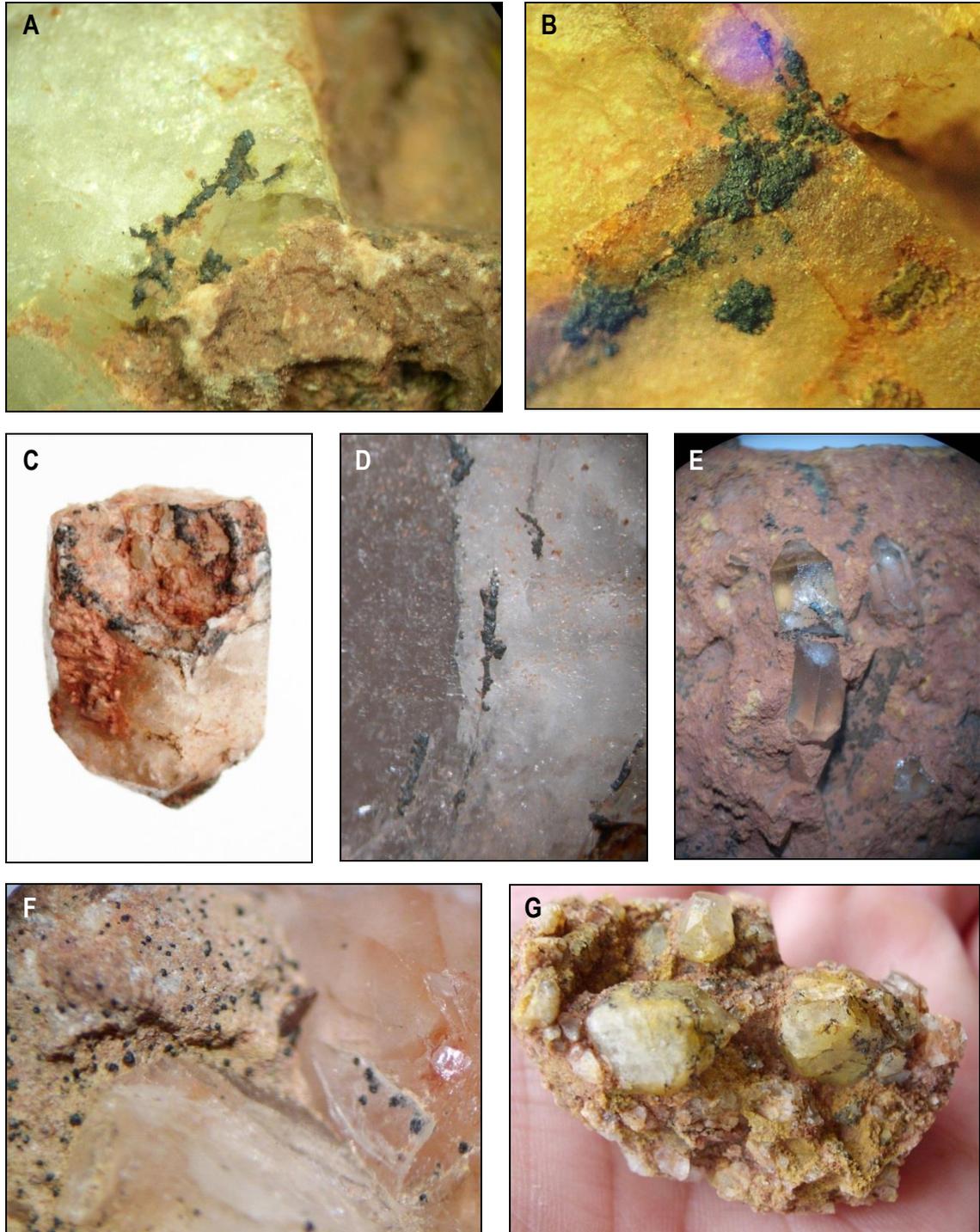


Figura 223: Diferentes inclusiones (negras) de óxido de hierro en superficie. **A:** Col. JE5654a, encuadre 5 mm. **B:** Col. JE4339b, encuadre 2 mm. **C:** Col. JE4342a, cristal de 2,1 x 1,3 cm. **D:** Col. JE4324a, encuadre 2 mm. **E:** Col. JE5669, Jacinto roto de 1,2 x 0,3 cm. **F:** Col. JE5499a, encuadre 3 mm. **G:** Col. JE5684, pieza de 4,2 x 3 cm. Diferentes yacimientos. Foto J. Gil, 2011.

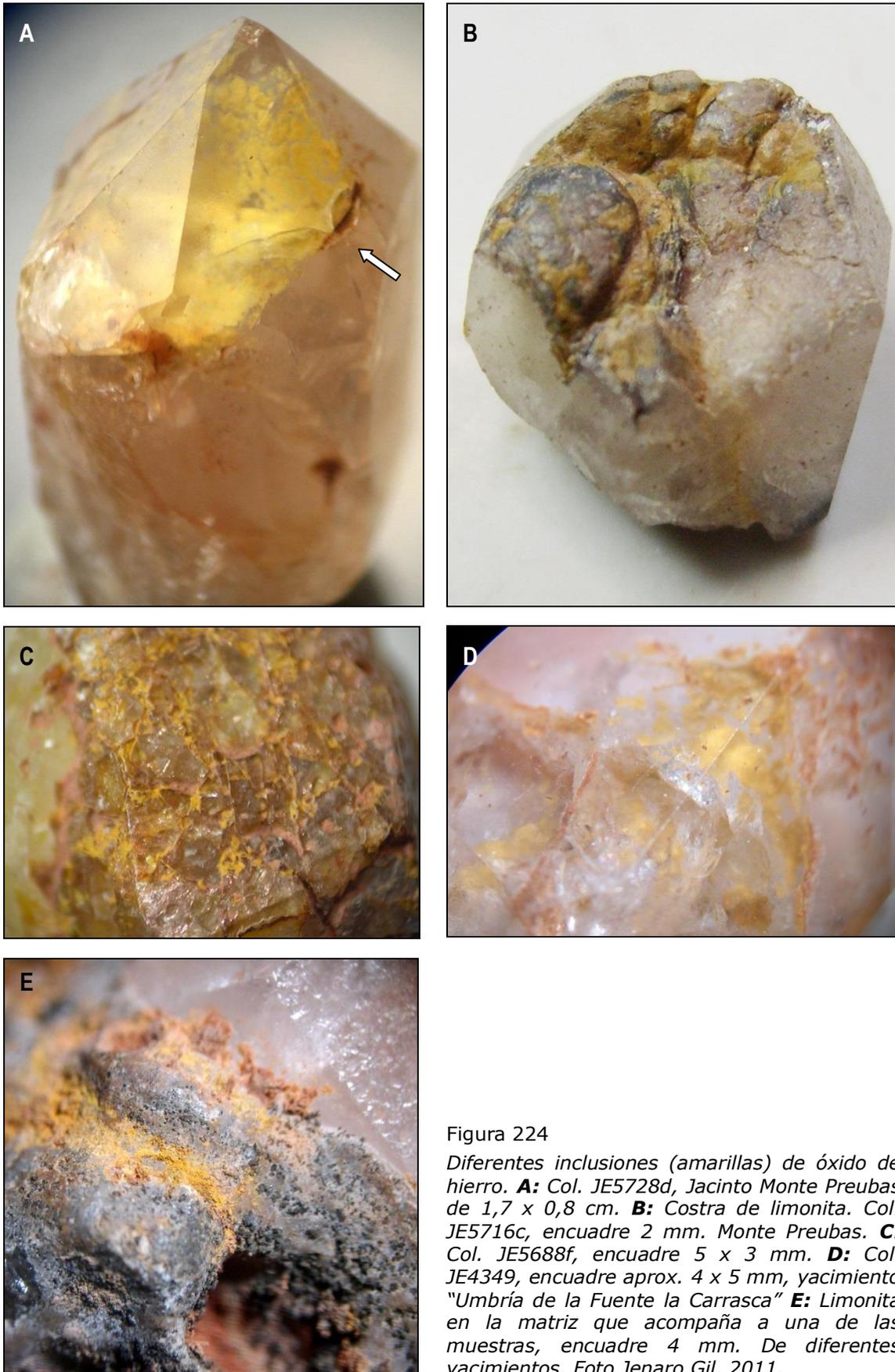


Figura 224

Diferentes inclusiones (amarillas) de óxido de hierro. **A:** Col. JE5728d, Jacinto Monte Preubas de 1,7 x 0,8 cm. **B:** Costra de limonita. Col. JE5716c, encuadre 2 mm. Monte Preubas. **C:** Col. JE5688f, encuadre 5 x 3 mm. **D:** Col. JE4349, encuadre aprox. 4 x 5 mm, yacimiento "Umbría de la Fuente la Carrasca" **E:** Limonita en la matriz que acompaña a una de las muestras, encuadre 4 mm. De diferentes yacimientos. Foto Jenaro Gil, 2011.

También hemos observado otros óxidos formando esferas pilosas y dendritas sobre la superficie de los cristales que podrían ser de Mn (pirolusita), como muestran las imágenes de las figuras 225B y 226.

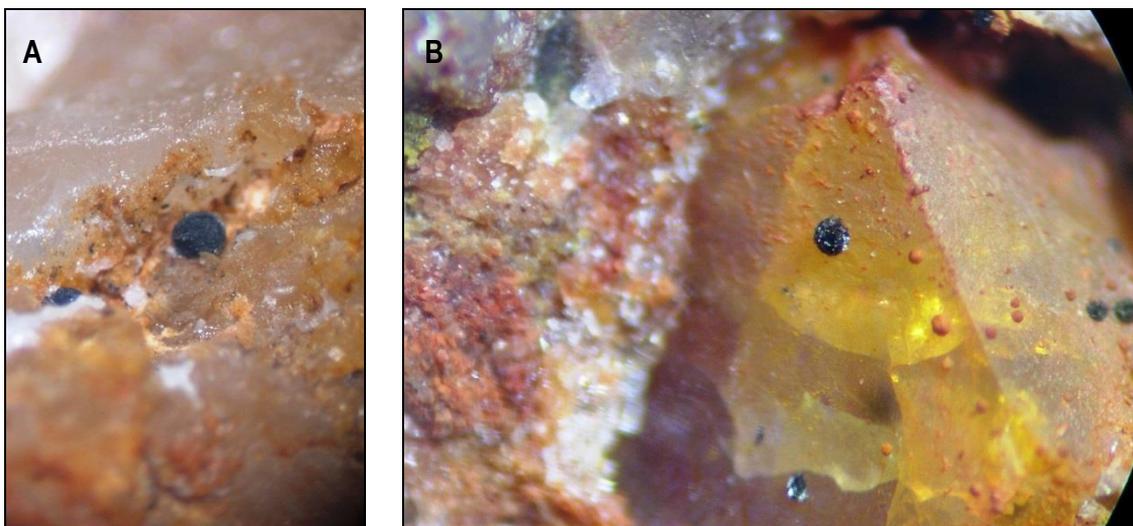


Figura 225: Micro-esferas de diferentes óxidos. **A:** podría ser goethita-limonita. **B:** por el aspecto piloso de la esfera podría ser de pirolusita, además también se observa un óxido de hierro que recubre al cristal otorgándole un color amarillento. Encuadre 2 x 1 mm. Col. JE5729, yacimiento de la "Umbría de la Fuente la Carrasca", recogido en abril de 2011. Foto J. Gil, 2011.

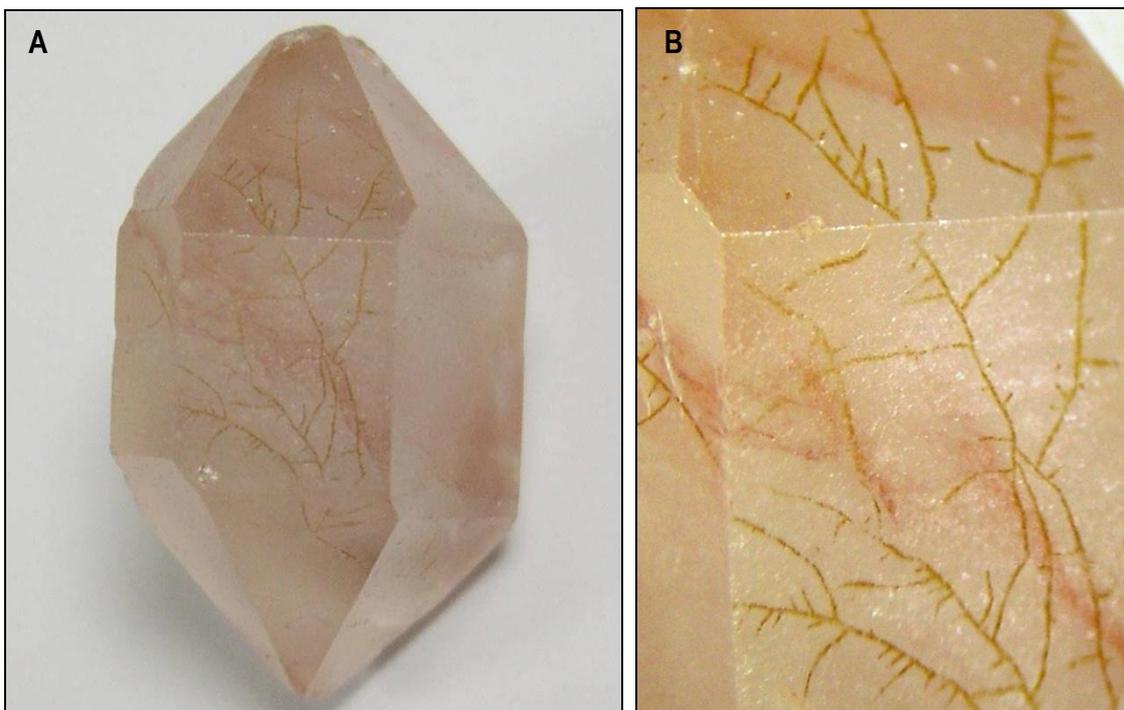


Figura 226: Dendritas de un óxido sobre la superficie de un Jacinto rosado (**A**) de 1,5 x 0,9 cm. **B:** Detalle del mismo ejemplar, encuadre de 9 x 6 mm. Col. JE5600, yacimiento del "Monte Prebas", recogido en 1994. Regalo de Sifrido Serrano Valero. Foto Jenaro Gil, 2011.

Y por último comentaremos en el apartado de inclusiones epigenéticas la presencia de cristales de cuarzo de segunda generación en el interior de algunas grietas y pequeñas cavidades o simplemente en la superficie, fácilmente reconocibles por su forma geométrica y color muy diferente al de su hospedador (Fig. 227).



Figura 227: Jacinto rojo bipyramidal de prisma corto de 0,6 x 0,4 cm y una grieta con cristales de cuarzo hialinos de segunda generación de 1 mm. Col. JE5726h, recogido en enero de 1994, yacimiento del Monte Preubas. Foto Jenaro Gil, 2011.

Otras inclusiones

Otras inclusiones de difícil identificación son una serie de partículas oscuras de brillo metálico, que podrían ser de algunos óxidos de elementos como Fe, y que se presentan de manera aleatoria en el interior de algunos cristales independientemente de su color (Figs. 228 a 233).

También, la figura 234, nos muestra unos gránulos coloreados de difícil identificación.



Figura 228: *Inclusiones metálicas en el interior de Jacinto. Col. JE5597b, Jacinto de 1,8 x 0,7 cm, encuadre 2 mm. Foto J. Gil, 2011.*



Figura 229: *Inclusiones metálicas en el interior de Jacinto. Col. JE5597b, Jacinto de 1,8 x 0,7 cm, encuadre 2 mm. Foto J. Gil, 2011.*

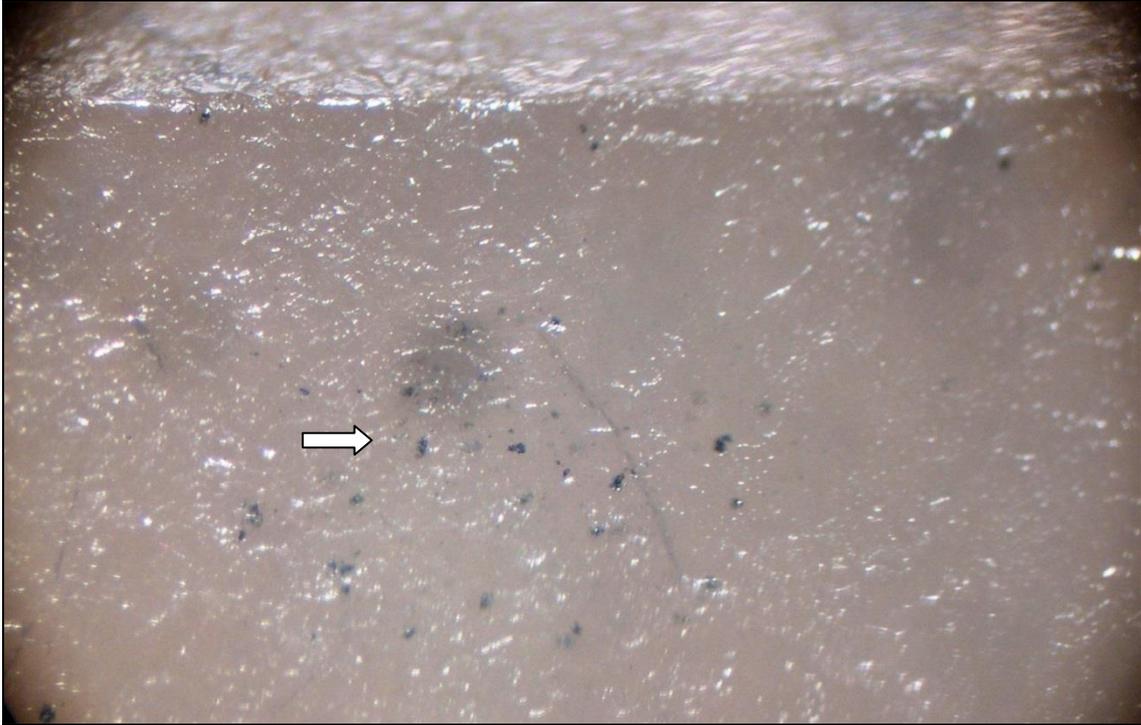


Figura 230: *Inclusiones metálicas en el interior de Jacinto. Col. JE5480b, encuadre 2 mm. Foto J. Gil, 2011.*

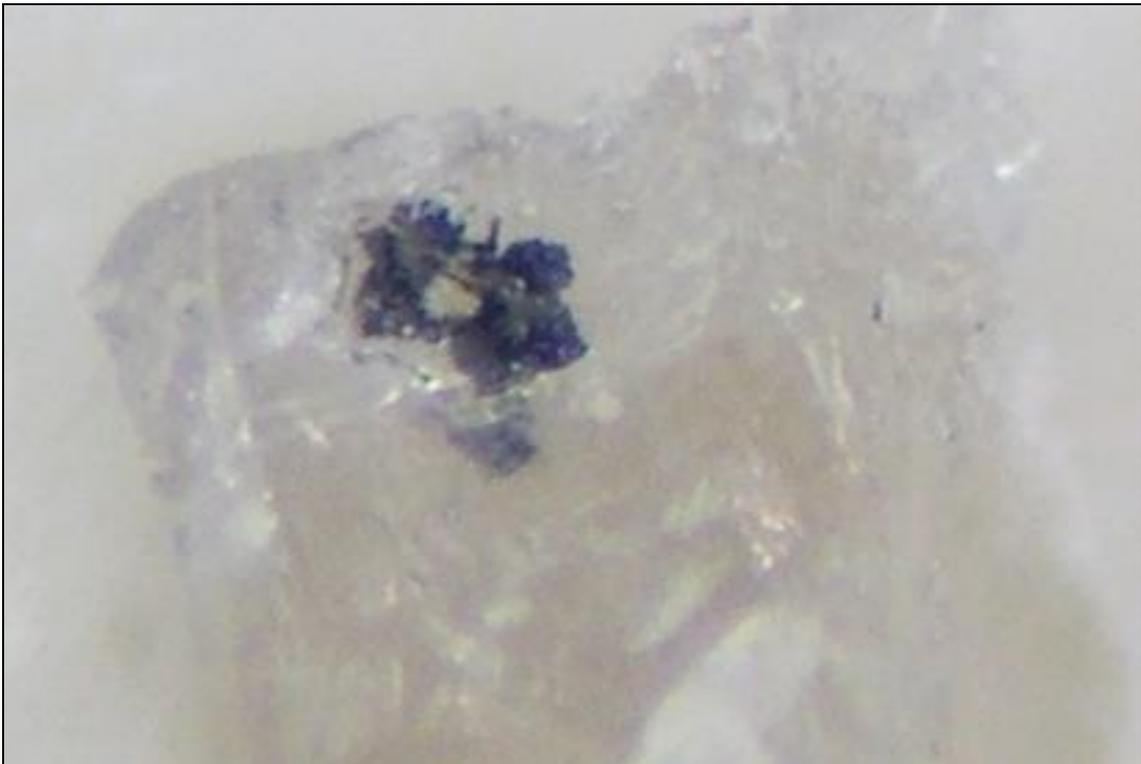


Figura 231: *Inclusiones metálicas en el interior de Jacinto. Col. JE5798a, encuadre 1 mm. Foto J. Gil, 2011.*

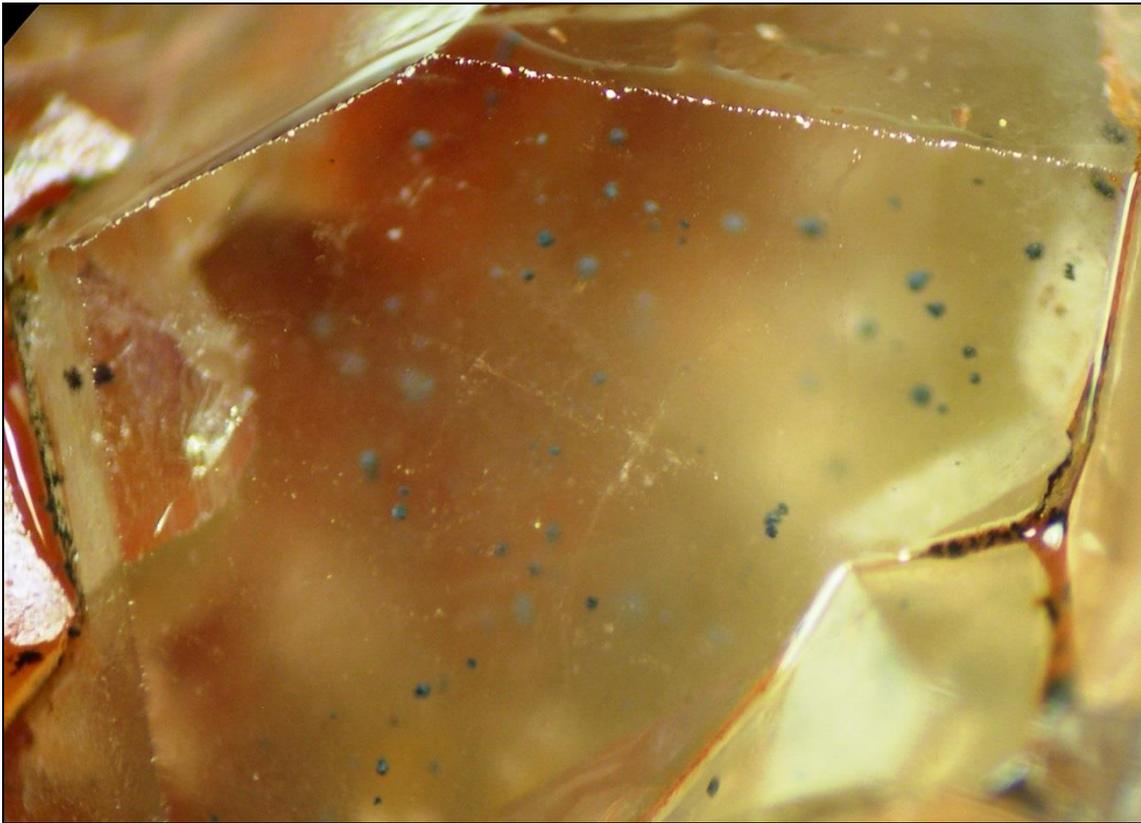


Figura 232: *Inclusiones metálicas en el interior de Jacinto. Col. JE5499b, encuadre 2 x 1 mm. Foto J. Gil, 2011.*

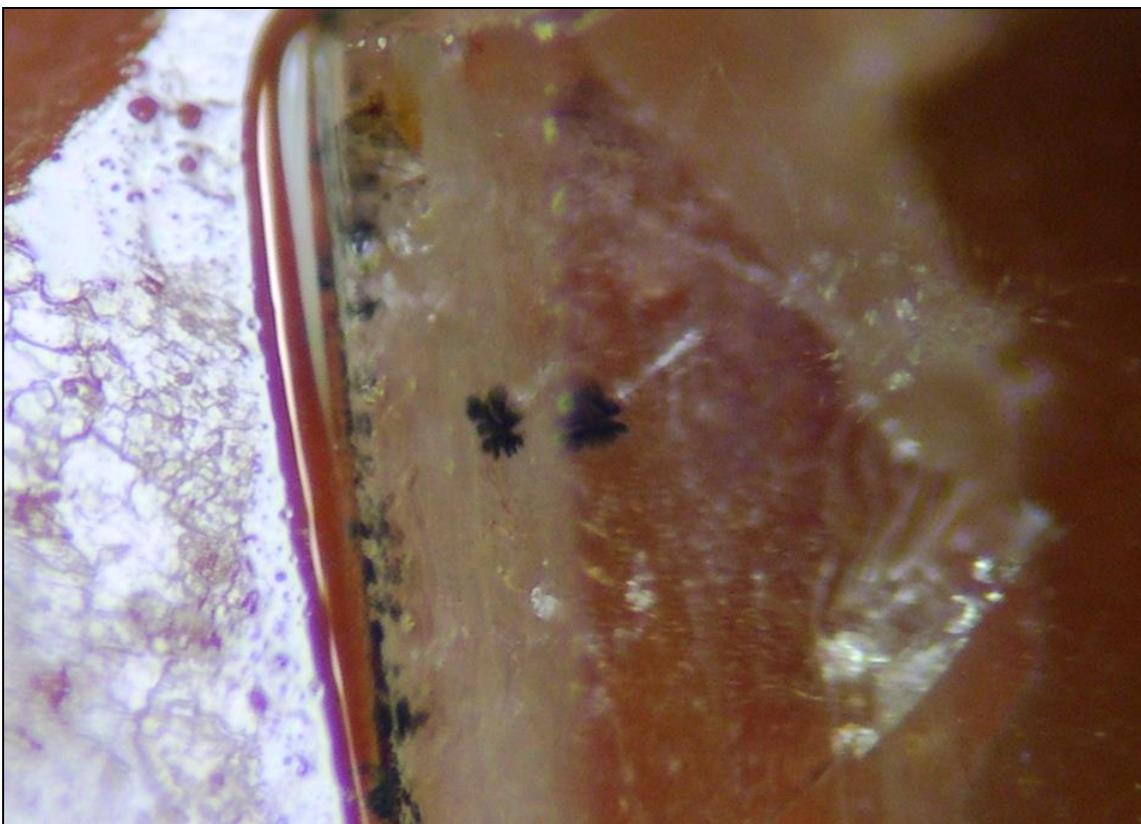


Figura 233: *Inclusiones metálicas en el interior de Jacinto. Col. JE5499b, encuadre 2 x 1 mm. Foto J. Gil, 2011.*

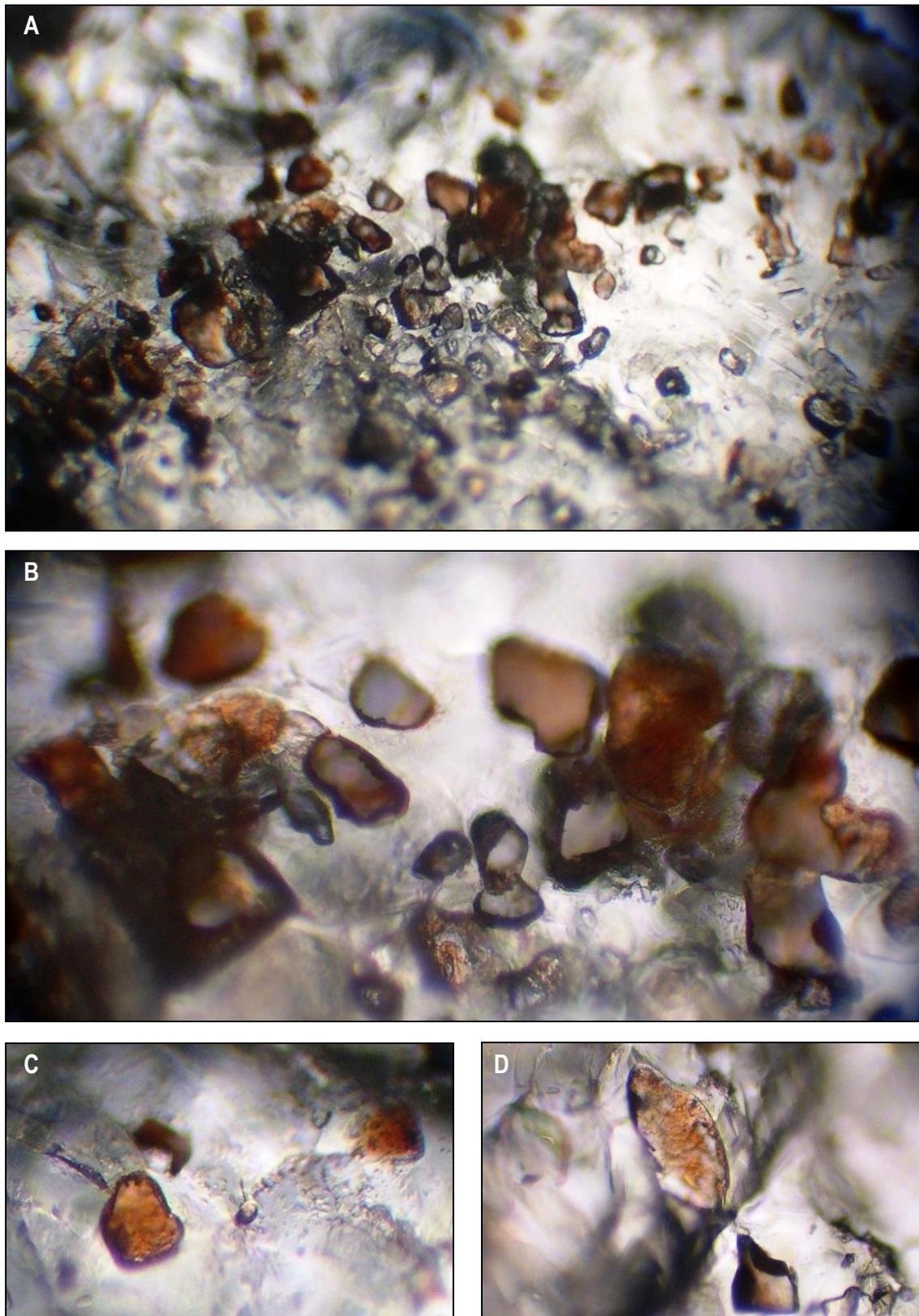


Figura 234

A: A 150 a. un campo de gránulos anaranjados inmersos en la matriz silíceea, junto a otros completamente transparentes y burbujas con diferentes inclusiones, algunas de MO.

B, C y D: A 600 a. Col. JE5946f3 recogida en diciembre 2011, en "La Salina".

Foto J. Gil, 2012.

Y aunque no se trate de minerales, aportamos en este capítulo unas fotografías que muestran cómo los seres vivos también invaden los cristales e incluso participan de forma modestamente activa, en su alteración (Figs. 235 y 236).



Figura 235: En las pequeñas grietas u oquedades de los cristales se alojan algas, musgos, diminutas raíces y líquenes que actúan como agentes geológicos externos colaborando en su alteración, al interactuar con el medio para obtener sus nutrientes. **A** JE5492 Liquen de talo crustáceo, encuadre 6 mm. **B**: JE4331 Cuerpos fructíferos de un liquen, encuadre 4 mm. **C**: JE5468b Cuerpos fructíferos de un liquen, encuadre 2 mm. **D**: Líquenes, en el interior de las fracturas abiertas sobre un cristal de 2,4 x 1,1 cm. Col. JE5680 **E**: Cuerpos fructíferos de un liquen, encuadre 3 mm. **F**: Briófito (musgo) creciendo en una grieta, JE5468a, encuadre de 2 mm **G**: Briófitos sobre un cristal rojo, encuadre de 5 mm **H**: JE5829 Algas sobre un Jacinto de 2,7 x 0,9 cm. Muestras de diferentes yacimientos. Foto Jenaro Gil, 2011.

El yacimiento del “Monte Preubas” fue objeto de un incendio que arrasó la zona en el verano de 1993, aún en la actualidad es posible ver restos de troncos quemados y arbustos ennegrecidos, especialmente en el lugar donde han aparecido los cristales más grandes (Fig. 56). La primera campaña de recogida de cristales fue muy próxima al incendio, aproximadamente unos 6 meses después y en muchos cristales hemos

observado la presencia de partículas carbonizadas en la superficie del cristal o en el interior de las grietas y algunos efectos que pudo haber causado el fuego debido a las elevadas temperaturas (Fig. 237).

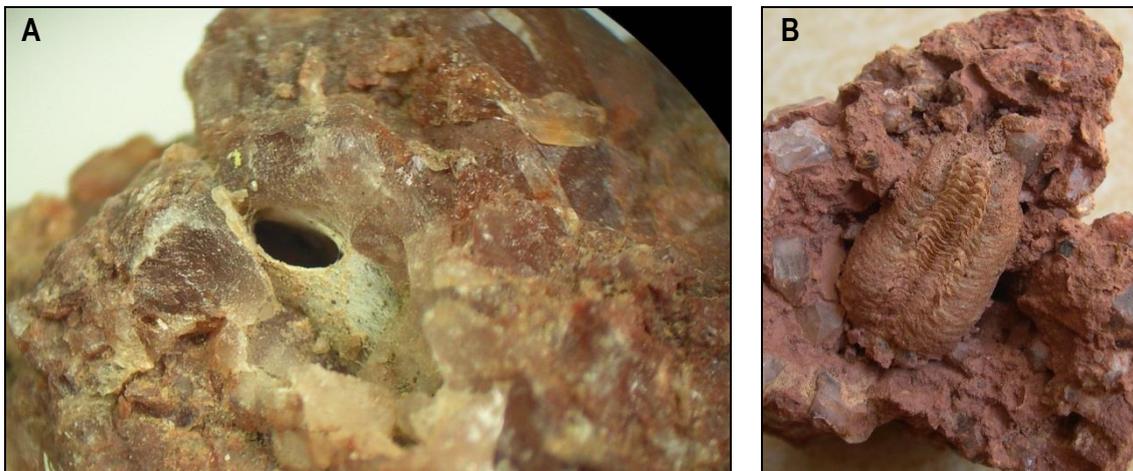


Figura 236: Algunos insectos y pequeños arácnidos también aprovechan cualquier oquedad en estos Jacintos para alojar la puesta de sus huevos. **A:** Prisma de Jacinto partido de 2,7 x 2,4 cm, encuadre 6 mm. Col.JE5651, yacimiento del "Monte Preubas", recogido por Sifrido S., en 1994. **B:** Pieza de 10 x 8 cm, yacimiento de "El Prao", abril 2011. Foto Jenaro Gil, 2011.

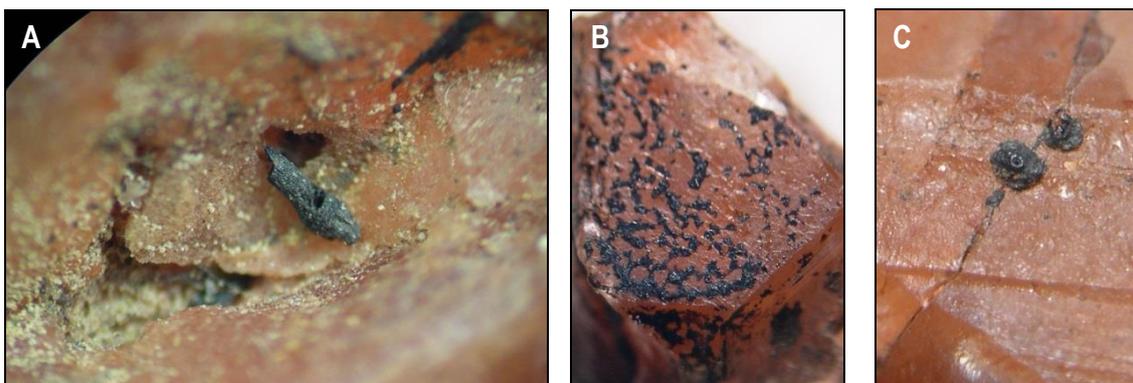


Figura 237: **A:** Partícula carbonizada extraída del interior de la pequeña cavidad que se observa en la parte superior, encuadre aprox. 4 mm **B:** Detalle del ejemplar JE5539a en el que se observa claramente la presencia de partículas oleosas de brillo grasoso que manchan la superficie del cristal, encuadre aprox. 5 mm **C:** En numerosos cristales hemos encontrado estructuras negras a modo de cráteres como emergiendo de fracturas que atraviesan el cristal y llegan a la superficie, encuadre aprox. 3 mm. Todos los ejemplares fueron recogidos en el yacimiento del Monte Preubas en enero de 1994. Foto Jenaro Gil, 2010.

Cuarzos Olorosos o "STINKQUARZ"

Se ha preferido tratar de forma separada esta clase de cuarzos, aunque en realidad son una modalidad constituida por inclusiones de origen orgánico, por representar un caso muy singular y significativo, entre los Jacintos que aparecen en algunos yacimientos de Canales.

Los "Stinkquarz", también conocidos como cuarzos betún o cuarzos olorosos, son cristales con un elevado contenido en materia orgánica (MO), que al ser golpeados y

troceados, desprenden un fuerte olor a betún, debido a la materia bituminosa que contienen.

De este tipo de cuarzos son famosos los “*Pforzheimer Stinkquarz*” de las localidades de Öschelbronn y Dietlingen cerca de Pforzheimer, Baden-Württemberg, (Alemania), donde aparecen asociados a las margas dolomíticas del “*Mittlerer Muschelkalk*” (Triásico medio), con formas cristalinas biterminadas de color ahumado a casi negro y por lo general de entre 0,5 a 2 cm, alcanzando raramente tamaños superiores (Möller, 2009).

Según Rudolf Rykart (1995), su formación podría estar ligada a la acción de las bacterias anaerobias que pueden vivir sin oxígeno entre los cadáveres de los organismos que se depositan en los sedimentos. Éstas producen, durante los largos periodos de diagénesis, su putrefacción y como resultado el betún (hidrocarburos de diferente composición y elevado peso molecular). Las partículas de betún se introducirían a través de los poros de los sedimentos en las soluciones de crecimiento de los cristales y por adherencia, permanecerían unidas a las superficies de los cristales de cuarzo que al continuar su crecimiento las englobarían y quedarían incluidas en él.

En algunos yacimientos se ha encontrado gran acumulación de estos cristales, muchos rotos, por lo que algunos autores han pensado que tales acumulaciones puedan tener un origen secundario; en el que los cristales, separados de su matriz original, serían transportados y depositados juntos. No obstante, después de haberse recogido cientos de ejemplares, se puede excluir un transporte fluvial ya que a pesar de haber cristales rotos, incluso los más pequeños conservan las aristas intactas (Morlock, 2004).

Grimm (1962), habla del valor de estos cuarzos como “*minerales guía*” en la formación de facies de sapropel, (*lodo de color oscuro que se forma en los lechos oceánicos como consecuencia de la sedimentación de materia orgánica durante largos períodos anóxicos*) relacionándolos con la roca madre del petróleo, e indica que en los sedimentos bituminosos los cuarzos idiomorfos son, con frecuencia, de neoformación sinsedimentaria. Su existencia en tales rocas es por consiguiente, un indicio de constitución primaria de betunes bajo condiciones euxínicas y de elevada concentración salina. También explica, que en estos cuarzos, se conservan inclusiones que son relictos de los indicios de las condiciones que reinaban durante su constitución, incluso cuando en la roca recipiente no han dejado una huella duradera de su actuación. Así es como se encuentran cuarzos que contienen en inclusión sal común, anhídrita y yesos, en sedimentos cuyo contenido salino ha desaparecido por lixiviación en tiempos ya remotos. Los cuarzos con inclusiones de anhídrita, en rocas recipientes yesíferas, indican la transformación posterior de la anhídrita en yeso. Gotitas de betunes oclusas en cuarzos turbios o cristalinos, así como el contenido difuso en los <<cuarzos fétidos>> que huelen mal al ser golpeados, pueden demostrar que su constitución tuvo lugar en una roca sapropélica, incluso cuando la roca envolvente ha quedado desoleificada por completo.

En Canales hemos encontrado este tipo de cuarzos olorosos principalmente en el yacimiento de “*La Salina*”, también en el del “*Monte Preubas*”, aunque en muy menor medida y no se han reconocido en el yacimiento de “*El Prao*” ni en el de “*La Umbría de la Fuente la Carrasca*”; aunque si se han localizado en otros puntos de la zona como en la localidad vecina de Andilla.

En el yacimiento de “*La Salina*” se encuentran sueltos o asociados a unos materiales ligeramente bituminosos con niveles limoníticos, yeso blanco sacaroideo y arcillas (Fig. 238). Acercándose al lugar, en ocasiones se reconoce inmediatamente el fuerte olor a

betún que se desprende en la zona, aunque ésta es muy localizada. Generalmente los “stinkquarz” están engastados en los materiales limoníticos, que aparentemente han perdido en gran medida toda huella bituminosa del origen de su formación.



Figura 238: Zona del yacimiento de “La Salina” donde aparecen los “Stinkquarz”, en ella se puede reconocer un fuerte olor a betún. En el centro, los niveles dolomítico-limoníticos del K1 en los que suelen aparecer engastados los “stinkquarz” de Canales. Foto Jenaro Gil, 2011.

El tamaño de los ejemplares recogidos oscila entre los pocos milímetros y los 1,5 cm de los agregados. El color varía del ahumado al completamente negro opaco y las formas cristalográficas más frecuentes son sin duda los agregados radiales, seguidos de los cristales individuales con prisma hexagonal biterminado, generalmente salpicados de pequeños cristallitos (Fig. 239) Los cristales simples perfectamente bipiramidados son muy escasos y suelen ser de pocos milímetros. En el yacimiento de “La Salina” es donde más fácilmente se recogen cristales engastados en su matriz limonítica (Figs. 239B, 240).

Al golpearlos y romperlos se desprende un fuerte olor como a ácido sulfhídrico (de huevos podridos) que permanece durante unos instantes hasta que se diluye en el ambiente. Esto es debido a que al trocearlos, exponemos a la atmósfera los restos bituminosos que durante tanto tiempo han encerrado estos cristales y además, rompemos las microburbujas inmersas en la masa silíceo, liberando su pequeño contenido gaseoso. Si realizamos esta operación con otros cuarzos distintos del mismo yacimiento observaremos que no desprenden ningún olor.

También hemos encontrado cuarzos olorosos en el yacimiento del “Monte Preubas”, aunque allí suelen ser muy escasos y están sueltos por el terreno, como resultado de la meteorización, junto a los demás cristales del yacimiento. Es bastante más raro aunque no imposible encontrarlos engastados en la matriz limonítica descrita. En los demás yacimientos únicamente de forma fortuita se puede hallar alguno.

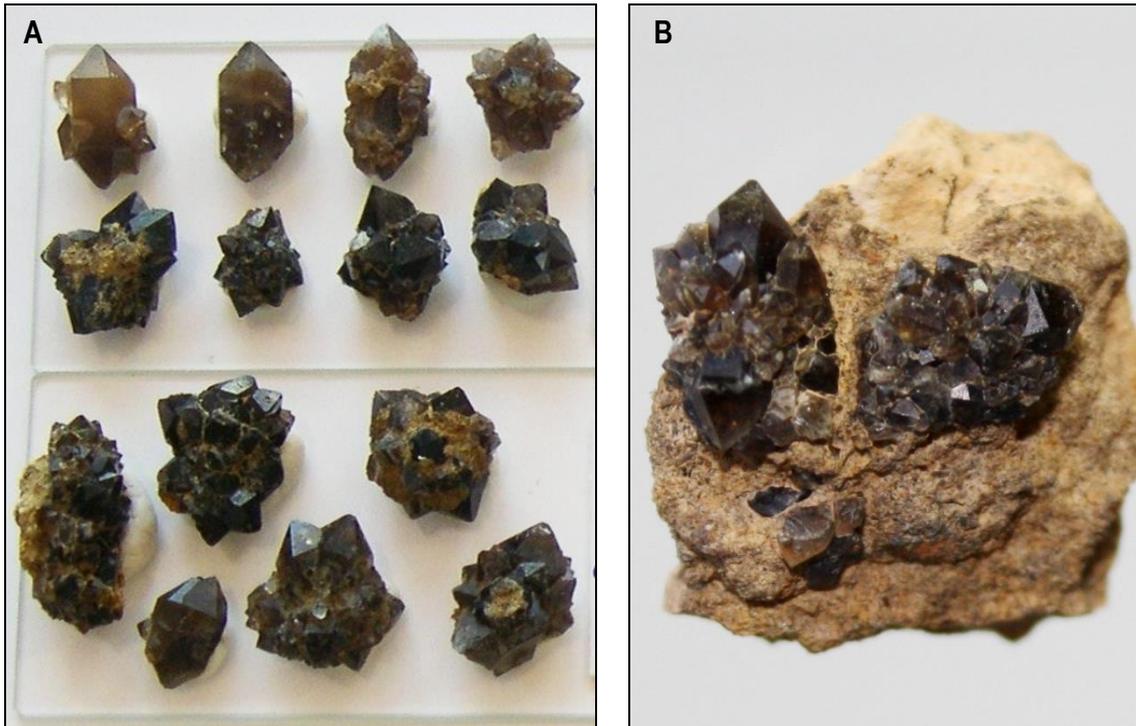


Figura 239: Cuarzos Olorosos o cuarzos Betún. **A:** Dos portaobjetos con diferentes cristales de "Stinkquarz", el primero JE4358 con 8 muestras de entre 0,9 y 1,2 cm, el segundo JE4357 con 6 agregados radiales (el mayor de 1,4 cm de diámetro). **B:** Pieza Col. JE4353b de 1,8 x 1,9 cm con dos cristales de 1 y 0,8 cm respectivamente. Recogidos todos del yacimiento de "La Salina" en julio de 2008. Foto Jenaro Gil, 2010.



Figura 240: Pieza Col. JE4361 de 4,5 x 3,5 cm con dos cristales de 0,8 y 1,4 cm respectivamente. Recogida en el yacimiento de "La Salina" en julio 2008. Foto J. Gil, 2010.

Observaciones al Microscopio

Se ha seleccionado varios “*Stinkquarz*” del yacimiento de “*La Salina*”, extrayéndolos de su matriz dolomítico-limonítica y obtenido lascas muy finas para su estudio al microscopio, con el objetivo de poder observar algunas de las inclusiones que contienen. Las mismas muestras (20 preparaciones) han sido observadas también bajo la acción de la luz ultravioleta de onda larga (350 a 370 nm) con una lámpara portátil situada sobre la platina del microscopio y en combinación con su luz alógena regulada a diferentes intensidades. Las observaciones han sido realizadas en un rango comprendido entre los 60 y los 600 aumentos, aunque los mejores resultados se han obtenido a 150.

Una de estas muestras fue analizada por SEM/EDS con el nº de registro CAN-2.6, como se comenta al inicio de este capítulo. El resultado más significativo del análisis espectral realizado por el Dr. Joan Viñals mostró: un elevado contenido en materia orgánica que podría estar entorno al 1-5%, evidenciado por el pico del C; y la presencia de arcillas, detectadas a través del pico de Al.

En las figuras de la 241 a la 266 se expone e interpretan, algunas de las inclusiones más frecuentes observadas en estos cristales.

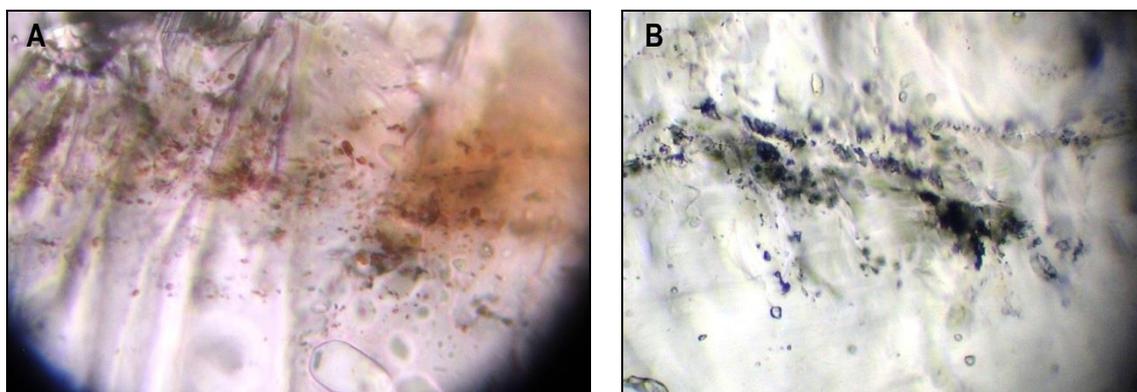


Figura 241: *Diferentes colores en las acumulaciones de partículas, dentro de una misma muestra, según se trate de inclusiones arcillosas o bituminosas. Observaciones realizadas a 60 aumentos* **A:** Acumulación de partículas rojizas de arcilla. **B:** Acumulación de partículas bituminosas oscuras (y negras) de materia orgánica (MO). Col. JE5946a, recogida en diciembre de 2011, yacimiento de “*La Salina*”. Foto Jenaro Gil, 2012.

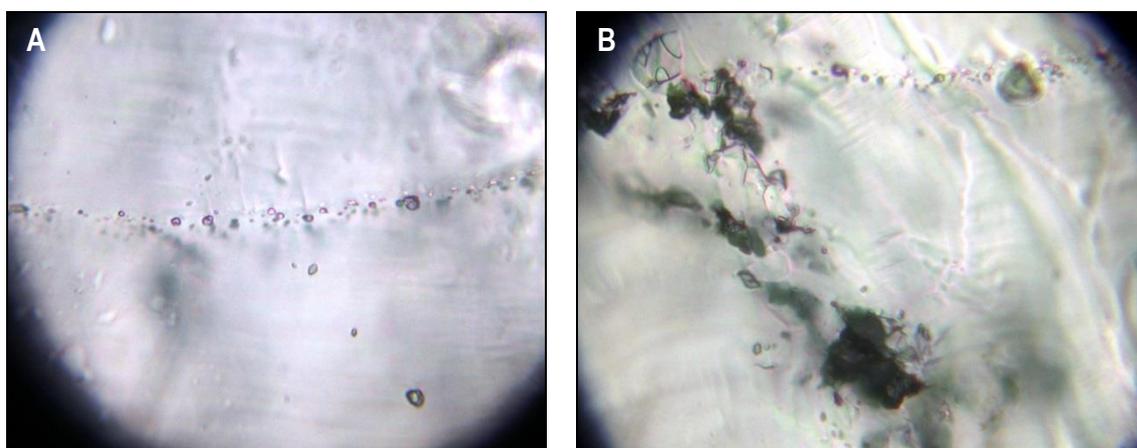


Figura 242: **A:** Acumulación de burbujas en una Microfisura. **B:** Acumulación de partículas bituminosas oscuras cerca de la microfisura anterior. Col. JE5946a, recogida en diciembre de 2011, yacimiento de “*La Salina*”. Foto Jenaro Gil, 2012.

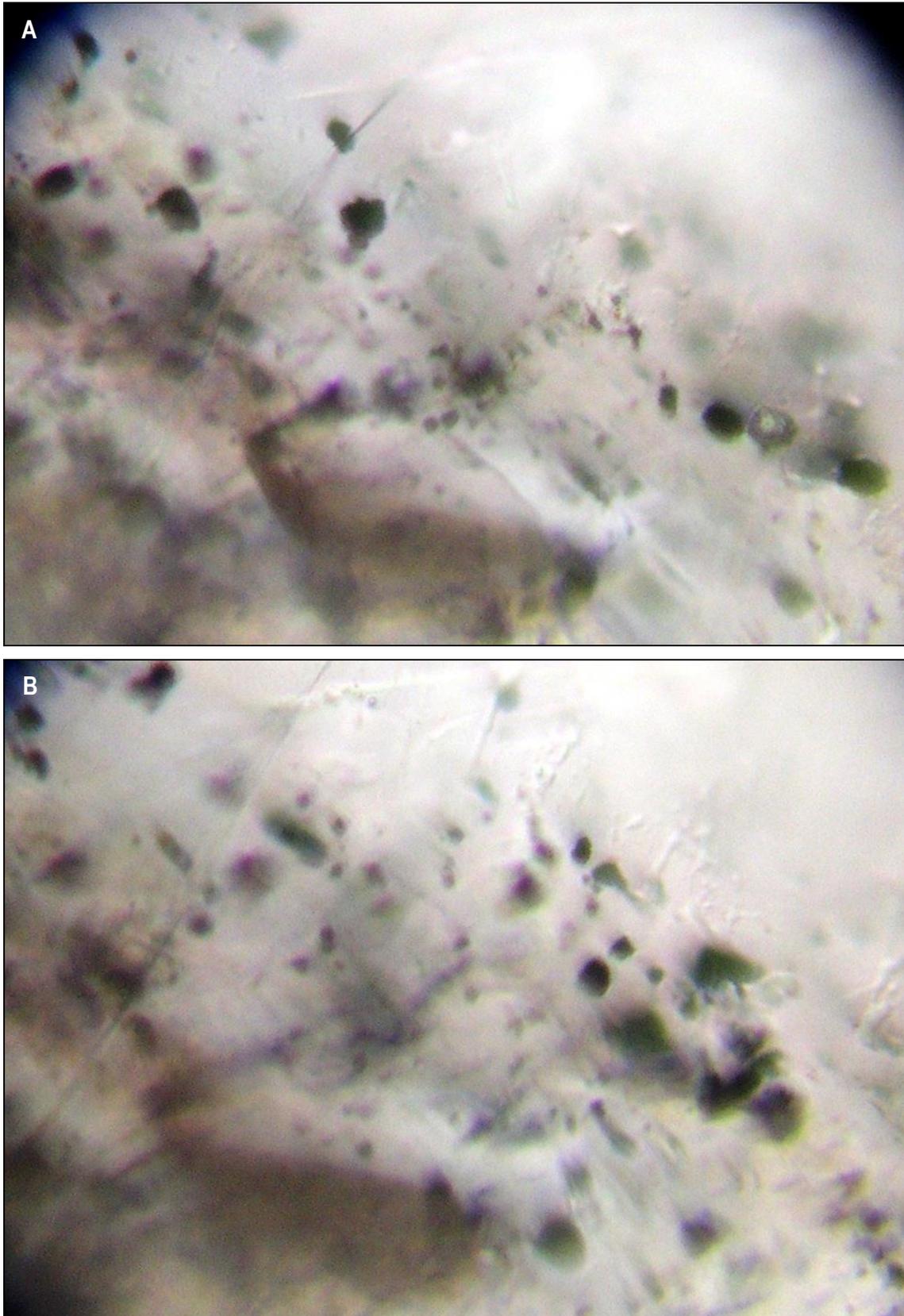


Figura 243

A y B: Son dos fotografías a 60 aumentos de la misma zona, inundada de partículas oscuras de MO, a diferentes profundidades de campo.

Col. JE5946c, recogida en diciembre de 2011, yacimiento de "La Salina".

Foto Jenaro Gil, 2012.

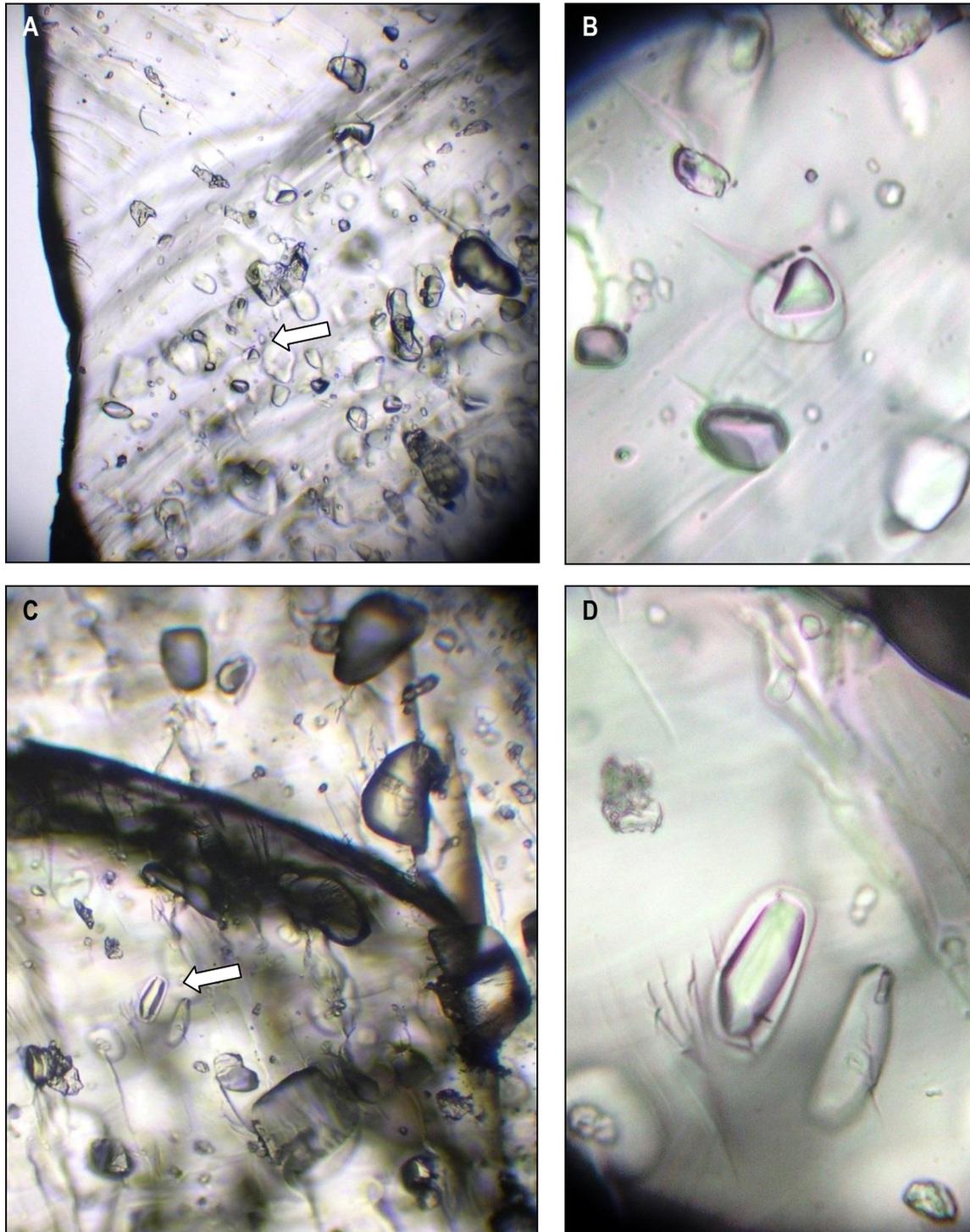


Figura 244

A y C: Campo de microburbujas y gránulos, probablemente de sal o anhídrita, a diferentes profundidades de campo, observados a 150 aumentos.

B y D: Las zonas señaladas en las imágenes anteriores con una flecha, aumentadas 600 veces. Nótese cómo especialmente en la burbuja de la imagen **D**, su contenido se ajusta perfectamente al contorno de ésta.

Col. JE5946a, recogida en diciembre de 2011, yacimiento de "La Salina".

Foto Jenaro Gil, 2012.

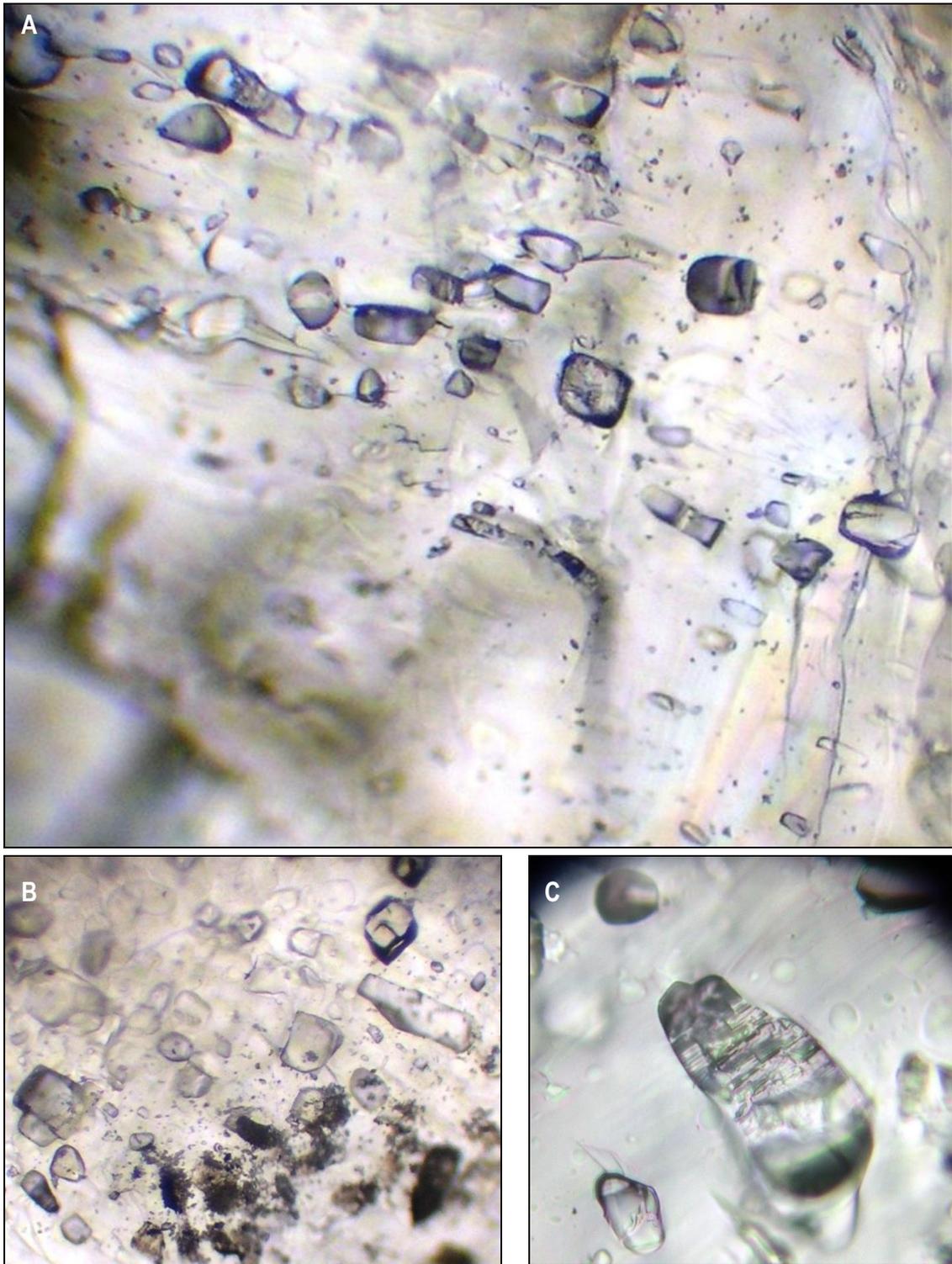


Figura 245

A: Un gran campo de inclusiones orientadas (150 a.), observable incluso a diferente profundidad.

B: A 150 a. inclusiones con cristales de sal cúbicos y partícula de MO.

C: Varios gránulos de sal observados a 600 a., cuando no están rotos se aprecian completamente redondeados y de color gris. En la superficie de algunos gránulos rotos, como en el de la imagen, se puede observar la fractura cúbica típica de las sales.

A y B, Col. JE5946e; C, Col. JE5946a. Las 2 recogidas en diciembre de 2011, yacimiento de "La Salina". Foto J. Gil, 2012.

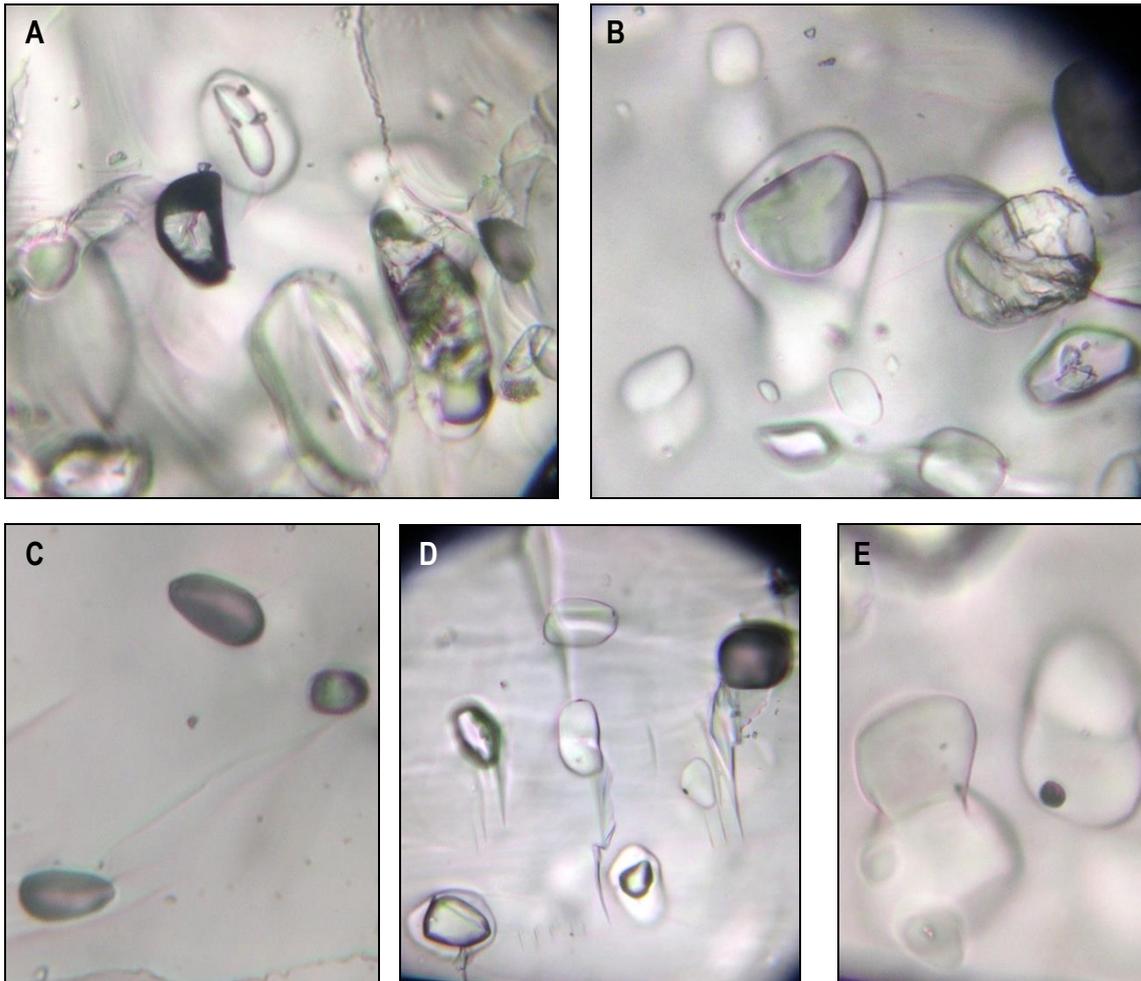


Figura 246: Varias inclusiones observadas a 600 a. **A**, **B** y **D**: Burbujas con diferente contenido. **C**: Gránulos grisáceos de sal. **E**: Gotita oleosa desplazada en el interior de una microburbuja. Col. JE5946a, recogida en diciembre de 2011, yacimiento de "La Salina". Foto J. Gil, 2012.

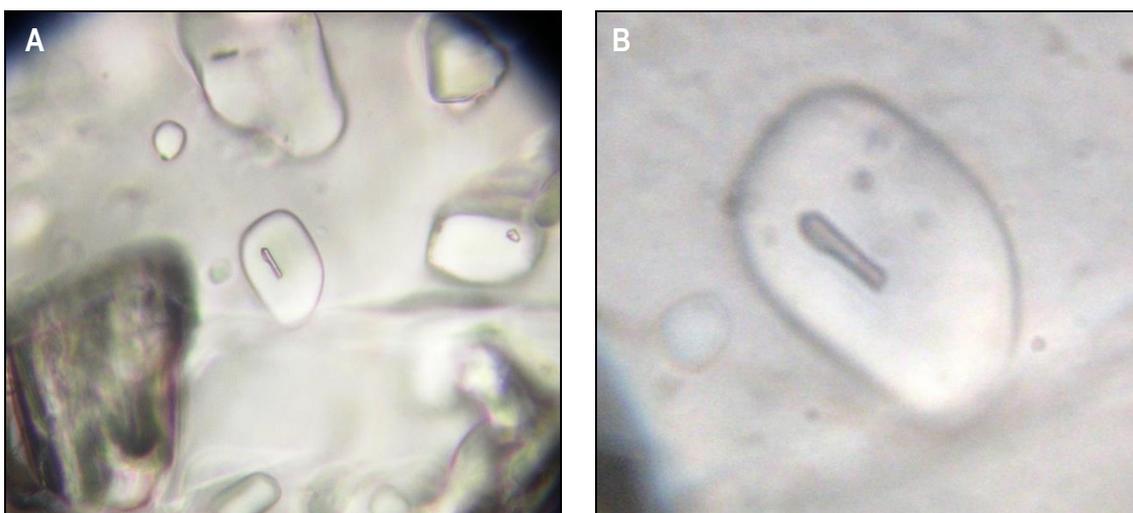


Figura 247: Inclusiones poliédricas en el interior de burbujas. **A**: Observada a 600 a. **B**: a 1500 a. Col. JE5946a, recogida en diciembre de 2011, yacimiento de "La Salina". Foto J. Gil, 2012.

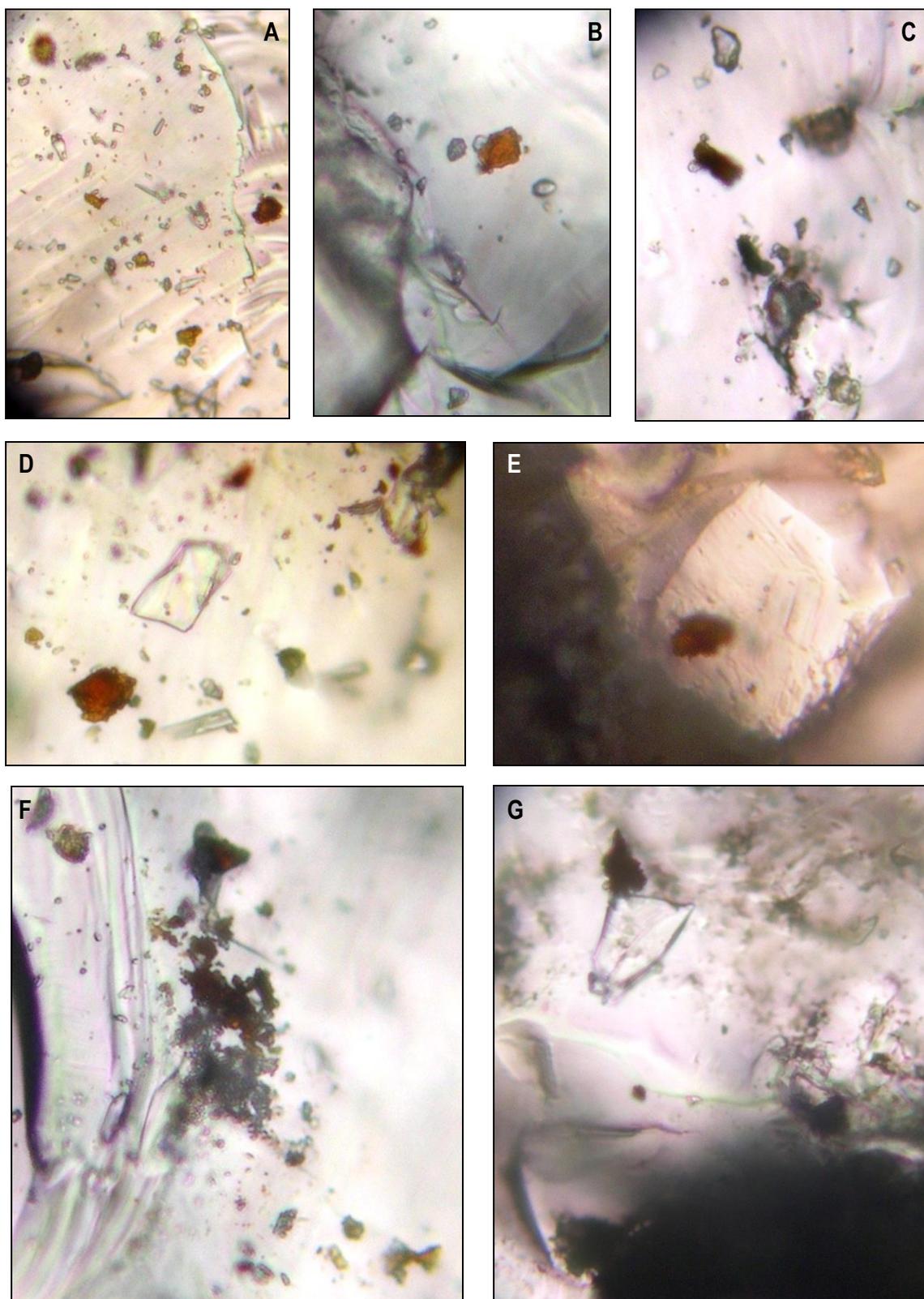


Figura 248

De A a E: Conjunto de partículas rojo anaranjadas probablemente arcillosas observadas a 600 aumentos.

C, D, E, F y G: Muchas de estas partículas claramente entremezcladas con restos de MO (pardo oscuro).

F y G observadas a 150 a. Col. JE5946b, recogida en diciembre de 2011, yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2012.

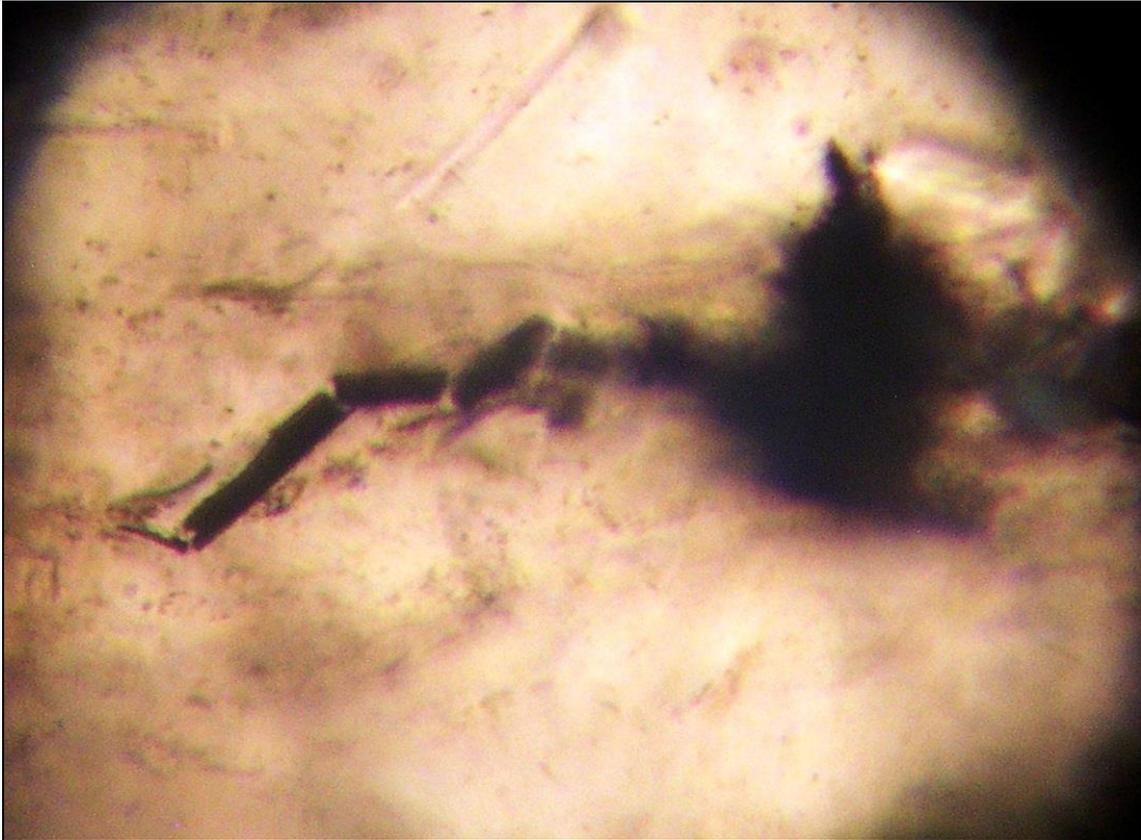


Figura 249

Espectacular fotografía tomada a 600 aumentos, en la que observamos los restos fragmentados de una serie de partículas de materia orgánica posiblemente de origen vegetal que aparecen de color pardo oscuro a negro en medio del campo de observación. Col. JE5946b1, recogida en diciembre de 2011, en el yacimiento de "La Salina". Foto J. Gil, 2012.

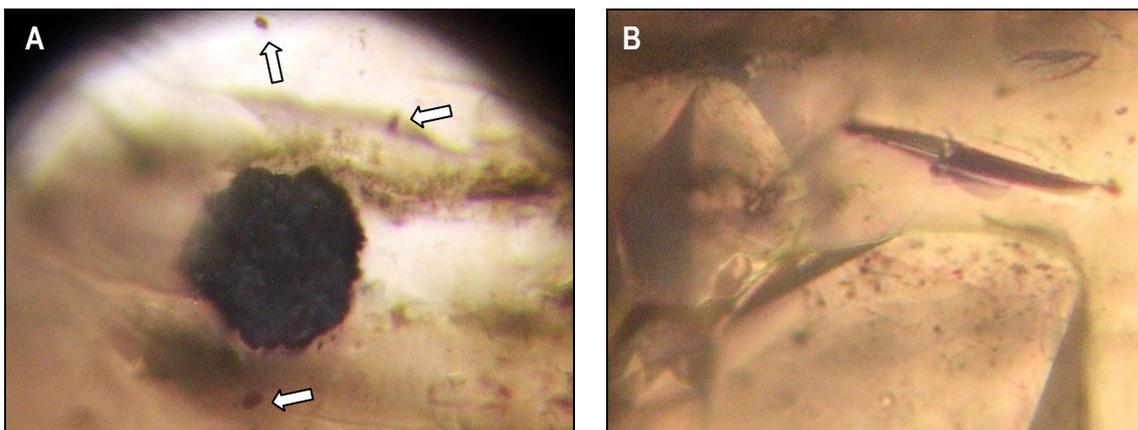


Figura 250

*Otras manchas oscuras de materia orgánica detectadas en el campo de observación a 600 a. En **A**, la mancha negra parece estar rodeada de partículas rojizas de arcilla. En **B**, la partícula parda alargada es como una fibra, y se encuentra junto a unas inclusiones poliédricas de cuarzo. Col. JE5946b1, recogida en diciembre de 2011, yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2012.*

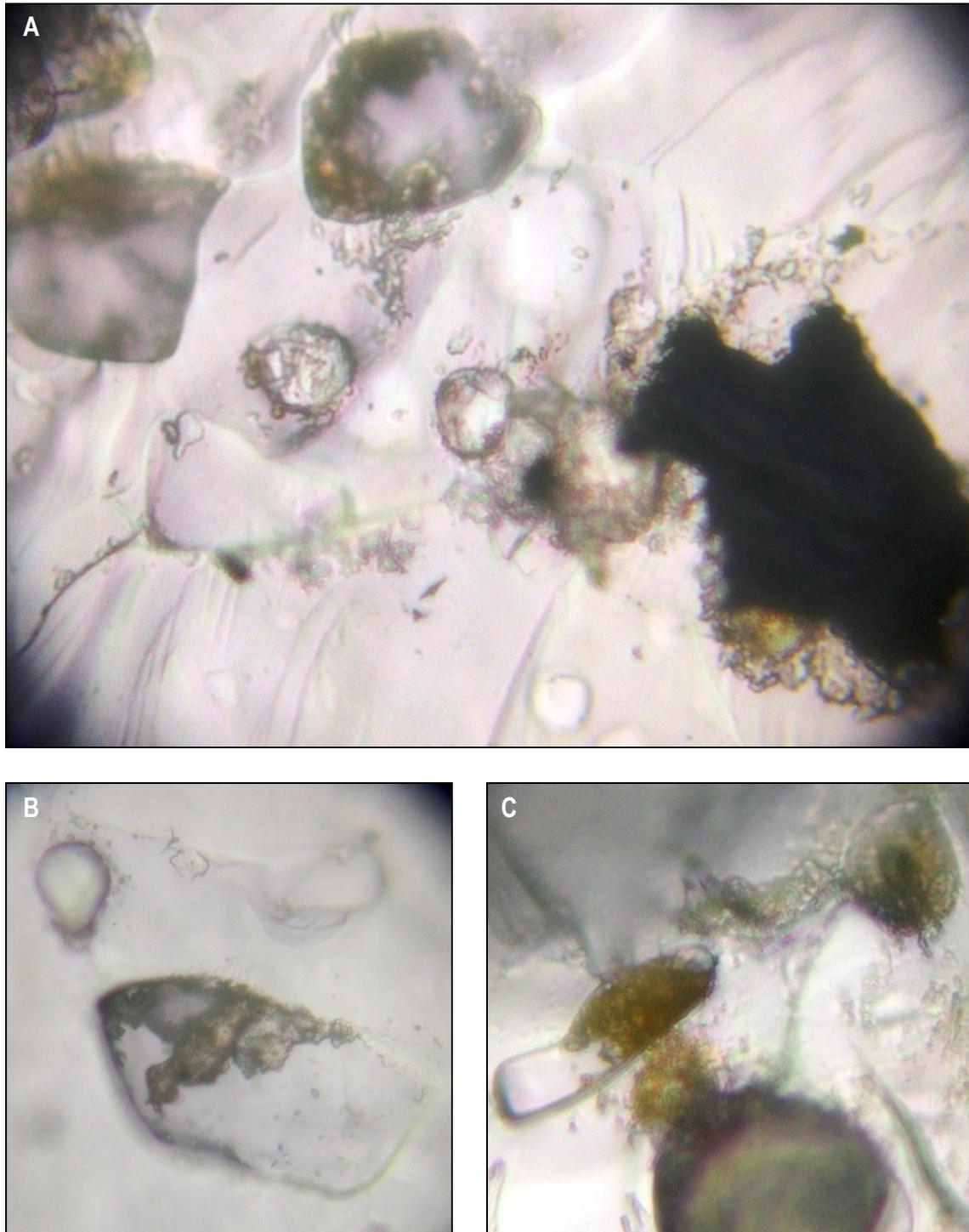


Figura 251

A: A 600 aumentos una gran mancha de MO rodeada de gránulos con partículas adheridas.

B: Un gránulo a 600 aumentos con partículas oscuras de MO adheridas. Col. JE5946e.

C: Las partículas de MO se disponen adheridas sobre la superficie de burbujas y gránulos incluidos en la masa silíceo.

Col. JE5946b2. Todas recogidas en diciembre de 2011, del yacimiento de "La Salina".

Foto Jenaro Gil, 2012.

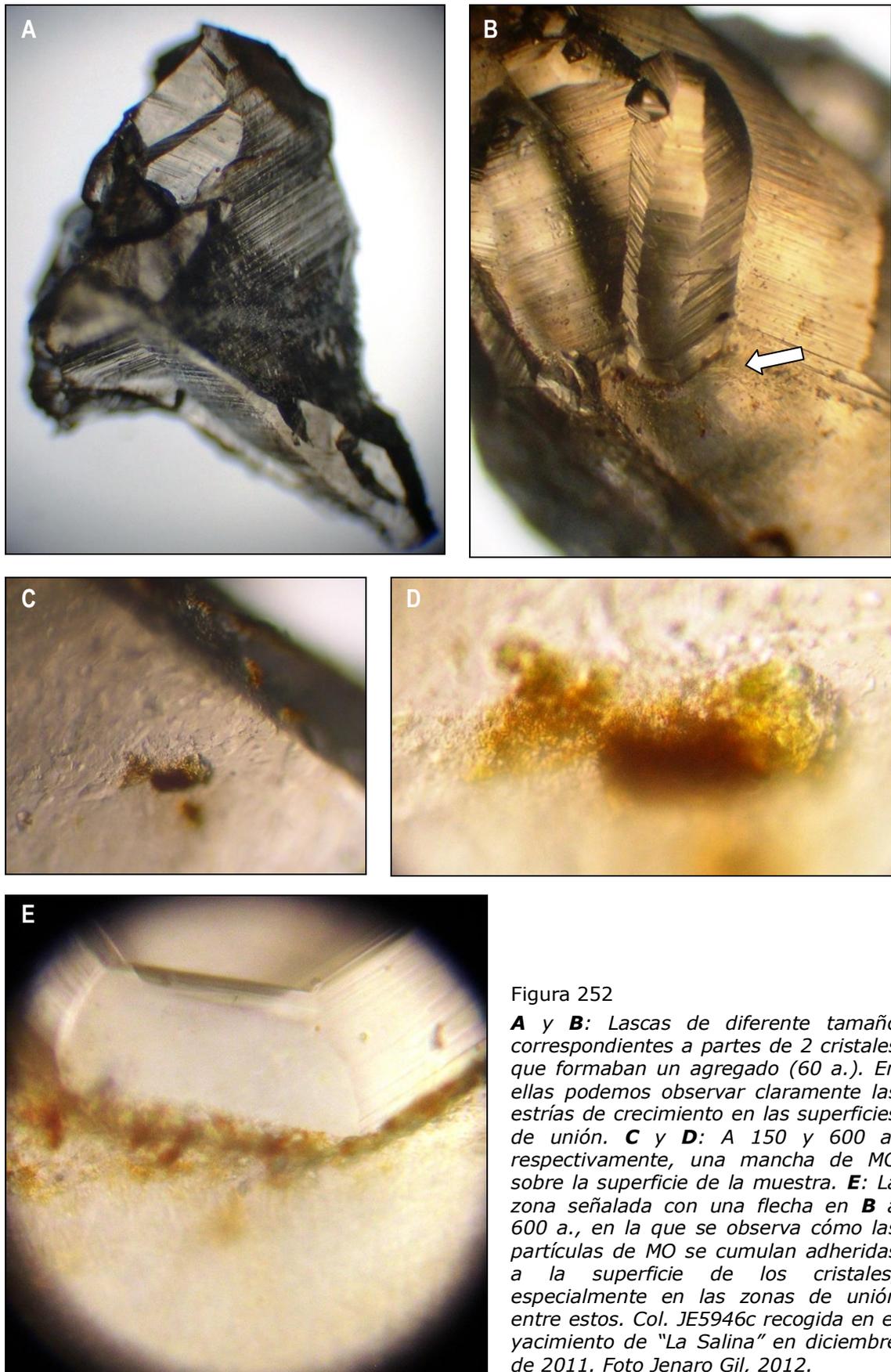


Figura 252

A y **B**: Lascas de diferente tamaño correspondientes a partes de 2 cristales que formaban un agregado (60 a.). En ellas podemos observar claramente las estrías de crecimiento en las superficies de unión. **C** y **D**: A 150 y 600 a. respectivamente, una mancha de MO sobre la superficie de la muestra. **E**: La zona señalada con una flecha en **B** a 600 a., en la que se observa cómo las partículas de MO se acumulan adheridas a la superficie de los cristales, especialmente en las zonas de unión entre estos. Col. JE5946c recogida en el yacimiento de "La Salina" en diciembre de 2011. Foto Jenaro Gil, 2012.

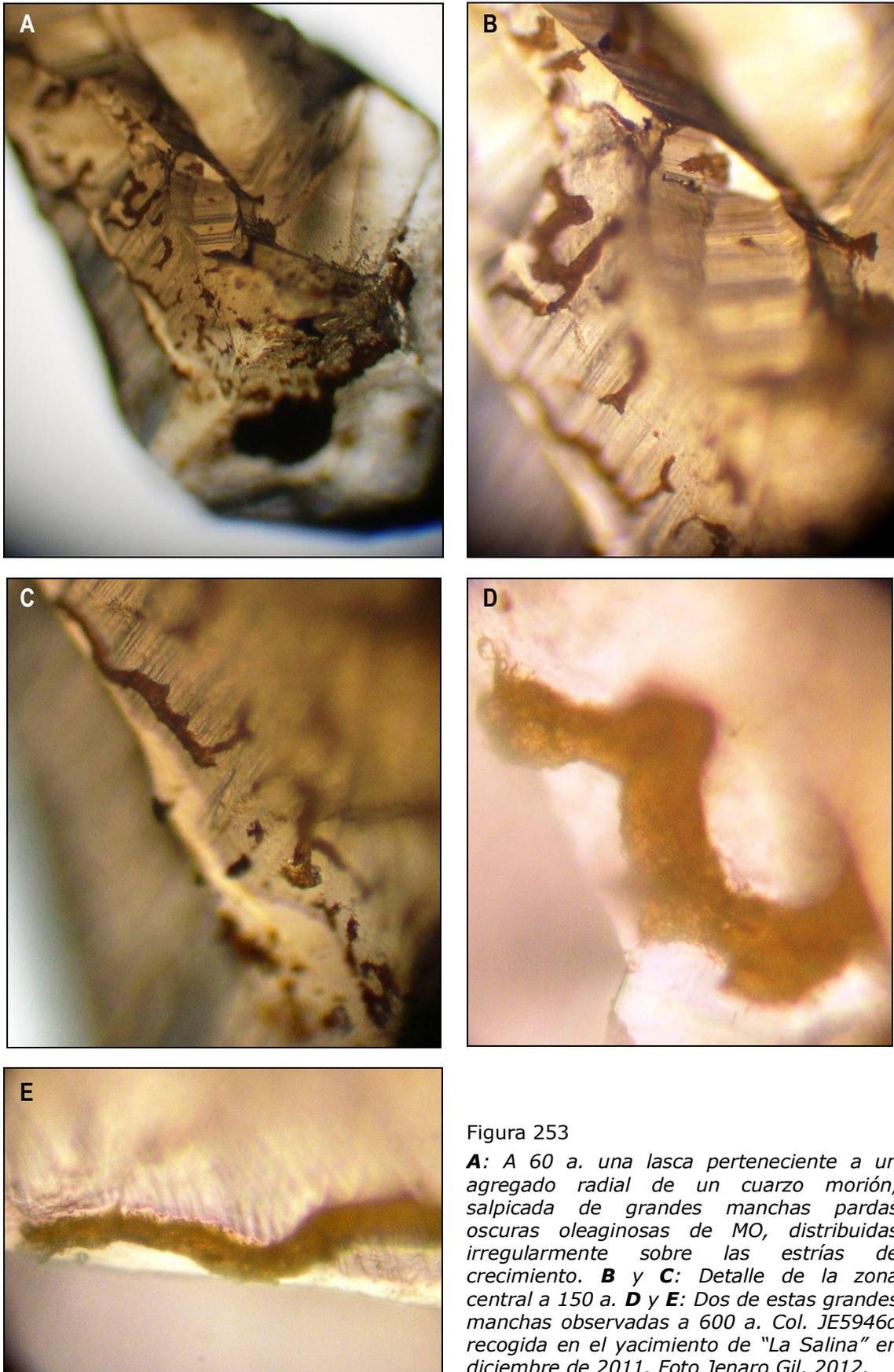


Figura 253

A: A 60 a. una lasca perteneciente a un agregado radial de un cuarzo morión, salpicada de grandes manchas pardas oscuras oleaginosas de MO, distribuidas irregularmente sobre las estrías de crecimiento. **B y C:** Detalle de la zona central a 150 a. **D y E:** Dos de estas grandes manchas observadas a 600 a. Col. JE5946d recogida en el yacimiento de "La Salina" en diciembre de 2011. Foto Jenaro Gil, 2012.

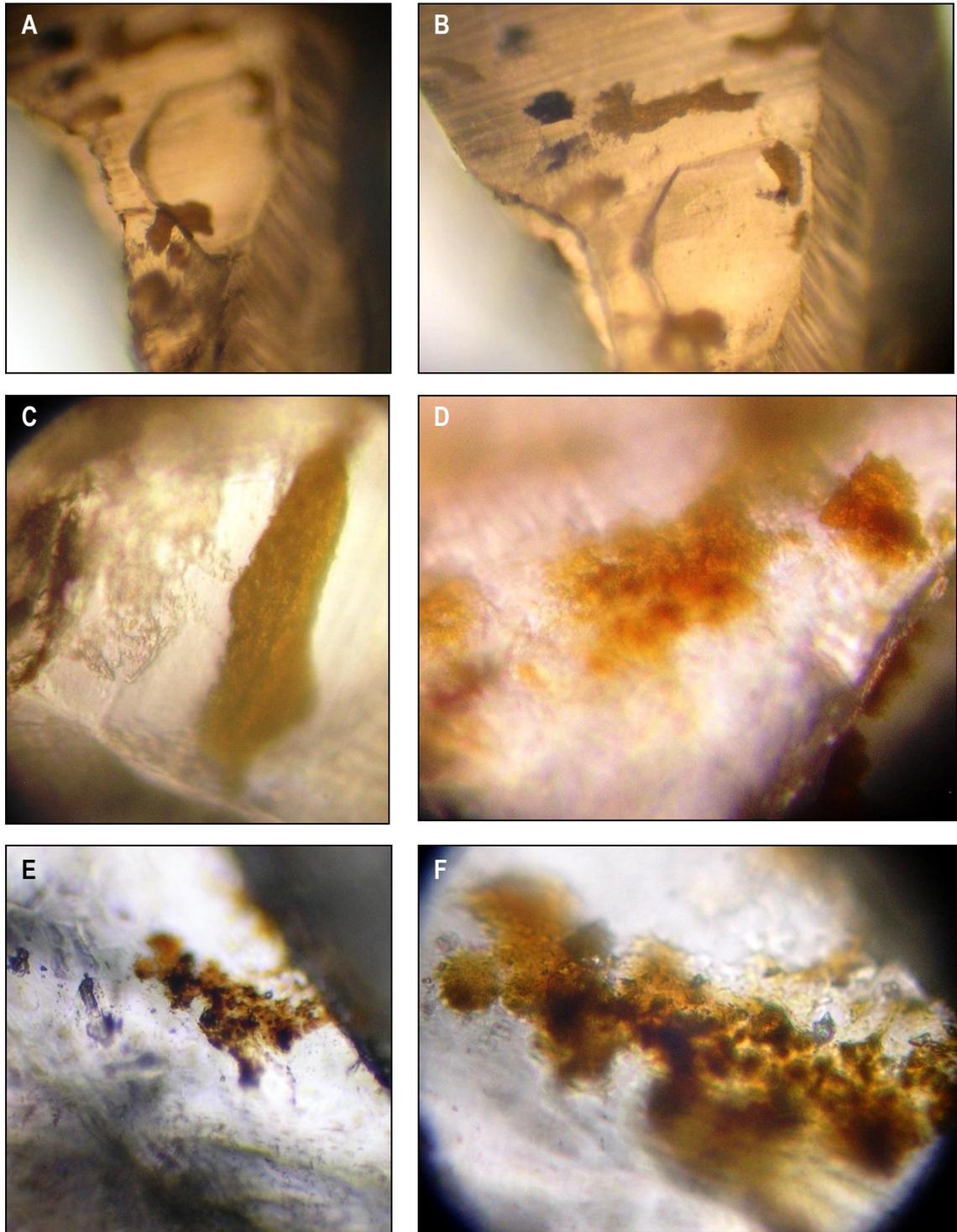


Figura 254

A y B: Otra lasca perteneciente a un agregado radial de un cuarzo morión, salpicada de grandes manchas pardas oscuras oleaginosas de MO (150 a.).

C y D: Manchas oleaginosas observadas a 600 a.

E y F: Son dos fotografías a 150 y 600 aumentos, de una misma mancha parda oscura de MO, situada sobre la superficie de unión de un cristal a otro en los agregados radiales.

Col. JE5946d, recogida en diciembre de 2011, yacimiento de "La Salina".

Foto J. Gil, 2012.

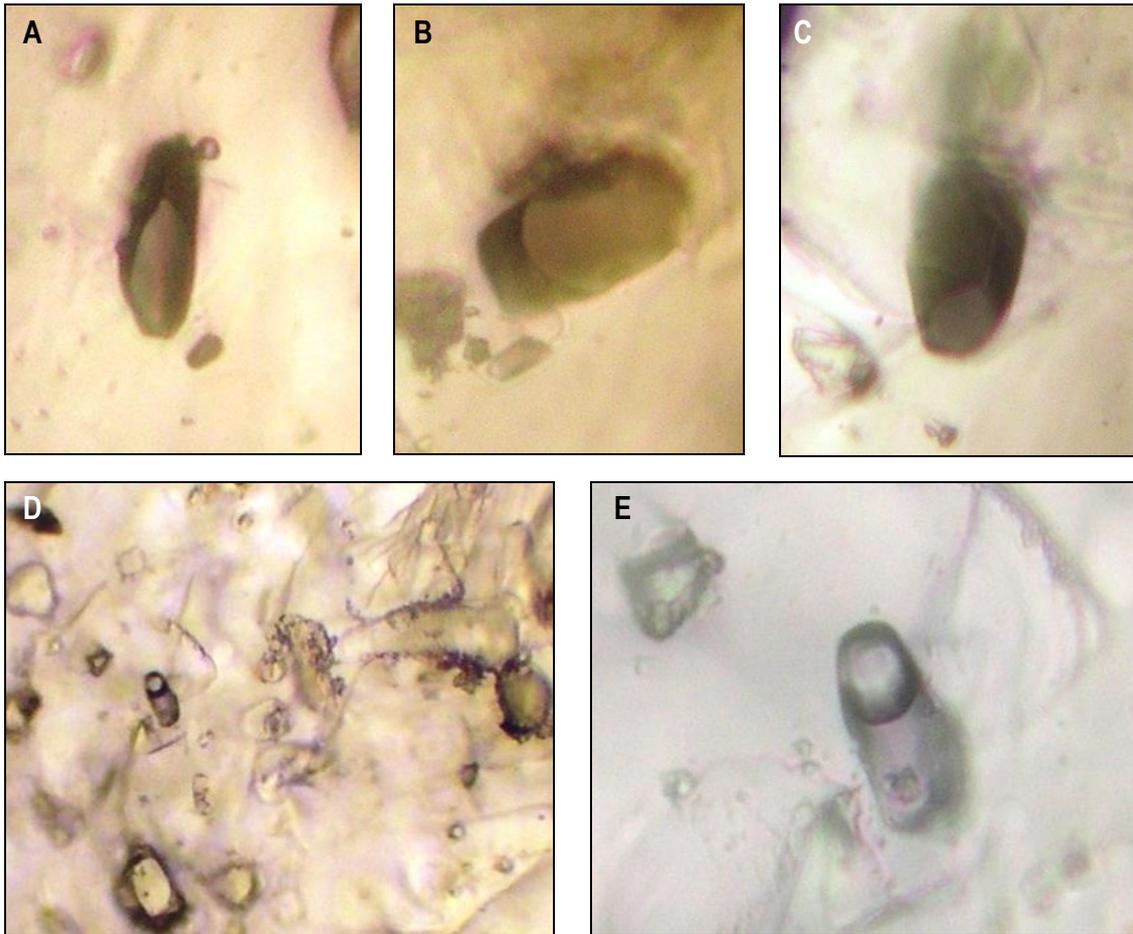


Figura 255: **A**, **B** y **C**: A 600 aumentos, tres burbujas con un contenido oleaginoso inmersas en la masa silíceea, son bastante abundantes en las muestras estudiadas. Llama la atención la forma convexa de su interior, la zona oscura podría contener los restos bituminosos "líquidos" de la MO y la gris hidrocarburos gaseosos, de ahí su forma ovoide. Col. JE5946d3. **D** y **E**: La misma burbuja observada a 150 y 600 a., nótese la forma cóncava de su interior. Col. JE5946e. Las 2 recogidas en diciembre de 2011, del yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2012.

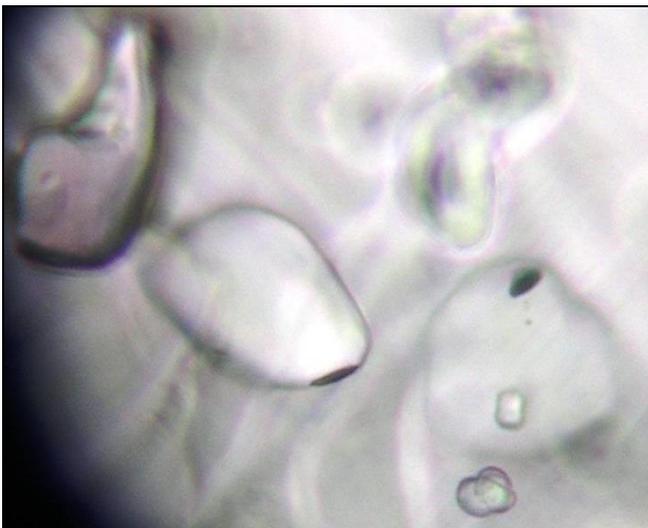


Figura 256

Dos burbujas con inclusiones oleosas, observadas a 600 aumentos. Nótese cómo las inclusiones oleosas tienden a situarse en la periferia de la burbuja. En la parte superior derecha aparece un gránulo de sal de color grisáceo. Varios autores relacionan la formación de cuarzos idiomorfos con inclusiones bituminosas, con ambientes anóxicos y salinos. Col. JE5946a, recogida en diciembre de 2011, yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2012.

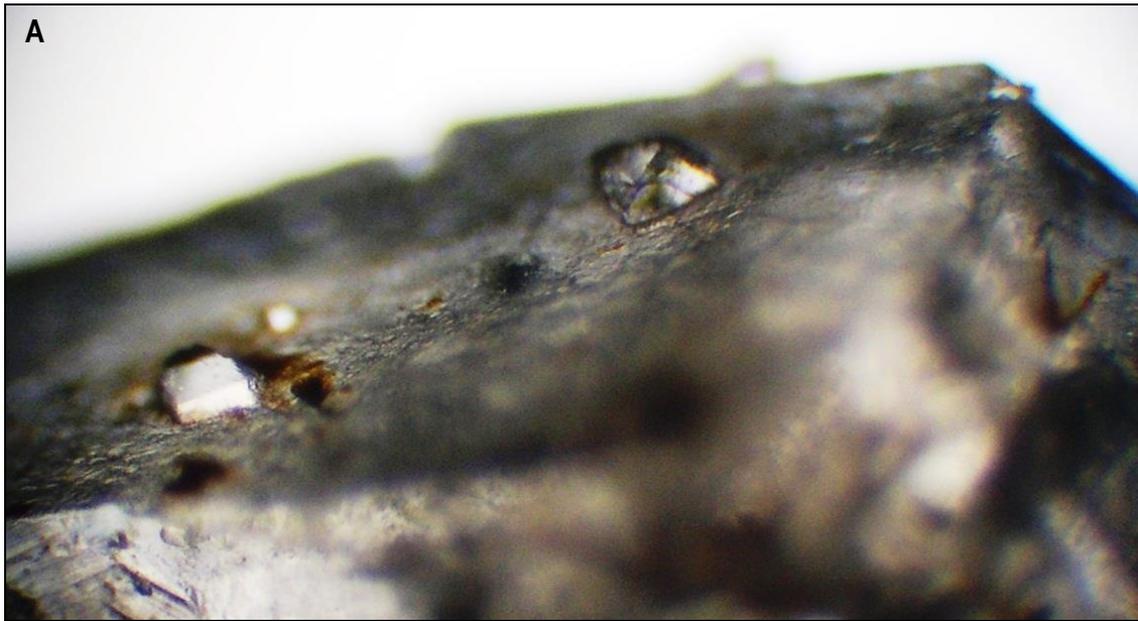


Figura 257

A: A 60 aumentos, una superficie de rotura de un agregado radial de cuarzo morión con dos cristales de cuarzo que sobresalen de la masa silícea. Obsérvese que tienen adheridas partículas de MO en su superficie y alrededor de ellos. **B:** A 150 a. parece que el cuarzo de la derecha es un agregado de 2 cristales, también tienen adheridas partículas pardas oscuras de MO Col. JE5946d3, recogida en diciembre de 2011, yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2012.



Figura 258: Dos cristales de cuarzo dihexaédricos observados a 150 aumentos. **A:** Cristal bipiramidal fotografiado de lado. **B:** Pirámide hexagonal vista desde arriba. Col. JE5946c, recogida en diciembre de 2011, yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2012.

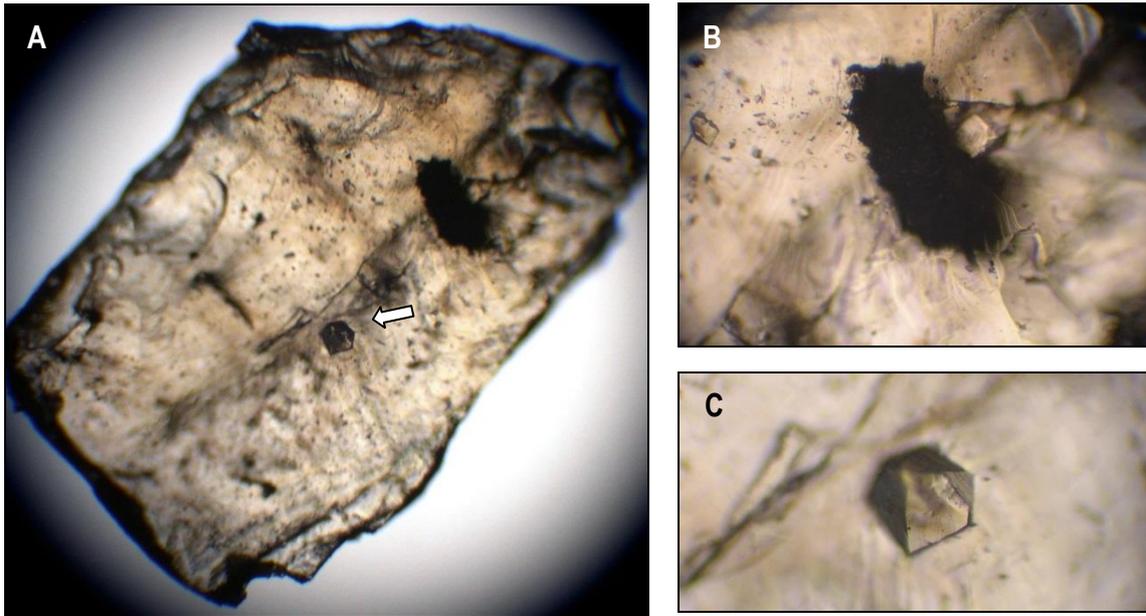


Figura 259: **A:** Una lasca muy fina de un cuarzo morrión observada a 60 aumentos. Destacan una gran mancha oscura de MO y un pequeño cristal de cuarzo visto desde arriba (pirámide hexagonal superior) **B:** La mancha de MO observada a 150 aumentos. **C:** La pirámide hexagonal del cristal de cuarzo a 150 aumentos. Col. JE5946b2, recogida en diciembre de 2011, yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2012.

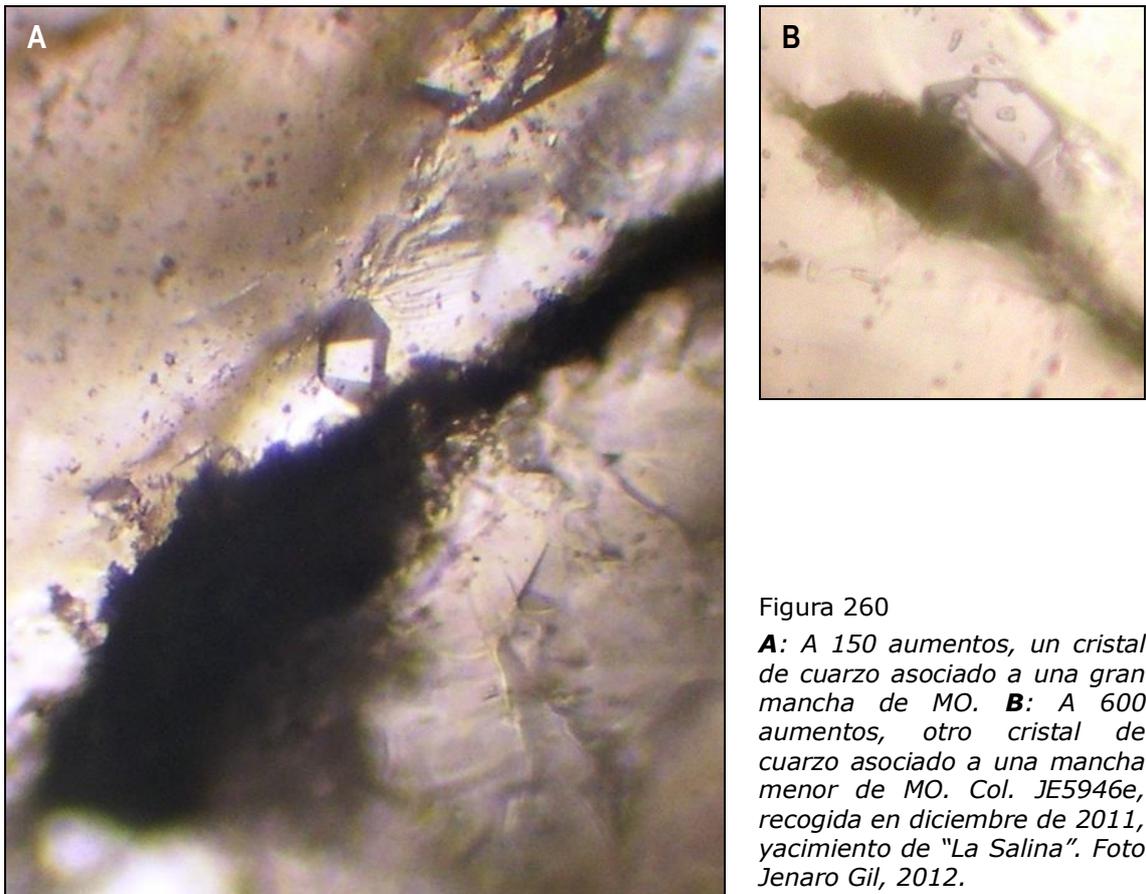


Figura 260

A: A 150 aumentos, un cristal de cuarzo asociado a una gran mancha de MO. **B:** A 600 aumentos, otro cristal de cuarzo asociado a una mancha menor de MO. Col. JE5946e, recogida en diciembre de 2011, yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2012.

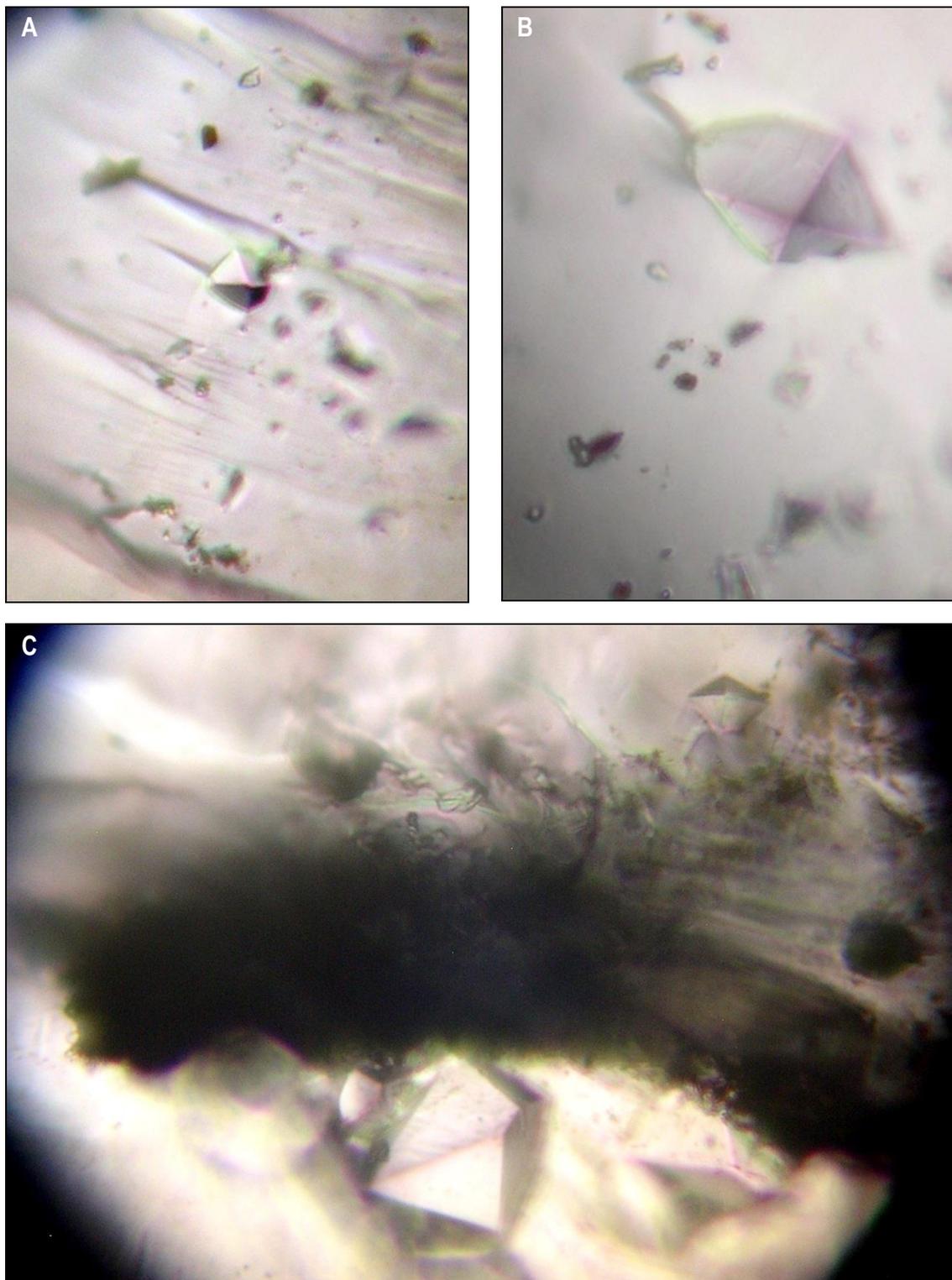


Figura 261

Una característica muy destacable de estas muestras es la relativa abundancia de inclusiones de cristales de cuarzo en medio de la masa silíceo. Todas las observaciones han sido realizadas a 600 a.

A y B: *Dos cristales de cuarzo de diferente tamaño, rodeados de partículas arcillosas y de MO. C:* *Dos cristales de de cuarzo, uno dihexaédrico el otro bipiramidado, asociados a una zona de acumulación de materia orgánica.*

*Col. JE5946b1, recogida en diciembre de 2011, yacimiento de "La Salina".
Foto Jenaro Gil, 2012.*

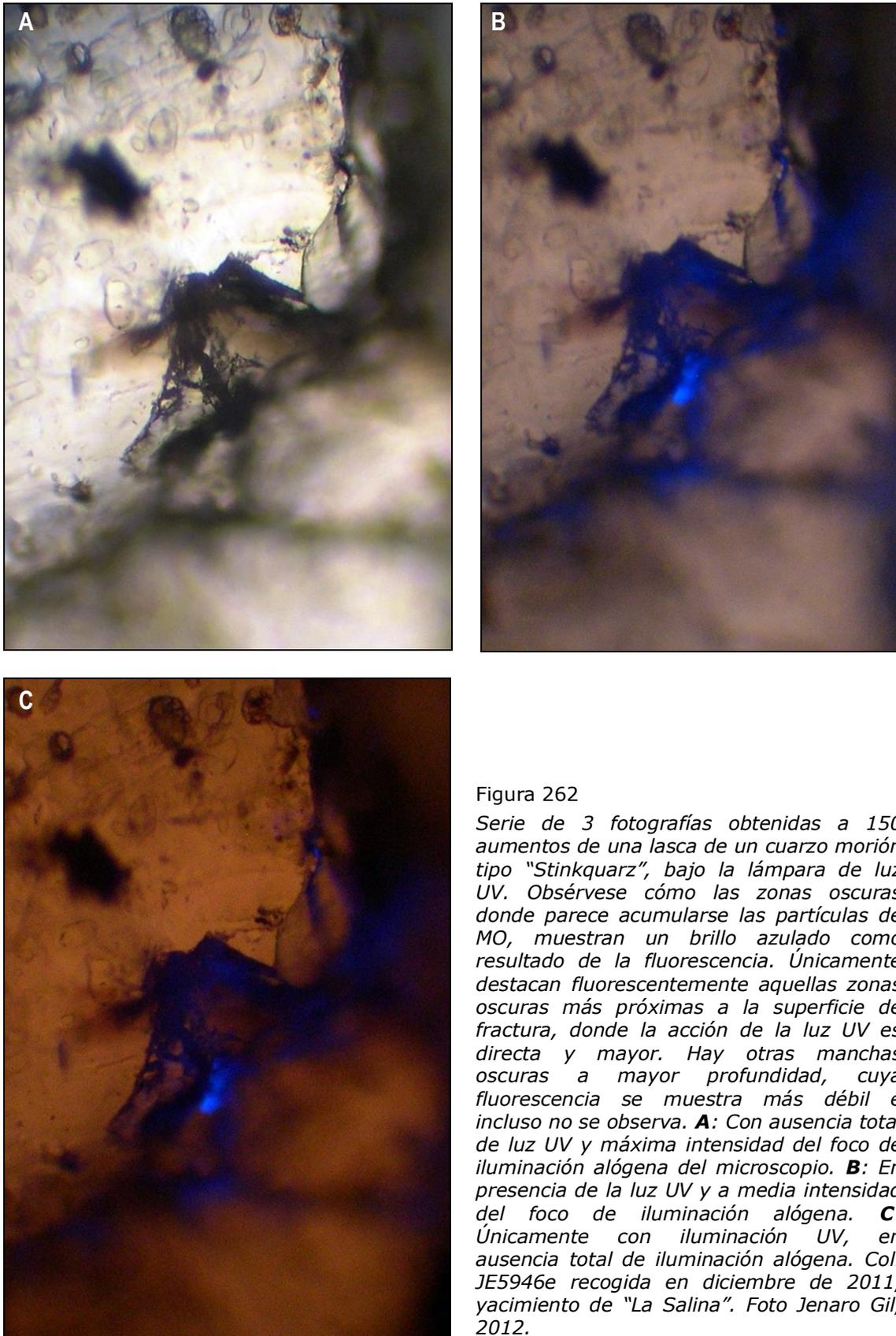


Figura 262

Serie de 3 fotografías obtenidas a 150 aumentos de una lasca de un cuarzo morión tipo "Stinkquarz", bajo la lámpara de luz UV. Obsérvese cómo las zonas oscuras donde parece acumularse las partículas de MO, muestran un brillo azulado como resultado de la fluorescencia. Únicamente destacan fluorescentemente aquellas zonas oscuras más próximas a la superficie de fractura, donde la acción de la luz UV es directa y mayor. Hay otras manchas oscuras a mayor profundidad, cuya fluorescencia se muestra más débil e incluso no se observa. **A:** Con ausencia total de luz UV y máxima intensidad del foco de iluminación alógena del microscopio. **B:** En presencia de la luz UV y a media intensidad del foco de iluminación alógena. **C:** Únicamente con iluminación UV, en ausencia total de iluminación alógena. Col. JE5946e recogida en diciembre de 2011, yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2012.

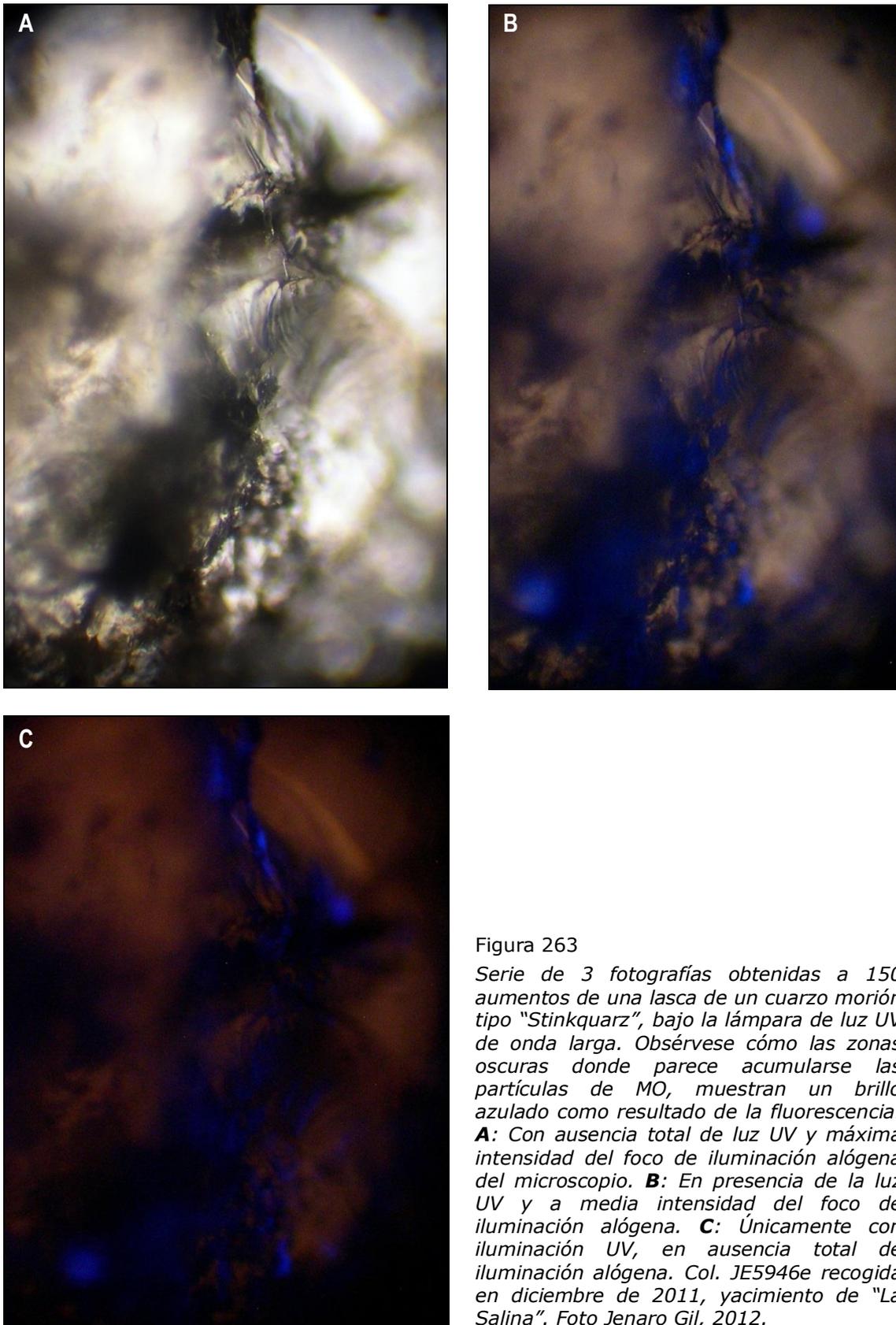


Figura 263

Serie de 3 fotografías obtenidas a 150 aumentos de una lasca de un cuarzo morión tipo "Stinkquarz", bajo la lámpara de luz UV de onda larga. Obsérvese cómo las zonas oscuras donde parece acumularse las partículas de MO, muestran un brillo azulado como resultado de la fluorescencia. **A:** Con ausencia total de luz UV y máxima intensidad del foco de iluminación alógena del microscopio. **B:** En presencia de la luz UV y a media intensidad del foco de iluminación alógena. **C:** Únicamente con iluminación UV, en ausencia total de iluminación alógena. Col. JE5946e recogida en diciembre de 2011, yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2012.

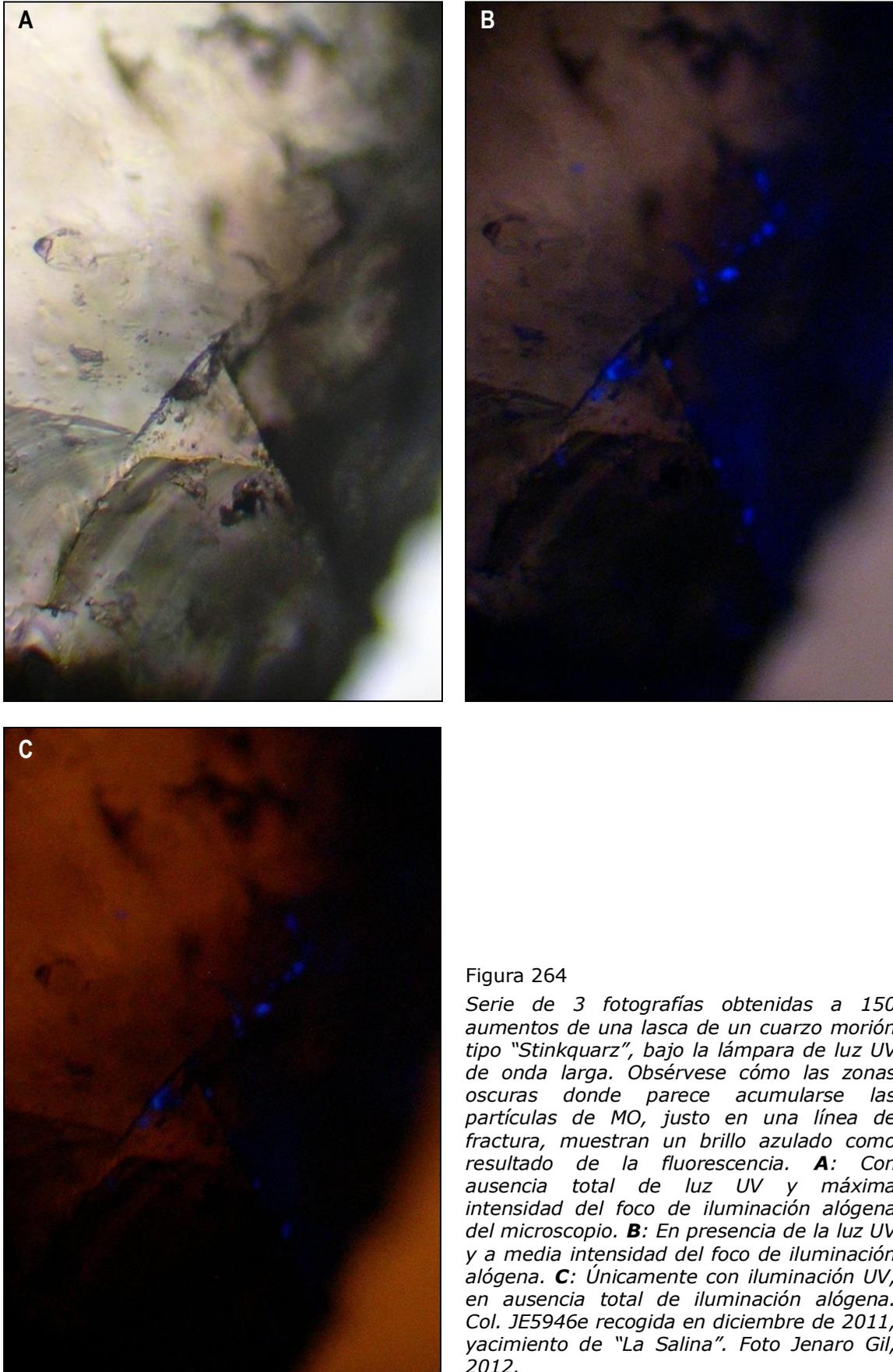


Figura 264

Serie de 3 fotografías obtenidas a 150 aumentos de una lasca de un cuarzo morión tipo "Stinkquarz", bajo la lámpara de luz UV de onda larga. Obsérvese cómo las zonas oscuras donde parece acumularse las partículas de MO, justo en una línea de fractura, muestran un brillo azulado como resultado de la fluorescencia. **A:** Con ausencia total de luz UV y máxima intensidad del foco de iluminación del microscopio. **B:** En presencia de la luz UV y a media intensidad del foco de iluminación alógena. **C:** Únicamente con iluminación UV, en ausencia total de iluminación alógena. Col. JE5946e recogida en diciembre de 2011, yacimiento de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2012.

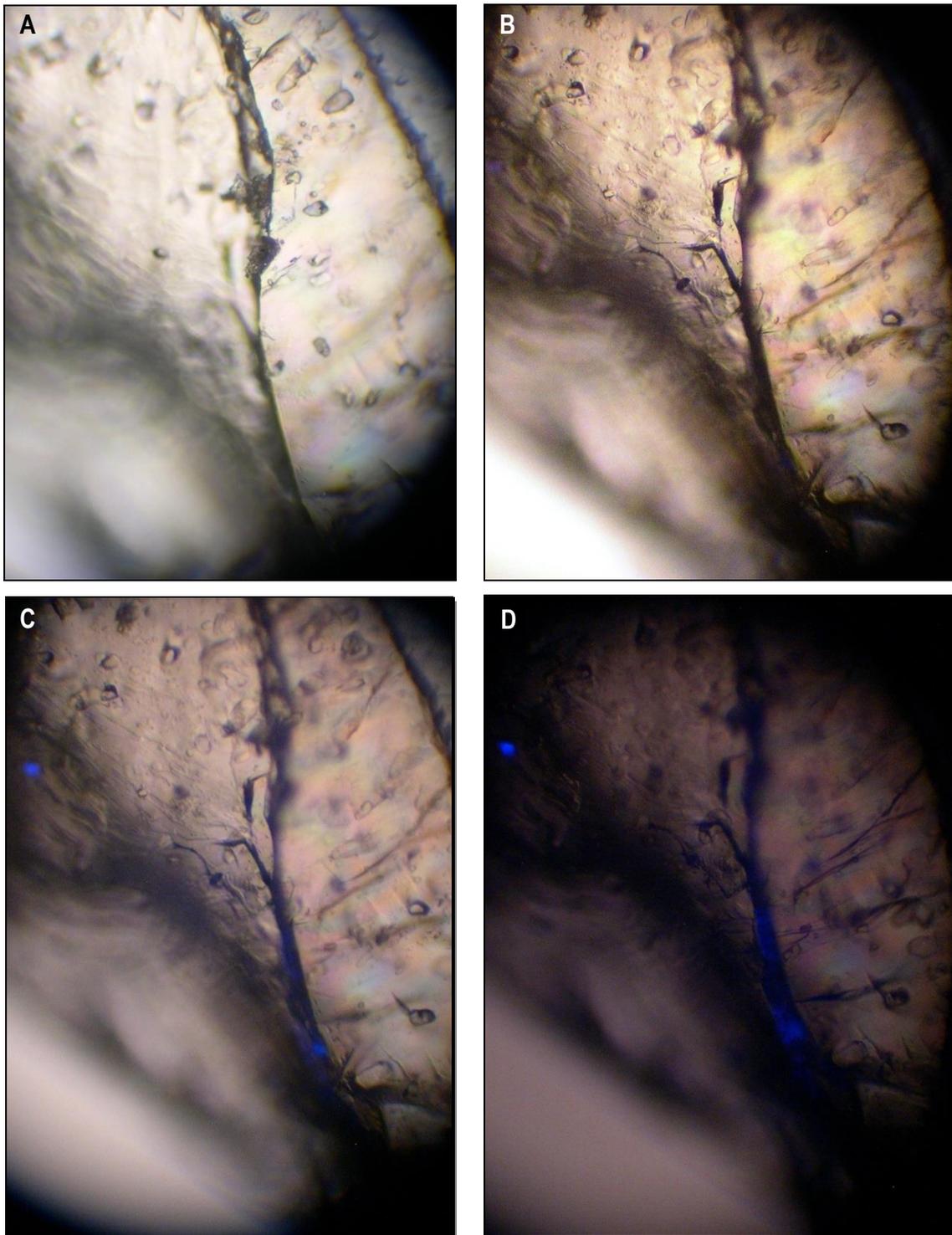


Figura 265

Serie de 4 fotografías obtenidas a 150 aumentos de una lasca de un cuarzo morión tipo "Stinkquarz", bajo la lámpara de luz UV. Obsérvese cómo en las fisuras se acumulan partículas de MO, que muestran un brillo azulado como resultado de la fluorescencia.

A y B: *A diferente profundidad de campo, con ausencia total de luz UV y máxima intensidad del foco de iluminación.*

C: *En presencia de la luz UV y a media intensidad del foco de iluminación alógena.*

D: *Únicamente con iluminación UV, en ausencia casi total de iluminación alógena.*

Col. JE5946e recogida en diciembre de 2011, yacimiento de "La Salina".

Foto Jenaro Gil, 2012.

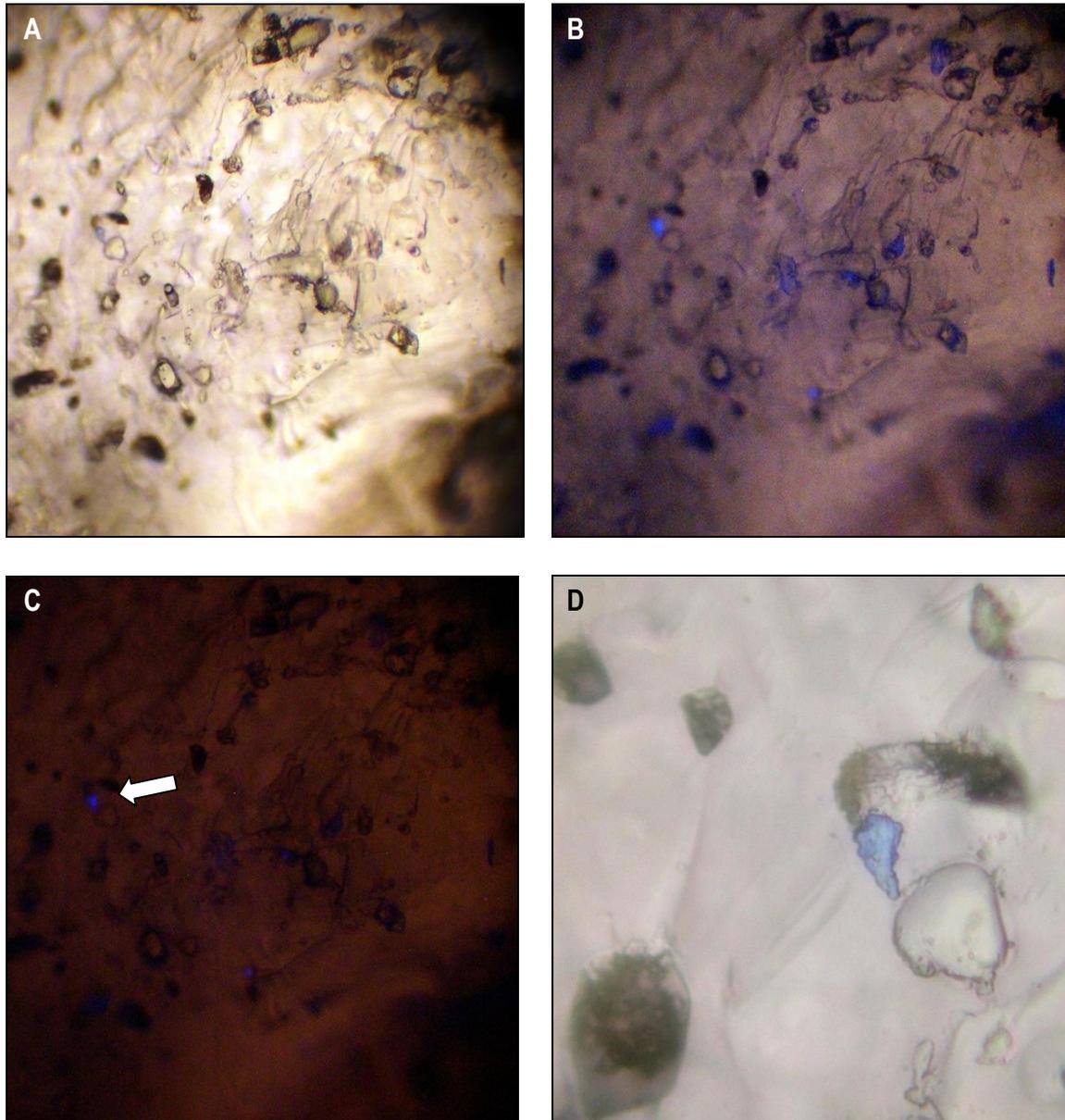


Figura 266

Serie de fotografías obtenidas a 150 aumentos bajo la lámpara de luz UV, de una lasca de un cuarzo morión tipo "Stinkquarz" muy transparente sin acumulación aparente de manchas de MO. Obsérvese cómo aparece un campo de burbujas con diferente contenido, algunas rodeadas de MO adherida a su superficie, y en las que destaca una débil fluorescencia observable a través del brillo azulado.

A: *Con ausencia total de luz UV y máxima intensidad del foco de iluminación alógena del microscopio.*

B: *En presencia de la luz UV y a media intensidad del foco de iluminación alógena.*

C: *Únicamente con iluminación UV, en ausencia total de iluminación alógena.*

D: *Se ha observado a 600 aumentos sin luz UV, la partícula azul señalada con una flecha blanca, que destaca en el campo de observación. Curiosamente se trata de una partícula que de por sí ya tiene un color azulado y debe corresponder a una inclusión de algún mineral poco frecuente pues no la hemos reconocido en ninguna otra muestra.*

Col. JE5946e recogida en diciembre de 2011, yacimiento de "La Salina".

Foto Jenaro Gil, 2012

Como resumen de todas estas observaciones podemos señalar que los “*Stinkquarz*” de “*La Salina*” también presentan las inclusiones detectadas en los demás cuarzos del yacimiento, aunque destaca un mayor número de inclusiones poliédricas, de microcristales de sal y de cuarzo de pocas micras de longitud, unas veces prismado otras dihexaédrico.

En particular, se ha descubierto en ellos la presencia de abundantes manchas oscuras de materia orgánica, distribuidas irregularmente por la masa silíceo de las lascas que formaban parte de los cristales que componían los agregados, pero especialmente concentradas en las líneas o planos de unión entre ellos (Figs. 252, 253 y 254). Esta disposición de la MO, generaría puntos de cierta debilidad estructural por donde se partirían estos cuarzos al ser golpeados, liberando su contenido oloroso. De hecho, una característica de estos agregados cristalinos (Fig. 239) es que se descomponen fácilmente con una ligera presión entre los dedos. También hemos observado partículas de MO de diferentes tamaños, más o menos individualizadas, adheridas o alrededor de burbujas y microgránulos presentes en la masa cristalina (Fig. 251). En muchas ocasiones, las observamos asociadas a pequeños cristales de cuarzo (Figs. de 257 a 261).

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE DE LOS CRISTALES

Para el estudio de la superficie de los cristales, básicamente nos hemos fijado en tres cuestiones: el brillo, los accidentes que presentan las caras (también aristas y vértices) y la deposición de otros minerales sobre la superficie. Éste último punto ya ha sido tratado en el apartado de las inclusiones epigenéticas, así que nos centraremos más en los otros dos argumentos.

El Brillo

Los Jacintos de Canales-Andilla, especialmente los cristales de reducidas dimensiones presentan un brillo típicamente vítreo (Fig. 267), observable tanto en las caras de los romboedros como en las del prisma hexagonal, si bien, menos intenso que el que tienen los Jacintos de otros yacimientos, como por ejemplo los de Domeño o Chelva en Valencia (Fig. 268).

Albright y Lueth publicaron en 2003, un trabajo en el que se estudiaba unos cuarzos autígenos muy similares a nuestros Jacintos de Compostela, conocidos como “*Pecos diamonds*” (diamantes de Pecos) y que se encuentran en los afloramientos de yeso, del Pérmico de la formación “*Seven rivers*” al sureste de Nuevo Méjico. Encontraron, que en algunos cristales, mientras las caras del prisma hexagonal eran mates las de los romboedros permanecían brillantes.

Anteriormente, Tarr, W. A. (1929) había señalado, que las caras prismáticas cuando están presentes suelen ser ásperas, mientras que las caras de los romboedros tienden a ser lisas. Incluso entre las caras de los romboedros Tarr, W. A. y Lonsdale, J. T. (1929), señalaron que en los cristales pseudocúbicos las caras negativas del romboedro (z) tendían a ser mates en comparación con las del romboedro positivo (r). El primer trabajo analizaba una serie de cuarzos biterminados que aparecían incluidos en los yesos de una zona situada entre Acme y Roswell en Nuevo Méjico. En el segundo, los cuarzos eran de tipo pseudocúbico y procedían de Artesia, una localidad muy próxima a Roswell. Las muestras provenían de yacimientos situados en un área conocida como la formación “*Seven rivers*”, al igual que las utilizadas por Albright y Lueth.



Figura 267: Jacinto de brillo vítreo, de 2,8 x 1,5 cm sobre una matriz carniolar y limonítica recogido en julio de 2011, en el yacimiento del "Monte Preubas". Col. JE5732. Foto J. Gil, 2011.



Figura 268: Jacinto de un intenso brillo vítreo de 2,5 x 1,2 cm, sobre matriz de yeso anaranjado. Recogido en julio de 2002, en Chelva, Valencia. Col. JE535. Foto Jenaro Gil, 2005.



Figura 269: Jacinto de 3 x 1,8 cm, que presenta las caras del prisma hexagonal rugosas y parcialmente mates, mientras que las de los romboedros guardan completamente su brillo vítreo. Col. JE5667. Yacimiento del "Monte Preubas". Foto Jenaro Gil, 2011.



Figura 270: Jacinto Col. JE5536b, de 1,5 x 0,8 cm, con áreas mate entre las superficies brillantes de las caras del prisma y los dos romboedros. Yacimiento del "Monte Preubas". Foto Jenaro Gil, 2011.

En Canales-Andilla, aunque se puede encontrar cristales con ausencia total de su brillo, no es lo más frecuente y en ocasiones observamos que la falta de éste afecta únicamente al prisma hexagonal y no a los romboedros (Figs. 128d, 269). Incluso en algunos Jacintos completamente brillantes, aparecen tanto en los romboedros como en el prisma, unas zonas mates que no afectan a toda la superficie de la cara (Fig. 270). Esto es debido probablemente, a la acción local de los agentes químicos presentes en los sedimentos circundantes, que las atacaron en algún momento mientras estuvieron enterradas. Al igual que Tarr y Lonsdale (1929), también se ha observado que las caras de los romboedros de una misma pirámide presentan diferencias de brillo, de modo que las de un romboedro pueden ser más brillantes que las del otro.

Accidentes en la Superficie

En cuanto a los accidentes que presentan las caras, aristas y vértices, podríamos distinguir entre las marcas que aparecen en la superficie de los cristales como resultado de las fases de su crecimiento y las debidas a los efectos producidos sobre los cristales ya desarrollados; por la corrosión de sustancias presentes en el medio o por los efectos físicos sufridos al quedar expuestos a la superficie y actuar la meteorización, como por ejemplo con el transporte (rodamiento de cristales).

Entre las marcas que podríamos observar en la superficie de los cristales en crecimiento están: las típicas estrías horizontales sobre las caras del prisma hexagonal; el desarrollo en tolva debido a la diferente velocidad de crecimiento en las direcciones de desarrollo de las caras; las figuras causadas por las imperfecciones en las etapas de crecimiento; o las marcas dejadas por el crecimiento en superficie de otros cuarzos o de minerales de

especies diferentes, que posteriormente se pudieron desprender o simplemente se disolvieron en una etapa posterior.

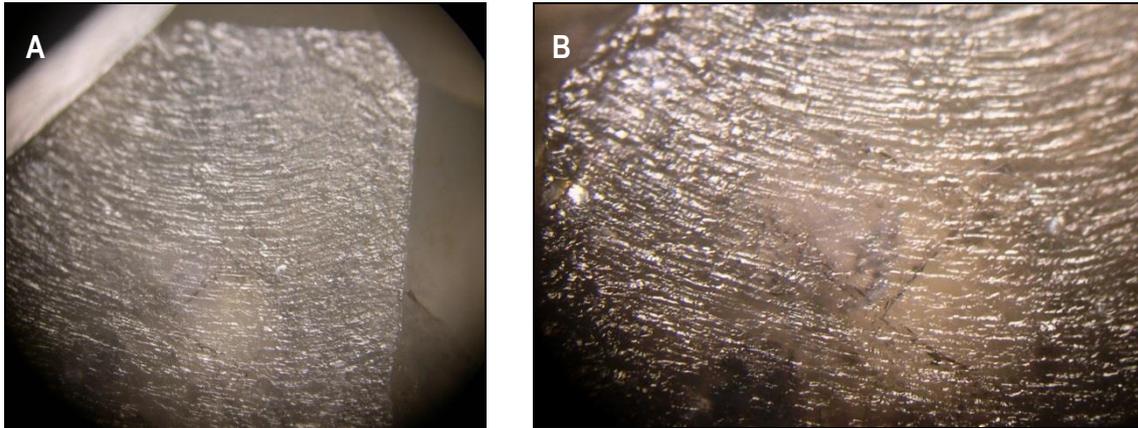


Figura 271: Los cuarzos autógenos no suelen presentar las características estrías horizontales que aparecen en el prisma hexagonal del resto de cuarzos. Los cristales estudiados de las rocas epigenéticas de Andalucía por Chaves, F. (1896), presentaban esta ausencia a diferencia de los originados en formaciones graníticas, gneísicas y filonianas. En varios Jacintos de Canales hemos observado en las caras del prisma, pequeñas zonas en las que se puede atisbar estas marcas. **A:** Curiosamente en la muestra Col. JE4333, también se ha observado estrías ligeramente curvadas que atraviesan horizontalmente el prisma hexagonal. Jacinto blanco transparente de 2 x 1,2 cm, recogido en junio de 2008, en el yacimiento de "El Prao". **B:** Ampliación del campo de estrías, encuadre aprox. de 2 x1 mm. Foto Jenaro Gil, 2010.



Figura 272: Fácilmente en algunos Jacintos partidos (ocasionalmente en los completos) se puede observar las típicas marcas de crecimiento del cristal por superposición de sucesivas capas de material silíceo. Encuadre aprox. de 3 x 2 mm, Jacinto recogido en el yacimiento del "Monte Preubas" en enero de 1994. Col. JE5728b. Foto Jenaro Gil, 2010.

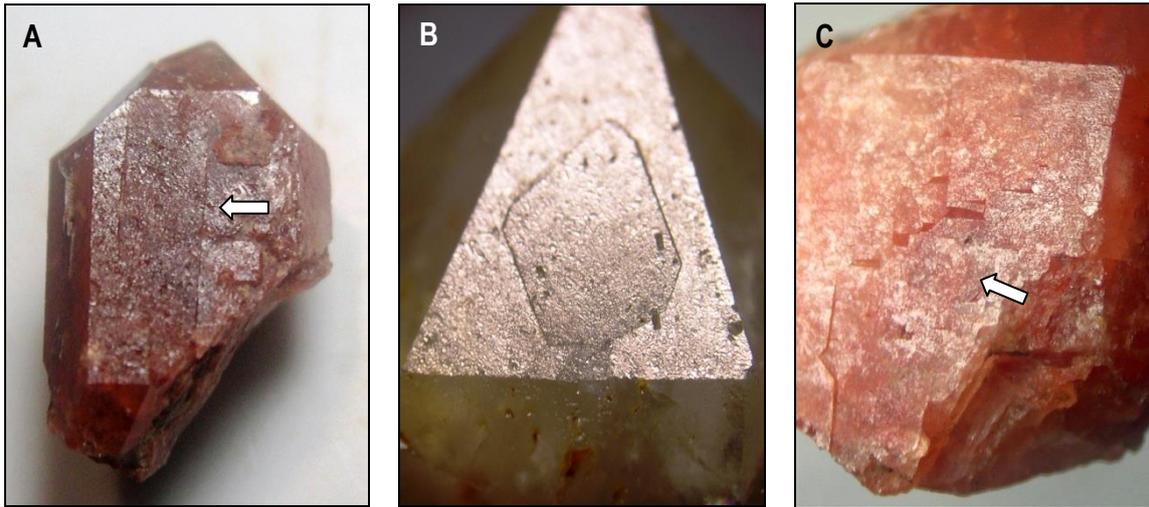


Figura 273: *Marcas dejadas por las imperfecciones de crecimiento del cristal individual o por el crecimiento de otros asociados. A:* Col. JE5717a, cristal de 1,5 x 0,9 cm. *B:* encuadre aprox. de 3 x 4 mm. *C:* Col. JE5939a cristal partido de 1,8 x 1,7 cm. Todos recogidos en el yacimiento del "Monte Preubas". Foto Jenaro Gil, 2012.

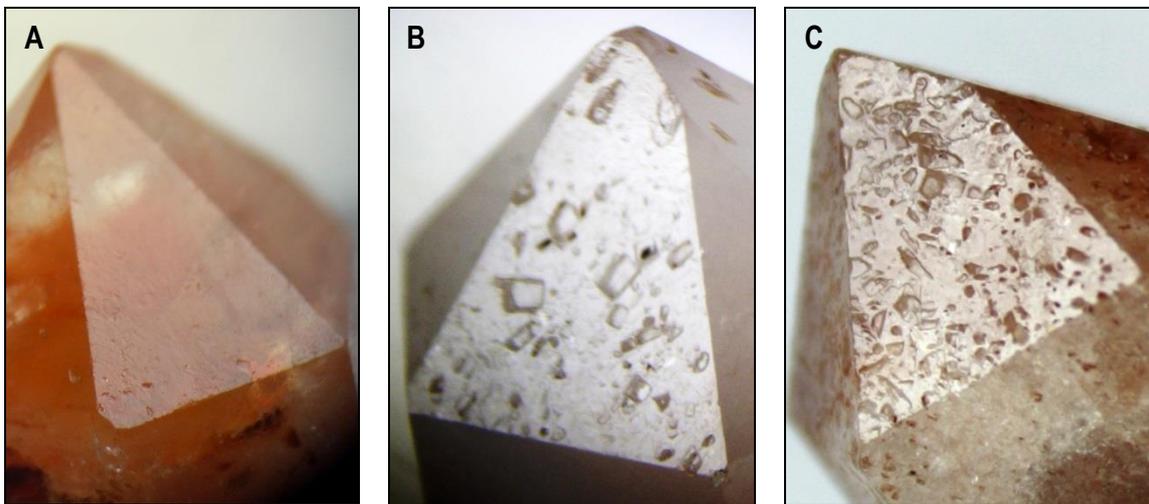


Figura 274: *Contrasta la coexistencia de cristales en un mismo yacimiento, en los que la superficie de las caras, especialmente las de los romboedros, se presentan completamente lisas (A) o gradualmente marcadas por multitud de accidentes (B y C). En ocasiones un mismo Jacinto presenta unas caras del romboedro lisas y otras marcadas. A:* Col. JE 5535d, encuadre aprox. de 5 x 7 mm. *B:* Col. JE 5760a encuadre aprox. de 5 x 9 mm. *C:* Col. JE 4332 encuadre aprox. de 1 x 1,3 cm. Recogidos en el yacimiento del "Monte Preubas". Foto Jenaro Gil, 2011.

Albrighth y Lueth (2003), también llegaron a la conclusión de que en este tipo de cristales, las estrías horizontales características del crecimiento en el prisma de otros cuarzos de diferente origen, cuando estaban presentes, tendían a ser moderadas; y que, los huecos dejados por la presencia de otros minerales eran comunes en el prisma pudiendo alcanzar localmente grandes tamaños, alrededor de 7 mm para un cristal de 5 cm. Estos huecos podían ser debidos al vaciado por disolución de cristales de dolomita o de otros minerales de origen evaporítico. Estas marcas representaban, según estos autores, las impresiones del molde dejado por estos minerales.

Exceptuando los crecimientos en tolva anteriormente mencionados, todos los demás detalles han sido observados en la superficie de las caras de los Jacintos estudiados. En las figuras de la 271 a la 278 se muestran algunos ejemplos, cabe destacar: la presencia de estrías horizontales moderadas en el prisma hexagonal de algunos cristales; las

superficies completamente rugosas de las caras en algunas muestras y la multitud de marcas de muy diferente contorno y profundidad que es posible encontrar especialmente en la superficie de los romboedros de la gran mayoría de estos Jacintos.

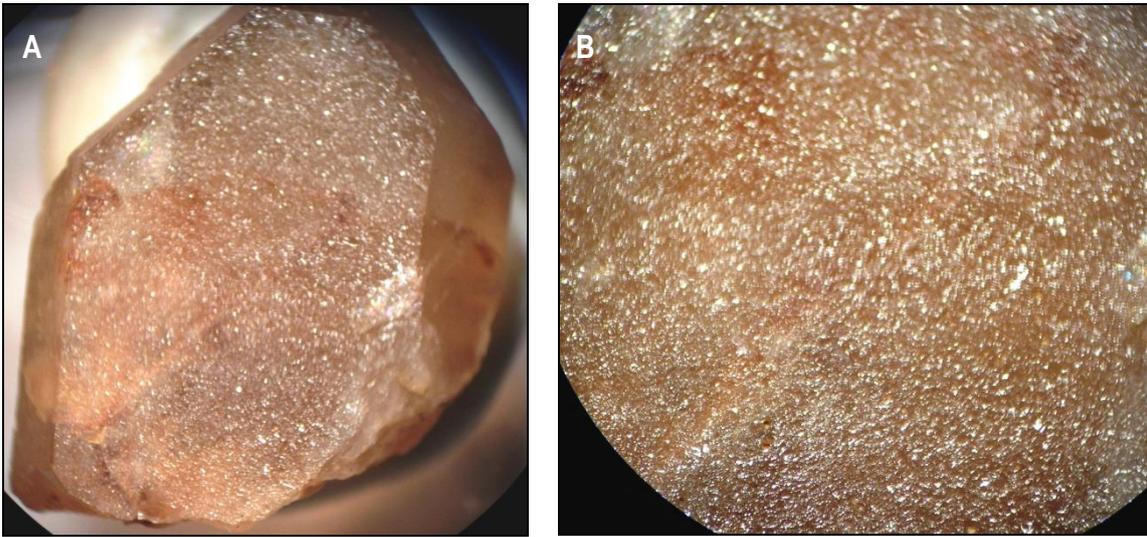


Figura 275: Aunque generalmente la superficie del prisma hexagonal y la de los romboedros suelen presentar distintas marcas, en numerosas ocasiones podemos reconocer los mismos accidentes. En algunos cristales destaca, que especialmente la superficie del prisma hexagonal se muestra completamente rugosa, granulada, como si de la superficie de una lija se tratase. Éste tipo de superficies podría haberse formado durante el crecimiento del cristal, en el seno de unos sedimentos o una roca madre de tipo granuloso como el yeso o la anhidrita, que dejaron su impresión en la zona de contacto con el cristal al desarrollarse juntos (Bignami, 2005). **A** Jacinto incompleto de 1,9 x 1,4 cm recogido en enero de 1994, en el yacimiento del "Monte Preubas". Col. JE5533c. **B**: Ampliación de la superficie del prisma granulada, encuadre aprox. de 3 x 2 mm. Foto Jenaro Gil, 2011.

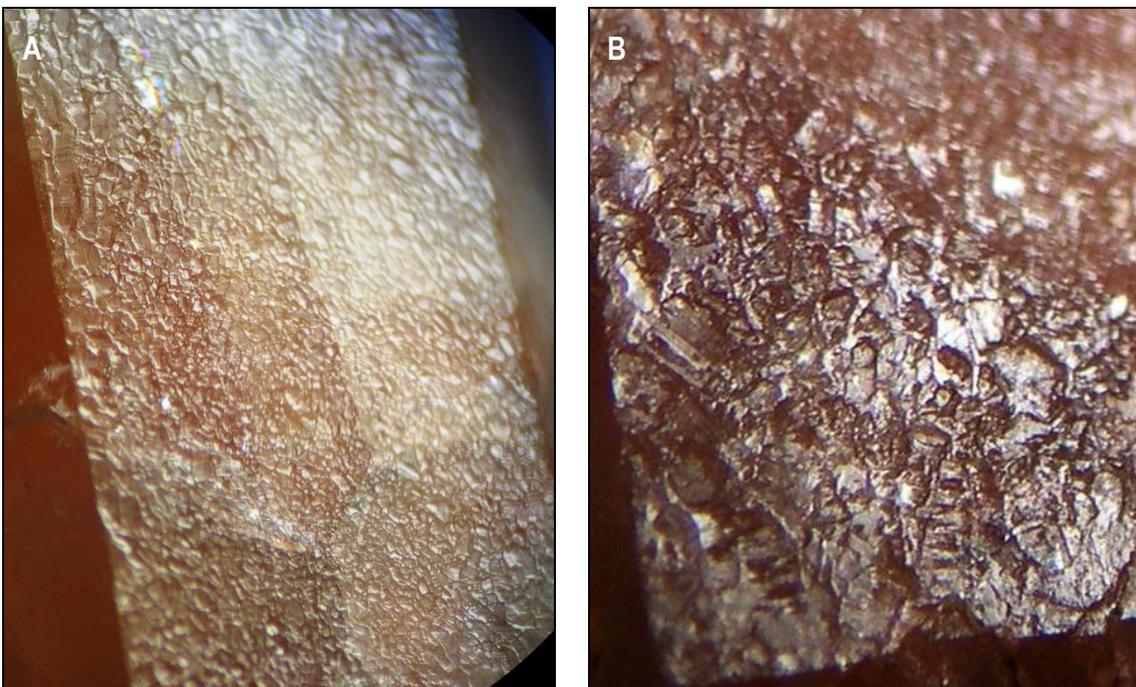


Figura 276: En ocasiones se observa en el cristal como un reticulado de distintas marcas que ocupan prácticamente toda la superficie. El origen de estas impresiones podría estar, igual que sucedía en el caso anterior, unido a la formación singenética y diagenética de estos Jacintos y las rocas madre que los contuvieron. Jacinto Col. JE5769f encuadre aprox. de (**B**) 2,5 x 3 mm recogido en julio de 2011, en el yacimiento del "Monte Preubas". Foto Jenaro Gil, 2012.

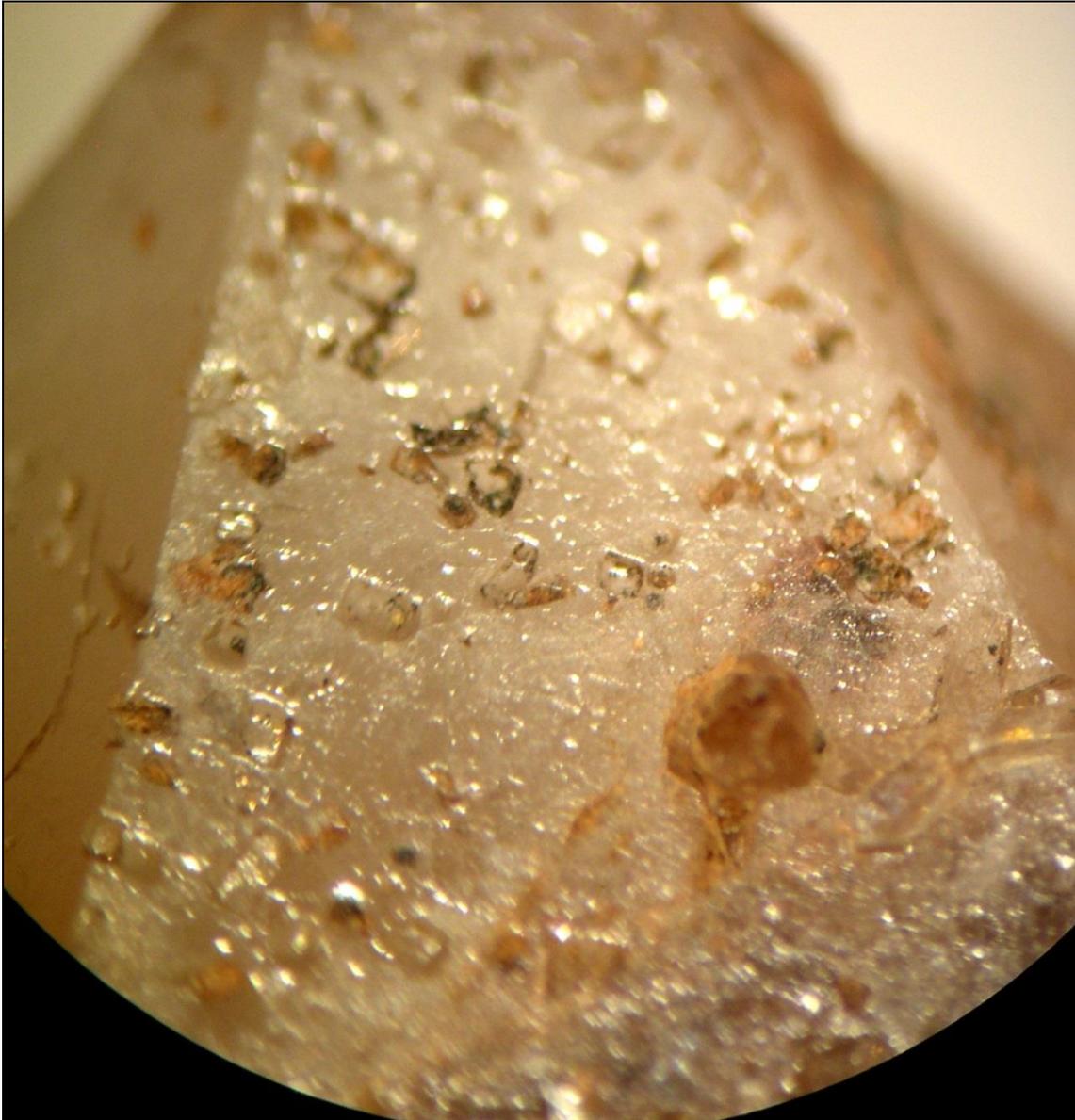


Figura 277: *Marcas debidas a la presencia de minerales de otras especies en la superficie de los cristales, algunas tienen forma cúbica. En fases posteriores se pudieron disolver, al cambiar las condiciones del medio, dejando su huella. A veces, como en la figura, aún quedan restos del cristal original, posiblemente de dolomita. Col. JE5533c, encuadre aprox. 6 x 7 mm, cristal recogido en enero de 1994, en el yacimiento del "Monte Preubas". Foto Jenaro Gil, 2011.*

Nos ocuparemos ahora de las marcas que aparecen en la superficie del cristal ya desarrollado, debidas a los efectos producidos por la corrosión.

Los primeros mineralogistas observaron en la superficie de las caras, las figuras de corrosión que presentaban numerosos cristales naturales, como son la halita, el cuarzo y el azufre. En la halita son debidas a la humedad, en los otros dos, al efecto de los agentes químicos que los atacaron poco después de su formación, en diferentes tiempos y ocasiones. Estas figuras de corrosión son casi siempre microscópicas y revelan muy a menudo la verdadera simetría del cristal.

El cuarzo, suele presentar con mucha frecuencia corrosiones naturales. Si lo atacamos con ácido fluorhídrico para provocarlas, presenta diferentes corrosiones según se trate de cristales levógiros o dextrógiros (Fig. 279). Éstas, revelan la diferencia entre las caras

del romboedro positivo y las del negativo, la ausencia de planos de simetría y en definitiva, el carácter distintivo de la clase trigonal trapezoédrica a la cual pertenece (Candel, 1962).

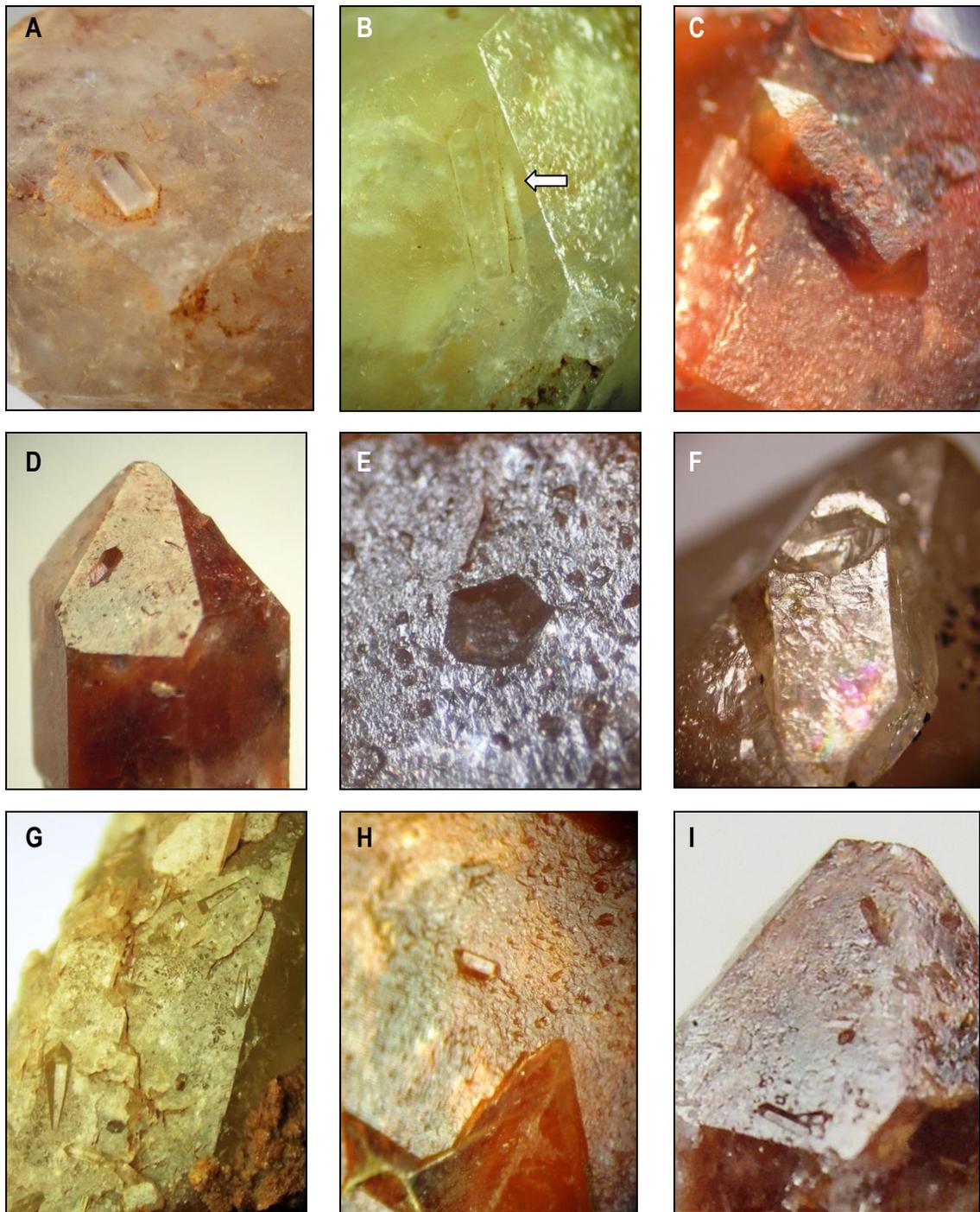


Figura 278: Marcas debidas a la presencia de pequeños cristales de cuarzo. Las 3 primeras, Jacintos con cristales de pocos milímetros desarrollados sobre la superficie o parcialmente incrustados. Las siguientes, marcas características dejadas por la ausencia del cristal, una vez abandonada su posición original. **A** Col. JE5774d, micro cristal de 3 mm. **B**: Col. JE5723c, encuadre aprox. 3 x 7 mm. **C**: Col. JE5542c, micro Jacinto de 2 mm. **D**: Col. JE5945c, encuadre aprox. 0,9 x 1,1 cm. **E**: Como Col. JE5809, encuadre aprox. 5 x 5 mm. **F**: Col. JE4330, encuadre aprox. 5 X 6 mm. **G**: Col. JE5891e, encuadre aprox. 0,7 x 1 cm. **H**: huella de 0,5 mm. **I**: Col. JE5535b, encuadre aprox. 5 X 7 mm. **A**, **B**, **C**, **D**, **F**, **H** e **I** recogidos en el yacimiento del "Monte Preubas". **E**, i **G** de "La Salina". Foto Jenaro Gil, 2012.

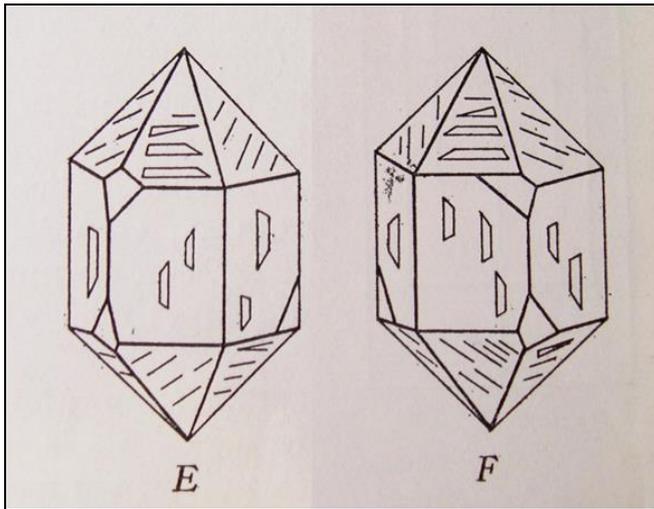


Figura 279

Figuras de corrosión artificiales, provocadas por la acción de ácido fluorhídrico sobre las superficies de dos cristales de cuarzo, uno levógiro (E) el otro dextrógiro (F). Dibujo extraído y modificado de la fig. 205 en GEOGNOSIA. "I. Mineralogía" Enciclopedia LABOR, por Rafael Candel Vila, 1962.

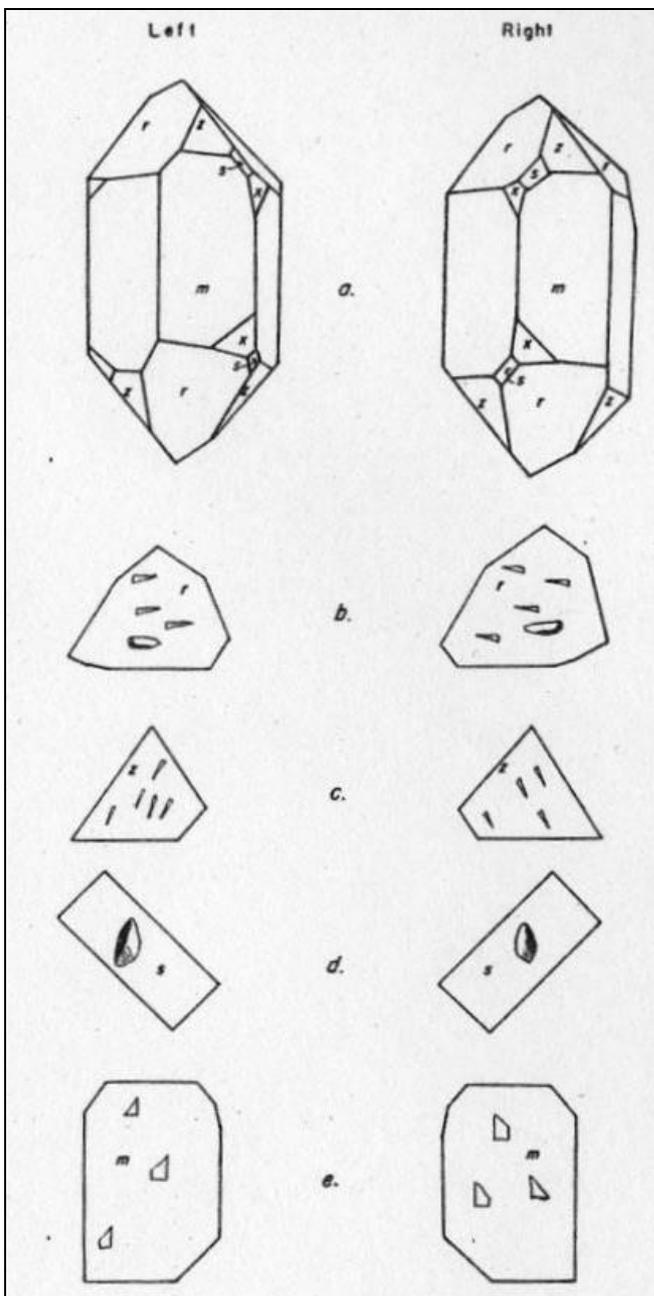


Figura 280

Figuras de corrosión artificiales, provocadas por la acción de ácido fluorhídrico sobre las superficies de dos cristales de cuarzo, uno levógiro (left) y el otro dextrógiro (right). Dibujo extraído y modificado de la fig. 1 de Gault, H. R., 1949.

El ácido fluorhídrico ha sido el más utilizado para conseguir las figuras de corrosión sobre las superficies del cuarzo, aunque la industria ha utilizado por razones de seguridad, una solución de bifluoruro amónico (Parrish y Gordon, 1945).

Gault, H. R. en 1949, publicó un trabajo en el que estudiaba la frecuencia de los tipos de macla en cristales de cuarzo. Para ello, provocó figuras artificiales de corrosión utilizando ácido fluorhídrico en 1179 cristales de 6 localidades distintas (Fig. 280). Entre sus conclusiones destaca: que las asociaciones en el cuarzo, son más frecuentes que los cristales individuales, de hecho, éstos últimos pueden ser considerados una rareza; que las formas obtenidas tras la corrosión de las caras ayudan a identificar los tipos de cuarzo; que la proporción de cristales individuales de cuarzos levógiros o dextrógiros es aproximadamente la misma y que las variaciones en los diferentes yacimientos, dependen de las condiciones de crecimiento y el medio ambiente geológico.

En 1896, como ya se comentó en el capítulo de las inclusiones, apareció un artículo de Federico Chaves, en el que se estudiaba las inclusiones en los cristales de cuarzo dispersos en las rocas epigenéticas de Andalucía. Se refería a diferentes rocas de origen sedimentario: calizas, dolomías, arcillas, margas abigarradas, pero muy especialmente a los bancos de yesos rojos; a los que equivocadamente algunos consideraban en aquella época, producto de metamorfismo de las rocas calizas. La mayoría de los cuarzos que estudió eran Jacintos de Compostela rojos y posiblemente otros cristales que también podrían considerarse tales a pesar de tener otras coloraciones. Entre otras cuestiones, describió las figuras que encontraba sobre la superficie de los cristales y lo hacía del siguiente modo (Fig. 281):

En algunos ejemplares es bien perceptible la corrosión de las caras reducida á pequeños huecos poco profundos en el prisma, algo más en la pirámide. Estos huequecitos, bien espaciados y de forma irregular, parecen atestiguar reacciones químicas verificadas merced al contacto de materias sólidas que en determinadas condiciones de humedad, y gracias al ácido carbónico, hubieron de actuar á la manera como los carbonatos térreos del suelo lo hacen sobre los fragmentos y objetos de vidrio en él enterrados durante un tiempo más ó menos largo. La ausencia de las formas hemiédricas en los citados cristales está perfectamente de acuerdo con la falta de poder rotatorio, el cual no se presenta en ninguna de nuestras preparaciones, talladas muy exactamente normales á *c*.

Figura 281: Extracto del trabajo de Federico Chaves (1896), que aparece en los Anales de la Sociedad Española de Historia Natural. Serie II. Tomo quinto (XXV) Pág. 247.

Los últimos estudios sobre la superficie de las caras en Jacintos de Compostela pertenecen a Galván, J. y otros (1963). Ellos utilizaron técnicas de microscopía electrónica con Jacintos de diferentes localidades y coloraciones, recogiendo las siguientes observaciones: algunos cristales presentaban pocos o ningún accidente mientras que en otros se podía observar claramente zonas corroídas o lagunares de

contorno irregular; la forma de los accidentes que encontraban era muy variada (acicular, cintiforme o prismático-alargada con tendencia a adquirir terminaciones apuntadas, tableada, hexagonal y en surcos de forma triangular); éstas marcas en ocasiones se agrupaban en zonas que denominaron cromóforas; y algunas de estas formas fueron atribuidas, no sin ciertas dudas, a la presencia de minerales como la celestina, gibsitita-bohemita o compuestos de hierro.

Para observar las marcas dejadas por los posibles efectos de la corrosión en los Jacintos de Canales-Andilla, se ha elegido un grupo de cristales que presentaban diferentes figuras. Se ha fotografiado a la lupa binocular la superficie de sus caras, utilizando una técnica de reflexión consistente en hacer incidir la luz blanca artificial procedente de un foco halógeno con un ángulo de reflexión adecuado, que nos permita poner de manifiesto dichos accidentes de una forma sencilla.

De este modo, se ha fotografiado ordenadamente las caras de los romboedros que componen una de las pirámides hexagonales de 4 cristales (Figs. 282 a 285), también se ha obtenido las fotografías que muestran el desarrollo completo de todas las caras (del prisma y de las dos pirámides hexagonales) de 2 cristales de gran tamaño, (Figs. 286 y 287) y por último se ha fotografiado las marcas dejadas por los efectos de una corrosión muy acusada, en diferentes partes de varios cristales.

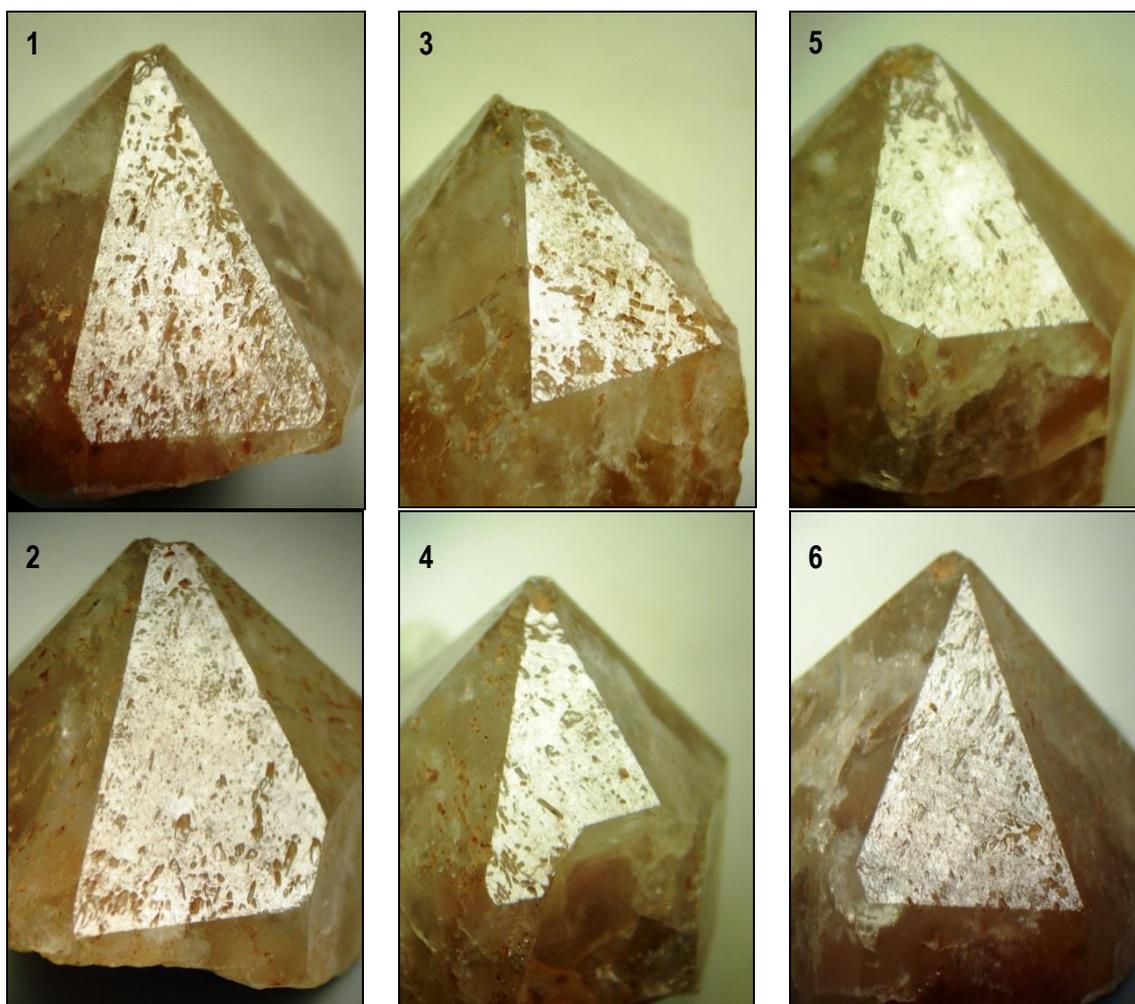


Figura 282: *Marcas presentes en la superficie de los romboedros de una punta de Jacinto de 2 x 1,7 cm, encuadre aproximado de 1 x 1,6 cm. Arriba las caras 1, 3 i 5 de un romboedro, abajo las caras 2, 4 i 6 del otro. Col. JE5650c, cristal recogido en 1994 del yacimiento del "Monte Prebas". Regalo de Sifrido Serrano Valero y foto Jenaro Gil, 2011.*

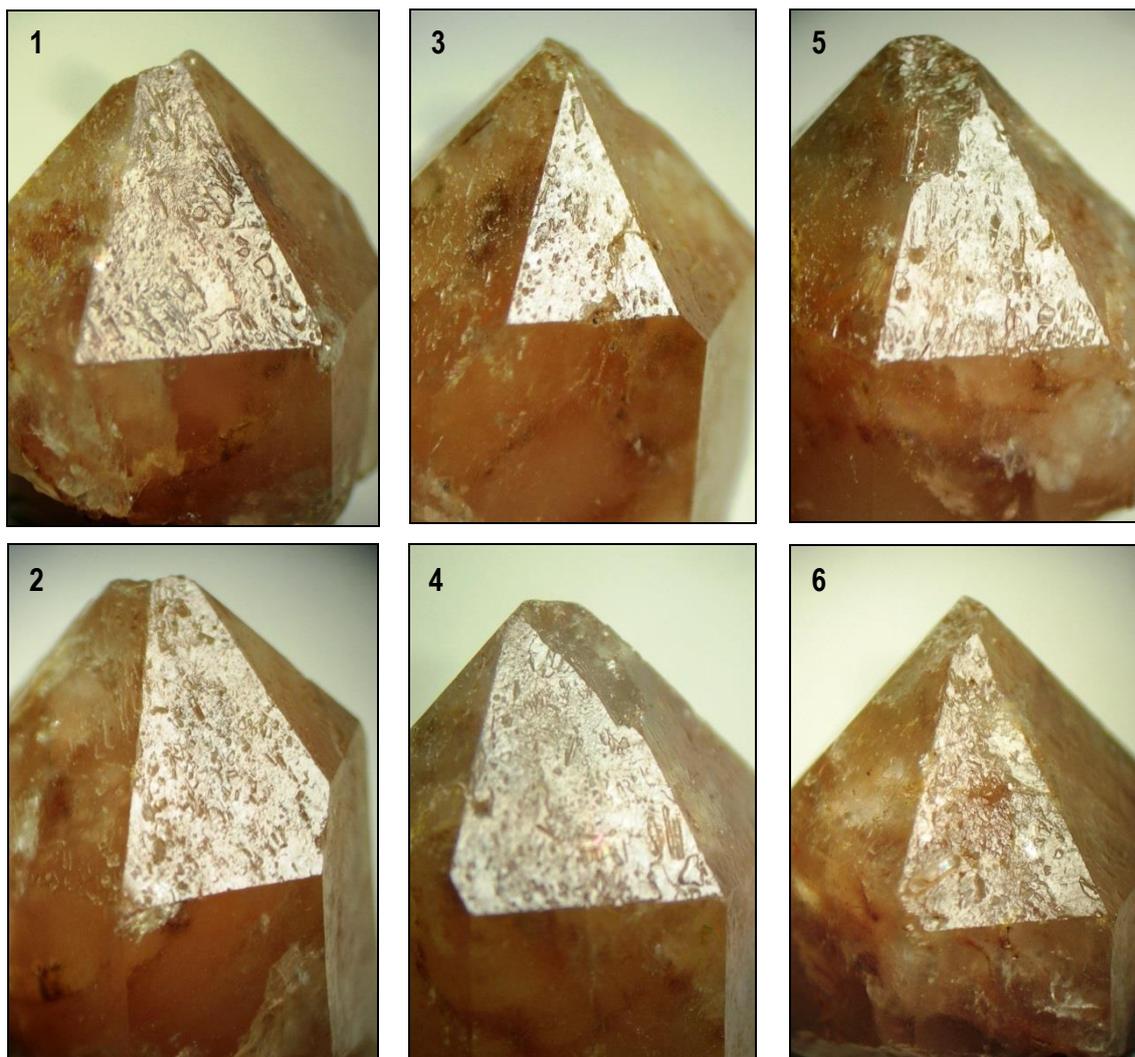


Figura 283: *Marcas presentes en la superficie de los romboedros de una punta de Jacinto de 1,7 x 1,2 cm, encuadre aproximado de 0,8 x 1,2 cm. Arriba las caras 1, 3 i 5 de un romboedro, abajo las caras 2, 4 i 6 del otro. Col. JE5650b, cristal recogido en 1994 del yacimiento del "Monte Preubas". Regalo de Sifrido Serrano Valero y foto Jenaro Gil, 2011.*

El estudio de la superficie de las caras, tras la observación a la lupa binocular, de un gran número de cristales, sin emplear técnicas artificiales que provoquen figuras de corrosión y alteren las ya presentes de forma natural (asunto que se podría abordar en un estudio posterior); junto al análisis comparativo de las imágenes de las figuras aquí representadas ampliadas a gran tamaño; ha permitido realizar la descripción de varias observaciones, que posiblemente reflejan los efectos de la corrosión, y que se resumen a continuación:

- Es bastante frecuente la pérdida del brillo natural en la superficie de las caras afectadas por la corrosión (Fig. 270). Este fenómeno suele ir acompañado de un aspecto más o menos rugoso y áspero del cristal.
- En la pirámide de un mismo ejemplar, se pueden presentar caras completamente lisas y caras marcadas, pudiendo llegar a ser estas marcas muy acusadas.
- La corrosión no afecta de igual modo a las caras de los romboedros que a las del prisma hexagonal, tampoco por igual, a todas las caras de los romboedros.
- En numerosas ocasiones las marcas en los romboedros aparecen orientadas, y si éstas continúan en el prisma pueden mantener dicha orientación (Fig. 288).

- Las caras de los romboedros contienen una mayor densidad de marcas que las del prisma hexagonal. Además, en los romboedros predominan las figuras profundas y de contornos poligonales.
- No se ha observado grandes diferencias entre las formas de las marcas de un romboedro y las del otro, aunque si se aprecia distinción en cuanto a su densidad.
- Muy frecuentemente los posibles efectos de la corrosión ponen de relieve, inclusiones próximas a la superficie presentes en el interior del cristal. Incluso, dejan al descubierto, al perder la fina cubierta protectora de cuarzo, pocillos correspondientes a pequeñas burbujas o las huellas dejadas tras el vaciado de su contenido (Figs. 276, 289).

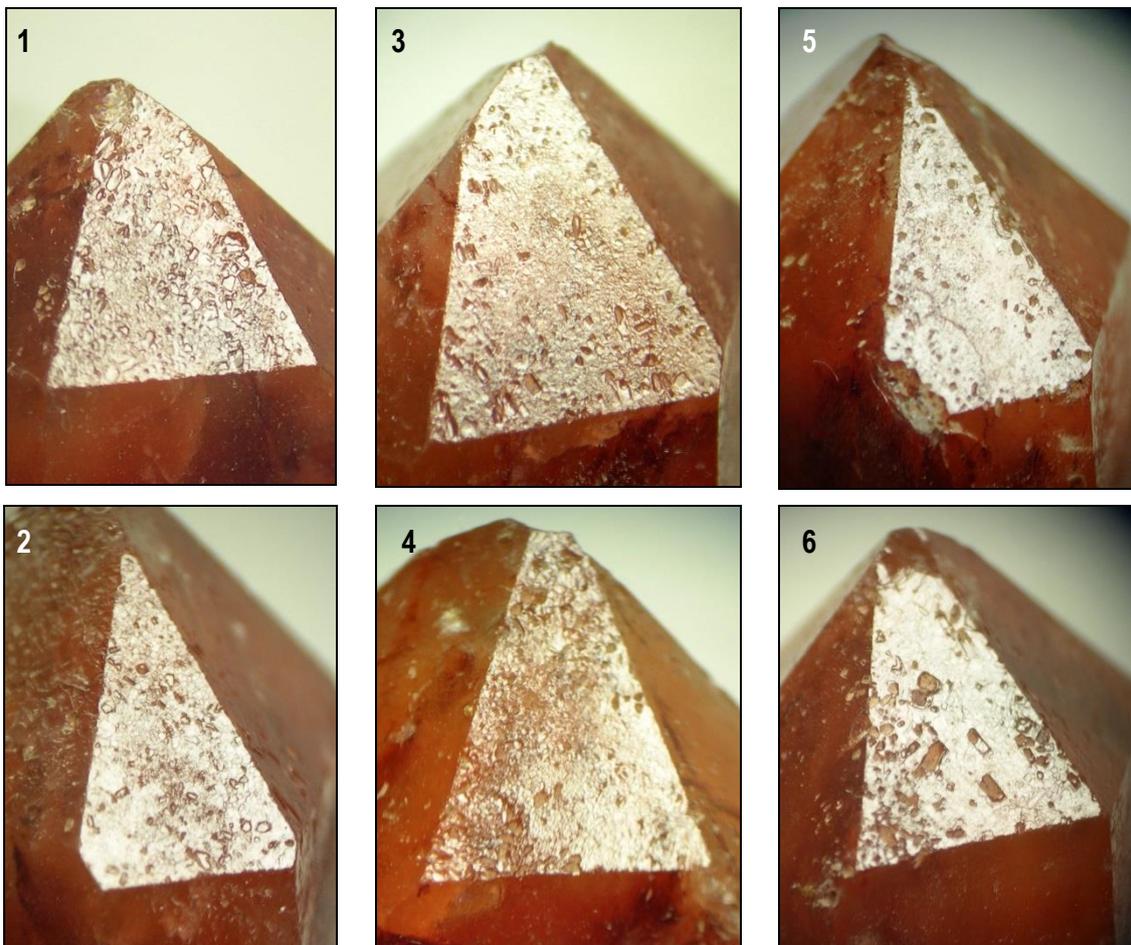


Figura 284

Marcas presentes en la superficie de los romboedros de un Jacinto de 2,3 x 1,2 cm, encuadre aproximado de 0,8 x 1 cm. Arriba las caras 1, 3 y 5 de un romboedro, abajo las caras 2, 4 y 6 del otro.

Col. JE5650a, cristal recogido en 1994 del yacimiento del "Monte Prebas".

Regalo de Sifrido Serrano Valero y foto Jenaro Gil, 2011.

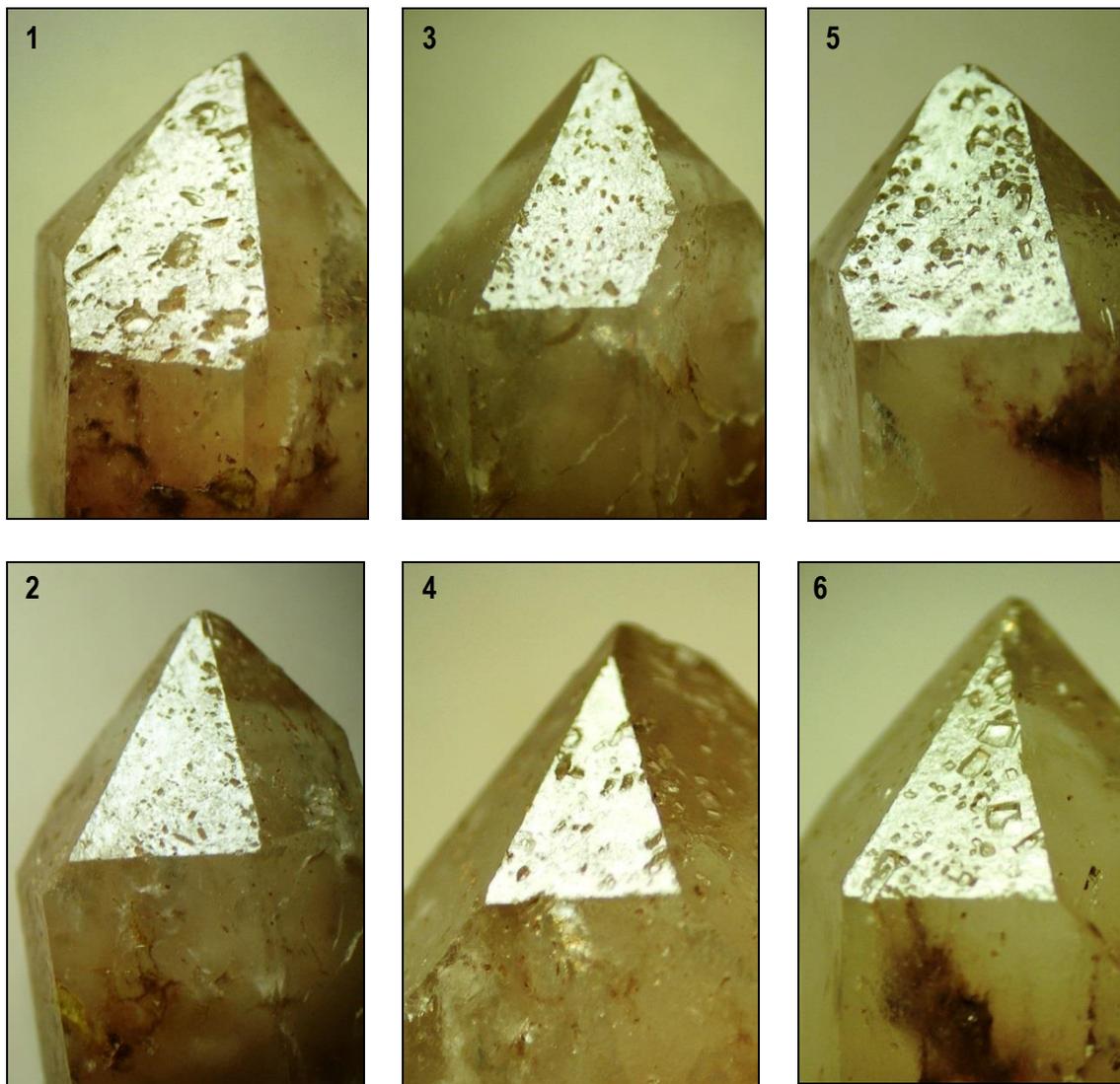


Figura 285

Marcas presentes en la superficie de los romboedros de una punta de Jacinto de 2 x 1 cm, encuadre aproximado de 1 x 1,4 cm. Arriba las caras 1, 3 y 5 de un romboedro, abajo las caras 2, 4 y 6 del otro.

Col. JE5652d, cristal recogido en 1994 del yacimiento del "Monte Preubas".

Regalo de Sifrido Serrano Valero y foto Jenaro Gil, 2011



Figura 286

Colocando la hoja apaisada, desarrollo completo de la superficie de las caras de un Jacinto de 4,0 x 2,1 cm, en el que se observan marcas debidas a la corrosión natural y a las huellas dejadas por su crecimiento conjunto con los materiales del medio.

Col. JE5941. Regalo de Sifrido Serrano, recogido en 1994, en el yacimiento del "Monte Preubas".

Foto J. Gil, 2012.



Figura 287

Desarrollo completo de la superficie de las caras de un Jacinto de 3,8 x 1,6 cm, en el que se observan marcas debidas la corrosión natural y a las huellas dejadas por su crecimiento en contacto con los materiales del medio.

Col. JE5942. Regalo de Sifrido Serrano Valero, recogido en 1994, en el yacimiento del "Monte Preubas".

Foto Jenaro Gil, 2012.



Figura 288: *Marcas orientadas en la superficie de las caras de uno de los romboedros de la pirámide hexagonal en dos cristales diferentes. A: Col. JE5473c, cristal de 1,6 x 0,6 cm, encuadre aprox. de 0,4 x 0,5 mm. Ejemplar recogido en el yacimiento de "La Salina" en agosto de 2008 B: Col. JE5533b, cristal incompleto de 1,7 x 1 cm, encuadre aprox. de 0,7 x 0,8 mm. Recogido en el yacimiento del "Monte Preubas" en enero de 1994. Foto Jenaro Gil, 2012.*

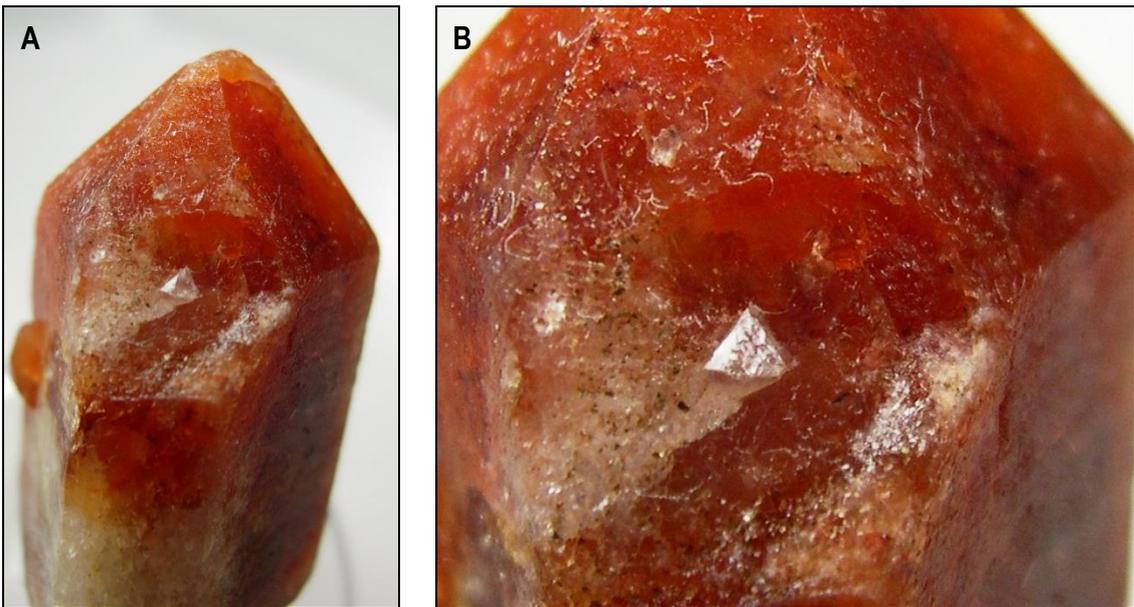


Figura 289: *La muestra Col. JE5942 es un Jacinto de 3,8 x 1,6 cm (A), en el que la posible pérdida de un cristal asociado o la imperfección de crecimiento que hay en la zona de contacto entre una de las caras de la pirámide y el prisma hexagonal (B, encuadre aprox. de 1,3 x 1,1 cm), dejó expuesto el interior del Jacinto a los efectos de una corrosión posterior. En la zona había incluido un pequeño cristal bipiramidal transparente, en el que también se observa sobre la superficie de sus romboedros, los efectos de esa corrosión. Ejemplar regalo de Sifrido Serrano Valero, recogido en 1994, en el yacimiento del "Monte Preubas". Foto J. Gil, 2012.*

- Se ha observado, que la corrosión también puede causar una suavización de aristas y vértices ofreciendo un aspecto similar al que habrían adquirido tras un proceso físico de transporte por rodamiento. Esta evidencia se manifiesta acompañada de otras marcas típicas que indican corrosión y la presencia intacta del resto de aristas y vértices del cristal (Fig. 290).



Figura 290: Suavización de las aristas y vértices de las caras de un romboedro por efecto de la corrosión. Obsérvese que el resto de las aristas permanecen intactas. Col. JE5469, cristal de 2,4 x 1,4 cm, encuadre aprox. de 1,5 x 1 cm. Recogido en junio de 2008 en el yacimiento del "Monte Preubas". Foto Jenaro Gil, 2012.

- Cuando la corrosión es muy acusada, ésta afecta también al conjunto del cristal (Figs. 291 y 292), haciendo desaparecer porciones importantes del mismo que dejan al descubierto una estructura esponjosa o esquelética muy característica (Fig. 293).

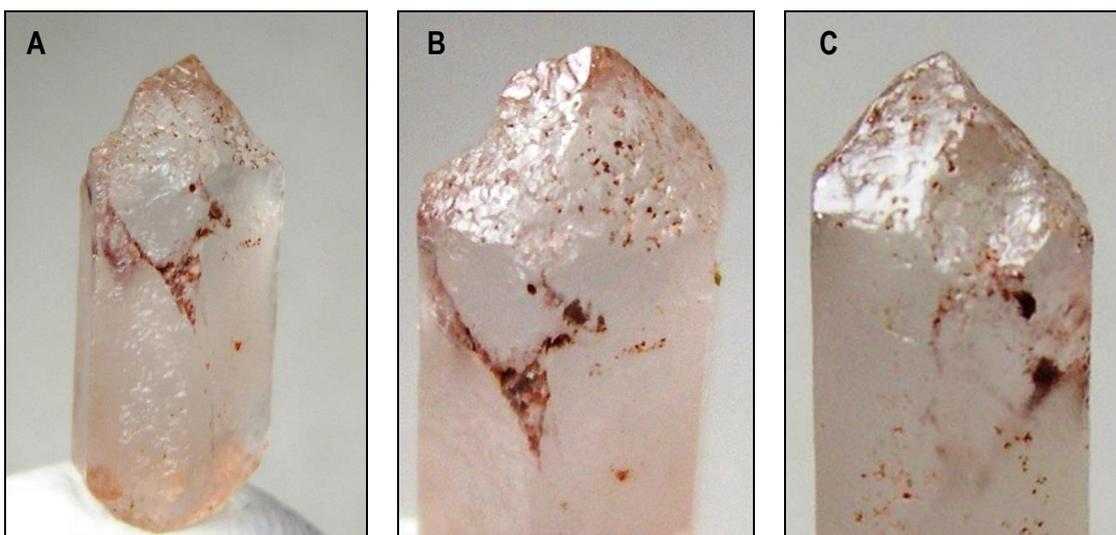


Figura 291: Cristal completamente afectado por la acción de una corrosión muy pronunciada. Tanto las caras de los romboedros de las dos pirámides, como las paredes del prisma hexagonal, están muy desfiguradas. **A**, **B** y **C** son 3 perspectivas de un mismo cristal de 1,5 x 0,5 cm, Col. JE5483c. Recogido en enero de 1994 en el yacimiento del "Monte Preubas". Foto Jenaro Gil, 2012.

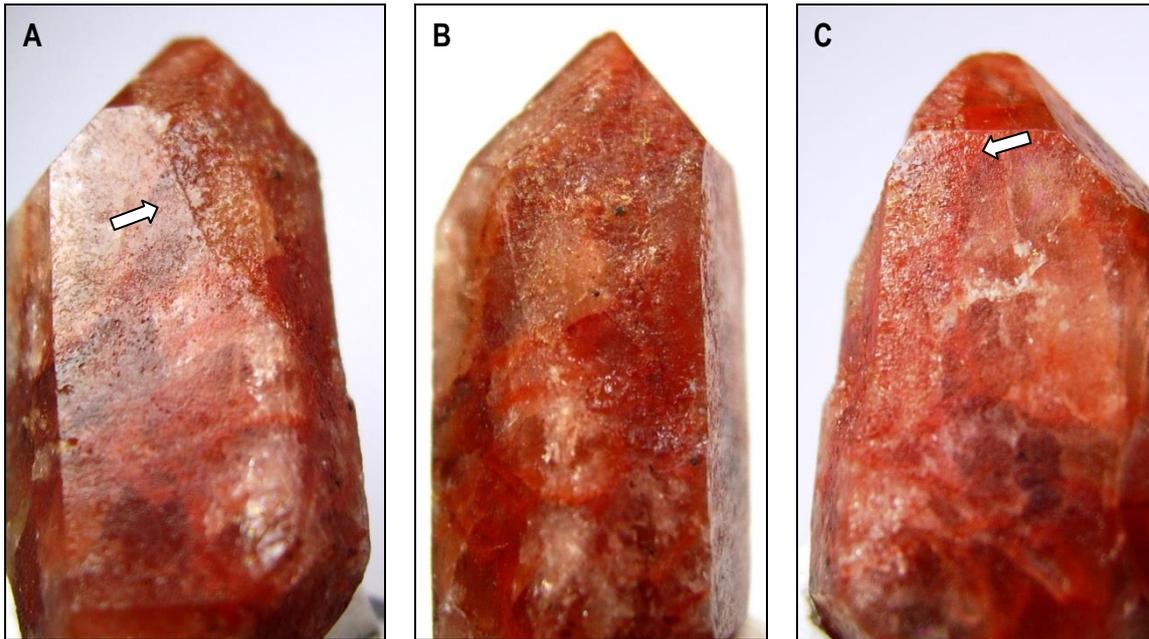


Figura 292: En algunos cristales es posible seguir los efectos de la corrosión a través de líneas perfectamente definidas que marcan los límites de su acción sobre el cristal. **A**: vista izquierda, **B**: vista frontal y **C**: vista derecha, de un cristal de 2,8 x 1,2 cm. Col. JE5477d, recogido en junio de 2008 en el yacimiento del "Monte Preubas". Foto Jenaro Gil, 2012.

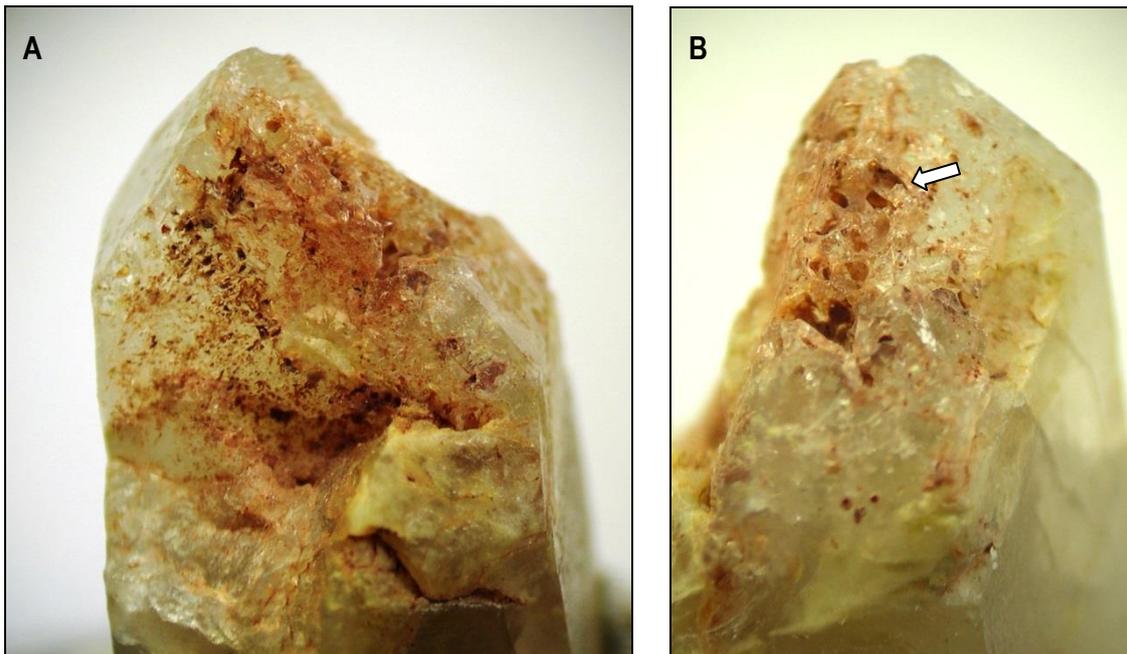


Figura 293: Cristal esquelético o de estructura esponjosa debido al efecto de una corrosión muy acusada. **A** y **B** son las vistas frontal y lateral de un ejemplar de 2,1 x 1,1 cm. Obsérvese las cavernas en **B** con un encuadre aprox. de 6 x 9 mm. En otros yacimientos de la Comunidad Valenciana, como en el de la "Cueva del Chato" en Chella (Valencia), también se presentan Jacintos muy corroídos incluso con formas esqueléticas mucho más desarrolladas. Col. JE5483b, recogido en enero de 1994 en el yacimiento del "Monte Preubas". Foto J. Gil, 2012.

- No se ha detectado marcas de corrosión que faciliten la diferenciación o identificación de los dos tipos de cuarzo (levógiro o dextrógiro).

Por último, repasaremos las marcas que aparecen en la superficie de las caras, vértices y aristas de un cristal, debidas al efecto físico de la meteorización. Básicamente, es un

proceso que sufren los cristales cuando una vez sueltos de los materiales que los contienen, son sometidos a algún tipo de transporte o rodamiento que consigue pulir las aristas y vértices, romper las puntas o alterar partes considerables del cristal (Fig. 294A). Este proceso colabora en el desarrollo de las fisuras internas y unido a las tensiones sufridas y a una fuerte amplitud térmica, puede conducir al cuarteado y la posterior fractura del cristal. En las superficies de rotura es muy común observar como las arcillas presentes en el medio invaden las pequeñas cavidades dejadas por las burbujas que contenían estos Jacintos (Fig. 294B).

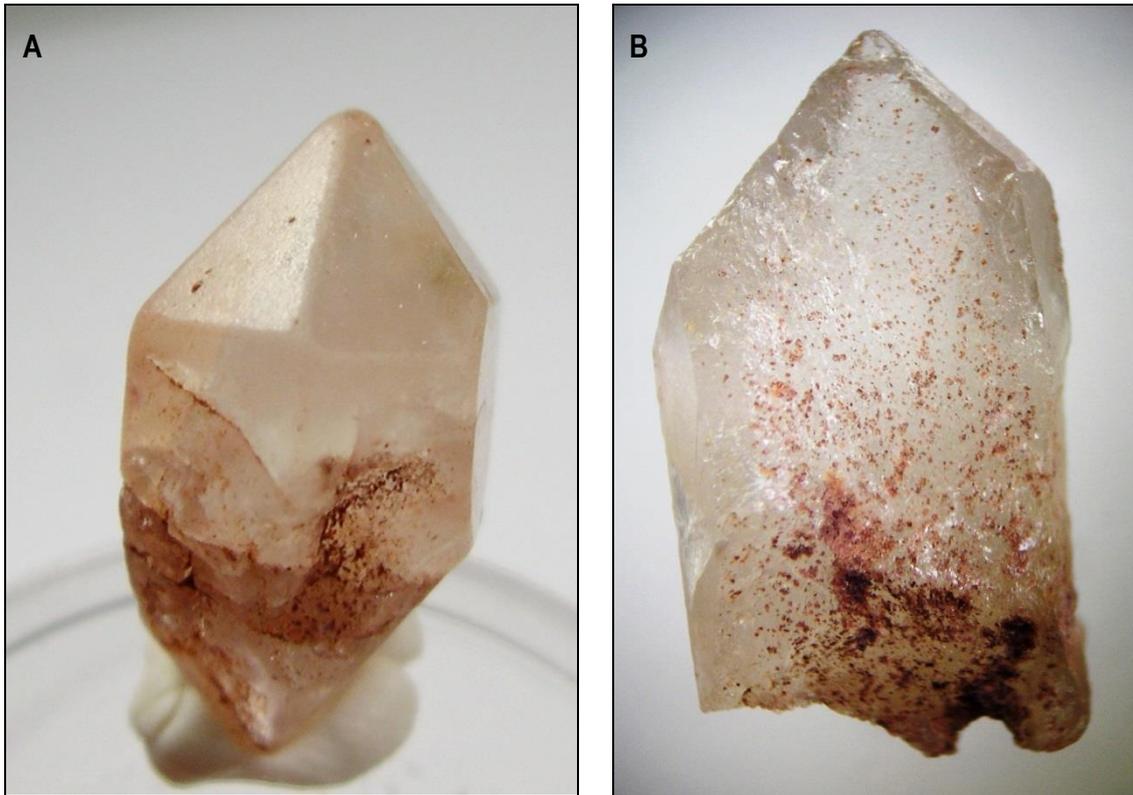


Figura 294: **A**: Aunque no es muy frecuente, se puede encontrar Jacintos como este de 1,9 x 1,2 cm, que presentan signos de rodamiento evidente por todo el cristal. Col. JE5821a, recogido en el yacimiento de "La Salina" en agosto de 2011. **B**: Sección transversal de un cristal partido expuesta a la intemperie. Las arcillas que rellenan los huecos denotan la presencia de pequeñas burbujas en el interior del cristal. Ejemplar de 1 x 0,8 cm, Col. JE5481, recogido en junio de 2008 en el yacimiento del "Monte Preubas". Foto Jenaro Gil, 2011.

DIMENSIONES

Los cristales del yacimiento del “*Monte Preubas*” son conocidos por su gran tamaño (Figs. 20 a 24, 28 a 29 y 295). Además, muchas veces asociado a hábitos muy perfectos formando ejemplares biterminados con todas las caras bien definidas (Figs. 25A y B, 296 y 297) que muy a menudo, se presentan interiormente cuarteados o con multitud de inclusiones arcillosas (Fig. 298).



Figura 295: Dos cristales biterminados que superan los 5 cm de longitud. El de la izquierda, Col. JE5730, de 5,1 x 2,6 cm recogido en julio de 2011; a la derecha, Col. JE3978, de 5,1 x 2,7 recogido en enero de 2008. Ambos del yacimiento del “*Monte Preubas*”. Foto Jenaro Gil, 2011.

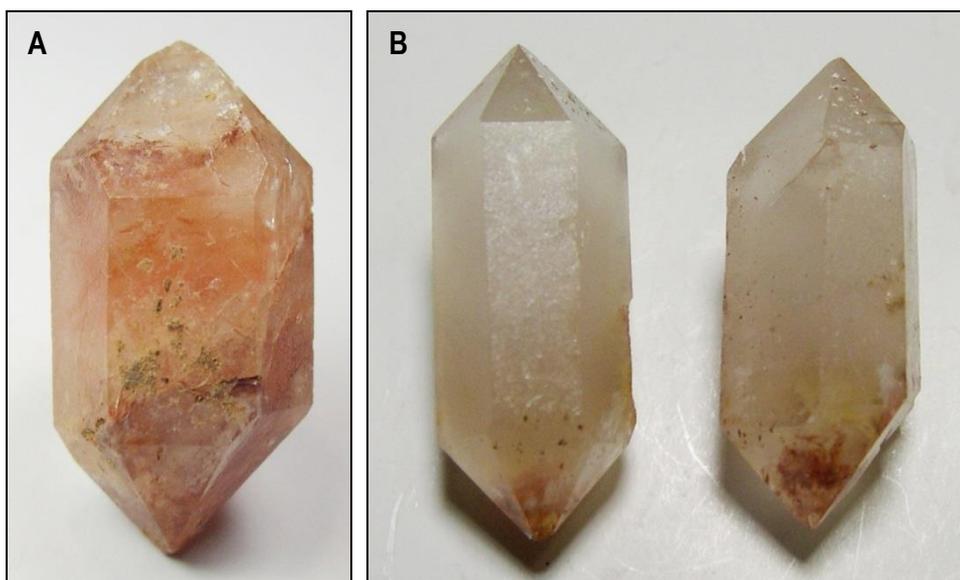


Figura 296: Jacinto JE2590 de 2,6 x 1,6 cm recogido en enero de 1994. **B:** JE5760 dos cristales de 2,7 x 1 cm y 2,6 x 1 cm respectivamente, recogidos en julio de 2011. Todos del yacimiento del “*Monte Preubas*”. Foto J. Gil, 2011.



Figura 297

*Imponente cristal anaranjado de 3,5 x 1,9 cm.
Recogido en julio de 2011 del yacimiento del "Monte Preubas".
Col. JE 5731 y foto Jenaro Gil, 2011.*

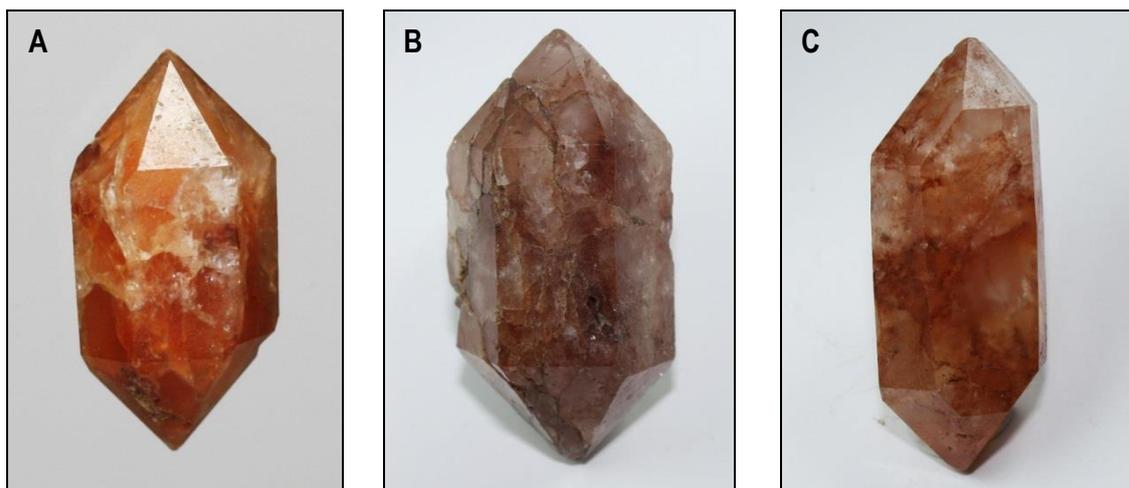


Figura 298: **A:** Cristal cuarteado interiormente de 2,6 x 1,2 cm. Col. JE 2587a; **B:** Cristal de 3 x 1,4 cm cuyo cuarteado afecta también a la superficie. Col. JE 2593a; **C:** Cristal de 3 x 1,1 cm invadido por inclusiones arcillosas, Col. JE2570. Los tres recogidos en el yacimiento del "Monte Preubas". Foto Jenaro Gil, 2011.

En ocasiones no se trata del cristal completo y recogemos puntas (pirámide hexagonal) o prismas troceados de dimensiones asombrosas que revelan cuál podría haber sido el verdadero tamaño del cristal de haberse encontrado entero (Figs. 22 y 299). Es cierto que debemos distinguir, los ejemplares que encontrándose sueltos están rotos o partidos, de los hipidiomorfos, que simplemente no terminaron de formarse, al encontrar limitaciones de espacio o del material silíceo (Fig. 300).

También hemos hallado cristales de tamaño considerable en los otros yacimientos descritos (Fig. 72) y en ellos, puntas o pedazos de cristales muy grandes.



Figura 299: **A:** JE3985, punta de 3,5 x 3,2 cm. **B:** JE2601, prisma de 3,7 x 2,9 cm. Recogidas en febrero de 2008 y enero de 1994 en el yacimiento del "Monte Preubas". Foto J. Gil, 2011.

Es necesario hacer referencia a los cristales de reducidas dimensiones. Como en todos los yacimientos de Jacintos de Compostela, en Canales-Andilla hay Jacintos muy pequeños. Lo cierto es que buscar un límite inferior es complicado y casi depende de nuestra capacidad técnica de observación. En los yacimientos es fácil encontrar, sueltos por el terreno, multitud de cristales de escasos milímetros de longitud. Generalmente son de color blanco o transparente, aunque también los hay de otros colores, están bastante limpios de impurezas y se presentan frecuentemente como cristales simples de morfología pseudoexagonal muy perfectos. A la lupa binocular podemos reconocer

microcristales formando parte de los sedimentos arcillosos (Fig. 301) o adheridos a la superficie de otros Jacintos mayores, como hemos podido observar en el apartado anterior sobre la superficie de las caras (Fig. 278).



Figura 300: *Cristal hipidiomorfo. Por limitación de espacio para terminar su crecimiento longitudinal no pudo concluir su otra pirámide hexagonal. Ejemplar de 3,3 x 2,1 cm. Recogido en abril de 2011 del yacimiento del "Monte Preubas". Col. JE 5663 y foto Jenaro Gil, 2011.*

Cuando hablamos de tamaño, generalmente hacemos referencia a la dimensión longitudinal del cristal (eje "c"). Los coleccionistas utilizan esta dimensión para comparar sus cristales. Este valor nos puede servir para hablar de cristales máximos y mínimos de un yacimiento concreto y compararlos con los de otro. Utilizar la longitud media de los cristales, como un buen parámetro de medida, resultaría muy laborioso y complicado, pues habría que recoger mediante un procedimiento que garantizase el valor estadístico de los resultados, cristales de todos los tamaños y ya hemos mencionado que el límite inferior es difícil de establecer y la recogida está claramente sesgada hacia los cristales más grandes.



Figura 301: **A:** En el centro de la fotografía, un cristal anaranjado transparente de 1 mm de longitud, suelto entre los sedimentos arcillosos del yacimiento del "Monte Preubas". **B:** Comparación de tamaños, el Jacinto de la izquierda mide 5,1 cm el de la derecha 0,6 cm. Foto J. Gil, 2011.

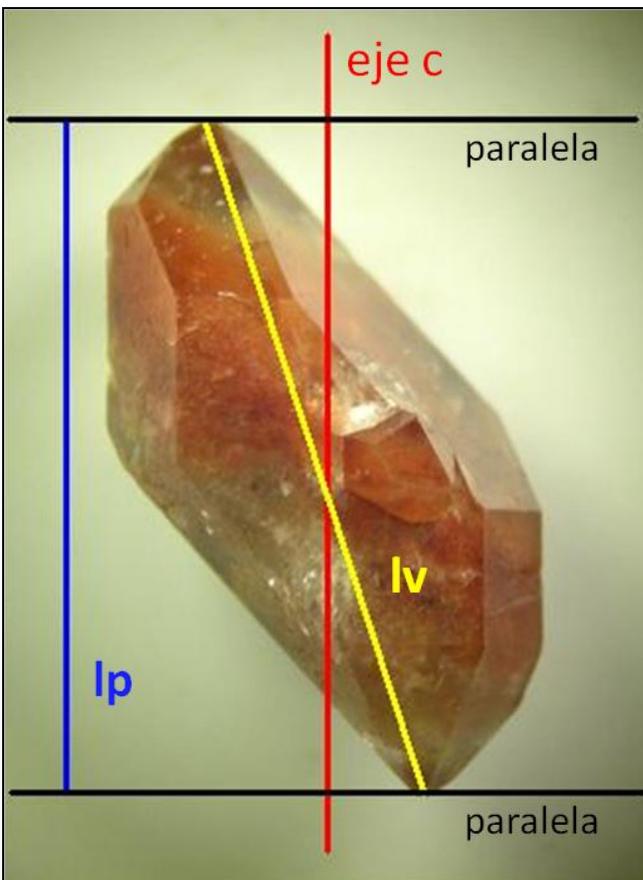


Figura 302

JE5622 Jacinto con deformación esfaloide. La línea roja representa el eje c, que pasa por el centro del cristal y es paralelo a las caras del prisma hexagonal. En amarillo (**lv**), el segmento que une los vértices de las dos pirámides. Y en azul (**lp**), el segmento que representa la distancia que hay entre las paralelas (en negro) perpendiculares al eje "c" que contienen a los vértices. Esta última medida se corresponde con la longitud real del cristal (**L**). Claramente se observa que **lv > lp** y no es la medida longitudinal que debemos utilizar para comparar las muestras.

Cuando medimos la longitud de los cristales debemos tener en cuenta, además de que estén biterminados, que en ocasiones están muy deformados y que el segmento que une

los vértices de las pirámides del cristal (lv) no siempre coincide con el eje “c”, que pasa por el centro del cristal y es paralelo a las caras del prisma. Si medimos el segmento “lv” y no el “lp” (distancia entre las paralelas perpendiculares al eje “c” que contienen a los vértices del cristal), obtendremos un valor superior al real (Fig. 302).

El mayor cristal encontrado en la zona de Canales-Andilla pertenece a la colección de José Vicente Alpuente Navarro, se recogió en 1994, es del yacimiento del “*Monte Preubas*” y mide 6,72 cm (Fig. 28). Nosotros hemos podido recoger dos cristales de 5,10 cm y comprobar que existen más Jacintos de tamaño similar en otras colecciones.

Estudio estadístico de la relación entre sus longitudes

Existe otro parámetro que los diferentes autores utilizan para referirse a las dimensiones de los cristales, la relación Largo/Ancho, en adelante L/A. Este cociente, ha sido especialmente utilizado para hablar de los cristales de cuarzo de origen salino.

Grimm, W. D. (1962) decía que el hábito achatado de estos cristales, de baja relación longitud-anchura, estaba más o menos entre 1,5 y 3. De los 1000 cuarzos que midió de 30 localidades distintas el hábito más achatado presentaba una relación de 1,1 y el más acicular de 5,5.

MARFIL, R. (1970), dice que para todos los cristales de cuarzo que han crecido en ambiente salino se da una relación muy baja longitud/anchura, aproximadamente de 1,5 a 3,0, citando a Grimm.

Y Ortí Cabo, F. (1974), dice que el tamaño de los Jacintos varía ampliamente, aunque son frecuentes las longitudes superiores a los 2 cm, llegando más excepcionalmente a los 4 cm. Las anchuras son variables, pero puede en general afirmarse, que en los cristales mayores la relación longitud-anchura tiende a estar comprendida entre 1,5 y 2; mientras que en los cristales de tamaños medianos y pequeños, la citada relación está con frecuencia comprendida entre 2 y 2,5.

Objetivo

Comprobar la relación entre el tamaño del cristal y el parámetro L/A de un grupo de Jacintos del yacimiento del “*Monte Preubas*” y buscar la posible existencia de otras relaciones.

Material y Método

Se ha estudiado las dimensiones de 414 cristales del yacimiento del “*Monte Preubas*”, el 100% de los cristales biterminados, que representan el 12,65 % de todos los recogidos de este yacimiento para el presente trabajo. Se ha elegido los Jacintos del “*Monte Preubas*” por su abundancia y representatividad. Cabría esperar, que los Jacintos de los demás yacimientos de la zona tengan parámetros longitudinales muy semejantes, dadas las comunes condiciones de su formación y la proximidad que existe entre ellos.

En la selección de los cristales, se ha procedido a medir todos los ejemplares biterminados (clasificados o no) que permitiesen obtener las 16 medidas directas, imprescindibles para realizar el estudio. Doce de ellas corresponden a los valores de a y b de las 6 caras del prisma (ver dibujo Tabla VIII); una a la longitud o tamaño del cristal (L) y tres a los diferentes anchos que se obtienen del prisma hexagonal (A). No se ha tenido en cuenta ningún otro parámetro que no perteneciera al ámbito de las dimensiones del cristal, como por ejemplo su color. Sí se ha contemplado, aquellos Jacintos muy deformados, como algunos comprimidos o esfaloides, siempre que

permitiesen obtener todas las medidas necesarias. Se ha descartado por tanto, los cristales incompletos y los ejemplares que formaban agregados de difícil consideración. Y para realizar todas las medidas, se ha utilizado un calibre digital previamente calibrado, con un error de +/- 0,01 cm.

La medida del alto de cada cara (a) se ha obtenido como la distancia que separa los puntos medios de las dos longitudes (b) y la medida de su ancho (b) como la distancia que separa los puntos medios de las dos longitudes (a).

Se ha considerado como valor de a/b , la media aritmética de las relaciones a/b de las 6 caras del cristal, ya que en los Jacintos de Canales-Andilla, como sucede también con los de otros yacimientos, muy raramente todas las caras del cristal presentan las mismas longitudes de a y b, y por tanto un mismo valor de a/b , es decir, su simetría geométrica no es perfectamente hexagonal.

Para obtener el valor del parámetro L/A , se ha medido la longitud del cristal (L) según se indica en la figura 302 y se ha tomado como medida de ancho (A) la media aritmética de los tres valores de anchura que se obtienen tras medir la distancia entre las caras opuestas del prisma hexagonal.

Se ha introducido todos los valores obtenidos en una hoja de cálculo EXCEL y estudiado las relaciones entre las diferentes dimensiones del cristal.

Resultados y Discusión

Tras las mediciones realizadas con los cristales seleccionados se ha estudiado la relación entre el tamaño del cristal (L) y el parámetro L/A (Fig. 303). En el yacimiento del "Monte Preubas", se ha recogido y medido cristales pequeños, menores de 1 cm, con relación L/A comprendidas en un intervalo de [1,53-2,91] y cristales grandes, mayores de 3 cm, con relación L/A comprendida entre [1,72-2,93]. Si ampliamos el margen de lo que consideramos cristales pequeños y medianos, a aquellos menores o iguales a 2,5 cm y cristales grandes, a aquellos mayores de éste valor, entonces los intervalos aumentan a [1,34-3,56] y [1,52-3,30] respectivamente, lo que indica una dispersión del parámetro L/A aún mayor. Esto lo podemos observar en la gráfica de la figura 303, de la que se desprende que no existe relación lineal entre estas dos variables, lo que indicaría, que la relación L/A no depende del tamaño del cristal (L). Si bien es cierto, que contamos con pocos datos de cristales mayores de 3 cm (48 ejemplares, 11,6 % de los medidos) y los que se acercan a los 4 o 5 cm parecen indicar una tendencia a disminuir su relación L/A .

Esta falta de relación entre estos dos parámetros también se observa en los Jacintos de Compostela de otros yacimientos de la Comunidad Valenciana.

Un hecho que corrobora estos datos es que al visitar los yacimientos, encontramos Jacintos grandes y pequeños, y en ambos casos con muy diferente grosor del prisma hexagonal. En la figura 304, observamos cristales de muy diferente longitud que presentan parámetros muy similares de L/A . O también podemos observar lo contrario, esto es, cristales de muy diferente L/A con similar longitud; en la figura 296 el cristal de la imagen A presenta una L/A de 1,6 y una longitud de 2,6 cm, mientras que los cristales de la imagen B, una diferente L/A de 2,6 y una longitud similar al cristal de la imagen A de 2,7 cm.

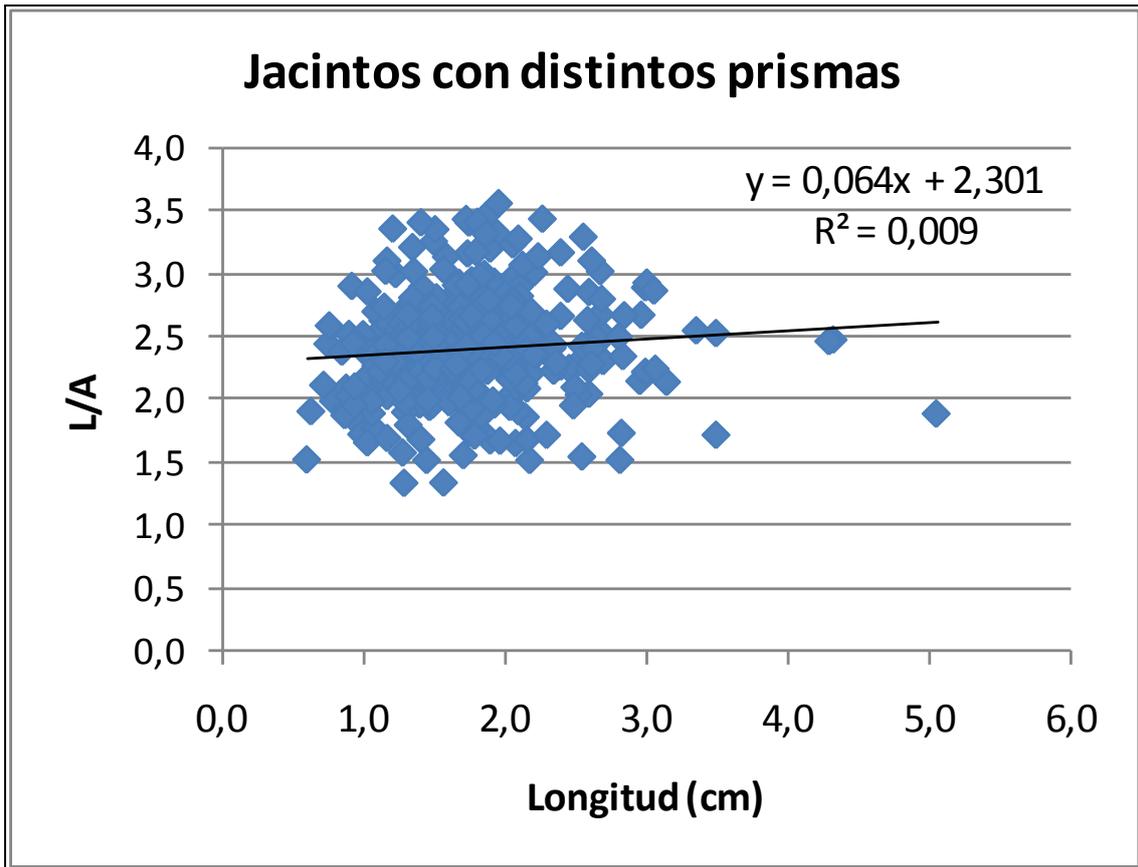


Figura 303: *Dispersión de puntos obtenida para la relación de la longitud o tamaño de los cristales (L) y el parámetro L/A de un grupo de 414 Jacintos del "Monte Preubas", sin tener en cuenta ningún tipo de clasificación en función del prisma hexagonal. Hay que señalar la escasez de ejemplares de más de 3 cm.*

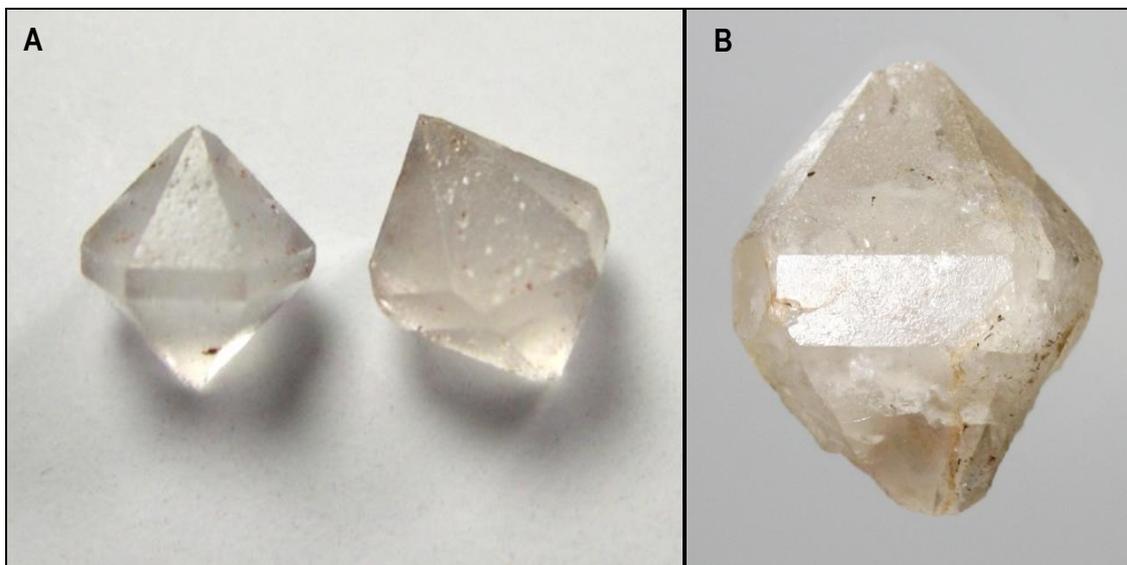


Figura 304: *Similar relación L/A para cristales de muy diferente longitud. A: JE5777, dos cristales de 0,5 x 0,4 cm y L/A de 1,3 recogidos en el yacimiento del "Camino de la Fuente del Señor", Andilla (Valencia). B: JE2585, cristal de 2,9 x 2,1 cm y L/A de 1,4 recogido en el yacimiento del "Monte Preubas". Foto Jenaro Gil, 2012.*

Sin embargo, si relacionamos el parámetro L/A con la forma del prisma hexagonal, expresada ésta en términos de la longitud de las caras (a) en función de su anchura (b),

esto es a/b , entonces la correlación es muy alta. En la gráfica de la figura 305 podemos ver cómo el coeficiente de determinación (r^2) alcanza un valor de 0,958.

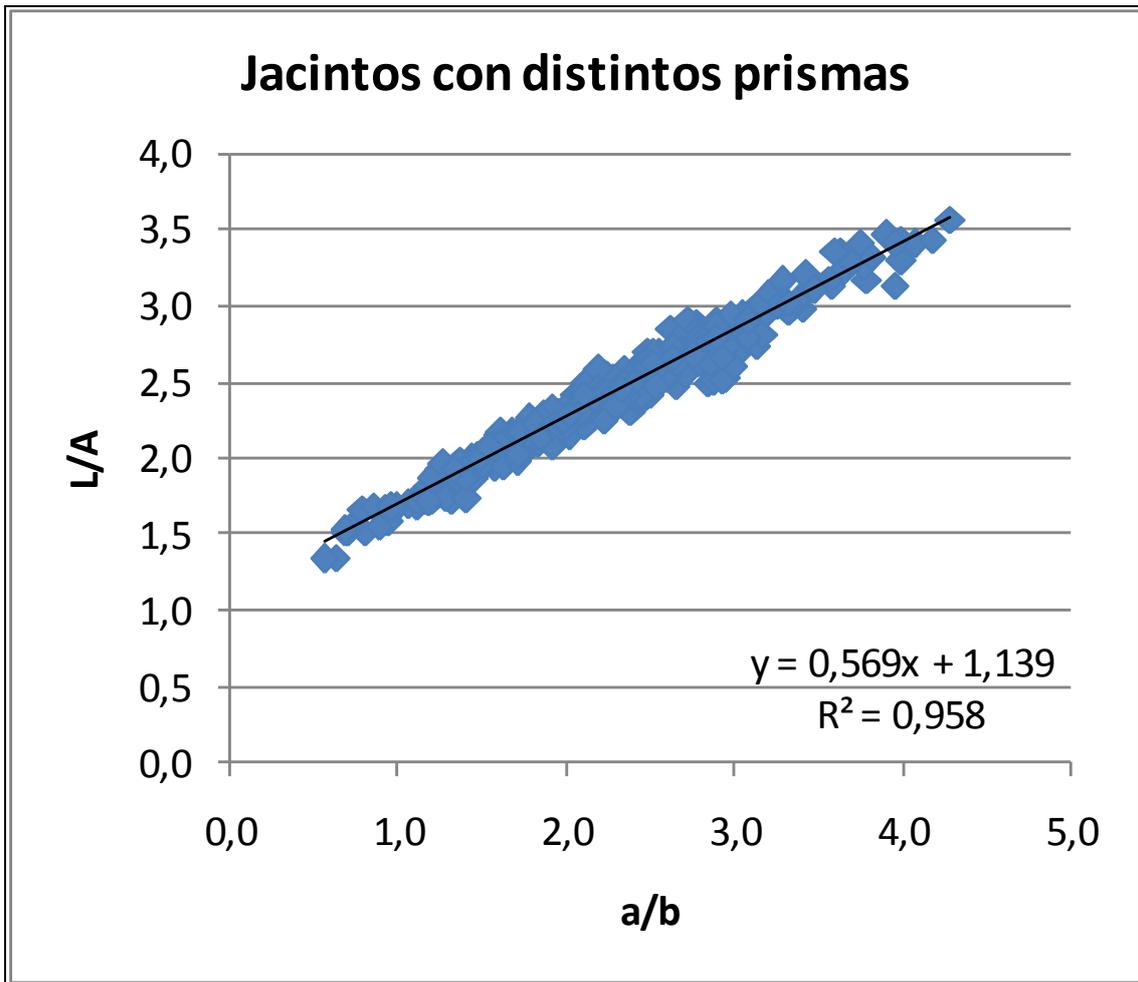


Figura 305: *Dispersión de puntos obtenida para la relación de la forma del prisma hexagonal (a/b) y el parámetro L/A de un grupo de 414 Jacintos del "Monte Preubas", sin tener en cuenta ningún tipo de clasificación en función del prisma hexagonal.*

Tabla VIII

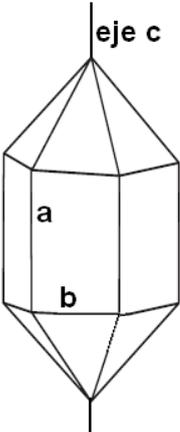
	Clasificación	Relación a/b
	Jacintos de prisma cero o inexistente (Jp0)	$a/b = 0$
Jacintos de prisma corto o pequeño (Jpc)	$0 < a/b < 1$	
Jacintos de prisma mediano (Jpm)	$1 \leq a/b < 2$	
Jacintos de prisma largo (Jpl)	$2 \leq a/b < 3$	
Jacintos de prisma muy largo (Jpml)	$a/b \geq 3$	

Tabla VIII: *Clasificación de los Jacintos de Compostela de Canales-Andilla en función de la forma del prisma hexagonal que lo compone.*

Si además, nos fijamos en lo que significa el cociente a/b, que como hemos dicho anteriormente representa la forma del prisma hexagonal, podemos establecer previamente unas categorías para clasificar los diferentes tipos de Jacintos de Compostela en función de éste valor y así utilizar la relación L/A para una comparación más ajustada.

Hemos establecido cinco categorías de tamaños del prisma hexagonal en función de la relación largo/ancho (a/b) de sus caras. La Tabla VIII muestra estas categorías y como resultado una clasificación de los Jacintos, muy fácil de reconocer a simple vista. Hay que señalar que ni en el yacimiento del “Monte Preubas” ni en ningún otro de la zona de Canales-Andilla, se ha encontrado Jacintos de prisma cero, es decir, completamente bipiramidales.

De este modo, una vez clasificados todos los Jacintos según éste criterio, si estudiamos ahora la relación entre la forma del prisma hexagonal y el parámetro L/A, observamos que la recta obtenida (Fig. 305) es en realidad la suma de cuatro tramos que corresponden a los valores de L/A en función de si la forma del prisma del Jacinto es más o menos alargada (Fig. 306).

También, al clasificar los Jacintos en estas categorías y estudiar la relación entre L/A y su tamaño (L), se observa cómo la nube dispersa de puntos que mostrábamos en la figura 303 está en realidad formada por una serie de valores que se ajustan a unos intervalos de L/A en función del tipo de prisma hexagonal que compone el cristal, esto es, la descomposición de la nube de puntos en cuatro tramos no está en función de la longitud del cristal, sino de la forma de su prisma hexagonal (Fig. 307); y esta forma de los cristales, se corresponde con unos valores más o menos ajustados de L/A.

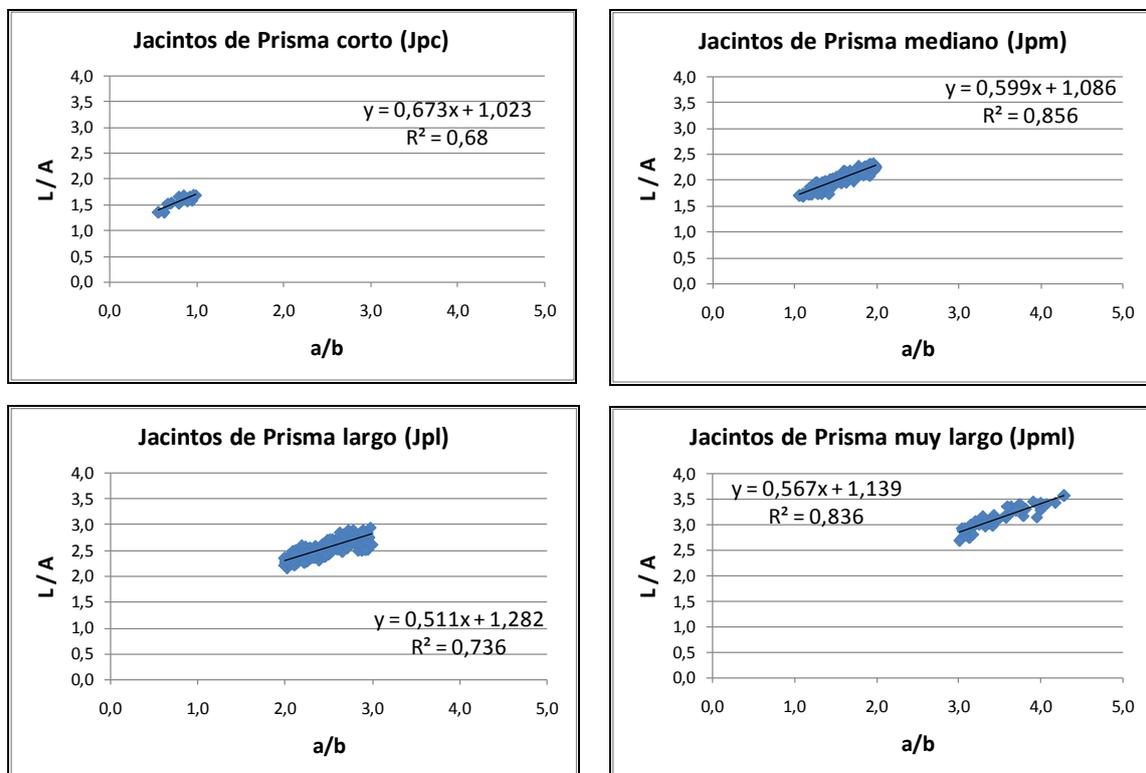


Figura 306: Cuatro tramos de la recta representada en la fig. 305, obtenidos tras clasificar un grupo de 414 cristales del “Monte Preubas”, en función de la forma de su prisma hexagonal.

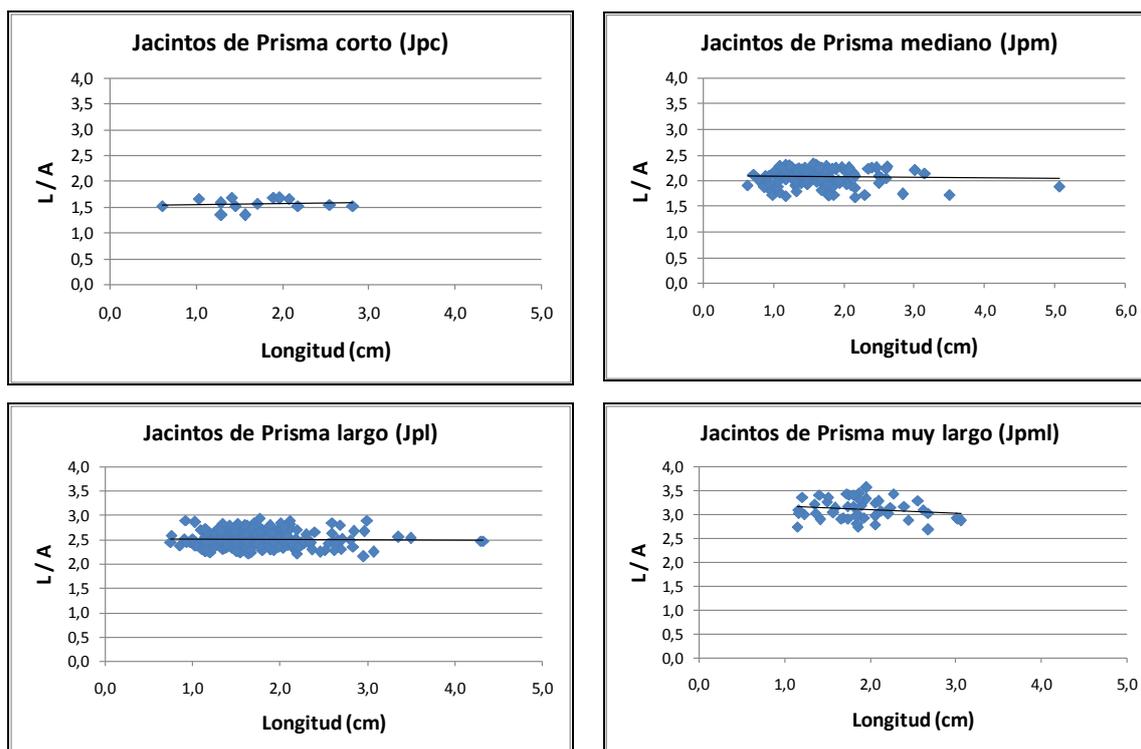


Figura 307: *Dispersión de puntos obtenida para la relación de la longitud o tamaño de los cristales y el parámetro L/A de un grupo de 414 cristales del "Monte Preubas", en función de la clasificación propuesta según la longitud del prisma hexagonal de estos Jacintos.*

La Tabla IX recoge los valores anteriormente mencionados, junto a otros parámetros estadísticos del estudio realizado. Por ejemplo, la longitud media obtenida para este grupo de 414 cristales ha sido de 1,74 cm ($\sigma = 0,57$).

La Tabla X recoge los resultados estadísticos del estudio de comparación realizado entre el parámetro L/A, el tamaño del cristal (L) y la forma del prisma hexagonal (a/b). También la relación entre la longitud (L) y la anchura (A) de estos cristales.

Las rectas de regresión obtenidas para la relación entre la longitud del cristal y el parámetro L/A, mostradas en las gráficas de la figura 307, también evidencian su falta de relación. El coeficiente de determinación (r^2) nos habla de la bondad del ajuste realizado y su valor en todos los casos es prácticamente cero, esto indica que no hay correlación lineal entre los dos parámetros estudiados, ni siquiera cuando se utilizan todos los cristales a la vez, como se muestra en la figura 303. Sin embargo, en la figura 276 se muestra las rectas de regresión para la relación del parámetro L/A y la forma del prisma hexagonal (a/b) y en todas el coeficiente de determinación es superior a 0,68 llegando a ser de 0,96 si se consideran todos los datos a la vez (Fig. 305).

Las mismas gráficas y los datos recogidos en la Tabla IX ponen de manifiesto, que tras una clasificación previa de los Jacintos en función de su prisma hexagonal, en las cinco clases descritas en la Tabla VI, se obtienen unos intervalos de L/A y un valor medio de este parámetro muy ajustado y diferenciador para cada clase.

La Tabla XI, recoge de forma resumida este resultado y presenta los intervalos de L/A y la L/A media, para cada clase de Jacintos.

Tabla IX

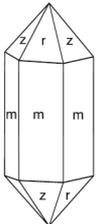
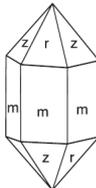
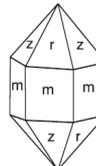
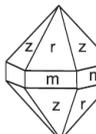
Clasificación:	J _{pl}	J _{pl}	J _{pm}	J _{pc}	J _{p0}	Todos
Relación a/b:	$a/b \geq 3$	$3 > a/b \geq 2$	$2 > a/b \geq 1$	$1 > a/b > 0$	$a/b = 0$	Todas
Forma:						Todas
Nº Muestras:	48	223	129	14	0	414
% Muestras:	11,59	53,87	31,16	3,38	0	100
L media:	1,92	1,76	1,65	1,70	--	1,74
S de (L):	0,49	0,55	0,61	0,58	--	0,57
% CV de (L):	25,5	31,3	36,7	33,8	--	32,59
Intervalos [L]:	1,15-3,06	0,75-4,33	0,63-5,06	0,60-2,82	--	0,60-5,06
a/b Media:	3,47	2,40	1,66	0,79	--	2,24
S de (a/b):	0,35	0,28	0,25	0,13	--	0,66
% CV de (a/b):	10,1	11,5	14,9	16,7	--	29,65
Interv. [a/b]:	3,01-4,29	2,00-3,00	1,06-1,99	0,56-0,99	--	0,56-4,29
L/A Media:	3,11	2,51	2,08	1,56	--	2,41
S de L/A:	0,22	0,17	0,16	0,11	--	0,39
% CV de L/A:	7,0	6,6	7,7	7,0	--	16,0
Interv. [L/A]:	2,68-3,56	2,15-2,95	1,68-2,32	1,34-1,69	--	1,34-3,56

Tabla IX: Resumen de los principales estadísticos obtenidos tras el estudio de 414 cristales, una vez clasificados en 5 categorías y sin esta clasificación; en función del tamaño de los Jacintos (L), la forma de su prisma (a/b) y el valor de L/A. Todas las medidas (excepto el % CV) se expresan en cm, **S** = desviación típica y **% CV** = % coeficiente de variación. Algunas categorías presentan un número muy deficiente de ejemplares analizados, esto es únicamente consecuencia de su escasez. Todas las muestras pertenecen al yacimiento del "M. Prebas".

Tabla X

Clasificación:	Jpml	Jpl	Jpm	Jpc	Jp0	Todos
Covarianza de (L/A y L):	-0,02	0,00	0,00	0,01	--	0,02
Índice de correlación (r) de (L/A y L):	-0,18	-0,03	-0,04	0,08	--	0,09
Coefficiente de determinación r^2 de (L/A y L):	0,03	0,00	0,00	0,01	--	0,01
Covarianza de (L/A y a/b):	0,07	0,04	0,04	0,01	--	0,25
Índice de correlación (r) de (L/A y a/b):	0,91	0,86	0,93	0,82	--	0,98
Coefficiente de determinación r^2 de (L y A):	0,84	0,74	0,86	0,68	--	0,96
Covarianza de (L y A):	0,08	0,12	0,19	0,21	--	0,14
Índice de correlación (r) de (L y A):	0,97	0,98	0,97	0,98	--	0,87
Coefficiente de determinación r^2 de (L y A):	0,94	0,95	0,94	0,96	--	0,76

Tabla X: Resumen de los principales estadísticos obtenidos una vez clasificados en 5 categorías los 414 Jacintos y sin esta clasificación, resultado de la relación entre el parámetro L/A, el tamaño de los Jacintos (L) y la forma del prisma hexagonal expresada en términos de a/b. También se muestra la relación entre la longitud (L) y la anchura (A) de los cristales. Todas las muestras pertenecen al yacimiento del "Monte Preubas".

Tabla XI

Clasificación en función de (a/b)	Intervalos L/A	L/A Media
Jacintos de prima cero o inexistente (Jp0)	--	--
Jacintos de prisma corto o pequeño (Jpc)	[1,34-1,69]	1,56
Jacintos de prisma mediano (Jpm)	[1,68-2,32]	2,08
Jacintos de prisma largo (Jpl)	[2,15-2,95]	2,51
Jacintos de prisma muy largo (Jpml)	[2,68-3,56]	3,11
Todos los Jacintos sin clasificación	[1,34-3,56]	2,41

Tabla XI: Intervalos de la relación L/A y L/A media, para los Jacintos del yacimiento del "Monte Preubas", clasificados según la forma de su prisma hexagonal y tratados en su conjunto.

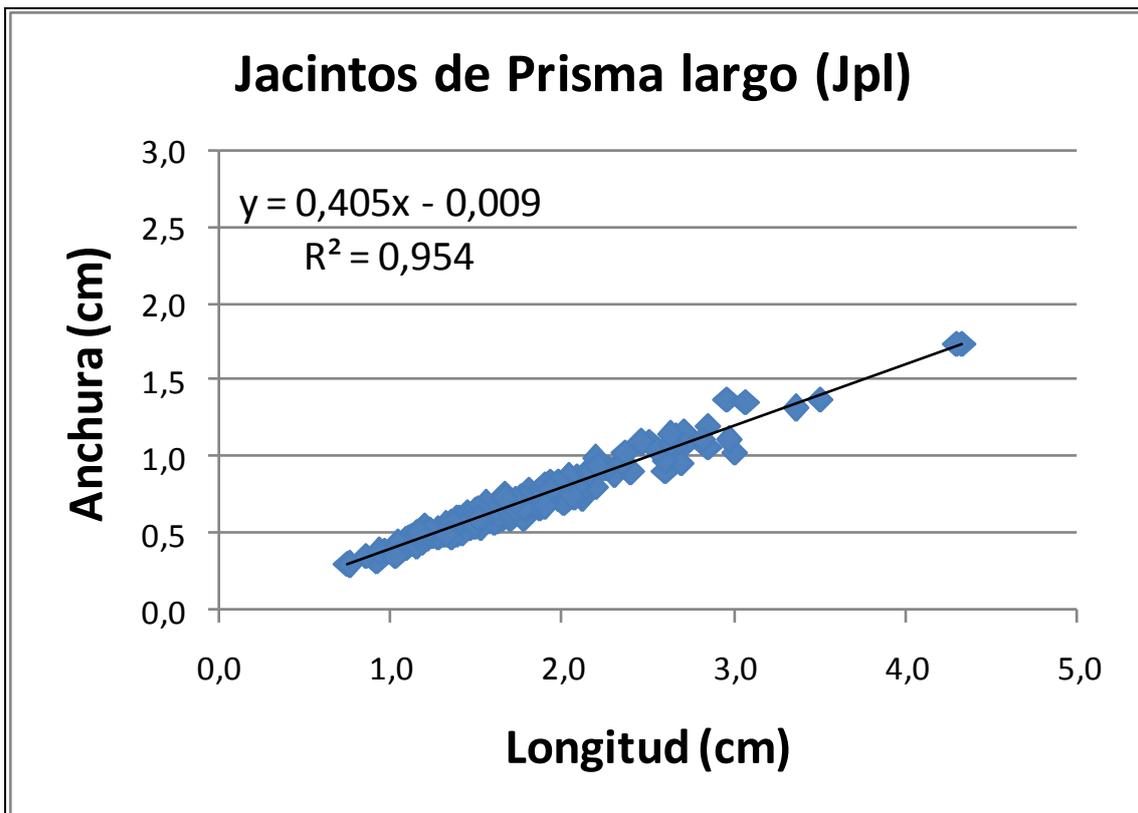
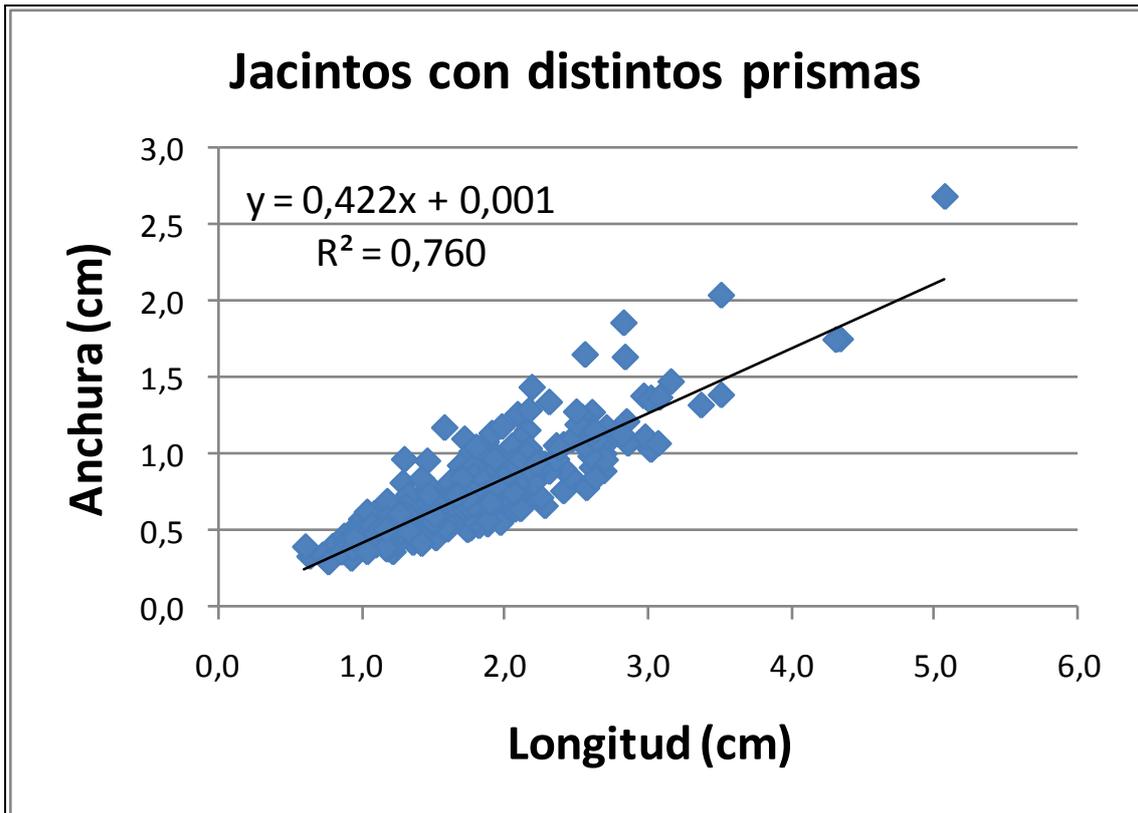


Figura 308

La primera gráfica muestra la correlación lineal entre L y A obtenida para los 414 cristales medidos en conjunto y la segunda gráfica, la correlación L y A obtenida para los 223 cristales de Jacintos clasificados dentro del grupo de prisma largo (Jpl). En éste ejemplo podemos ver cómo la nube de puntos en la segunda gráfica se ajusta mejor, una vez clasificados los Jacintos. Las muestras medidas pertenecen al yacimiento del Monte Preubas.

Por último y como es de suponer, el tratamiento de las medidas realizadas bajo estos criterios y previa clasificación de los cristales según se ha comentado, ha arrojado también unos valores de correlación entre la longitud (L) y la anchura (A) de estos Jacintos muy elevados en todos los casos, con coeficientes de determinación próximos a 1 ($r^2 > 0,94$) y unas medias del parámetro L/A con desviaciones relativamente pequeñas ($S < 0,22$). Estos valores no se repiten, si el tratamiento se realiza utilizando todas las medidas en su conjunto sin tener en cuenta la forma del prisma hexagonal. Entonces, el coeficiente de correlación de L y A baja a **0,76** y la desviación de la media aritmética de L/A sube a **0,39**. Esto significa, que a una longitud determinada le pueden corresponder anchuras muy variables. Por ejemplo, en la Fig. 308 se muestra el resultado de las correlaciones entre la longitud (L) y la anchura (A), obtenidas para los 414 cristales formando un único grupo y los 223 cristales de Jacintos clasificados dentro del grupo de prisma largo (**Jpl**), el 100% de los recogidos en esta categoría y el 53,87% respecto del total. También en la Tabla X puede observarse los valores obtenidos del estudio estadístico de esta comparación, para el resto de las categorías.

Conclusión

Hablar del parámetro L/A y de forma general relacionarlo con el tamaño del cristal, no aporta mucha información e incluso puede llegar a ser confuso. Las observaciones realizadas que concluyen afirmando, que los cristales mayores tienden a tener relaciones L/A comprendidas entre 2 y 2,5 y los cristales medianos y pequeños relaciones de L/A entre 1,5 y 2 no se cumplen para la mayoría de los casos, como se ha demostrado con los Jacintos del yacimiento del “*Monte Preubas*”, en Canales (Figs. 303 y 307). En la figura 307 podemos observar claramente cómo existe un amplio rango de longitudes de cristal, que comparten una L/A muy similar.

Como ya hemos advertido, existe una fuerte relación entre el parámetro L/A y la forma del cristal, expresada ésta en términos de a/b (Fig. 305). Ésta relación nos permite clasificar los Jacintos en cinco grupos (Tabla VIII), atendiendo a la forma de su prisma hexagonal.

En cada uno de estos grupos, hay cristales grandes y pequeños, pero su relación L/A se mueve dentro de un intervalo definido y ronda un valor medio muy característico (Tabla XI). Esto no sucede si no se realiza la segregación previa.

La relación L/A, una vez clasificados los cristales en las cinco clases descritas, podría ser utilizada como un buen parámetro para comparar los Jacintos de diferentes yacimientos. De hecho, sería interesante realizar un estudio en el que se pudiera observar si el parámetro L/A guarda alguna relación con la distribución de los Jacintos en la Península Ibérica, o bien, si la pauta de crecimiento del cristal está relacionada con alguna de las características ambientales de su formación, y en este sentido, los valores L/A incluso podrían aportar cierta información, acerca de las condiciones diagenéticas de las cuencas sedimentarias en las que se formaron estos minerales autógenos en ambientes salinos.

SINOPSIS

"La Mineralogía de la provincia de Castellón no ofrece ningún interés destacado desde el punto de vista puramente científico, ni desde el punto de vista minero. Es pobre en especies y reducida en minas en explotación. Pero como en el campo de la ciencia pura no hay nada desdeñable, tampoco lo es nuestra modesta gea donde, no obstante lo dicho, existen especies dotadas de ciertas particularidades y yacimientos merecedores de alguna atención por su valor local"

Vicente Sos Baynat, 1970
Introducción a la Mineralogía de la provincia de Castellón, p. 7

Las consideraciones que a continuación se exponen, son una síntesis de los principales aspectos tratados en este trabajo y pretenden ofrecer una visión global de los resultados reflejados en estos apuntes.

Preámbulo

1. Los Jacintos de Compostela son cuarzos biterminados, presentan un prisma hexagonal doblemente coronado por dos puntas que constituyen la doble pirámide hexagonal. Son cuarzos autógenos, es decir, hoy los encontramos en los mismos sedimentos en los que se originaron hace más de 200 millones de años; y diagenéticos, se formaron por procesos de disolución y precipitación, por tanto son considerados cuarzos de origen sedimentario. También se dice de ellos que son singenéticos, esto es, se formaron al mismo tiempo que los materiales que los contienen, si bien hay que matizar, que este tiempo geológico no siempre coincide con el tiempo cronológico. Y por último, son cuarzos generalmente idiomorfos, presentan un desarrollo completo de todas sus caras, otorgándole al cristal una forma y belleza singular (Fig. 1).
2. De las tres provincias de la Comunidad Valenciana, Castellón es la que tiene menor extensión de materiales del Triásico Superior o Keuper (Fig. 6) y dada esta circunstancia, puede que la peor explorada en busca de Jacintos de Compostela. De ahí, que la localización de yacimientos de esta variedad de cuarzo sea muy escasa y sus citas en la literatura, relativamente antiguas y difíciles de atribuir a los autores clásicos (Cavanilles, Vilanova, Candel, Sos Baynat, etc.), ya que en muchas ocasiones, utilizan una terminología bastante ambigua que dificulta la asignación concreta de sus descubrimientos al Jacinto de Compostela.
3. Los habitantes de los pueblos cercanos a estos yacimientos, conocen la presencia en sus tierras de los Jacintos de Compostela. Atraídos por sus formas y colores, los han recogido sistemáticamente durante sus largos paseos y los han incorporado a su propia cultura, utilizándolos para jugar de niños, decorando con ellos diferentes objetos (Figs. 11 y 12) e incluso inventando palabras para designarlos, "*Pilastricas*" en Andilla.

Aspectos geológicos

4. Todas las observaciones realizadas confirman que la zona estudiada presenta las características propias del Keuper de los valles del Palancia y del Mijares, es decir, se trata de un Keuper en el que faltan en gran parte los niveles yesíferos (principalmente rojos), presentándose en su lugar arcillitas y margas rojas (Fig.

43A), en ocasiones con texturas carniolares (Fig. 38A), las cuales intercalan costras delgadas de cristales de cuarzo blanco o anaranjado, no siempre idiomorfo. También ha sido posible identificar los materiales pertenecientes a las cinco Formaciones (de K1 a K5) del Grupo Valencia, en que Ortí Cabo (1973) dividió el Triásico Superior del Levante peninsular.

5. Los Jacintos de Compostela, típicos cuarzos diagenéticos del Keuper, son en realidad un buen marcador de la Formación K4 y por ende, pueden considerarse como un mineral Guía, para localizar e identificar nuevos afloramientos de esta Formación en los terrenos del Triásico Superior (Fig. 32).
6. Hemos observado en el área estudiada, que los yacimientos de Jacintos de Compostela se presentan alineados según la dirección de la estructura tectónica a la que pertenecen y a techo del Trías, entre las formaciones K5-K3, siempre que la tectónica y la meteorización hayan respetado la secuencia de su deposición. También hemos notado, casi como una constante, la falta de vegetación que sufren estos afloramientos arcillosos, presentándose como calvas de un tono rojizo en un área cubierta por las diferentes especies, en la que los reflejos de la luz del sol, al incidir sobre los cristales, expuestos tras las fuertes lluvias que robó las arcillas, los hacen brillar revelando su posición. En ocasiones nos encontramos los Jacintos de Compostela muy dispersos por el yacimiento, debido al entremezclado que sufrieron los materiales del Keuper tras los repetidos esfuerzos tectónicos especialmente en determinados puntos y el lento pero infalible efecto de la erosión. No obstante, la metodología propuesta para su localización en del presente trabajo, permite encontrar diferentes afloramientos en un mismo nivel, próximo al Jurásico. Jiménez (2010), observa algo parecido, ya que Aragonitos y Jacintos comparten en ocasiones Formación K4, aunque en el área estudiada por nosotros no se ha localizado ningún ejemplar de Aragonito.
7. En la zona también aparecen otros minerales típicos del Keuper pertenecientes a las diferentes Formaciones y minerales que tienen su origen en materiales jurásicos y se encuentran ocasionalmente diseminados por los yacimientos. Hemos encontrado:
 - Óxidos de hierro como Limonita-Goethita.
 - Yeso de diferentes colores, texturas (sacaroidea, cristales lenticulares, cristales espejuelos,...) y formas, por ejemplo, pequeñas puntas de flecha rojizas, muy planas, de hasta 2 cm de longitud dispersas entre las arcillas (Fig. 43B).
 - Cristales de diferentes tamaños de Dolomita negra (Fig. 41C), grisácea o casi transparente.
 - Trozos oxidados de piritoedros negros (Fig. 41B).
 - Y además, Calcita, nódulos de Pirita y trozos de Sílex, del Jurásico (Fig. 35).

Localización

8. La exploración del territorio ha puesto de manifiesto nuevos afloramientos de Jacintos de Compostela, la mayoría en lugares de difícil acceso, algunos de la importancia del yacimiento del “*Monte Preubas*”, como es el caso del de “*La Salina*”. Todos se encuentran a una altitud que oscila aproximadamente entre 900 y 1150 m. En las Tablas III y IV se determinan sus coordenadas geográficas.

Aspectos cristalográficos

9. Los Jacintos de Canales-Andilla están típicamente formados por la combinación del prisma hexagonal (**m**) con los romboedros, positivo (**r**) y negativo (**z**). No se ha detectado en ninguno de los ejemplares recogidos la presencia de formas rómbicas o trapecianas, que pudieran indicar la existencia de cristales levógiros o dextrógiros. De hecho, su ausencia se podría considerar una constante común a todos los Jacintos de Compostela y una característica particular de los cuarzos idiomorfos del Keuper de la cuenca levantina y probablemente peninsular (Fig. 85).
10. La gran mayoría de los ejemplares presenta deformaciones, configurando cristales comprimidos, bisalternos, basoides, esfaloides y con características intermedias o de transición de una forma a otra (Figs. de 90 a 97). Los cristales estrictamente simples son relativamente escasos, se limitan a formas de apariencia hexagonal que generalmente se dan en Jacintos de reducido tamaño. También es muy frecuente encontrar grupos de agregados irregulares de gran belleza (Figs. 101, 102, 103 y 104). Muchos coleccionistas confunden estos grupos con las asociaciones regulares y hablan de ellos equivocadamente como si de maclas se tratase.
11. Entre los agregados regulares hemos encontrado abundantes cristales paralelos, en muestras de diferentes tamaños y en todos los yacimientos (Figs. 106, 107 y 108). Aunque no pertenecen exactamente a este tipo, también se hallan agregados radiales, originados generalmente a partir de un núcleo de condensación y formando pequeñas bolas más o menos esféricas de un diámetro aproximado a 1,5 cm (Figs. 114 y 115). Pueden llegar a ser muy planas (Fig. 116) y en el yacimiento de “*La Salina*” son relativamente frecuentes y de color negro. No se ha podido determinar con total seguridad la presencia de otros agregados regulares, aunque se ha encontrado ejemplares que muestran las características de los cristales en cetro (Figs. 110 y 111) y de la macla del Japón (Figs. 118 y 119).

Asociación con otros minerales

12. Las muestras recogidas en el yacimiento del “*Camino a la Fuente. del Señor*” en Andilla (provincia de Valencia), han puesto de manifiesto una asociación poco descrita para los Jacintos, en este caso se trata de cristales generalmente verduzcos de hasta 1 cm de longitud, asociados a cristales romboédricos de Dolomita, de hasta 4,5 cm de arista mayor (Fig. 122).

Coloración

13. El color de estos cristales de cuarzo es muy variado, incluso en un mismo cristal (Jacintos bicolor, fig. 133), y depende fundamentalmente del tipo de inclusiones que presentan (Fig. 128). Podemos encontrar muestras desde completamente transparentes (hialinas, sobre todo en Yac.3) a muy opacas, ofreciendo diferentes colores que incluyen el negro o el amarillo; aunque la gran mayoría adoptan tonos blanquecinos, marrones o rojo anaranjados (Fig. 125).
14. Muchos cristales muestran efectos de color muy llamativos, debidos a la presencia de fantasmas interiores, que reproducen casi perfectamente la forma del cristal exterior (Figs. 134, 135 y de 200 a 205); iridiscencias de color arcoíris, provocadas por la presencia de multitud de fracturas y burbujas internas (Figs. 136, 137 y 138); e irisaciones en superficie, fruto de las películas de óxidos de hierro que se depositan sobre las caras de algunos cristales (Figs. 139 y 140), especialmente en el yacimiento de “*La Salina*”.

Inclusiones

15. El análisis de las inclusiones que presentan estos Jacintos con la técnica de SEM/EDS (Tabla VII) revela que los cristales más ricos en inclusiones son los rojos y los más pobres los transparentes. También ha puesto de manifiesto la presencia de:
- En primer lugar, las arcillas, representadas por el pico del Al, teñidas con indicios de óxidos de Fe, especialmente en los Jacintos de color rojo y marrón donde aparecen abundantemente.
 - En segundo lugar, la materia orgánica (MO), representada por el pico del C, en los Jacintos de color rojo y negro, en los que cuando se presenta es de manera abundante.
 - En tercer lugar, sales como el Yeso o Anhidrita, representadas por los picos simultáneos de Ca y S.
 - Y la Halita, representada por la presencia de los picos de Na y Cl, especialmente en los cristales de color blanco más o menos transparente con núcleos lechosos.
 - Únicamente se ha detectado como indicios (< 0,5%), Fe y Mn, en algunos cristales de color rojo o marrón, ricos en otras inclusiones.
16. El calentamiento de ejemplares de diferentes colores a temperaturas de casi 500°C durante más de tres horas, reveló que algunas muestras, especialmente aquellas que poseían color blanco con tonos marrones y las rojo anaranjadas, sufrían una pérdida significativa de su color, mostrando un emblanquecimiento considerable. Este fenómeno ha sido atribuido por algunos autores, en otros cuarzos, a la presencia de partículas orgánicas.
17. La ausencia de un color muy intenso y la casi perfecta transparencia de la mayoría de los cristales, son dos características que no comparten otros Jacintos de la Comunidad Valenciana y que nos han permitido realizar múltiples observaciones a la lupa binocular y al microscopio, obteniendo buenos resultados. La observación directa a la lupa binocular (de 7 a 90 aumentos) del interior de estos Jacintos, ha mostrado la existencia de burbujas, gránulos y pequeñas cavidades. La acumulación de estos accidentes en zonas determinadas producen lo que hemos denominado por su aspecto, *núcleos lechosos*. Las paredes de algunas de estas cavidades, de pocos milímetros, están recubiertas de otros minerales, a veces perfectamente cristalizados. De este modo, se ha conseguido identificar Dolomita, formando cristales romboédricos blancos o perfectamente transparentes, algunos muy agudos, como los de la Teruelita (Figs. 193 y 194). También esta técnica, ha revelado la presencia de cristales negativos de hasta 2,5 mm de longitud, dispuestos paralelamente a la superficie de las caras, generalmente romboédricas (Figs. 196, 197 y 198).
18. Los análisis de microscopía óptica (de 60 a 1500 aumentos) muestran la presencia de diferentes minerales, como inclusiones en el interior de las microburbujas o presentes fuera de ellas en la masa silíceo de los cristales. Se ha identificado los siguientes: CUARZO, HALITA, YESO, ANHIDRITA, diferentes ARCILLAS y con cierta probabilidad RUTILO (Figs. de la 176 a la 189 y de la 257 a la 261).
19. La combinación de la microscopía óptica con la utilización de luz UV de onda larga (350 a 370 nm, de baja energía) ha puesto de manifiesto la presencia de materia orgánica (MO), como ya indicaban los análisis SEM/EDS. Se puede observar

directamente como una fluorescencia de un intenso brillo azulado en las muestras (Figs. 167 y 168, y de la 262 a la 266).

20. Como todos los cristales de cuarzo, también estos Jacintos poseen diferentes marcas de crecimiento. Las más frecuentes son las debidas al desarrollo de estos cristales junto con otros, formando líneas horizontales muy características, en las superficies internas de unión de los agregados (Fig. 199). El crecimiento interrumpido de estos cristales se repite en varias ocasiones, pudiendo cambiar entre tanto las condiciones del medio, lo que conduce a cristales con fantasmas interiores y verdaderos bandeados de color, que revelan las diferentes fases de crecimiento por las que atravesó el cristal (Figs. 207B y 208).
21. Sobre la superficie de los Jacintos se ha detectado como inclusiones epigenéticas diferentes óxidos, como cristales hexagonales de Hematites (Fig. 220) generalmente muy deteriorados y nódulos o costras de Limonita-Goethita (Figs. 223 y 224). Además, parece observarse Pirolusita, formando dendritas (Fig. 226) y pequeñas esferas pilosas (Fig. 225) sobre las superficies de las caras. También se ha detectado la presencia de algunos carbonatos, formando concreciones y recubrimientos que proceden de la alteración de otros (Figs. 218 y 219). En ocasiones se puede encontrar restos de los cristales de Dolomita que estaban adheridos a la superficie del cristal y se disolvieron o desprendieron en etapas posteriores (Fig. 277). Por último, ocasionalmente encontramos cristales de Cuarzo de segunda generación en algunas grietas y pequeñas cavidades o simplemente en la superficie, fácilmente reconocibles por su forma geométrica, color y características diferentes al del cuarzo hospedador (Fig. 227). La gran mayoría de los diminutos cristales de cuarzo, que se encuentran aleatoriamente dispersos por la superficie de los Jacintos, presentan las mismas características que el cristal de gran tamaño, lo que indica que se formaron singenéticamente. En muchas ocasiones estos cristales se desprenden de la superficie o son disueltos, observándose las marcas poliédricas que dejan sobre las caras (Fig. 278).
22. Una característica muy particular de estos cristales es su aspecto general como cuarteado, dando la impresión de un cristal frágil a punto de romperse (Figs. 94, 152, 297 y 298). En ellos se observan fisuras, grietas y exfoliaciones que se circunscriben al interior del cristal sin alcanzar la superficie, que tiene las caras perfectamente desarrolladas. En ocasiones estos accidentes, testigos de las grandes tensiones que soportaron los cristales, como resultado del marcado estrés mecánico, al que fueron sometidos los materiales del Keuper tras los esfuerzos tectónicos en la zona; se manifiestan en el exterior del cristal, apareciendo fracturas perfectamente cicatrizadas (Fig. 213) y cristales completamente rotos; que cuando englobados en su matriz, muestran un ligero desplazamiento de los fragmentos con un relleno (cemento) de los espacios generados (Fig. 214). En ocasiones, configuran cristales curvos, doblados y retorcidos (Figs. de 215 a 217), aunque lo más frecuente es encontrar los yacimientos repletos de cristales completamente fracturados esparcidos por el terreno (Fig. 212).

Inclusiones biológicas

23. Protegidos en las pequeñas grietas y cavidades que presentan estos Jacintos se alojan algas, musgos, líquenes y diminutas raíces, incluso pequeños insectos i arácnidos. Son diferentes seres vivos que junto a los microorganismos, colaboran modestamente en la alteración de estos cristales huéspedes, como agentes

geológicos externos, al interactuar con el medio para obtener sus nutrientes o completar su ciclo vital (Figs. 235 y 236).

24. Se ha observado en los Jacintos del “*Monte Preubas*”, algunos posibles efectos del incendio que hubo en 1993 en la zona. Se ha encontrado pequeños restos vegetales carbonizados en el interior de algunas grietas. También sobre la superficie de algunos cristales aparecen como pequeños cráteres negros asociados a fisuras y manchas oleaginosas de brillo graso que cubren parte de la superficie de algunas caras. Pensamos, que estos dos fenómenos podrían proceder del interior del cristal y ser debidos a la fuga del “abundante” contenido en MO que presentaban estos ejemplares, a través de las fracturas abiertas en ellos y por el efecto de las elevadas temperaturas que se alcanzaron (Fig. 237).

Jacintos olorosos o “*Stinkquarz*”

25. Los “*Stinkquarz*”, también conocidos como cuarzos betún o cuarzos olorosos, son cristales con un elevado contenido en materia orgánica (MO), que al ser golpeados y troceados, desprenden un fuerte olor a betún, debido a la materia bituminosa que contienen. Esta MO, la hemos encontrado muy abundante en un tipo de cuarzos de color negro más o menos translúcido, del yacimiento de “*La Salina*”. Al romper estos cuarzos, desprenden un fuerte olor a betún, que también se detecta en los materiales sedimentarios donde aparecen cuando las condiciones ambientales lo permiten, por lo que se han identificado como “*Stinkquarz*” (Figs. 239 y 240). En estos cuarzos moriones, hemos encontrado la MO formando gotitas oleosas en el interior de las microburbujas, generalmente desplazadas hacia los bordes por la presencia de restos de la solución salina generadora o gases (Figs. 255 y 256); colocándose como manchas extensas de contornos irregulares en las zonas de contacto de unos cristales con otros en los agregados, cuestión que facilita su disgregación con una ligera presión entre los dedos (Figs. 252, 253 y 255); o como restos orgánicos inmersos en la masa silíceo del cristal, constituyendo grandes partículas muy oscuras (de color pardo o negro) algunas con formas muy peculiares (Figs. de 249 a la 251). También se ha detectado en ellos, la presencia relativamente abundante, en comparación con los demás cristales del yacimiento, de microcristales de cuarzo. Estas inclusiones euédricas, pueden presentar hábito bipiramidado (con prisma hexagonal) o únicamente dihedaédrico (bipiramidal). Su color es idéntico al de la masa silíceo que los contiene y generalmente se localizan asociados a grandes zonas o restos de MO (Figs. de la 257 a la 261).

La superficie de los cristales

26. Los Jacintos de Canales-Andilla muestran un brillo típicamente vítreo aunque menos intenso que el de otros Jacintos de la Comunidad Valenciana. No obstante, se ha detectado ejemplares que únicamente presentan brillantes los romboedros de las pirámides hexagonales, siendo las paredes del prisma hexagonal completamente mates (Figs. 269 y 270). La superficie de las caras brillantes es lisa, mientras que las mate suelen ser rugosas. Al mismo tiempo, hemos observado que en una misma pirámide hexagonal, se presentan diferencias de brillo, de modo que las caras de un romboedro son más brillantes que las del otro.
27. Tanto en las superficies lisas como en las rugosas, es posible observar marcas correspondientes a las imperfecciones del crecimiento del cristal individual o en su desarrollo íntimamente ligado al de otros (Fig. 273). Se ha detectado las típicas estrías horizontales del cuarzo en la superficie del prisma hexagonal, aunque de

forma muy moderada (Fig. 271). Existen zonas en algunas muestras, donde observamos el crecimiento por sucesivas capas del material silíceo (Fig. 272).

28. Algunos Jacintos han sufrido los efectos de la corrosión. Y aunque no se ha detectado las marcas corrosivas que facilitan la diferenciación o identificación de los 2 tipos de cuarzo, levógiro o dextrógiro (Figs. 279 y 280); sí hemos observado, los efectos que la corrosión produce debido a las condiciones cambiantes del medio, y que se dejan ver de diferentes formas:
- Es fácil observar en algunos ejemplares, áreas perfectamente delimitadas en la superficie de las caras, donde el brillo natural desaparece de la mayor parte de estas (Figs. 269, 270 y 292), pudiendo afectar a la superficie total del cristal.
 - Frecuentemente se ponen de relieve, inclusiones próximas a la superficie presentes en el interior del cristal. Incluso, dejan al descubierto, al perder la fina cubierta protectora de cuarzo, pocillos correspondientes a pequeñas burbujas o las huellas dejadas tras el vaciado de su contenido (Figs. 276, 289). Estas marcas, en ocasiones se presentan orientadas, tanto en los romboedros como en el prisma, aunque con mayor profusión y densidad en los primeros. Tienen diferentes formas y profundidades, pero no se observan grandes diferencias entre las de un romboedro y las del otro, si con las del prisma, que son menos profundas y de contornos menos poligonales (Figs. de la 282 a la 288).
 - También la corrosión, puede causar una suavización de aristas y vértices ofreciendo un aspecto similar al que habrían adquirido estos Jacintos tras un proceso físico de transporte por rodamiento. Esta evidencia se manifiesta acompañada de otras marcas típicas que indican corrosión y la presencia intacta del resto de aristas y vértices del cristal (Fig. 290).
 - Cuando la corrosión es muy acusada, ésta no afecta únicamente a las superficies de las caras sino al conjunto del cristal (Figs. 291 y 292), haciendo desaparecer importantes porciones del mismo que dejan al descubierto una estructura esponjosa o esquelética muy característica (Fig. 293)
29. Llama la atención, la coexistencia de cristales en un mismo yacimiento, en los que la superficie de las caras, especialmente las de los romboedros, se presentan prácticamente lisas en unos, mientras que en otros están completamente marcadas (Figs. 274, 275 y 276).
30. En algunos Jacintos se detectan las consecuencias producidas por los efectos de la meteorización. La erosión de la matriz que los contiene, por la acción de las aguas de infiltración y escorrentía procedente de fuertes lluvias, deja libres los cristales, que son arrastrados a veces con gran energía, acumulándose en el fondo de las pendientes y formando verdaderos “criaderos” (Fig. 212). A estas zonas llegan los Jacintos completos, pero también como resultado del transporte, es fácil que algunos cristales cuarteados terminen por romperse y aparezcan muy fragmentados y dispersos por el terreno. También se ha observado, marcas de rodamiento, que no parecen debidas a fenómenos de corrosión, es decir, todas las aristas y vértices completamente redondeados (Fig. 294A), como indicando un largo proceso de transporte fluvial. Pero este fenómeno se da en muy pocos casos y sobre todo en cristales del yacimiento de “La Salina”, la inmensa mayoría de los Jacintos no lo

presenta, por lo que nos resulta muy difícil su interpretación, ya que tampoco hemos encontrado más indicios que apunten a este proceso.

Dimensiones

31. Ciertamente, el tamaño de los Jacintos de Canales es superior al de otros cristales de la Comunidad Valenciana, aunque los de Chella, Bicorp y Domeño en Valencia u Orxeta en Alicante, también alcanzan dimensiones muy importantes. En todos los yacimientos estudiados se ha encontrado ejemplares biterminados de gran tamaño, pero ha sido en los del “*Monte Preubas*” y “*La Salina*” donde se han recogido, sueltos y diseminados por el terreno, los más grandes. Del yacimiento del “*Monte Preubas*” se ha obtenido Jacintos de más de 6 cm (Figs. 28 y 29), aunque son ya muy escasos, y en el de “*La Salina*” hay ejemplares que fácilmente superan los 4 cm, siendo más abundantes aunque generalmente muy deformados.
32. Se ha estudiado, por su abundancia y representatividad, las dimensiones de 414 cristales del yacimiento del “*Monte Preubas*”, el 100% de los cristales biterminados, el 12,65 % de todos los recogidos de este yacimiento para el presente trabajo. Tras las mediciones realizadas, hemos comparado el tamaño del cristal (L) con el parámetro adimensional que relaciona la longitud del cristal con su anchura, L/A (Fig. 303), como han hecho algunos autores. El resultado ha sido una falta de relación lineal entre estas dos variables (r^2 es prácticamente cero) lo que indica, que la relación L/A no depende del tamaño del cristal (L). Esta falta de relación entre estos dos parámetros también se ha observado en los Jacintos de Compostela de otros yacimientos de la Comunidad Valenciana.
33. Sin embargo, si relacionamos el parámetro L/A (Largo/Ancho) con la forma del prisma hexagonal, expresada ésta en términos de la longitud de las caras (a) en función de su anchura (b), esto es a/b, entonces la correlación es muy alta (Fig. 305) y el coeficiente de determinación (r^2) alcanza un valor de 0,958.
34. El cociente a/b, que como hemos dicho, representa la forma del prisma hexagonal, nos ha permitido establecer unas categorías para clasificar los diferentes tipos de Jacintos de Compostela en función de éste valor. De esta clasificación resultan las siguientes (Tabla VIII):
 - Jacintos de prisma inexistente ($a/b = 0$). Hay que señalar que ni en el yacimiento del “*Monte Preubas*” ni en ningún otro de la zona de Canales-Andilla, se ha encontrado Jacintos de prisma cero, es decir, completamente bipiramidales.
 - Jacintos de prisma corto ($0 < a/b < 1$).
 - Jacintos de prisma mediano ($1 \leq a/b < 2$).
 - Jacintos de prisma largo ($2 \leq a/b < 3$).
 - Y Jacintos de prisma muy largo ($a/b \geq 3$).
35. Al clasificar los Jacintos en estas categorías y estudiar la relación entre L/A y su tamaño (L), se observa cómo para cada categoría, el parámetro L/A se ajusta a unos intervalos más o menos definidos y diferenciadores para cada clase, que dependen del tipo de prisma hexagonal que compone el cristal (Fig. 307). En cada uno de estos grupos, hay cristales grandes y pequeños, pero su relación L/A se mueve dentro de dicho intervalo y ronda un valor medio muy característico (Tabla XI). También hemos observado unos valores de correlación entre la longitud (L) y la

anchura (A) de estos Jacintos muy elevados en todos los casos, con coeficientes de determinación próximos a 1 ($r^2 > 0,94$) y unas medias del parámetro L/A con desviaciones relativamente pequeñas ($S < 0,22$). Esto no sucede si se comparan todos los Jacintos a la vez sin una clasificación previa (Fig. 303).

36. Por tanto, hablar del parámetro L/A y de forma general relacionarlo con el tamaño del cristal, no aporta mucha información e incluso puede llegar a ser confuso. Las observaciones realizadas que concluyen afirmando, que los cristales mayores tienden a tener relaciones L/A comprendidas entre 2 y 2,5 y los cristales medianos y pequeños relaciones de L/A entre 1,5 y 2; no se cumplen para la mayoría de los casos, como se ha demostrado con los Jacintos del yacimiento del “*Monte Preubas*” (Figs. 303 y 307). Solo existe una fuerte relación entre el parámetro L/A y la forma del cristal, si expresamos ésta en términos de a/b (Fig. 305).
37. La relación L/A, una vez clasificados los cristales según nuestra propuesta, podría ser utilizada como un buen parámetro para comparar los Jacintos de igual categoría en diferentes yacimientos.
38. Si se lograra identificar qué condiciones diagenéticas facilitan que unos cristales crezcan en longitud más que en grosor, mientras que en otros sucede lo contrario; estos valores de L/A, incluso podrían aportar cierta información, acerca de las condiciones diagenéticas de las cuencas sedimentarias en las que se formaron estos minerales autógenos en ambientes salinos.

En conclusión

39. El estudio detallado de los cristales de Canales-Andilla, ha revelado que su tamaño no es lo más importante. La presencia de hábitos curiosos, diferentes colores, cuarteados interiores, cristales negativos, fantasmas, iridiscencias, irisaciones, burbujas, cavidades; la inclusión de otros minerales, también de materia orgánica; una asociación muy interesante entre Jacintos y cristales de dolomita; y el hallazgo de cuarzos olorosos, cuarzos betún o “*Stinkquarz*”, son algunas de las sorpresas que nos han deparado estos cristales.
40. El esquema de trabajo desarrollado en estos apuntes, supone una metodología útil para abordar el estudio de los Jacintos de Compostela de la Península Ibérica y también puede servir para el estudio de otros cuarzos diagenéticos.
41. Los trabajos de investigación no están concluidos, quedan muchos análisis por realizar y mejorar, como por ejemplo provocar figuras de corrosión en la superficie de los cristales utilizando ácido fluorhídrico, con el objeto de poder distinguir formas dextrógiras o levógiras en estos Jacintos o seguir investigando cómo el hombre ha incorporado la utilización de estos cristales a su propia cultura. Además, posiblemente una mayor exploración del territorio pueda conducir a la localización de nuevos afloramientos con cristales de similares características.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a D. Manuel Canseco Caballé, la lectura y revisión del presente trabajo, las correcciones y aportaciones realizadas, sin duda, han enriquecido y mejorado su contenido.

Al Doctor Juan Viñals por aceptar la realización de los análisis SEM/EDS de los Jacintos que le entregué y explicarme pacientemente su interpretación.

A la SVM (Sociedad Valenciana de Mineralogía) por el respaldo ofrecido.

Mi agradecimiento a D. Daniel Orero, teniente alcalde de Canales, por acompañarme a realizar algunas visitas. También a José Vicente Alpuente con quien realicé mi primera visita al yacimiento del “*Monte Preubas*” en enero de 1994.

Muy especialmente a Sifrido Serrano Valero, quien me entregó generosa y desinteresadamente para su estudio unos 900 cristales recogidos en 1994, de los cuales unos 250 ejemplares han pasado a formar parte de la colección de muestras que compone el trabajo y varios de ellos están fotografiados en sus páginas. Sinceramente, muchas gracias.

También agradecer la facilidad para visitar, estudiar y fotografiar los ejemplares de las colecciones de: Rafael Antonio Muñoz Alvarado, gran apasionado de la mineralogía que también ha contribuido al estudio con varios de sus cristales; Ramón Antonio López García, quien me ayudó y animó a seguir la pista de estos Jacintos tan peculiares; Paco Mayor, que comparte conmigo su devoción a ésta particular variedad de cuarzo y a muchos otros que también han aportado información.

A mis amigos Raúl, Corman, Jose, Martí, Vicente, Honorio, Jorge, M^a Ángeles; que me han acompañado en algunas excursiones convirtiéndolas en inolvidables y a nuestras familias, que se han dejado “engañar” bondadosamente cuando les decía que íbamos a pasar un día de campo.

A Estela, mi esposa, cuya mente analítica, sincera y muy crítica, necesito escuchar antes de reflexionar y formular conclusiones, pues sus observaciones me ofrecen siempre otros puntos de vista, que mejoran la profundidad y calidad de mi trabajo.

Y muy cariñosamente a nuestros pequeños hijos Adela y Mateo; y a Daniel, grandes exploradores cuya pericia les ha llevado a descubrir muy buenos ejemplares y su avidez por conocer y saber, me ha conducido a la formulación de muchas preguntas.

BIBLIOGRAFÍA

J. ABELLA I CREUS (2012) Apunts per al debat sobre l'ús de la majúscula inicial als noms de les espècies minerals. *Infominer*, **55**: 54-55.

J. L. ALBRIGHT, V. W. LUETH (2003) Pecos diamonds - quartz and dolomite crystals from the Seven Rivers Formation outcrops of southeastern New Mexico. *New Mexico Geology*, **25**: 63-74.

A. C. AKHAVAN (2010) The Quartz Page. <http://www.quartzpage.de>

A. A. BALLMAN (1961) The growth and properties of colored quartz. *American Mineralogist*, **46**: 439-446.

M. BIGNAMI (2005) Quarzo Cristalli Monografia. <http://www.faden.it>

J. BOUCART (1959) *Cours de pétrographie sédimentaire; les sédiments, les roches sédimentaires et leur genèse*. Rédigé par G. Boillot. Publicado por Centre de documentation universitaire. 101 pp.

S. CALDERÓN Y ARANA (1910) *Los minerales de España*. Junta Superior para la Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas. Imprenta de Eduardo Arias, 2 vols., Madrid.

W. BOWLES (1782) *Introducción á la historia natural, y á la geografía física de España*. Imprenta Real, Madrid.

- M. CALVO REBOLLAR (2003-20??) *Minerales y Minas de España*. Varios Tomos.
- R. CANDEL VILA (1928) *Contribución al estudio de los cuarzos cristalizados españoles*. Anales del Instituto Nacional de 2ª Enseñanza de Valencia. 16 (69). 59 pág. Imprenta Hijo de F. Vives Mora. Valencia.
- R. CANDEL VILA (1962) *Geognosia: I. Mineralogía*. En: Enciclopedia LABOR. Vol. I. Págs. 613-821. Ed. LABOR, S.A. Barcelona.
- M. CANSECO CAVALLÉ (2003) 1. *Componente Físic. Mineralogía*. Borriol, Vol. 1. Pág. 87. Publicacions de la Universitat Jaume I.
- JM. CASANOVA HONRUBIA, M. CANSECO CABALLÉ (2002) *Minerales de la Comunidad Valenciana*. Ed. Caja de Ahorros del Mediterráneo. 237 pp., Valencia.
- JM. CASANOVA HONRUBIA (2009) *La minería y mineralogía del Reino de Valencia a finales del período ilustrado (1746-1808)*. Tesis Doctoral. Servei de publicacions. Universitat de València. 734 pp., Valencia.
- R. CASTAÑO, M. DOVAL, R. MARFIL (1987) Naturaleza, origen y distribución de los minerales de la arcilla en la cuenca triásica (Keuper) del área de Valencia. *Cuadernos de Geología Ibérica*, **11**: 339-361.
- P. CASTRO BAREA (1919) Los Aragonitos de España. *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Serie Geológica*, **24**: 111 pp., 34 fig., 16 lám., Madrid.
- A. J. CAVANILLES (1795-1797) *Observaciones sobre la Historia Natural, Geografía, Agricultura, Población y Frutos del Reino de Valencia*. Imprenta Real, 2 vols., 1. (1795): 236 pp.; 2. (1797): 338 pp., Madrid.
- F. CHAVES (1896) Sobre las inclusiones de los Cristales de Cuarzo dispersos en las rocas epigénicas de Andalucía. *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural. Serie II*. Tomo quinto (**XXV**): 243-254.
- K. M. COHEN, S. FINNEY, P. L. GIBBARD (2012) «International Chronostratigraphic Chart»
- K. CORNELIUS, JR. CORNELIUS S. HURLBUT (1996) *Manual de Mineralogía*. 4ª ed. Basado en la obra de J. D. Dana. Ed. Reverté S.A. Vol. 1, 368 pp. Barcelona.
- W. A. DERR, R. A. HOWIE, J. ZUSSMAN (1962) *Rock-Forming Minerals*. London, Longman, 5 vols.
- A. DES CLOIZEAUX (1855) *Mémoire sur la cristallisation et la structure intérieure du quartz*. Mallet-Bachelier, Imprimeur-Libraire. Paris.
- DETORAS.ES, (2012) Minerales. <http://www.detoras.es/Toras-minerales.html>
- C. DIAZ G.-MAURIÑO (1991) *Diccionario de términos mineralógicos y cristalográficos*. Ed. Alianza. 581 pp. Madrid.
- T. FEBREL (1962) *Jacintos contenidos en anhidritas: Materiales salinos del Suelo Español*, Apéndice 2. Págs. 42-44. Instituto Geológico y Minero de España, Memoria 64.
- G. FRIEDEL (1923) Sur les macles du quartz. *Bull. Soc. Franc. Mineral*, **46**: 79-95.
- G. FRIEDEL (1926) *Leçons de cristallographie*. Berguer-Levrault, 602 pp. París.
- E. GALVÁN HUERTOS, S. MIRETE MAYO (1979) *Introducción a los Minerales de España*. Ed. Instituto Geológico y Minero de España. 420 pp. Madrid.

- J. GALVÁN, C. ÁLVAREZ, J. ALONSO, J. CATALÁN (1963) Color en sedimentos II. Jacintos de Compostela. *Anales de Edafología y Agrobiología*, **22 (11-12)**: 609-622.
- H. R. GAULT (1949) The frequency of twin types in quartz crystals. *American Mineralogist*, **34**:142-162.
- J. GIL MARCO, R.A. MUÑOZ ALVARADO (2000) Cuarzo hematoidal bipiramidal. Los Jacintos de Compostela de Montroy (Valencia). *Revista de minerales*, **2(1)**: 25-27.
- GOOGLE MAPS (2008) Canales, Sacañet. <http://maps.google.es/?hl=es>
- J.C. GOUJOU (2004) Les quartz du Trias des Corbières en Roches et minéraux dans le contexte de la rupture. *Le Règne Mineral*, **57**: 11-17.
- W.D. GRIMM (1962) Los cuarzoides idiomorfos como minerales indicativos de las facies salinas. (Traducido por J.M. Ríos, 1964). *IGME. Notas y Comunicaciones*, **74**: 157-184.
- G. GUTIÉRREZ, E. ELÍZAGA, J. GOY, M. NIETO, F. ROBLES (1984) Mapa Geológico de la provincia de Valencia E 1:200.000 y Memoria explicativa. Ed. Diputación Provincial de Valencia. Universitat de Valencia e I.G.M.E. 61pp., Valencia
- R. J. HAÛY (1822) *Traité de Minéralogie*. 2ª ed., vol. 1, 432 - 487. Bachelier, Paris.
- R. J. HAÛY (1823) *Traité de Minéralogie*. Atlas. Bachelier, Paris.
- IGME Instituto Geológico y Minero de España (1984) Mapa Geológico de la Provincia de Valencia. Escala 1:200.000.
- IGME (1977) Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000, Hoja nº 639 (28-25) JERICA.
- IGME (XXXX). MAGNA 50 (2ª Serie): Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000, Hoja nº 639 JERICA.
<http://www.igme.es/internet/cartografia/cartografia/magna50.asp?hoja=639>
- IVE Instituto Valenciano de Estadística (2012) <http://www.ive.es>
- D. JIMÉNEZ DE CISNEROS (1928) Consideraciones acerca del triásico del SE de España. *Ibérica*, **741**: 122-123.
- R. JIMÉNEZ, M. CALVO, M.A. MARTÍNEZ PALOMARES, R. GORGUES (2005) Yacimientos de Aragonito del Triásico Español. *Bocamina*, **16**: 28-93.
- R. JIMÉNEZ (2010) Aragonitos del Keuper: Nuevos Yacimientos. *Revista de Minerales*. **4(3)**:50-59.
- A. LACROIX (1901) *Minéralogie de la France et de ses Colonies: Description physique et chimique des minéraux étude des conditions géologiques de leurs gisements*. Vol. 3. Librairie Polytechnique Baudry et Cie. París.
- H. LE CHATELIER (1914) *La silice et les silicates*. A. Hermann et fils, éditeurs. París.
- J. LÓPEZ GÓMEZ (1985) Sedimentología y estratigrafía de los materiales pérmicos y triásicos del sector SE de la rama castellana de la Cordillera Ibérica entre Cueva de Hierro y Chelva (provincias de Cuenca y Valencia). *Seminarios de Estratigrafía. Serie monografías nº 11*. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense. Madrid.
- J. MAC-PHERSON (1879) Estudio geológico y petrográfico del Norte de la provincia de Sevilla. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*. **VI**: 97-268.

- R. MARFIL PÉREZ (1970) Estudio petrogenético del Keuper en el sector meridional de la cordillera Ibérica. *Estudios Geológicos*, **26**:113-161.
- MTI Mineralogía Topográfica Ibérica (2008) Keuper de Canales, Monte del Preubas, Canales, Sacañet, Castellón. <http://www.mtiblog.com/2008/05/keuper-de-canales-monte-del-preubas.html>
- S. MÖLLER (2009) *Quartz Germany*. Baden-Württemberg, Black Forest, Pforzheim. <http://www.mindat.org/forum.php?read,95,131650,159147>
- G. MORLOCK (2004) *Verein für Mineralogie und Geowissenschaften Pforzheim e.V.* Pforzheimer Edelstein. <http://www.minfos-pforzheim.de/30.html>
- M. O'DONOGUHE (1987) *Quartz*. *Butterworths Gem Books*. Butterworth & Co (Publishers) Ltd.
- F. ORTÍ CABO (1973) *El Keuper del Levante Español. Litoestratigrafía, petrología y paleogeografía de la cuenca*. Tesis Doctoral, Unv. Barcelona, 174 p.
- F. ORTÍ CABO (1974) El Keuper del Levante Español. *Estudios Geológicos*, **30**:7-46.
- F. ORTÍ CABO, A. PÉREZ (1994) *El Triásico Superior de Levante*. Ed. Alfredo Arche. Caja Castilla La Mancha. 63 pp. Cuenca.
- W. PARRISH, S. G. GORDON (1945) Orientation techniques for the manufacture of quartz oscillator-plates. *American Mineralogist*, **30**: 296-325.
- C. PLINIO SEGUNDO (1624) *Historia Natural*. (Traducción de Gerónimo de Huerta y Francisco Hernández). Visor Libros (1999). 1201 pp. Madrid.
- I. QUERALT, M. M. JORDAN, T. SANFELIU, C. de la FUENTE, A. BOIX (1993) Estudio mineralógico de las arcillas del Keuper de Toras (Castellón). *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, **16-1**: 83-84.
- J. RALPH & I. CHAU (1993-2012) The Mineral and locality Database. <http://www.mindat.org/>
- C.V. RAMAN (1950) Crystals of quartz with iridescent faces. *Proceeding of the Indian Academy of Sciences, Section A*, **31**: 275-279.
- J. M. RÍOS (1963) Materiales Salinos del Suelo Español. *Memoria del Instituto Geológico y Minero de España*. IGME. Vol. **64**, 166 pp.
- M. ROMÉ de L'ISLE (1783) *Cristallographie ou description des formes propres a tous les corps du regne mineral*. 2ª Ed. 4 Vols. Monsieur, París.
- R. RUDOLF (1995) *Quarz Monographie*. Die Eigenheiten von Bergkristall, Rauchquarz, Amethyst, Chalcedon, Achat, Opal und anderen Varietäten. Ott Verlag Thun, 2nd. Edition.
- SIGPAC (2011) <http://sigpac.mapa.es/fega/visor/>
- V. SOS BAYNAT (1970) *Introducción a la Mineralogía de la provincia de Castellón*. Sociedad Castellonense de Cultura. Geografía y Geología; III. Imprenta/ Hijos de F. Armengot: 80 pp., Castellón.
- V. SOS BAYNAT (1981) *Compendio de Geología de la Provincia de Castellón (Estratigrafía, Tectónica y Orogenia)*. Ed. Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Castellón: 402 pp., Castellón.
- SVM Societat Valenciana de Mineralogia Monte del Preubas, Canales. <http://bbdd.minval.org/index.php?tipo=Y&yac=156>

SVM Societat Valenciana de Mineralogia (2012) Nou jaciment de quars morió de la Cova del Colom i El Colom, Alfondeguilla, Castelló. *Infominer*, **53**: 8.

W. A. TARR (1929) Doubly terminated quartz crystals in gypsum from Acme, New Mexico. *American Mineralogist*, **14-1**: 19-25.

W. A. TARR, J. T. LONSDALE (1929) Pseudocubic quartz crystals from Artesia, New Mexico. *American Mineralogist*, **14-2**: 50-53.

J. VILANOVA Y PIERA (1859) *Memoria Geognóstico-agrícola sobre la provincia de Castellón*. 229 págs.

Nuevos datos sobre los fosfatos de Bendada, Sabugal (Portugal)

Pedro ALVES⁽¹⁾ y Stuart MILLS⁽²⁾

⁽¹⁾ Universidade do Minho, Departamento de Ciências da Terra.
CIG-R, Braga (Portugal)
E-mail: pedroalves.dct@gmail.com

⁽²⁾ Geosciences, Museum Victoria, GPO Box 666, Melbourne 3001, Victoria, Australia.
E-mail: smills@museum.vic.gov.au

Resumen

P. ALVES & S. MILLS (2013) Nuevos Datos Sobre Los Fosfatos de Bendada, Sabugal (Portugal). *Acopios*, 4: 349-377.

Las minas de Bendada, un clásico de la mineralogía Portuguesa, son reconocidas mundialmente por su paragénesis de fosfatos en pegmatitas graníticas. La localidad ha sido muy estudiada debido al gran interés de sus ejemplares, que se caracterizan por la perfección de los cristales y la presencia de una asociación de especies única.

Los varios ciclos de explotación minera dieron la oportunidad de muestreo y observación de las pegmatitas que son estudiadas desde los años 60 del siglo pasado. Un buen número de publicaciones son el resultado de esos muestreos, que incluyen la descripción de nuevas especies y publicaciones topográficas que documentaron casi una centena de especies minerales.

Los trabajos mineros más recientes, realizados en la mina Fonte da Cal, expusieron una gran cantidad de fosfatos evidenciando alteración supergénica. El muestreo y estudio de estos fosfatos ha permitido identificar un conjunto de especies aún no citadas para Bendada, entre las que destacan la matulaita, la nordgauita, y la krasnoita.

Palabras clave: Fosfatos, Bendada, Fonte da Cal, Nordgauita.

Abstract

P. ALVES & S. MILLS (2013) Phosphates from the Bendada Mines, Sabugal (Guarda, Portugal), New data. *Acopios*, 4: 349-377.

The Bendada mines, a classic Portuguese mineral locality, are recognized worldwide for its occurrence of phosphates in granitic pegmatites. The locality has been thoroughly studied thanks to the large interest in their specimens, which are characterized by perfect crystals and unique mineral assemblages.

A number of mining cycles have given collectors the opportunity to sampling and observe the pegmatites, which have been studied in detail since the 1960's. Many publications have resulted from these collections, and have included the description of new mineral species, and topographic publications, which have documented almost one hundred separate mineral species.

The most recent mining operations at the Fonte da Cal mine has exposed a large amount of phosphates showing supergene alteration. The sampling and study of these phosphates identified a number of species not yet listed in Bendada, including matulaita, nordgauite and krasnoite.

Keywords: Phosphates, Bendada, Fonte da Cal, Nordgauite.

Resumo

P. ALVES & S. MILLS (2013) Novos dados sobre fosfatos da Bendada, Sabugal (Portugal). *Acopios*, **4**: 349-377.

As minas da Bendada, um clássico da mineralogia Portuguesa, são conhecidas mundialmente pelas suas ocorrências de fosfatos em pegmatitos graníticos. Esta localidade tem sido alvo de vários estudos devido ao interesse dos seus exemplares, os quais são caracterizados pelo aspecto didático, estética e associações únicas de espécies.

Os vários ciclos de exploração mineira deram a oportunidade de amostragem e observação dos pegmatitos, que são detalhadamente estudados desde os anos 60 do século passado. Vários trabalhos resultam dessas recolhas, sob forma de publicações topográficas de mineralogia ou estudos científicos, somando nas suas descrições cerca de uma centena de minerais e uma nova espécie.

Os trabalhos mineiros mais recentes, na mina Fonte da Cal, expuseram grandes massas fosfáticas fortemente alteradas exibindo um vasto conjunto de produtos de evolução supergénica. A amostragem e estudo desses fosfatos permitiram identificar cerca de uma dezena de espécies não referidas na localidade, onde se inclui a matulaita, a nordgauite e a krasnoite.

Palavras chave: Fosfatos, Bendada, Fonte da Cal, Nordgauite.

INTRODUCCIÓN

El grupo mineral de los fosfatos encierra en sí algunas de las especies más buscadas y deseadas por los coleccionistas. La complejidad de las condiciones físico-químicas, sobre todo a nivel supergénico, ha originado asociaciones de minerales que constituyen a menudo un verdadero espectáculo de formas y colores. El carácter exótico de los fosfatos envuelve de un cierto misticismo las localidades donde se encuentran, lo que hace que estas sean, normalmente, bien conocidas y motivo de numerosas publicaciones tanto científicas como lúdicas. La sinergia cíclica creada entre la búsqueda y el descubrimiento es la razón por la cual, afortunadamente, se sabe tanto sobre este apasionante ‘rincón’ de la mineralogía ibérica.

Portugal cuenta con algunas localidades famosas por sus citas de fosfatos en pegmatitas graníticas y diques de cuarzo. Se pueden nombrar Mangualde, Folgoso y Bendada. Cada una de ellas con sus particularidades, iguales de interesantes. Pero Bendada es para muchos ‘El Paraíso de los fosfatos’.

La primera referencia bibliográfica, donde se citan los fosfatos, es de 1960, en la cual se describe una paragénesis relativa a tres pegmatitas: Seixeira, Feiteira y Quinta da Ribeira. En 1984, Bendada es incluida en un artículo publicado en la revista alemana *Lapis*, en el cual se añaden 8 fosfatos a la paragénesis. En la misma revista, se publica en 1991 un artículo dedicado exclusivamente a esta localidade, en el que se añaden 25 nuevos fosfatos. En 2008, una comunicación en el XI Congreso de Geoquímica de los países de lengua portuguesa, añade 6 especies más a la lista de fosfatos conocidos en estas pegmatitas.

Esta nota sirve para dar a conocer un conjunto de especies procedentes de la mina Fonte da Cal, algunas de ellas especialmente raras y aún no conocidas en el contexto Ibérico, con especial énfasis en las recientemente descritas nordgauite y krasnoite, además de otras rarezas como la matulaita, la lun’okita, la kastningita y la earlshanonita. Finalmente, la benyacarita, la calcosiderita y la jahnsita (CaMnFe) completan la lista de nuevos fosfatos descritos en la localidade estudiada.

ENCUADRE GEOLÓGICO

Bendada es una pequeña localidad del municipio de Sabugal, Guarda, en el centro de Portugal. Está situada en el borde occidental de la Meseta Ibérica, junto a las depresiones de Beira Baixa y bordeada al oeste por el bloque más elevado de la cordillera central- la Sierra da Estrela (Fig. 1).

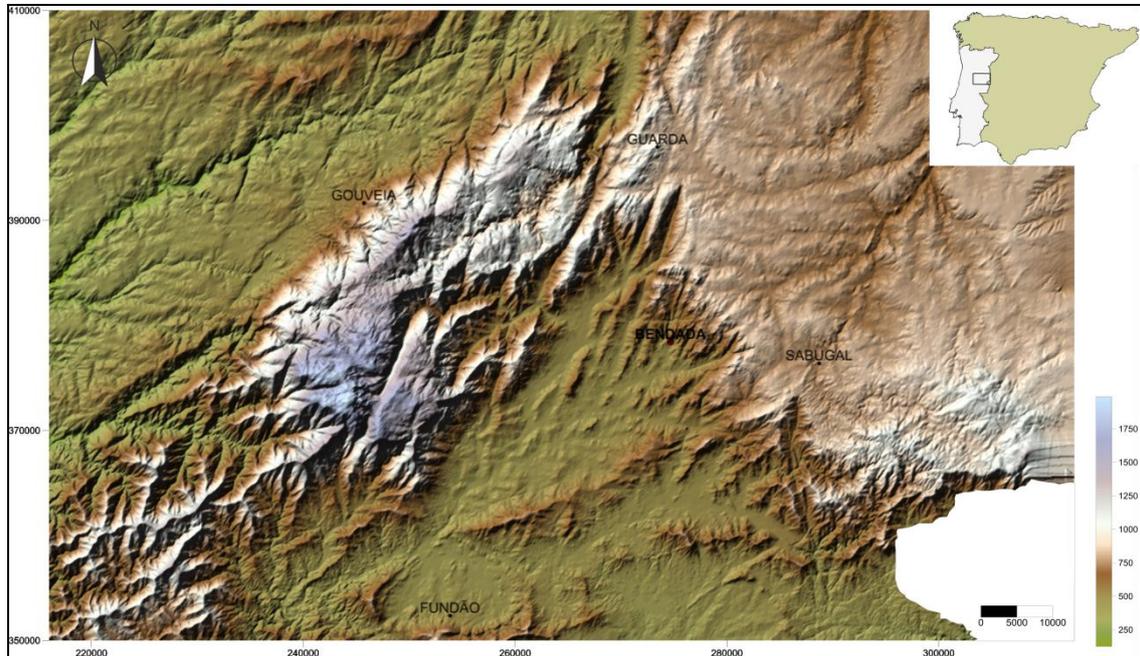


Figura 1: *Mapa de relieve e hipsometría de la región de Guarda (Escala en metros).*

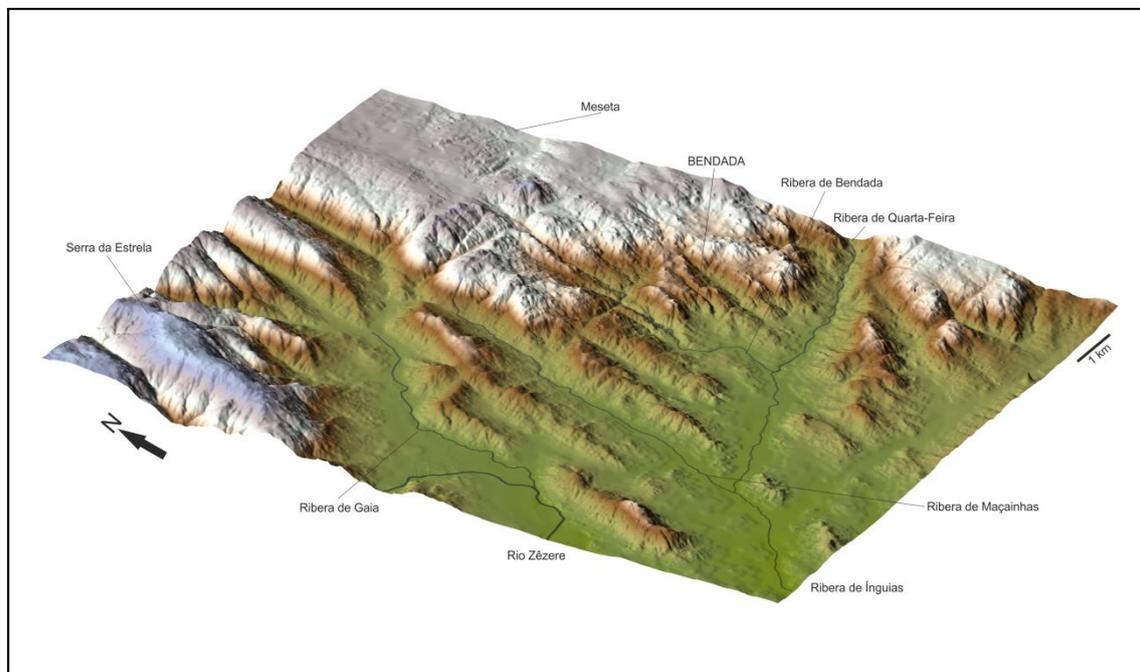


Figura 2: *Esquema del relieve del área de Sabugal, en el cual se observan elevaciones que corresponden a la Meseta Ibérica y al límite oriental del Macizo de la Sierra da Estrela.*

Es una región predominantemente granítica donde destaca, por su extensión, un granito porfiroide de grano grueso coexistiendo con otro no porfiroide de grano medio, ambos de edad Varisca (tardi a posD3). En el área estudiada están presentes también, aunque

sin gran expresión, depósitos aluviales y una pequeña mancha de rocas metasedimentarias del complejo esquistó-grauváquico (Fig. 3).

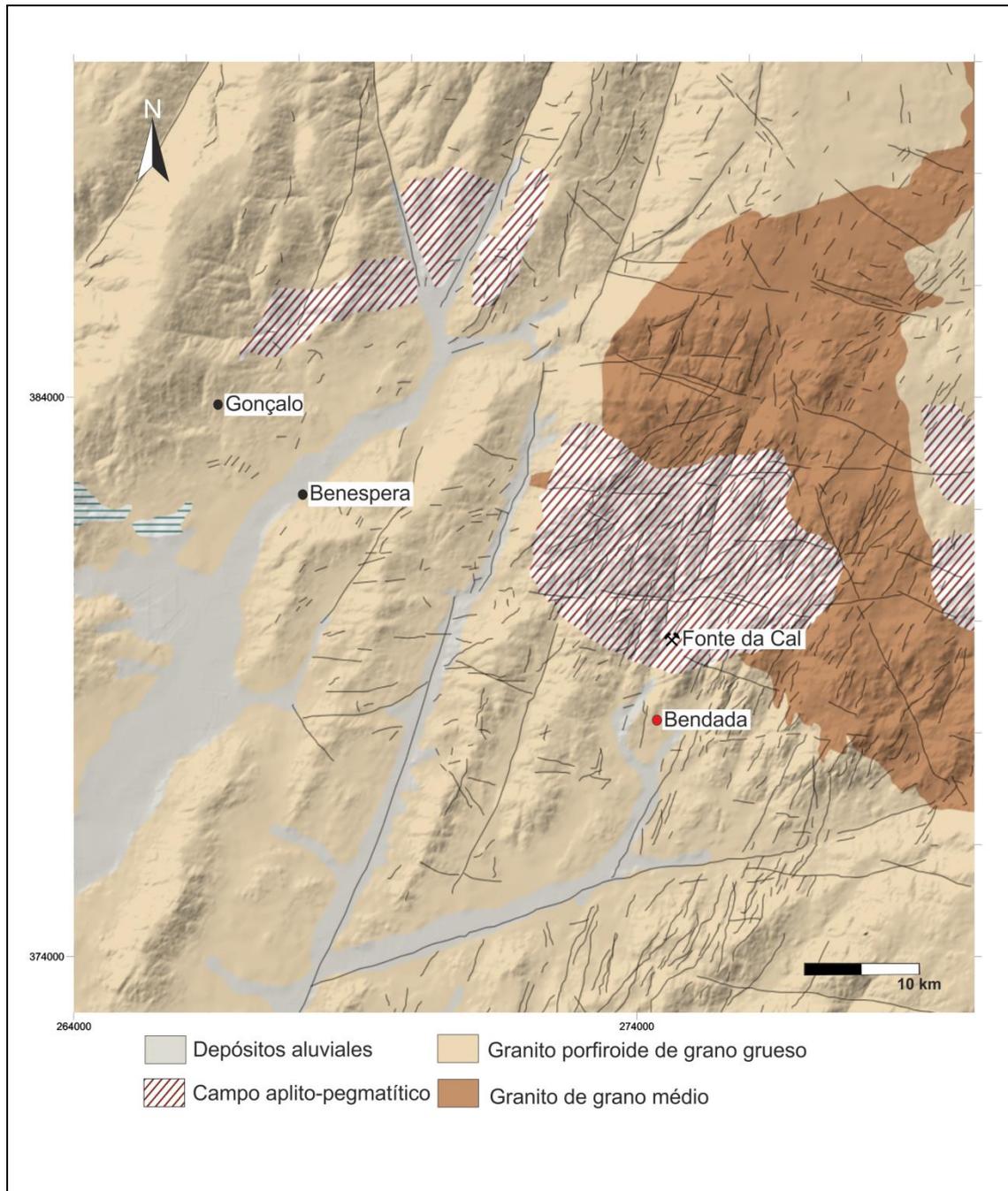


Figura 3: Mapa geológico simplificado de la zona de Sabugal. Las lineaciones en el mapa corresponden a accidentes tectónicos y rocas filonianas.

En el sector norte es evidente un conjunto de fallas resultantes de una tectónica fracturante del ciclo Varisco. Estas se conjugan en tres sistemas principales con orientaciones N10E, N30E y próximas a E-W.

La orientación predominante de las fallas, NE-SW, fue ‘aprovechada’ para la instalación de filones de cuarzo (Fig. 3), con direcciones que varían entre los N10E y N60E (principalmente entre N30E y N50E). Estos filones son fácilmente observables en el terreno debido, en parte, a un relieve residual resultante de la erosión diferenciada y a

la disposición vertical o sub-vertical de los mismos. La extensión media de los filones es de 3-4 km (pudiendo alcanzar hasta 12 km) y 10 m de potencia.

Existen dos tipos de filones, unos compuestos por cuarzo lechoso y a veces hialino, otros por cuarzo calcedónico y cuarzo jaspóide. Los primeros se encuentran sobre todo en los terrenos metasedimentarios y tienen asociadas mineralizaciones de W/Sn, mientras que los segundos son casi exclusivos de los granitos y corresponden a las estructuras explotadas para el U.

Las fallas principales, de orientación NE-SW, fueron igualmente aprovechadas por cursos de agua de la región, a saber las riberas del Gaia, Maçaínhas y Bendada, al sur de la población de Bendada. Con estas riberas/estructuras coinciden los depósitos aluviales del Cenozoico, explotados por varias minas (Fig. 4) debido a su importante contenido en casiterita e ilmenita.

Los filones aplíticos y pegmatíticos se concentran formando redes de gran densidad filoniana que definen manchas aplito-pegmatíticas. Una de estas manchas se encuentra al norte de la población de Bendada. La orientación de estos filones raramente es concordante con los filones de cuarzo, pudiendo algunas presentar una orientación próxima a E-W. Es posible que estén relacionadas con fallas tardías a pos D3. Las pegmatitas describen cuerpos irregulares mal definidos, con una posición que varía de horizontal a subhorizontal, al contrario de los filones de cuarzo que, como ya se ha indicado, suelen ser verticales. Esto hace muy difícil su representación cartográfica así como su reconocimiento y observación en el terreno, muchas veces solo visibles en taludes de carretera.

El cuerpo explotado en la mina Fonte da Cal es, según la clasificación de Černý y Ercit (2005), una pegmatita de la clase REL (elementos raros), subclase REL-Li, del tipo berilo y subtipo berilo-columbita-fosfatos. Esto basado en la mineralogía observada, que incluye lepidolita, berilo, 'columbotantalita' y fosfatos.

Los fosfatos primarios identificados son términos de las series triplita-zwieselita y litiofilita-trifilita, y fluorapatito. Su evolución, desde el estadio metasomático a la alteración supergénica más oxidante, ha dado lugar a una gran variedad de especies minerales.

ENCUADRE GEOLÓGICO

En la parroquia de Bendada se explotaron, en la era moderna, alrededor de dos decenas de minas (Fig. 4), principalmente de Sn/W y U. El presente estudio enfoca una de ellas en particular, que pertenece a un conjunto de pegmatitas explotadas al norte de la población de Bendada. Correia Neves (1960), en su estudio de pegmatitas de Bendada, refiere tres localidades clave: Quinta da Ribeira, Feiteira y Seixeira.

Quinta da Ribeira fue una mina de Sn que inició su explotación el 5 de junio de 1920, tras algunas interrupciones y diferentes concesionarios, está en situación de revocada desde el 14 de octubre de 1992.

Feiteira es mencionada por Correia Neves (1962), según el cual esta localidad coincide con la concesión minera provisional 'Feiteira nº 5' (1156-P). Sin embargo esta mina de cuarzo y feldespato, que nunca obtuvo aprobación para mina definitiva, trabajó entre junio de 1976 y marzo de 1986. Este espacio de tiempo es posterior a la publicación de Correia Neves, que ya refiere actividad en esta pegmatita con anterioridad a 1962. Esto nos lleva a suponer que se trate de un caso de simple prospección o de minería ilegal, muy común en los años de la II Guerra Mundial e incluso posteriores.

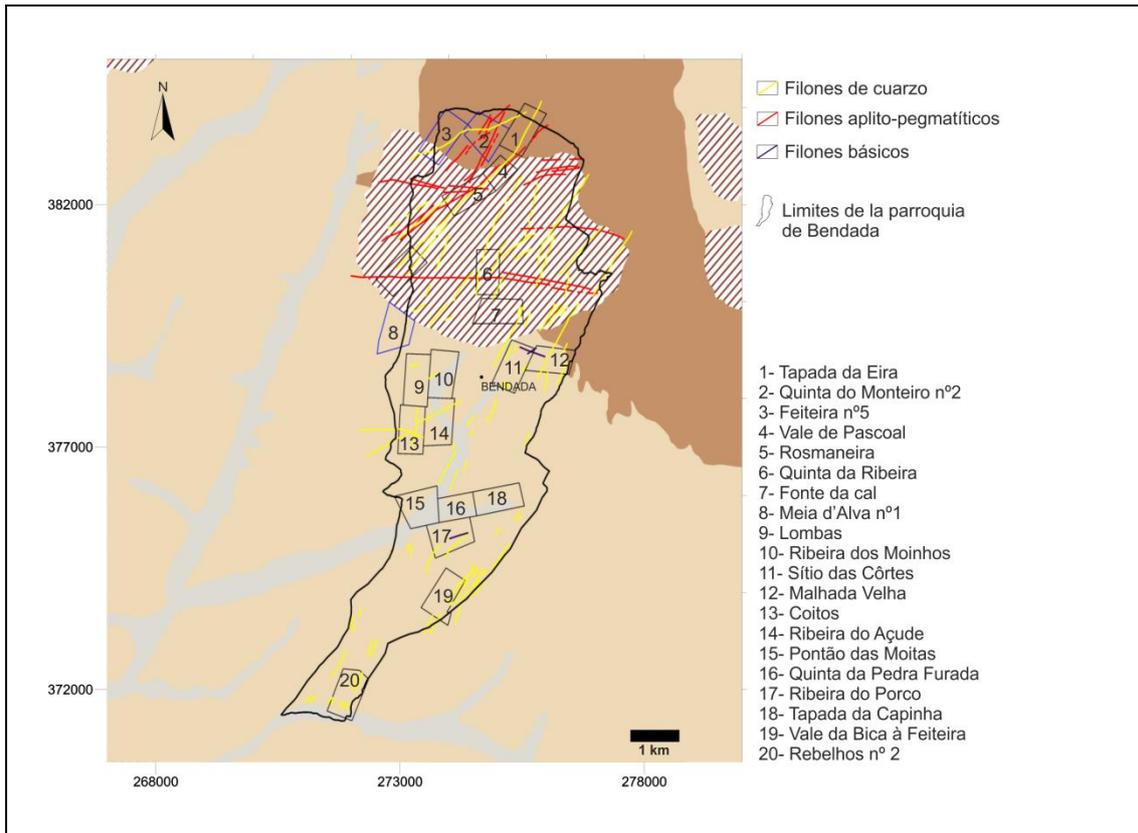


Figura 4: Distribución de las concesiones mineras en la parroquia de Bendada. Las concesiones provisionales están delimitadas en color azul.



Figura 5: Panorama de las escombreras en Fonte da Cal (Fot. A. Cruz, febrero 2009).

Otra de las pegmatitas mencionadas, y aquella donde se centraron los estudios de Correia Neves, es Seixeira. Esta localidad se corresponde con la actual área minera de Fonte da Cal (Figs. 5, 6 y 7) y, al igual que Feiteira, no estaba concesionada en los años 60, lo que hace suponer también una actividad al margen de la ley.

El primer derecho de concesión, para Fonte da Cal (n° 3438), fue otorgado el 20 de enero de 1971 a la Sociedade Agrícola e Industrial Montanística Lda. En esta primera fase la mina ambicionaba explotar estaño, berilio, tántalo, cuarzo y feldespatos. La misma empresa renovó su contrato de explotación de la mina el 15 de diciembre de 1995, pero esta vez solo para cuarzo y feldespatos. En febrero de 2002 los derechos de explotación de la mina fueron cedidos a la empresa FELMICA, que se vuelve titular de pleno derecho desde el 3 de noviembre de 2003 hasta la actualidad (2013).



Figuras 6 y 7: Izquierda: *Labores subterráneas de los primeros años de la mina*. Derecha: *Aspecto de las labores mineras en Fonte da Cal* (Fots. A.Cruz, 2009).

METODOLOGÍA

Las muestras sobre las cuales se centró este estudio fueron recogidas en los frentes de desmonte y escombreras de la mina Fonte da Cal durante el año 2008 y los primeros meses de 2009. Su estudio ha sido realizado, en parte, en la Universidad do Minho (Portugal), en Braga y Guimarães. Donde se caracterizaron por p-DRX y SEM-MEV, así como por Microscopía óptica de luz transmitida (MOLT) y luz reflectada (MOLR). También aquí se realizaron las observaciones en lámina delgada y superficie pulida de las muestras. Paralelamente se caracterizaron por s-DRX en el Museo de Victoria, Australia, para confirmar sospechas tras los ensayos SEM. Dichas muestras están depositadas en el Museo de Victoria con las siguientes referencias:

- M52652 *Krásnoita*
- M52653 *Kastningita*
- M52654 *Nordgauite con Jahnsita-(CaMnMn) amarilla y jahnsita-(CaMnFe) verde oscura.*

MINERALOGÍA

Este artículo se centra exclusivamente en la descripción de las nuevas especies de fosfatos identificadas en la mina Fonte da Cal. La descripción de las restantes especies ya ha sido realizada en diversos artículos previos.

Solo a título de curiosidad introducimos una pequeña nota relativa a los fosfatos de uranilo citados en la mina Fonte da Cal. Estos habían sido ya citados en 1962 por

Correia Neves, pero procedentes de otras minas de U de la zona (Correia Neves, 1962). También en los trabajos posteriores, publicados en Lapis, se habla de estos mismos fosfatos, pero ahora encontrados en la pegmatitas de Fonte da Cal y Quinta da Ribeira.

Tabla I

alluaudita	(5)	hureaulita	(1)	purpurita	(1)
autunita	(3)	jahnsita (CaMnFe)	(6)	reddingita	(3)
barbosalita	(5)	jahnsita (CaMnMg)	(3)	rittmanita	(3)
benyacarita	(6)	Jahnsita (CaMnMn)	(4)	rockbridgeita	(1)
beraunita	(2)	kastningita	(6)	roscherita	(3)
bermanita	(1)	Keckita	(2)	sabugalita	(3)
bobierrita	(3)	kingsmountita	(3)	scorzalita	(3)
cacoxenita	(2)	krasnaita	(6)	sicklerita	(1)
calcosiderita	(6)	Laueita	(2)	stewartita	(1)
cyrilovita	(3)	leucofosfita	(3)	strengita	(2)
childrenita	(3)	libethenita	(2)	strunzita	(1)
earlshannonita	(6)	litiofilita	(1)	tinsleyta	(3)
eosforita	(5)	ludlamita	(3)	torbernita	(1)
fairfieldita	(3)	lun'okita	(6)	triplita	(1)
ferrisicklerita	(5)	matulaita	(6)	turquesa	(3)
fluorapatito	(1)	metatorbernita	(1)	väyrynenita	(3)
fosfosiderita	(1)	mitridatita	(2)	vivianita	(1)
fosfuranilita	(3)	montgomeyrita	(3)	wavellita	(1)
frondelita	(3)	nordgauita	(6)	whitmoreita	(3)
gormanita	(5)	paravauxita	(3)	zwiselita	(3)
hentschelita	(3)	paulkerrita	(3)		
heterosita	(5)	pseudolaueita	(2)		

Tabla I: *Especies del grupo de los fosfatos citadas en Bendada. (1) Correia Neves, 1960; (2) Rewitzer et al, 1984; (3) Scholler et al, 1991; (4) Galopim de Carvalho, 2000; (5) Roda Robles et al, 2008; (6) en este artículo.*

Benyacarita $(\text{H}_2\text{O},\text{K})_2(\text{Mn}^{2+},\text{Fe}^{2+})_2(\text{Fe}^{3+},\text{Ti},\text{Al})_2\text{Ti}(\text{PO}_4)_4(\text{O},\text{F})_2 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$

Es un mineral relativamente raro que cristaliza en la clase dipiramidal del sistema ortorrómbico. Está relacionada con la mantienneita y con la paulkerrita, de la cual es muy difícil de distinguir y muchas veces confundida. Se presenta típicamente bajo forma de individuos tabulares de color amarillo pálido o incoloro, raramente verdosos o marrones, que pueden alcanzar 2 mm. Suele asociarse a la fosfosiderita, strengita, rockbridgeita, hentschelita y otros productos de evolución de la triplita-zwiselita. En la mina Sítio do Castelo (Folgosinho, Portugal) tiene carácter ubicuo, casi siempre asociada a la fosfosiderita, en cavidades de alteración de la zwiselita.

En Fonte da Cal, se cita la paulkerrita (Scholler *et al*, 1991) y datos no publicados de uno de esos autores (C. Rewitzer) confirman la benyacarita. La coexistencia de la dos especies se conoce en la mina Sítio do Castelo (Folgosinho), sin embargo la paulkerrita es, en esa mina, extremadamente rara o incluso dudosa. Esto basado en análisis de diferentes muestras, por diferentes analistas siempre con los mismos resultados: benyacarita.

No se puede decir, por falta de datos, lo mismo en cuanto a Bendada, pero las muestras estudiadas en este trabajo resultaron ser todas benyacarita. Esta se presenta como individuos tabulares submilimétricos de un color amarillo intenso, sobre agregados esferoidales de fosfosiderita y hentschelita polvorienta de color amarillo limón, en cavidades de corrosión de la rockbridgeita. La benyacarita es, en Bendada, um mineral muy raro.

Tabla II

Elemento (Wt.%)	Fonte da Cal	El Criollo (1)	paulkerrita (2)
Na ₂ O	-	0,2	-
CaO	-	0,1	-
K ₂ O	3,2	1,6	4,4
MgO	-	0,3	4,6
MnO	15,5	11,2	7,1
FeO	-	2,8	-
Fe ₂ O ₃	15,4	11,0	12,2
Al ₂ O ₃	-	0,7	1,6
TiO ₂	13,3	12,3	9,8
P ₂ O ₅	30,3	28,1	29,4
F	-	1,5	0,9

Tabla II: Comparacion de la benyacarita (Fonte da Cal y El Criollo) con la paulkerrita. (1)benyacarita de El Criollo, Anthony et al (1990); (2) Paulkerrita de 7U7 Ranch, Peacor et al (1985).

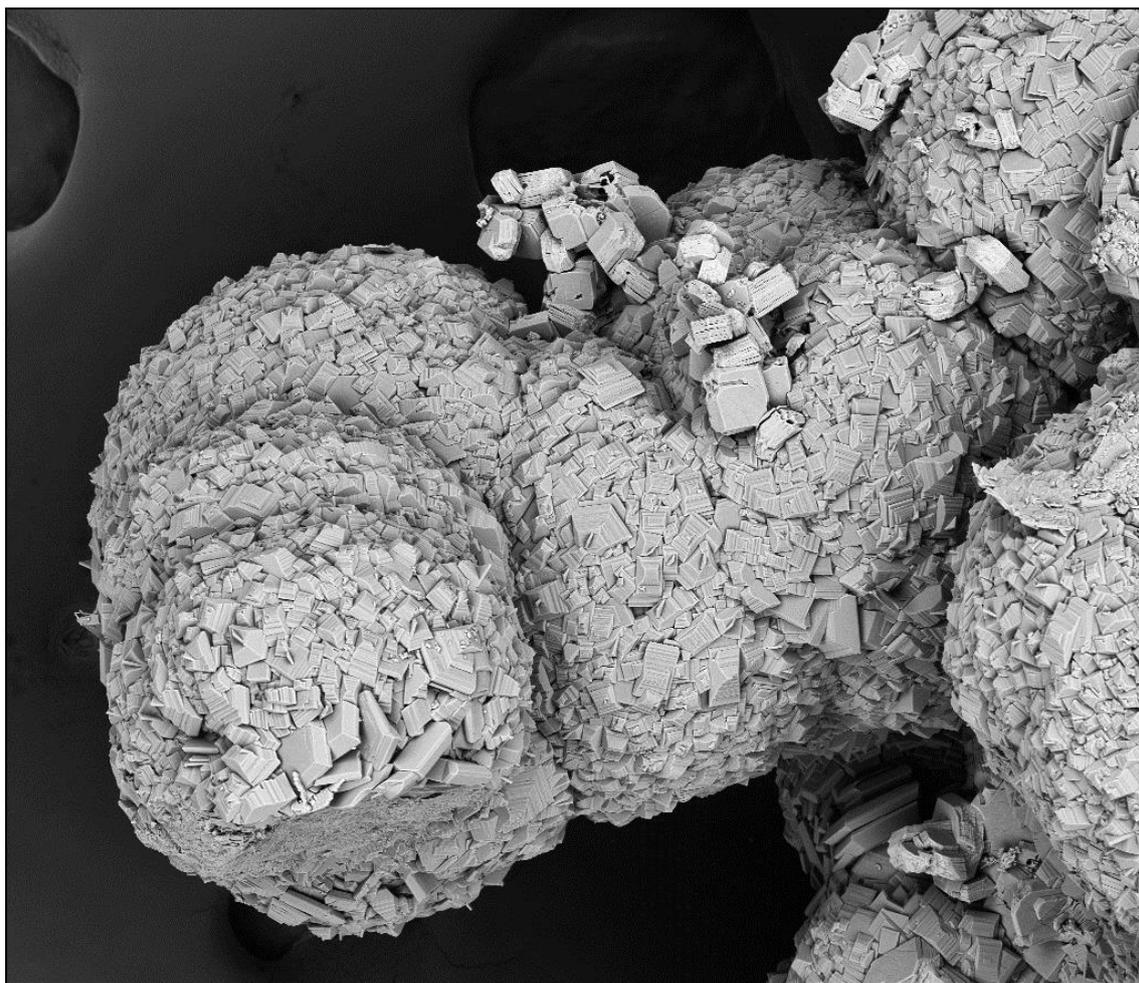


Figura 8: Cristales de benyacarita sobre fosfosiderita. De notar que el aspecto esferoidal de la fosfosiderita en observación macroscópica se reveló, en MEV, como agregados de múltiples maclas de fosfosiderita. Encuadre 887 μm .



Figura 9: Cristales de benyacarita en modo BSED. Las grietas que se observan, paralelas al plano (010), fueron posiblemente causadas por la deshidratación en la cámara de vacío del SEM. Encuadre 149 μm .

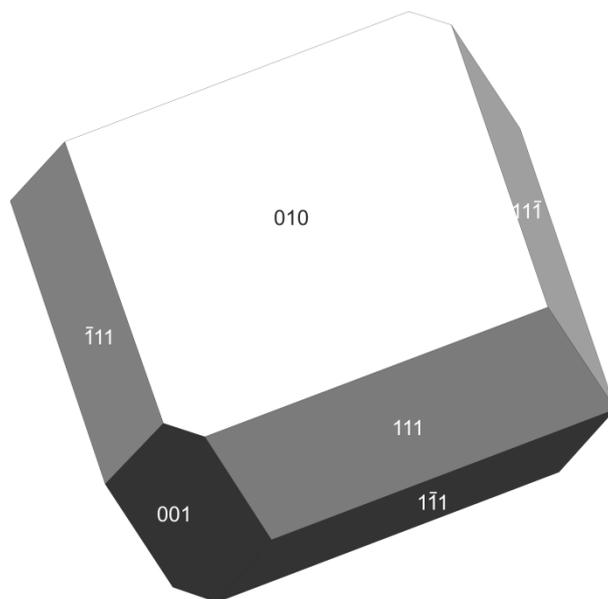


Figura 10: Representación esquemática idealizada de la benyacarita de Fonte da Cal.



Figura 11: *Cristal de benyacrita sobre fosfosiderita. Encuadre 1,6 mm (Fot. E. Lackner).*



Figura 12: *Esférulas verdes de calcosiderita junto con libethenita. Encuadre 11 mm.*

Calcosiderita $Cu(Fe^{3+},Al)_6(PO_4)_4(OH)_8 \cdot 4H_2O$

De las nuevas especies identificadas en Fonte da Cal, la calcosiderita es la de menor interés, por tratarse de un mineral relativamente frecuente. En esta localidad suele formar esférulas verdosas de hasta 0,5 mm y está asociada a otros minerales de alteración de la calcopirita (cuprita, libethenita) o bien a la cacoxenita

Earlshannonita $Fe^{2+}Fe_2^{3+}(PO_4)_2(OH)_2 \cdot 4H_2O$

La earlshannonita es un fosfato del grupo de la arthurita. Pertenece a la clase 2/m del sistema monoclinico, formando cristales de hábito prismático, elongados según el eje c. Las formas más comunes son {100}, {110} y {011}, y maclas de contacto en {100}. Forma a menudo grupos hemisféricos en ‘Sea Mine’ (donde se observa crecimiento desigual de algunos cristales), de color típicamente naranja o naranja tostado.

En Fonte da Cal, la earlshannonita se presenta en grupos radiales de alrededor de 1 mm, compuestos por cristales prismáticos no maclados (Figs. 14 y 15). El color puede variar entre el naranja tostado o marrón verdoso. Es un mineral muy escaso en esta localidad, del que solo se han recogido unas pocas muestras en las cuales se observaron 2 tipos de asociaciones. Una donde se presenta asociada a la krásnoita y a la beraunita (Figs. 16 y 17) en cavidades de alteración de la triplita, y otra donde se asocia a la strengita, a la kastningita, rittmanita y siderita (variedad oligonita), en cavidades de corrosión del fluorapatito.

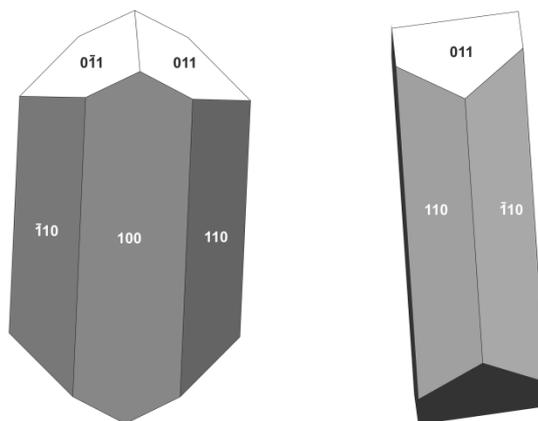
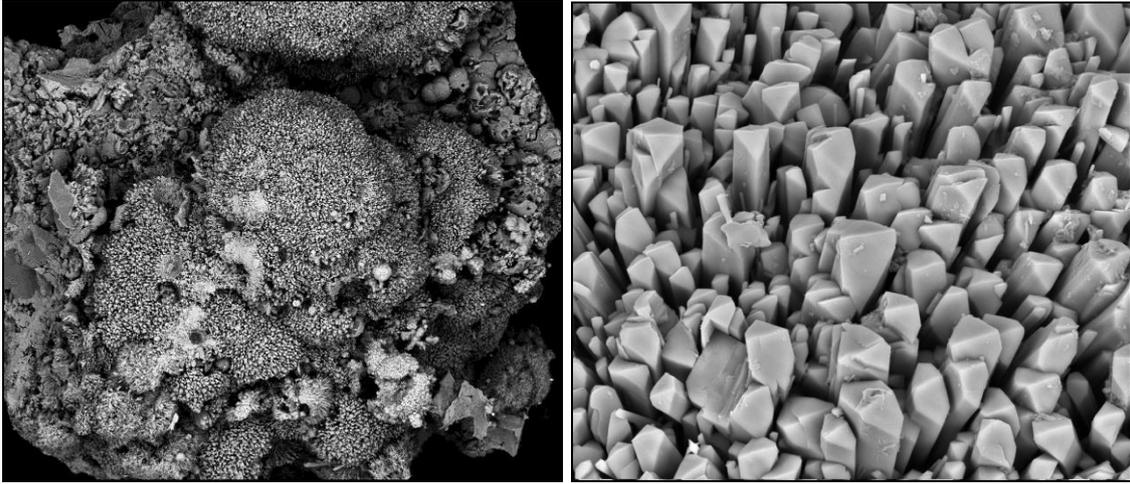


Figura 13: Representación esquemática idealizada de la earlshannonita de Fonte da Cal.

Tabla III

Elemento (Wt.%)	Fonte da Cal	Hagendorf (1)
As	5,89	-
Mg	-	1,39
Mn	3,84	5,65
Zn	-	0,24
Fe	25,28	26,00
Al	0,53	0,16
P	10,43	13,53

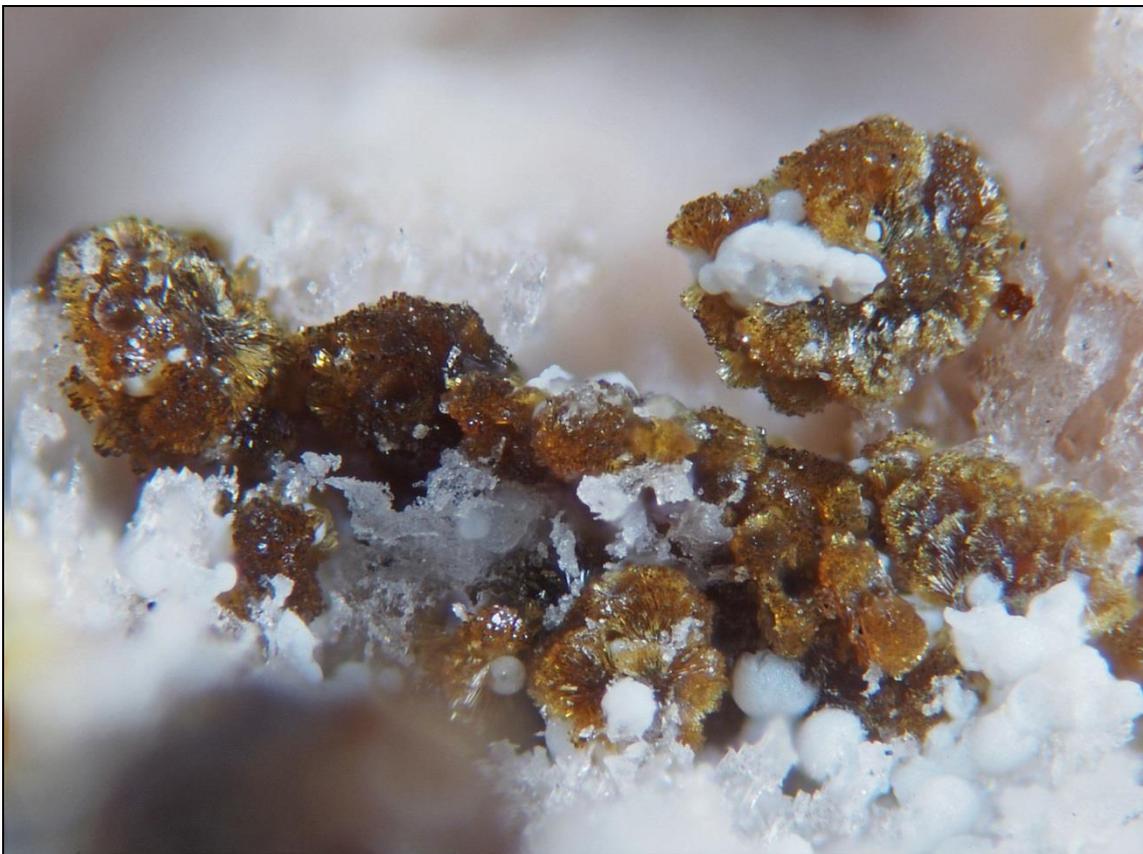
Tabla III: Análisis químico por EDS de la earlshannonita de Fonte da Cal. (1) Earlshannonita de Hagendorf, Anthony et al (1990).



Figuras 14 y 15: Izquierda: *Earlshannonita* (en primer plano) sobre *beraunita* y *krasnoita* (esferulas individualizadas en la base de la imagen). Encuadre 119 μm . Derecha: detalle de la figura 14 donde se observan las formas cristalinicas de la *earlshannonita*. Encuadre 50 μm .

Los primeros resultados, por EDS, no apuntaron de inmediato a este mineral debido al contenido significativo de As (Tabla III). Sin embargo, la sustitución $\text{As}_2\text{O}_5/\text{P}_2\text{O}_5$ en la estructura de estos minerales, es muy común y, en cierta medida, esperada. Asumido el valor de As como sustitución del P y basado en la morfología de los cristales, se ha sugerido provisionalmente una *earlshannonita* ‘arsenical’.

Las sospechas fueron resueltas tras los resultados de DRX, que confirmaron la *earlshannonita*.



Figuras 16: Grupos de cristales de *earlshannonita* de color tostado y esférulas blancas de *krasnoita*. Encuadre 1 mm (Fot. J. Desor).

Es de señalar una situación análoga en la mina portuguesa Sítio do Castelo (Folgosinho), donde la earlshannonita muestra un contenido de As no tan elevado pero aun así significativo (Alves *et al* 2012, Alves datos no publicados).

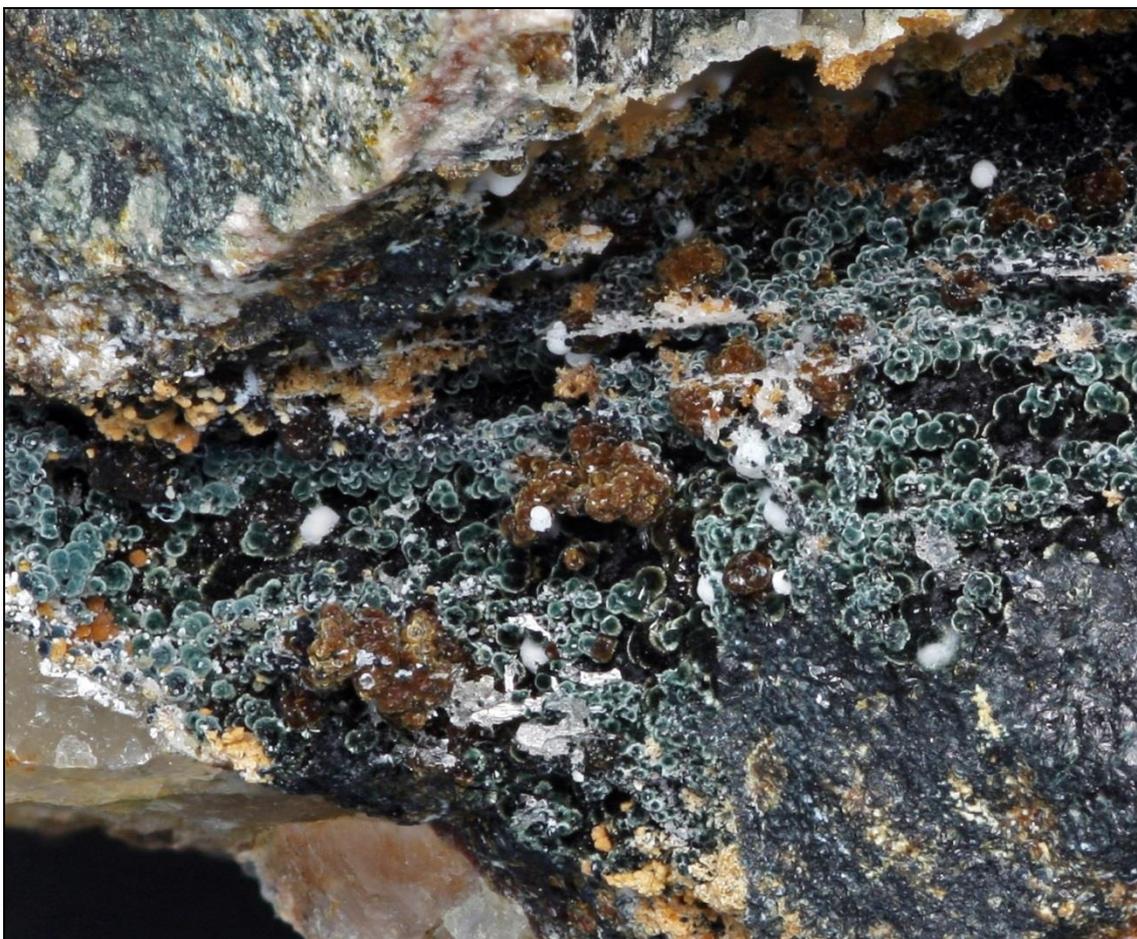


Figura 17: Grupo de agregados esferoidales de earlshannonita de color marrón, sobre 'erizos' verdes de beraunita (no oxidada), y esferas blancas de krasnoita. Encuadre 12 mm (Fot. P. Alves).

Jahnsita (CaMnFe)

Se trata de un miembro del grupo de la whiteita-jahnsita, definido por una fórmula general $XM_1M_2M_3(PO_4)_4(OH)_2 \cdot 8H_2O$. El predominio del Fe^{3+} en la posición M3 señala al grupo de jahnsita, mientras que el predominio del Al^{3+} se refiere al grupo de la Whiteita. La jahnsita (CaMnFe) tendrá idealmente por definición el predominio del Ca^{2+} en la posición X, Mn^{2+} en la posición M1 y el Fe^{2+} y Fe^{3+} en las posiciones M2 y M3 respectivamente (Moore y Ito, 1978).

La jahnsita (CaMnFe) cristaliza en la clase 2/m del sistema monoclinico. Forma habitualmente cristales prismáticos de hasta 3 mm o, menos frecuentemente, grupos radiales. El color, de tonos calientes, varía entre el amarillo pálido y el marrón rojizo intenso. Suele asociarse a la rockbridgaita, strengita, hureaulita y bermanita. Es un producto de alteración hidrotermal de baja temperatura o bien de origen supergénico.

En Fonte da Cal, se conocían varios miembros de este grupo, la jahnsita (CaMnMn) y (CaMnMg), la keckita e incluso la rittmanita. La más frecuente es la Jahnsita (CaMnMn), siendo la keckita posiblemente dudosa. La jahnsita (CaMnFe) ha sido

primeramente identificad por EDS, pero su aspecto laminado y color verde oscuro a negro, totalmente inesperados para la especie, obligó a una caracterización por XRD más cuidadosa (por s-XRD).

Las pocas muestras recogidas exhibían cristales de hasta 1mm, asociados a jahnsita (CaMnMn) y nordgautita, en cavidades de corrosión de la triplita.



Figura 18: Imagen en BSED de cristales tabulares de jahnsita (CaMnFe) sobre jahnsita (CaMnMn). Encuadre $200\ \mu\text{m}$.



Figura 19: Cristales complejos de jahnsita (CaMnMn) naranja, asociada a jahnsita (CaMnFe) verde oscura. Encuadre 1mm (Fot. J. Desor).

Kastningita $(Mn^{2+}, Fe^{2+}, Mg)Al_2(PO_4)_2(OH)_2 \cdot 8H_2O$

La kastningita es un dimorfo de la manganogordonita que pertenece al grupo de la laueita. Cristaliza en la clase pinacoidal del sistema triclínico, típicamente bajo forma de tablillas o cristales aciculares blancos o incoloros. Suele acompañar a la variscita, paravauxita, strengita, albita y sus alteraciones (arcillas).

En Fonte da Cal este mineral se presenta en individuos tabulares blancos con las formas {100}, {010}, {0T1}, {110} y a veces la forma {001} poco desarrollada (Fig. 20). Los cristales suelen alcanzar 1 mm, sin embargo se han observado grupos radiales con individuos que pueden alcanzar los 6 mm, lo que es excepcional para la especie. También se observaron grupos aciculares muy delgados de color blanco. En los dos casos asociados a la strengita, cacoxenita y rittmanita. El fosfato primario que actúa como ‘soporte’ es en este caso el fluorapatito, lo que sugiere que la kastningita sea un producto de evolución supergénico del fluorapatito.

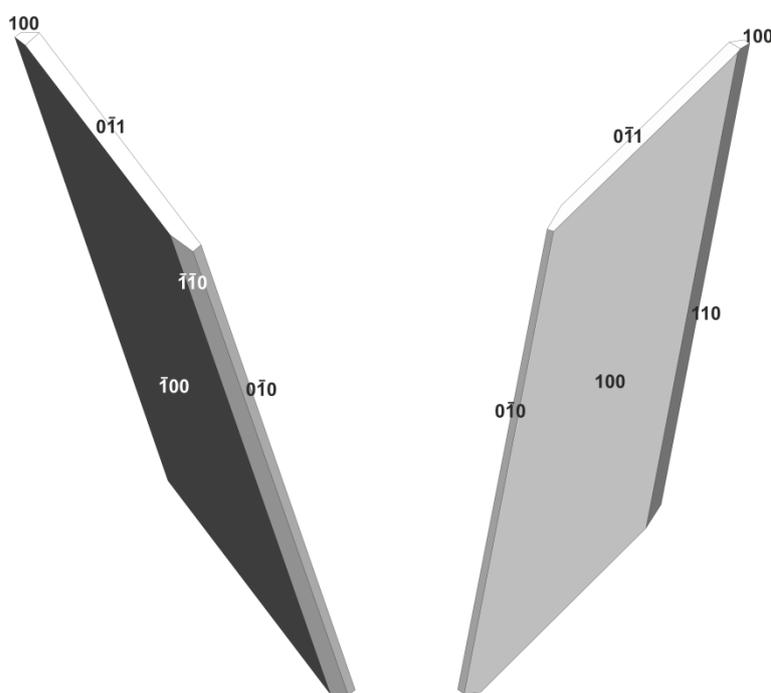


Figura 20: Representación esquemática idealizada de la kastningita de Fonte da Cal.

Los datos del análisis químico (Tabla IV) están de acuerdo con una composición esperada para la kastningita. De notar la ausencia de Mg y un contenido de Fe muy próximo al de Mn.

Tabla IV

Oxido (Wt.%)	Fonte da Cal	Waidhaus (1)
MnO	10,23	11,30
FeO	9,70	6,07
MgO	-	0,64
Al ₂ O ₃	22,96	24,49
P ₂ O ₅	40,63	37,96

Tabla IV: Análisis químico por EDS de la kastningita de Fonte da Cal y Waidhaus. (1) Schlüter et al (1999)

Los dos tipos de kastningita (acicular y tabular) fueron caracterizados por DRX, donde se observaron mejores resultados en las muestras de kastningita tabular (Tabla V). Esto es debido a la baja cristalinidad y alguna alteración observada en las muestras de la kastningita acicular.

Tabla V

Fonte da Cal		Waidhaus (1)	
<i>d_{obs.}</i>	<i>I</i>	<i>d_{obs.}</i>	<i>I</i>
9,935	100	9,916	100
6,579	60	6,541	99
5,820	29	5,799	56
5,002	57	4,958	33
4,759	45	4,749	87
4,581	25	4,577	38
3,885	32	3,888	30
3,824	8	3,814	5
3,754	22	3,730	15
3,505	12	3,505	12
3,340	48	3,312	25
3,303	28	3,305	6
3,216	23	3,218	6
3,110	46	3,094	21
3,071	29	3,075	12
2,906	40	2,899	33
2,861	22	2,853	9
2,825	28	2,830	5
2,766	62	2,773	44
2,651	18	2,653	9
2,558	66	2,559	48
2,533	25	2,533	12
2,450	42	2,456	19
2,319	20	2,323	5
2,191	12	2,182	13
2,021	20	2,021	7
1,979	22	1,978	11
1,849	8	1,855	5
1,786	8	1,776	13
1,647	57	1,653	13

Tabla V: Datos de DRX para la kastningita de Fonte da Cal y Waidhaus.
(1) Adiwidjaja et al (1999)



Figura 21: Grupo de cristales aciculares de kastingita. Encuadre 2 mm (Fot. J. Desor).

Krasnoita $\text{Ca}_3\text{Al}_{7,7}\text{Si}_3\text{P}_4\text{O}_{23,5}(\text{OH})_{12,1}\text{F}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

Es un fluorofosfato análogo de la perhamita que cristaliza en la clase escalenoédrica hexagonal del sistema trigonal. Se puede presentar compacta, en esférulas o bien en agregados en forma de roseta de hasta 1mm. Los cristales individuales, generalmente laminares con un perfil hexagonal, suelen medir entre 0,1 y 0,4 mm de arista. Los cristales son parcialmente transparentes con un lustre nacarado, pero también pueden aparecer grasosos o mates (Mills *et al*, 2012).

Este mineral fue descubierto en la localidad histórica de Huber Stock, en el distrito minero de Krásno (República Checa), al cual debe su nombre. Las muestras de Huber Stock fueron estudiadas simultáneamente con las de otra mina en los EUA., Silver Coin, en Nevada, que es la co-localidad tipo de la Krasnoita.

En Huber Stock, la krasnoita es de origen supergénica, donde se sugiere que sea formada por descomposición del fluorapatito, triplita y isokita en presencia de aguas subterráneas ácidas. En cuanto a la paragénesis que la comporta, se han descrito dos situaciones. Una donde se asocia a la plimerita, kolbeckita, farmacosiderita y miembros de la serie calcosiderita-turquesa. Otra, en la cual se asocia a fluellita y fluorapatito en cavidades del cuarzo (Mills *et al*, 2012).

En Silver Coin, también se ha sugerido un origen por descomposición del fluorapatito, en condiciones ácidas. Esto ocurre en una argilita, donde la krasnoita tiene una posición tardía en una secuencia que incluye cuarzo, baritina, fluorapatito, goethita, rockbridgeita, cacoxeno, alunita, wardita, miembros de la serie calcosiderita-turquesa, leucofosfita, lipscombite, zinlipscombite, kidwellita, strengita, variscita, iangreyita, neurigita-Na y jarosita (Mills *et al*, 2012).

En Fonte da Cal, la krasnoita se ha observado en dos asociaciones. Una en la que se asocia a la pirita, earlshannonita y strengita. Otra en íntima relación con beraunita (no oxidada) y earlshannonita arsenical (Fig. 23). En los dos casos en cavidades de alteración de la zwiselita, formando esférulas submilimétricas de color blanco y brillo nacarado. El estudio textural de las muestras sugiere, al igual que en las otras localidades, un origen supergénico para la krasnoita.

Tabla VI

Oxido (Wt.%)	Fonte da Cal	Krásno (1)
CaO	10,41	10,13
SrO	-	3,19
MnO	2,13	0,03
SiO ₂	8,32	11,87
Fe ₂ O ₃	2,74	0,48
Al ₂ O ₃	29,65	29,05
P ₂ O ₅	21,42	22,99
F	4,46	2,38

Tabla VI: Análisis químico por EDS de la krasnoita de Fonte da Cal. (1) Mills et al (2012).

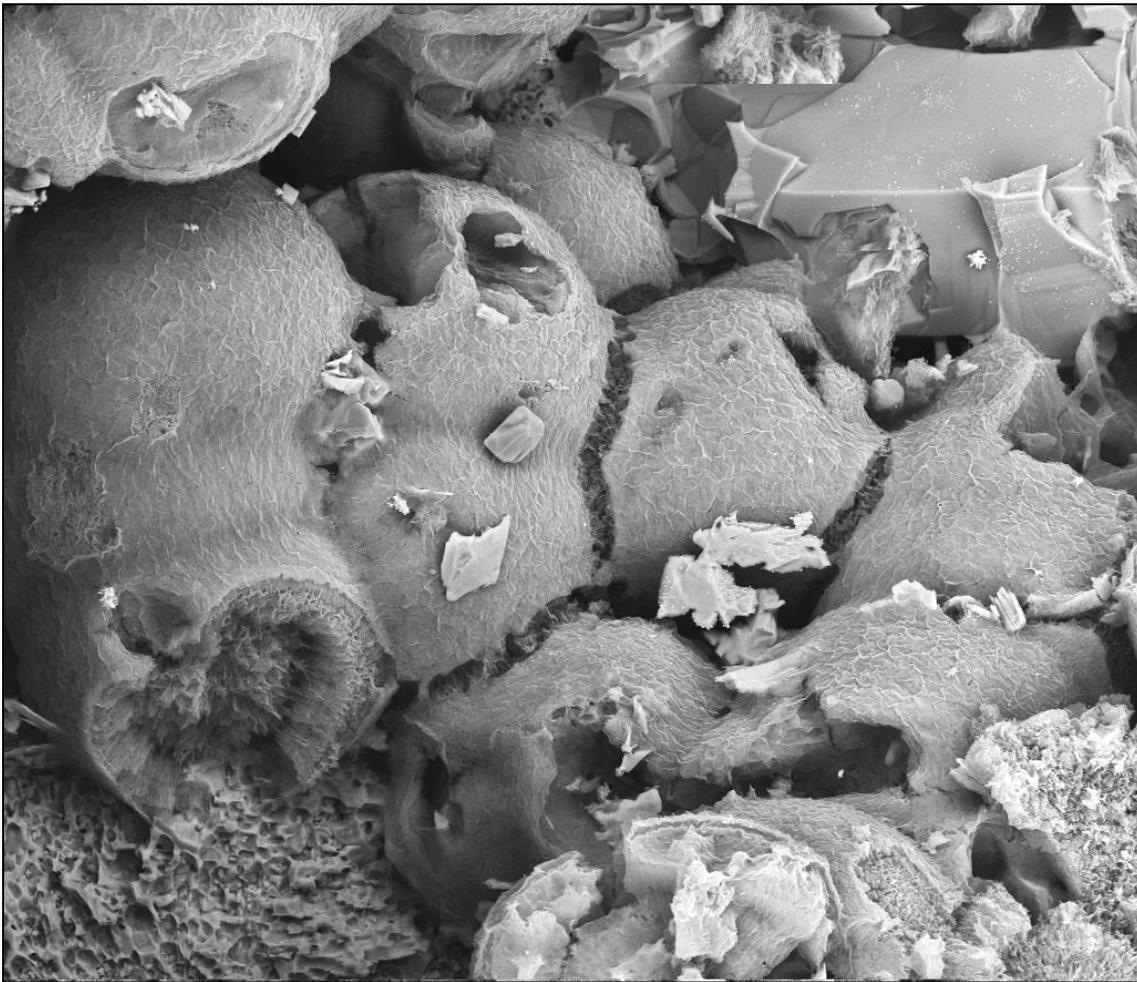


Figura 22: Imagen en modo BSED de krasnoita esférica. Encuadre 200 μm .

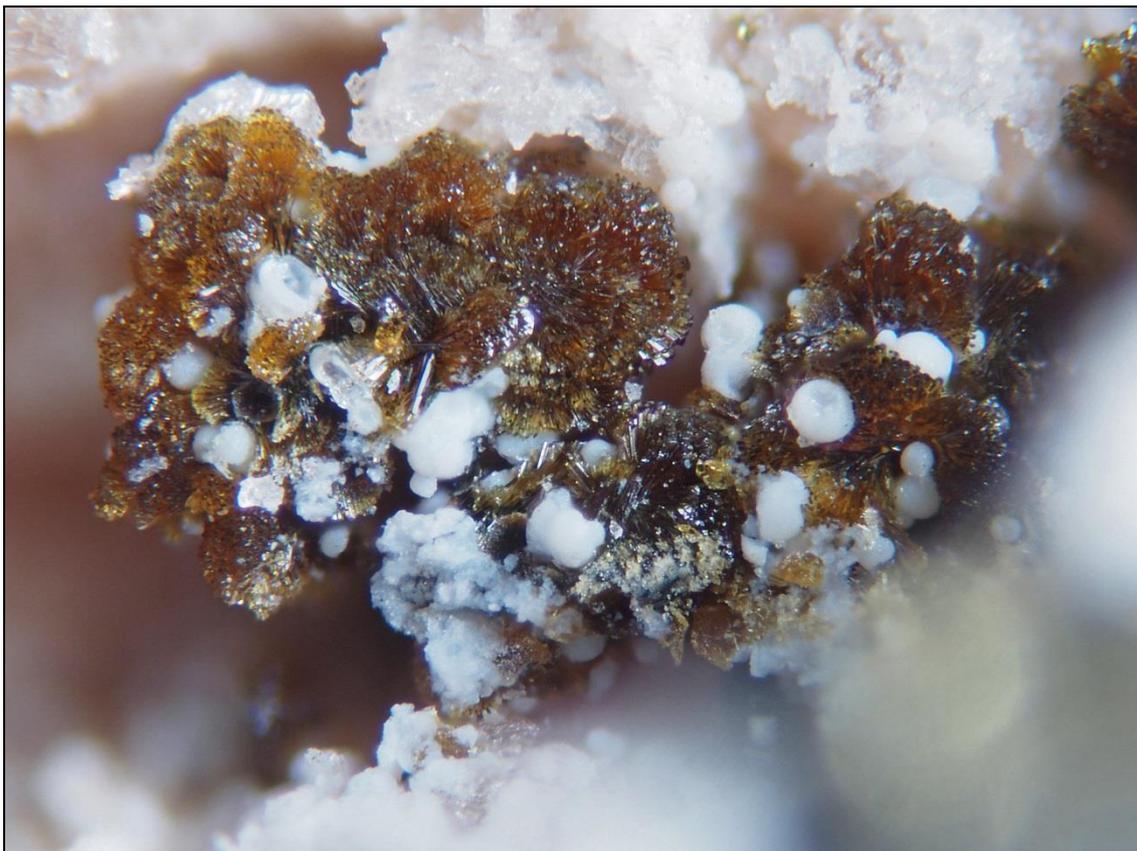


Figura 23: Esférulas blancas de krasnoita asociada a earlshannonita. Encuadre 1 mm (Fot. J. Desor).

Lun’okita $(\text{Mn,Ca})(\text{Mg,Fe,Mn})\text{Al}(\text{PO}_4)_2\text{OH}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$

La lun’okita es un fosfato del grupo de la overita. Cristaliza en la clase ortorrómbica dipiramidal del sistema ortorrómbico, formando cristales prismáticos o bien agregados radiales de hasta 1 mm. Es un mineral raro del cual se conocen pocas citas. Aparte de la localidad tipo y otras en la península de Kola, es citada en la mina Sítio do Castelo, Folgoso, Portugal (Alves *et al*, 2012).

En Fonte da Cal, la lun’okita se presenta como tablillas submilimétricas de color blanco o en masas de aspecto laminar. Suele asociarse a la kingsmountita y a la jahnsita (CaMnMn).

Tabla VII.

Lun’okita Fonte da Cal		Lun’okita (1)	
$d_{obs.}$	I	$d_{obs.}$	I
9,392	90	9,390	90
5,137	76	5,150	50
4,933	22	4,940	40
4,411	12	4,440	10
3,957	13	3,960	10
3,750	14	3,740	20
3,472	55	3,480	60

3,037	13	3,040	10
2,956	66	2,960	30
2,913	92	2,920	70
2,811	93	2,809	100
2,629	70	2,630	30
2,599	55	2,607	10
2,561	13	2,557	40
2,414	20	2,426	20
2,336	23	2,336	40
2,188	10	2,191	10
2,101	16	2,109	10
2,054	11	2,065	10
1,982	100	1,980	40
1,923	19	1,923	10
1,874	30	1,877	50
1,748	26	1,751	30
1,669	47	1,665	10

Tabla VII: Datos de DRX para la lun'okita de Fonte da Cal. (1) Adiwidjaja et al (1999).



Figura 24: Imagen en modo BSED de jahnsita (CaMnMn) y, en segundo plano, tablillas de lun'okita. Encuadre $496 \mu\text{m}$.



Figura 25: Cristales tabulares de kingsmountita. Imagen en BSED, encuadre 200 μm .

Matulaita $(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})\text{Al}_7(\text{PO}_4)_4(\text{PO}_3\text{OH})_2(\text{OH})_8(\text{H}_2\text{O})_8 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

La matulaita, originalmente descrita por Moore y Ito (1980) como $\text{CaAl}_{18}(\text{PO}_4)_{12}(\text{OH})_{20} \cdot 28\text{H}_2\text{O}$, fue reexaminada y propuesta una nueva fórmula basada en los datos de muestras de diversas procedencias, incluyendo la localidad tipo. Cristaliza en la clase prismática del sistema monoclinico, formando agregados radiales de láminas submilimétricas o agregados de aspecto esferoidal.

En Fonte da Cal la matulaita es extremadamente rara, presentándose en forma de ‘esferas’ blancas submilimétricas, asociada a la fosfosiderita, bermanita y jahnsita (CaMnMn).

Tabla VIII

Oxido (Wt.%)	Fonte da Cal	Bachman (1)
Fe_2O_3	5,93	7,25
Al_2O_3	28,00	29,69
P_2O_5	37,32	35,52
F	0,81	-
Si	1,18	0,39

Tabla VIII: Análisis químico por EDS de la matulaita de Fonte da Cal. (1) Kampf et al (2012).



Figura 26: *Esférulas blancas de matulaita asociada a cristales prismáticos de bermanita. Encuadre 1 mm (Fot. J. Desor).*



Figura 27: *Esférulas blancas de matulaita asociada a bermanita (rojo) y jahnsita (CaMnMn). Encuadre 1 mm (Fot. J. Desor).*

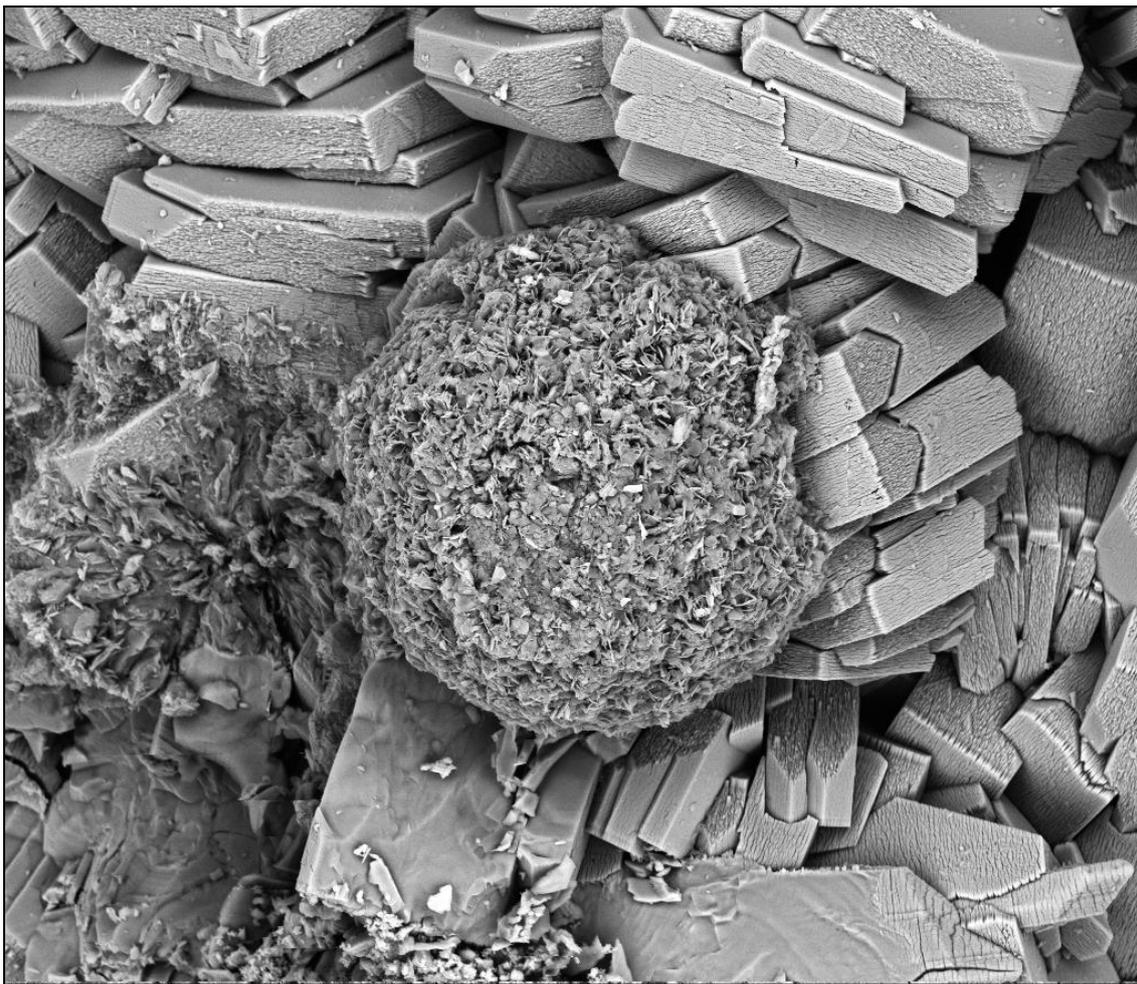


Figura 28: Imagen en modo BSED de matulaita esferoidal sobre fosfosiderita.
Encuadre 200 μm .

Nordgauita $\text{MnAl}_2(\text{PO}_4)_2(\text{F},\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

La nordgauita es un mineral recientemente aprobado (2010) que debe su nombre a Nordgau, antigua denominación de una zona del nordeste de Bavaria (Alemania), donde se sitúan las conocidas pegmatitas de Hagendorf, localidad tipo para esta especie. Aparte de Hagendorf no se conocen otras referencias, lo que hace de Fonte da Cal la segunda cita mundial.

Este fosfato cristaliza en la clase pinacoidal del sistema triclinico, raramente en cristales tabulares o prismáticos, incoloros a blancos. Forma a menudo agregados hemisféricos de aspecto plumoso que solo ocasionalmente alcanzan los 5 mm.

En la localidad tipo se encuentra en fragmentos de zwieselita-triplita corroída con cavidades de algunos centímetros, en las cuales la nordgauita se presenta en masas nodulares muy blandas, agregados fibrosos o bien en costras blancas. Suele asociarse a la strengita, strunzita, laueita y fluellita. Un conjunto de minerales de los grupos de la jahnsita y de la whiteita completan la paragénesis, de la cual se esperan nuevas especies (Grey *et al.*, 2010).

Los ejemplares de Fonte da Cal presentan una gran similitud con las muestras de Hagendorf, sobre todo en lo referente a los aspectos morfológicos. Las muestras recogidas consisten en masas de triplita, con cavidades de corrosión en las cuales se

exhiben agregados fibrosos de hasta 2 mm, y masas compactas subcentimétricas muy frágiles, de color blanco a rosa muy pálido. Los minerales asociados que se identificaron son la jahnsita (CaMnMn) y jahnsita (CaMnFe).

El estudio textural de las muestras sugiere una formación en un estado hidrotermal de baja temperatura, similar a lo propuesto para la nordgaita de Hagendorf (Birch *et al*, 2011).

Tabla IX

Oxido (Wt.%)	Fonte da Cal	Hagendorf (1)	Hagendorf (2)
CaO	-	0,96	0,70
MgO	-	0,12	0,04
MnO	15,92	14,29	14,27
ZnO	-	0,24	0,38
FeO	-	0,60	0,45
Al ₂ O ₃	24,15	22,84	22,89
P ₂ O ₅	34,67	31,62	33,17
F	4,45	5,13	2,89

Tabla IX: Análisis químico por EDS de la nordgaita de Fonte da Cal. (1) Nordgaita compacta de Hagendorf, Birch *et al* (2011); (2) Nordgaita fibrosa de Hagendorf, Birch *et al* (2011).



Figura 29: Imagen en modo BSED de nordgaita fibrosa. Encuadre 200 μm .

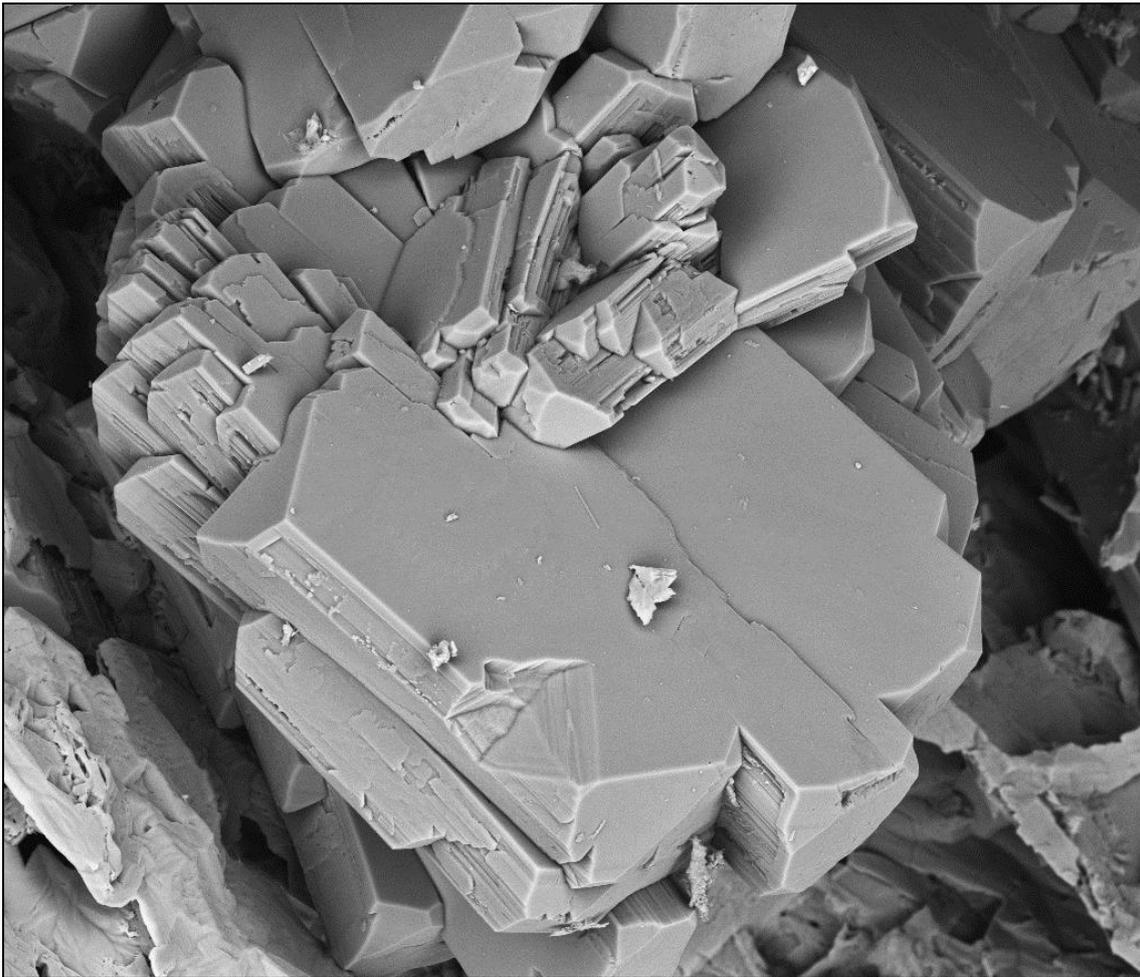


Figura 30: Imagen en modo BSED de jahnsita (CaMnMn). Encuadre 200 μm .

Tabla X

Nordgaita Bendada		Nordgaita Hagendorf (1)	
$d_{obs.}$	I	$d_{obs.}$	I
9,820	100	9,806	100
7,426	55	7,432	40
4,585	17	4,596	12
4,104	29	4,119	20
4,060	8	4,057	4
3,946	4	3,933	3
3,684	3	3,630	2
3,224	11	3,225	12
3,056	3	3,051	3
2,926	32	2,951	16
2,805	9	2,869	10
2,632	10	2,627	5
2,583	4	2,591	2
2,005	2	2,000	3
1,928	3	1,936	4

Tabla X: Datos de DRX para la nordgaita de Fonte da Cal. (1) Birch et al (2011)



Figura 31: *Cristales aciculares en una cavidad de alteración de la triplita. Encuadre 1 mm (Fot. J. Desor).*



Figura 32: *Cristales aciculares muy delgados y frágiles de nordgauite blanca sobre jahnsita (CaMnMn). Encuadre 1 mm (Fot. J. Desor).*



Figura 33: Nordgaultita blanca muy delgada y frágil, junto a jahnsita (CaMnMn) en una cavidad de corrosión de la triplita. Encuadre 18 mm (Fot. P. Alves).

AGRADECIMIENTOS

El Centro de Investigación Geológica, Ordenamiento e Valorización de Recursos (CIG-R) está financiado por la Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) con fondos nacionales (PEst-OE/CTE/UI0697/2011).

A Fernando Vila y Pilar Flores por la importante contribución con muestras de su colección, las cuales fueron decisivas en la identificación de algunas especies.

Los autores muestran su agradecimiento a Joy Désor por el trabajo fotográfico, que añade un valor inestimable a esta contribución al conocimiento de la mineralogía Portuguesa, en concreto de Fonte da Cal, Bendada.

A Elmar Lackner, por su amabilidad al colaborar con fotografías de muestras de su colección.

A Antonio Cruz, por colaborar con fotografías de la mina Fonte da Cal.

BIBLIOGRAFÍA

G. ADIWIDJAJA, K. FRIESE, K. KLASKA, J. SCHLÜTER (1999) The crystal structure of kastningite $(\text{Mn,Fe,Mg})(\text{H}_2\text{O})_4[\text{Al}_2(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_2(\text{PO}_4)_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - a new hydroxyl aquated orthophosphate hydrate mineral. *Zeitschrift für Kristallographie*, vol. 214, **8**: 465-468. (additional data)

- P. ALVES, C. LEAL GOMES, J. LOPES NUNES (2012) Produtos de evolução de triplite-zwieselite, fluorapatite e isokite da mina Sítio do Castelo (Folgosinho, Guarda). Livro de Actas do II Congresso Jovens Investigadores em Geociências, LEG 2012 Estremoz, 01-04 Novembro 2012, 36-39.
- W. BIRCH, I. GREY, S. MILLS, A. PRING, C. BOUGEROL, A. RIBALDI-TUNNICLIFFE, N. WILSON, E. KECK (2011) Nordgauite, $\text{MnAl}_2(\text{PO}_4)_2(\text{F},\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, a new mineral from the Hagendorf-Süd pegmatite, Bavaria, Germany: description and crystal structure. *Mineralogical Magazine*, **75**: 269-278.
- P. ČERNÝ, S. ERCIT (2005) The classification of granitic pegmatites revisited. *Canadian Mineralogist*, **43**: 2005-2026.
- J. M. CORREIA NEVES (1960) *Pegmatitos com berilo, columbo-tantalite e fosfatos da Bendada (Sabugal, Guarda)*. Memórias e Notícias do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra. Coimbra, 50, p. 172.
- A.M. GALOPIM DE CARVALHO (2000) *Sopas de Pedra – Introdução ao Estudo dos Minerais*. Âncora Editora, p. 362.
- I. GREY, W. MUMME, S. NEVILLE, N. WILSON, W. BIRCH (2010) Jahnsite-whiteite solid solutions and associated minerals in the phosphate pegmatite at Hagendorf-Süd, Bavaria, Germany. *Mineralogical Magazine*, **74(6)**: 969–978.
- A. KAMPF, S. MILLS, M. RUMSEY, J. SPRATT, G. FAVREAU (2012) The crystal structure determination and redefinition of matulaite, $\text{Fe}^{3+}\text{Al}_7(\text{PO}_4)_4(\text{PO}_3\text{OH})_2(\text{OH})_8(\text{H}_2\text{O})_8 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. *Mineralogical Magazine*, **76(3)**: 517–534.
- P.B. MOORE, J. ITO (1978) I. Whiteite, a new species, and a proposed nomenclature for the jahnsite-whiteite complex series. *Mineralogical Magazine*, **42**: 309–316.
- D. PEACOR, P. DUNN, W. SIMMONS (1984) Paulkerrite, a new titanium phosphate from Arizona. *Mineralogical Record*, **15**: 303-306.
- C. REWITZER, N. RÖSCHL (1984) Portugal - locality descriptions and travel recommendations. *Lapis*, **9(12)**: 13-17.
- E. RODA, S. MATEUS, R. VIEIRA, T. MARTINS, R. VIDE, A. LIMA (2008) *Phosphate mineral associations in the Seixeira pegmatite (Bendada, Sabugal, Guarda, Portugal): Preliminary results*. Resumos do IX CGPLP – IX Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, Univ Cabo Verde, p. 39.
- J. SCHLUTER, K. KLASKA, K. FRIESE, G. ADIWIDJAJA (1999) Kastningite, $(\text{Mn}, \text{Fe}, \text{Mg})\text{Al}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, a new phosphate mineral from Waidhaus, Bavaria, Germany. *Neues Jahrb. Mineral.*, Monatsh., 40-48.
- G. SCHNORRER-KÖHLER, C. REWITZER (1991) Bendada - a phosphate pegmatite in the middle part of Portugal. *Lapis*, **16(5)**: 21-33.

ACOPIOS

DOI: 10.7597/acopios2171-7788.2012



ACOPIOS

Revista científica de Mineralogía

ISSN 2171-7788



V42013

MTIEDIT

Foto Portada:

*Uranospatito (Encuadre 1,8 cm)
Mina El Lobo, Don Benito (Badajoz)
Col. Jordi Fabre, Fot. Joan Rosell*

ACOPIOS

Revista Ibérica de Mineralogía

ISSN 2171-7788

DOI: 10.7597/acopios2171-7788.2013



<http://revistas.ojs.es/index.php/acopios/issue/view/136>

V42013

MTIEDIT