

## EL HOYAZO DE NÍJAR

GONZALO LEAL ECHEVARRÍA

*Ingeniero de Minas y Vicepresidente fundador  
de la Sociedad Española de Mineralogía*

JOSÉ MANUEL FIDALGO ALONSO

*Profesor titular de Metalurgia  
en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas*

### I. INTRODUCCIÓN

El lugar denominado “Hoyazo de Níjar” es un volcán que, por las circunstancias específicas de su historia geológica, se ofrece hoy como un libro abierto a la curiosidad del observador, siendo una de las áreas del Levante almeriense más visitadas, tanto por curiosos, científicos y coleccionistas, como por promociones de geólogos e ingenieros de minas en viaje de estudios. Porque, como decimos, es un libro abierto, pero no sólo en su aspecto puramente técnico y científico, que ha sido objeto de estudio por especialistas desde muy antiguo y lo sigue siendo hoy, sino que presenta características mineralógicas y paisajísticas notables que trataremos de desarrollar a lo largo de estas páginas.

Caius Plinius Secundus, “*Plinio el Viejo*”, conoció el Hoyazo, que ahora también llamamos el “Volcán de las Granatillas” o “El Granatillo” y parece que lo manifestó en sus escritos, aunque nosotros no hemos conseguido encontrar la referencia. Plinio era un gran aficionado al vulcanismo y esa afición le trajo también por aquí, lo cual significa que ya a principios de la era cristiana este volcán era conocido, visitado y citado en los escritos científicos. Plinio era procurador en la provincia Citerior, por lo que parte de las descripciones que incluye en su gran obra *Naturae Historiarum XXXVII Libri* debe estar obtenida en España, entre ellas las referentes a nuestro Hoyazo. Cuando murió había acabado su obra que fue dedicada en el 77 a Tito, hijo y sucesor de Vespasiano, que fue su gran amigo y el que le procuró el destino español.

Se ha llegado a oír que este volcán estuvo en erupción en tiempos históricos. Pero esto no está demostrado, sino más bien lo contrario, si bien se encuentra aún en discusión la edad de estas lavas, como vere-

mos más adelante. Quizá la presencia de Plinio aquí ha sugerido tal idea, ya que la afición que tenía a toda clase de estudios de la naturaleza era singular en el caso del vulcanismo que prefería observar en primera fila, llevado por el interés y la curiosidad que sentía por todo. Tanto que murió asfixiado por una nube sulfurosa durante la erupción del Vesubio que sepultó Pompeya y Herculano en el año 79, dos años después de acabar su obra. Impresiona el realismo que utiliza Caius Plinius Caecilius Secundus, “*Plinio el Joven*”, sobrino y ahijado, también historiador, al describir la muerte de su tío y el ambiente trágico que se vivió durante aquellos meses en aquella costa.

Muchos han sido después, y hasta la actualidad, los que se han ocupado del estudio del Hoyazo según vemos, sólo parcialmente, en la bibliografía que aportamos al final del trabajo a modo de “para saber más”, como se usa ahora.

En 1809, Cordier se ocupaba de la descripción de la cordierita como especie nueva, y en 1888 Osann estudió el vulcanismo de toda la Sierra de Gata. Por allí pasó en su viaje por Andalucía, promovido por Godoy, Simón de Rojas Clemente, del que resultó su interesante *Historia Natural del Reino de Granada* (1804-1809), deteniéndose también en El Hoyazo atraído por los granates. Pero el trabajo más profundo y completo sobre estas rocas y los minerales que encierran, sobre todo el granate y la cordierita, lo preparó en 1968 Hubert Peter Zeck, holandés que realizó sobre ese tema su tesis doctoral por la Universidad de Amsterdam durante los veranos del 63 al 66. Coincidió en el tiempo, y con el director de la tesis, el profesor Dr. De Roever, con otro holandés, W. Lodder, que hacía lo propio en Rodalquilar sobre las volcánicas del área minera, por lo que ambos coincidieron con uno de los autores de este artículo que



Fig. 1. Vista de El Hoyazo y de Sierra Alhamilla, del libro citado de F. M. Donayre.  
1. Sierra Alhamilla; 2. Huebro; 3. Níjar; 4. Hoyazo; y 5. Rambla de Granatillas

investigaba las posibilidades del yacimiento realizando con ello también su tesis doctoral en esos mismos años.

Catedráticos y profesores de las Universidades de Madrid y de Granada han trabajado también en este tema, que se hace atractivo a todos por los puntos de interés que ofrece, además del ya conocido que poseen las rocas volcánicas y su paisaje espectacular, y que se pueden señalar como verdaderamente singulares:

- La oportunidad de ver y disfrutar de un mineral tan bello como el granate, liberado de la matriz rocosa en la que ha nacido y se ha desarrollado.

- La contemplación de otro mineral, la cordierita, éste menos vistoso en esta zona, pero que ha sido descubierto y descrito en El Hoyazo por primera vez en la historia de la mineralogía.

- La historia de las épocas en la que estos granates han sido objeto de explotación con fines industriales, siendo, durante muchos años, la más importante explotación de granate de Europa, a mucha distancia de la producción alemana (Baviera).

De modo que El Hoyazo ha formado parte desde hace muchos años del programa itinerante de viajes de estudios de la Facultad de Ciencias Geológicas de Granada, de la Escuela de Minas de Madrid, de institutos almerienses, y hace poco coincidimos, preparando este trabajo, con la Universidad Católica de Murcia. Suelen hacer un tour completo, uniendo a la

belleza del Parque Natural el pintoresquismo y la artesanía de Níjar, el interés del yacimiento de Rodalquilar (el oro siempre brilla) y la curiosidad del Hoyazo, a muchas de cuyas visitas tantas veces hemos acompañado.

## II. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO GEOLÓGICO

La morfología actual del Hoyazo la dibujó Donayre en 1877 en un alarde artístico feliz (fig. 1), que reproducimos, y la representada en el plano geológico de Zeck que también mostramos parcialmente en el plano número 1 (su tesis abarcaba hacia el norte la totalidad de la anchura de Sierra Alhamilla dando vista a Lucainena de las Torres, es decir, el doble de lo expuesto aquí).

Además para relacionar las descripciones con la realidad actual utilizando la tecnología disponible hoy, publicamos el área estudiada según la ortofoto en color que la Junta de Andalucía nos ha cedido y sobre la que pasamos los datos más significativos (ortofoto nº 1), que aparecen descritos más adelante

La morfología está muy clara. Se trata de un cráter volcánico muy pequeño para ser considerado caldera, en el que, en todo caso, no es fácil explicar su morfología sin considerar un hundimiento del centro del cráter, a favor de un magma fundido subyacente que ha producido la depresión circular, incluida la cobertera terciaria que posteriormente ha sido erosionada y ha desaparecido prácticamente, aun-

que quedan reliquias de calizas del borde dentro del cráter. Presenta su borde dos discontinuidades: una de ellas, en silla de montar al SW del círculo, a la que se accede por una senda (foto 1) y otra en uve (foto 2) que parece que reproduce una vieja salida de lavas. Sin dejar de ser posible la opinión anterior, parece sencillamente una salida de la acción erosiva de los fenómenos meteóricos a que ha estado sometido el aparejo durante los siglos de los siglos.

Pero ¿durante cuántos miles o millones de años ha estado vivo este aparejo volcánico desde su primera erupción hasta su apagado definitivo y desmantelamiento por erosión hasta hoy? Este punto está aún en discusión:

Donayre (1877) cree que todo el vulcanismo ha sido posterior a las capas de calizas areniscosas que le cubren, abombándolas por presión pero sin efusión de lava exterior aparente.

Calderón (1882) añade algunas erupciones posteriores a la cobertera aludiendo a los pitones de roca aparentemente más moderna, aunque de parecidas características que la anterior. Compara con el Teide y con el Vesubio, opinión que consideramos compatible con la morfología actual.

Osann (1888) y Wegner (1933) pensaron que las areniscas son posteriores.

Hetzel (1923) duda entre las dos opiniones pero no aporta datos que lo avalen.

Burri y Parga Pondal (1936) están con Osann, así como Zeck (1968) que, como se ve en la leyenda de su cartografía coloca las volcánicas después, durante y antes que las calciareniscas. El caso es que las calcilutitas o calciareniscas que cubren y rodean el volcán son consideradas fondo del mar de la última fase del Terciario, es decir Plioceno (foto3), que linda ya en el tiempo geológico con el Cuaternario. El resto de vulcanismo de la sierra de Gata, de quimismo algo diferente a éste, parece anterior y se intercala con espacios en el tiempo de emergencia y subsidencia, con evidencias incluso de vulcanismo submarino en época de finales del Mioceno (Messiniense-andaluciense) (Perconig, 1965). La datación que se ha realizado de



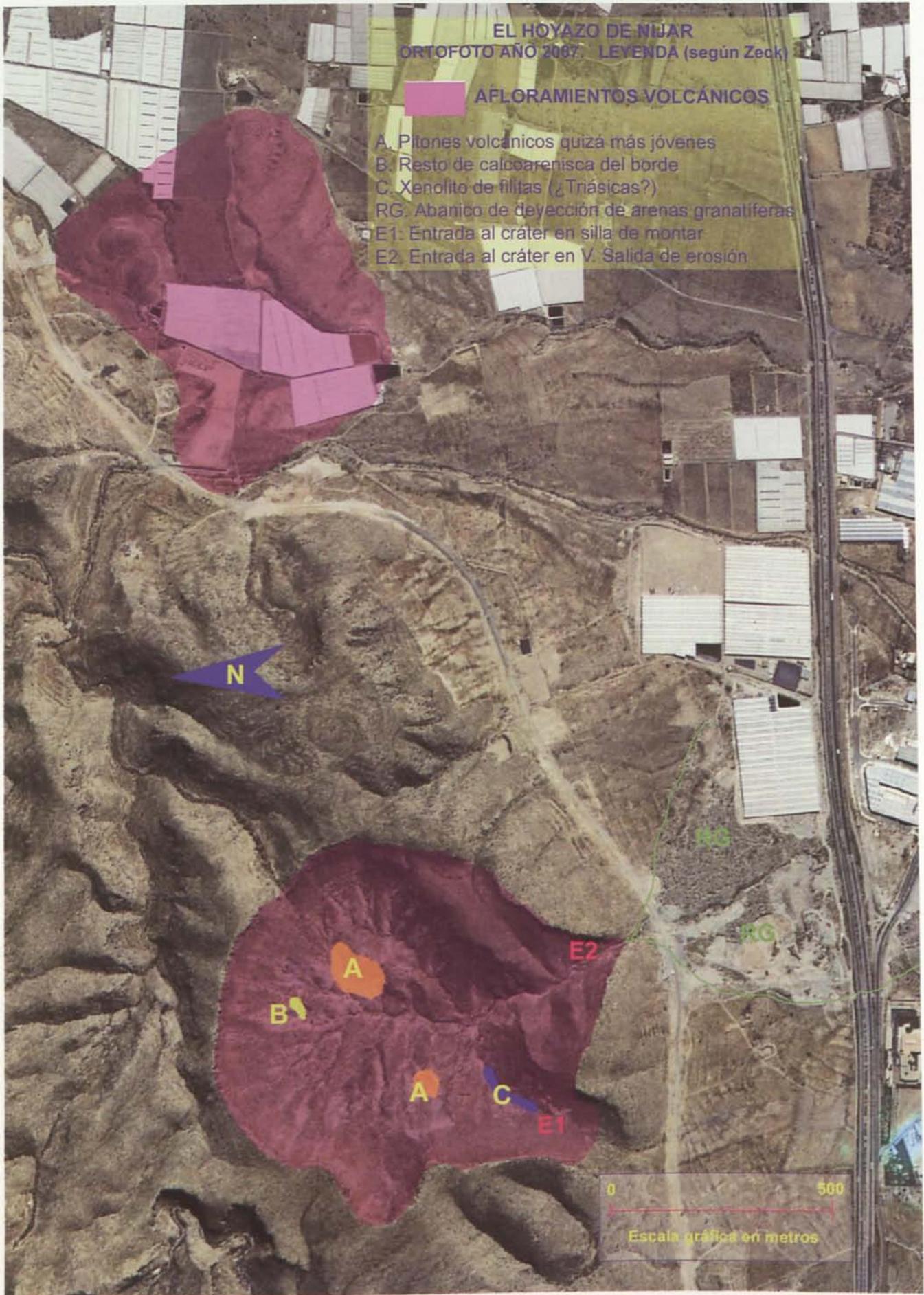
Foto 1. Una de las entradas al cráter en silla de montar, a favor de la desaparición de la cobertera pliocena. (Foto G. Leal)



Foto 2. Entrada al cráter a favor de una boca en V de salida de producción de erosión. En primer plano las explotaciones (pocillos) principales situadas en el abanico de deyección de esta salida y que forma la llamada rambla de Las Granatillas. (Foto G. Leal)



Foto 3. Aspecto de las calcoareniscas pliocenas que bordean el circo y que debieron de cubrirlo completamente hasta su hundimiento y erosión. (Foto G. Leal)



estas rocas, con toda la prudencia y fiabilidad que hay que aplicar a estos métodos, es de 6-11 millones de años (Chaubert 1968). Para datación de las dacitas del Hoyazo habría que pensar en un par de millones de años menos de edad. MJ. Muñoz Espadas et al (2001) son de la opinión, que compartimos, de que el Hoyazo se formó en el Messiniense, hace unos 6,2 millones de años (Turner, 1999) para ser cubierta inmediatamente (en el mismo messiniense alto) por una caliza arrecifal que hoy les sirve de anillo protector. La mayoría de autores piensan que tal cobertera se depositó ya en el Plioceno o Pliocuaternario.

Para explicar los fenómenos que describiremos más adelante es preciso presentar el escenario geológico que estas volcánicas encontraron en sus primeras manifestaciones efusivas. Utilizamos la base cartográfica de Zeck (plano 1).

La paleogeografía del entorno sitúa la roca más joven, sin considerar algunos retazos de Jurásico detectados en el abombamiento de la cercana Serrata (Leal, Perconig, Moreno de Castro, 1967), en las calizas y mármoles triásicos, por debajo de los cuales aparecen las filitas o pizarras muy untuosas y varioladas de color gris verde, rojo, violeta, vinoso, etc que son conocidas como lágenas o launas, muy populares en Almería ya que por su impermeabilidad son utilizadas en los techos de las casas rústicas sostenidas por vigas de pitacos. Esta formación geológica está muy extendida en el levante de Almería, tanto en la Sierra Alhamilla, como en otros lugares, Bédar por ejemplo, ya que tanto los yacimientos de hierro como los plomos de El Pinar arman en ella.

Por debajo de esta formación aparecen algunas de las unidades geológicas que forman parte del gran complejo bético denominado alpujárride que constituyen los materiales de la parte más meridional del Plegamiento Alpino que viene de Sierra Nevada, y Sierras de Gádor, Alhamilla y Cabrera.

Estas unidades están constituidas por rocas metamórficas, fundamentalmente esquistos y gneisses



Foto 4. Micaesquisto granatífero con abundantes ejemplares de granates aunque de pequeño tamaño (dimensión mayor de la muestra 14 cm). (Foto G. Leal)

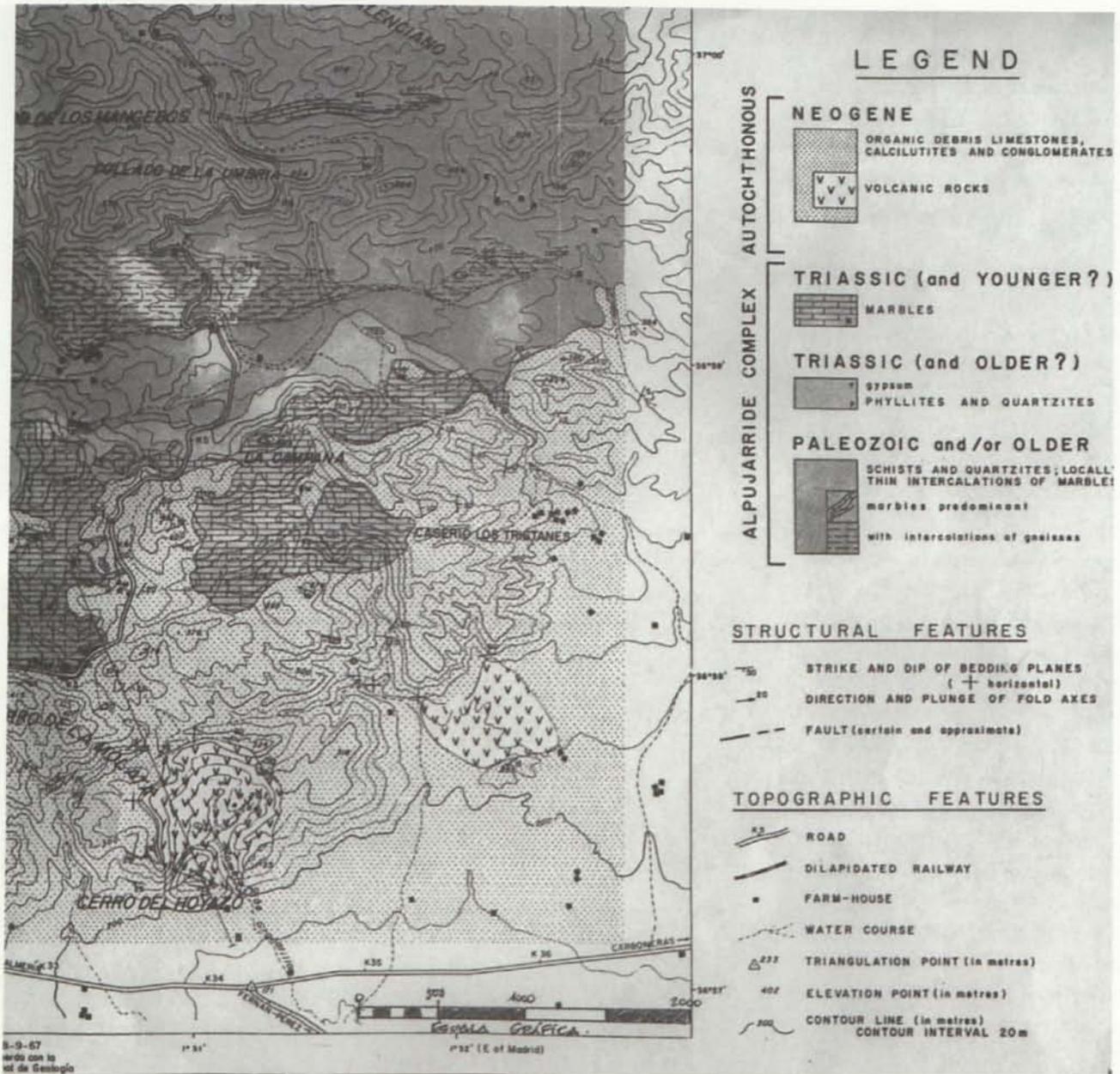


Foto 5. Dos muestras más de micaesquisto granatífero muy alterado ya por efecto de su propia formación en condiciones muy duras, de metamorfismo de presión, más el correspondiente al termal del contacto con la lava. (Foto G. Leal)

que contienen gran cantidad de minerales de transformación por metamorfismo de alta presión y temperatura, como granate, distena, sillimanita, cordierita y algunas más cuyo protagonismo no nos interesa.

De estos minerales, dos de ellos, el granate y la cordierita poseen determinadas características físicas que les han ayudado a sobrevivir, aunque lógicamente doloridos y maltrechos, a la larga y laboriosa aventura geológica de la erupción volcánica que produjo el actual escenario del Hoyazo de Níjar.

Desde debajo de estas formaciones, los micaesquistos granatíferos con cordierita y los gneisses cordieríticos (fotos 4 y 5), a los que se asocia tam-



Plano 1. Plano geológico de Zeck (tesis doctoral)

bién el granate, irrumpió un magma incandescente que comenzó a actuar de abajo a arriba según los mecanismos típicos de un plegamiento tan brusco y rápido como el alpino, que levantó todas las cordilleras béticas, según la siguiente historia secuencial:

a) A nivel subvolcánico, previo a cualquier manifestación eruptiva en exterior, el magma funde y digiere las rocas inmediatamente en contacto superior. Estas rocas al estar sobre un fundido, sobre el que nadan, están en situación inestable, se rompen, dejando profundas grietas por las que la presión inyecta más magma. Estos mecanismos transforman el propio magma que se enriquece con un quimismo que transforma al suyo propio que, en esta fase, aun está en estado líquido, sin mineralogía diferenciada.

b) Pero de todos los minerales que formaban la roca original sólo algunos poseen un punto de fusión tan alto, que esa lava que está tratando de salir al exterior, a favor de las fracturas y fisuras que su propia presión está produciendo, no acaba de digerirlos, por lo que esa fase del vulcanismo, aun líquida, ya lleva una fase sólida incorporada, tanto de xenolitos (fotos 6 y 7) o fragmentos de la roca original, no digeridos aún, aunque transformados por un nuevo metamorfismo, ahora de contacto, como xenocristales, restos de roca ya digerida por ser fundida a una temperatura inferior a la de fusión de estos minerales, granate y cordierita, quizá alguno más, que quedan incorporados a la lava en su forma cristalina original, aunque también transformados por el calor, que produce un redondeamiento de las aristas y

tensiones internas enormes que se resuelven en microfracturas que impedirán a los granates ser considerados después adecuados para su utilización como mineral semiprecioso. Las cordieritas perderán su morfología cristalina en los clásicos prismas hexagonales. Aunque algunos autores las describen así, nosotros no hemos encontrado casos dignos de esa descripción, salvo el ejemplar de la foto 14, en la que se llega a apreciar su calidad cristalina.

c) La lava encuentra por fin su salida al exterior, ya sea a través de fracturas ya a través de chimeneas que va conformando al salir. Los autores que han estudiado estas lavas las describen como muy ricas en vidrio, ( hasta un 50%) lo cual indica que el enfriamiento ha sido muy rápido, es decir, deben de ser claramente efusivas y no subvolcánicas. Si fuera así en todos los casos habría que admitir que las efusiones fueron anteriores a la deposición de la cobertera terciaria pliocena que hoy las cubre. Sin embargo hay autores que encuentran algún metamorfismo de contacto con estas calco-areniscas (Zeck 1968) por lo que habrá que conceder que, como hemos dicho ya antes, parte del Terciario estaría ya depositado cuando se produjo la efusión y otra parte la cubrió cuando, por efecto de una subsidencia, el vulcanismo yacía bajo las aguas del mar Plioceno. También al sur, el vulcanismo de Cabo de Gata, en tiempos miocenos un poco anteriores, presenta evidencias de que alternó en emergencias y subsidencias e incluso que hubo vulcanismo submarino sinmioceno.

d) En ese estado de cosas, la emergencia última del complejo puso el paisaje a merced de la erosión que, en un principio debió de ser muy rápida, como es típico de una orogenia tan violenta como la alpina, a favor de una frecuente sismicidad postorogénica y que se manifiesta por la potencia de las molasas que unen nuestra zona con Níjar, formada por derrubios de todas las clases de rocas, de todos los tamaños, de las que estamos hablando. Esta labor erosiva destruyó la cobertera terciaria, dejando al descubierto el



Foto 6. Xenolito de micasquisto en lava dacítica no digerido del todo. Se observan granates en el xenolito y otros ya incorporados a la volcánica. (Foto G. Leal)



Foto 7. Otro ejemplo de xenolito con presencia de granates en la lava. (Foto G. Leal)

volcán, su aparejo central (El Hoyazo) y algún afloramiento de una colada situada a un kilómetro a levante de la que comentaremos algo más adelante.

e) La lava original está en algunos puntos fresca y poco alterada (foto 10) pero, en general el vidrio de estas volcánicas se desvitrifica pasando a un complejo arcilloso fácil de desmoronar por meteorización, de modo que se produce una cobertera arenosa-arcillosa que es arrastrada por la escorrentía de las lluvias hacia la salida natural que la propia erosión ha perfeccionado, formando un abanico de deyección hacia cotas más bajas que hoy se llama Rambla de las Granatillas, ya que es en este lugar donde aparecen varios metros de potencia de material arenoso, a modo de placer, en el que abundan los xenolitos y



Foto 8. En esta foto, tomada desde dentro del cráter se pueden observar cuatro de las estructuras descritas en el texto: En primer plano la lava alterada y transformada en arenas granatíferas que también han sido objeto de explotación. Más allá a la izquierda uno de los grandes pitones volcánicos cuya dureza expresa la erosión diferencial manifiesta. Al fondo derecha la salida en V de los productos de erosión y al fondo, centro, la capa terciaria que cubre todos los bordes del cráter. (Foto G. Leal)

xenocristales citados a disposición del que quiera tomarlos sea por capricho, para colección o más formalmente para explotarlos para la industria (foto 2). En esta fase es en la que se manifiesta la otra propiedad de estos minerales que es su dureza (7-7,5 en la escala de Mohs) que los hace muy resistentes a la abrasión.

f) La última fase de transformación de nuestro paisaje data de tiempos muy actuales en los que los cultivos de frutas y verduras bajo plástico avanzan amenazando la cobertura de casi todo lo descrito bajo un "neocuatrnario" agrícola sobre el que debía de pesar un imperativo de protección de este especial aparejo volcánico. Desde aquí, y esperamos que desde más escritos, los autores piden la clasificación oficial de "especial protección" o de "monumento o parque geológico" que forme parte de los ya catalogados en la enorme geodiversidad de Almería, toda vez que las posibilidades de explotación industrial están agotadas. La rápida alteración y destrucción del paisaje queda patente contemplando el contraste entre la situación a 2004 y la de 1995 que adjuntamos a

otra escala, obtenida del 2º vuelo americano de fotografía aérea estereoscópica (ortofoto 2).

Podrían hacerse algunas observaciones más sobre la evolución geológica:

Un paseo por el interior y el exterior del Cráter de las Granatillas pone de manifiesto algunas características interesantes de remarcar aquí aunque no estemos en condiciones de arriesgar ninguna interpretación más allá de las expuestas que son resultado de un reconocimiento "de visu" realizado por los autores.

Cerca del cráter, como a un kilómetro hacia levante, existe un afloramiento de una volcánica que podría ser considerada como perteneciente al aparejo volcánico del Hoyazo, que algunos autores suponen que aún existe debajo de algunos abultamientos pliocenos situados entre nuestro cráter y Níjar. Sin embargo un simple paseo con martillo y lupa, pone de manifiesto que esta colada:

- No contiene xenolitos de gneiss ni de micacitas granatíferas salvo excepciones extraordinariamente escasas.



Foto 9. Interior del cráter desde la entrada en silla de montar. A la derecha, más oscura, está el enorme xenolito citado ya por Zeck. En el centro y algo más lejos a la derecha los dos pitones de roca volcánica fresca. (Foto G. Leal)

- No contiene xenocristales de granates ni de cordieritas salvo la misma excepción anterior, aun más escasa.

- En las áreas meteorizadas que provocan arenas en pequeñas ramblas no existen granates.

- La mineralogía de la roca fresca además de cuarzo libre (menos que en la dacita biotítica del Hoyazo) tiene la misma biotita, pero mucho más hornablenda en grandes cristales, que en el caso del Hoyazo es casi ausente, aunque está descrita en algunos pequeños cristales como mineral accesorio. Es

decir, la roca, al menos “de visu” podría ser considerada más andesita que dacita ya que se acercan, tanto en quimismo como en mineralogía a las andesitas anfibólicas masivas de Carboneras

Otra observación interesante es la presencia de varias “torres” o “roques” según la nomenclatura canaria (y la de los jugadores de ajedrez) en el interior del volcán, de una roca muy fresca, dura y consistente que, al menos por su situación morfológica y por la resistencia teórica a una erosión que se antoja sería demasiado selectiva, parecen chimeneas residuales



Ortofoto 2. Vuelo americano estereoscópico (en realidad no es ortofoto) de 1955 con el paisaje intacto de entonces



Foto 10. Lava fresca de composición dacítico biotítica, en la que aparecen los granates como mineralogía atípica, incorporada a través de los mecanismos descritos. (Foto G. Leal)

pertenecientes a una nueva fase del vulcanismo posterior y último, aunque provenientes del mismo magma que las anteriores, ya alteradas y erosionadas.

Entre la investigación bibliográfico-histórica que hemos utilizado encontramos dos referencias interesantes de mencionar: la revista *Annales des mines* de 1842 propone algo que no es difícil de imaginar, aunque entonces sería muy difícil de realizar, si bien hoy fuera tecnológicamente más viable. Se trata de aprovechar la favorable morfología del Hoyazo y la posible impermeabilidad de su suelo volcánico (en gran parte arcilloso) para hacer de él un reservorio de agua para riego de los llanos “d’un reservoir d’eau, qui, se remplissant a la saison des pluies, (tan abundantes en el primer trimestre del año), fertiliserait les plaines de Níjar”. La historia posterior actualiza esta idea de mediados del siglo XIX ya que, en efecto se llegó a construir el famoso embalse de Níjar, llamado de Isabel II, gran fracaso tecnológico y financiero, pero que tenía esa intención y posteriormente, ya en nuestros días, los llamados “campos de Níjar” han pasado a ser de unas tierras tan lamentablemente pobres y miserables (quizá exageradas por J. Goytisoló) a ser consideradas hoy una de las áreas agrícolas más pu-

jantes de Andalucía que coloca a Almería en cabeza de la Comunidad Autónoma andaluza con los datos de su PIB.

La otra observación la hizo Bowles en 1782 que describiendo el área (William Bowles, Imprenta Real, Madrid 1789, pág. 163), según cita Calderón “...hacia la mitad de ese camino (¿) hay una gran llanura, tres leguas apartada de él, tan llena de granates que se podría cargar con ellos un navío. Donde más abundan es en un barranco que las aguas de las tempestades han formado al pie de una colina baja, que también está llena de dichas piedras. En la madre de este arroyo (se refiere al delta llamado Rambla de las Granatillas) hay muchas piedras redondeadas, con mica blanca, que interior y exteriormente están llenas de granates; y se ve que la descomposición de la colina es quien los manifiesta”.

### III. MINERALOGÍA DEL COMPLEJO VOLCÁNICO DE EL HOYAZO

Al relatar la historia de las lavas volcánicas de El Hoyazo destacan, por su indudable interés histórico, dos temas sobre todas las demás consideraciones.

Uno de ellos es la obligación de describir con especial atención algunos de los minerales que aportan estas lavas, después de desvitrificadas, alteradas y convertidas en arenas que, por su singularidad, han llamado poderosamente la atención de los investigadores y de los curiosos coleccionistas etc. El otro es la de destacar aun más la importancia que merece uno de estos minerales, el granate, por haber sido objeto en diversas épocas, desde 1900 a 1995, de explotación industrial.

Entre los minerales singulares que están presentes en estas lavas están el granate y la cordierita como principales, y otros accesorios cuya importancia es más cualitativa que cuantitativa pero que vale la pena de considerar ya que su presencia ha sido comentada por algunos autores. Nos referimos a la cristobalita y a la detección en recientes investigaciones de monacita y xenotima, que no habían sido citados anteriormente.

### 1. El granate

Es un mineral muy difundido, de composición química y estructura cristalina muy complicadas, sobre las que no vamos a profundizar en consideración al carácter fundamentalmente divulgativo de este trabajo.

Solo describiremos los granates del grupo aluminico o granates rojos que son silicatos aluminicos con hierro, magnesio o manganeso que, según la presencia de uno de estos tres elementos se denominan como sigue: **aluminico-férrico (almandina/o)**  $\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Al}_2\text{Fe}_3$ , el más frecuente. Su nombre proviene de una ciudad de Asia Menor, Alabanda, de donde los traía Plinio con ese nombre de "granates alabandinos". **Aluminico-magnésico (piropo)**  $\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Al}_2\text{Mg}_3$ . Su simpático nombre alude a su color rojo fuego (piros en griego). **Aluminico-manganesico (espessartita)**  $\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Al}_2\text{Mn}_3$ . Hierro, Magnesio y Manganeso son equivalentes (tienen la misma valencia química) y se pueden sustituir. Esta clasificación alude a la presencia prioritaria de alguno de los tres elementos, porque casi no existe la composición pura. En el caso nuestro los granates del Hoyazo



Foto 11. Modelo de rombododecaedro que es el hábito más frecuente de estos granates (el de la foto es cordobés y está muy oxidado, lo cual acusa su clasificación como almandino). (Foto G. Leal)

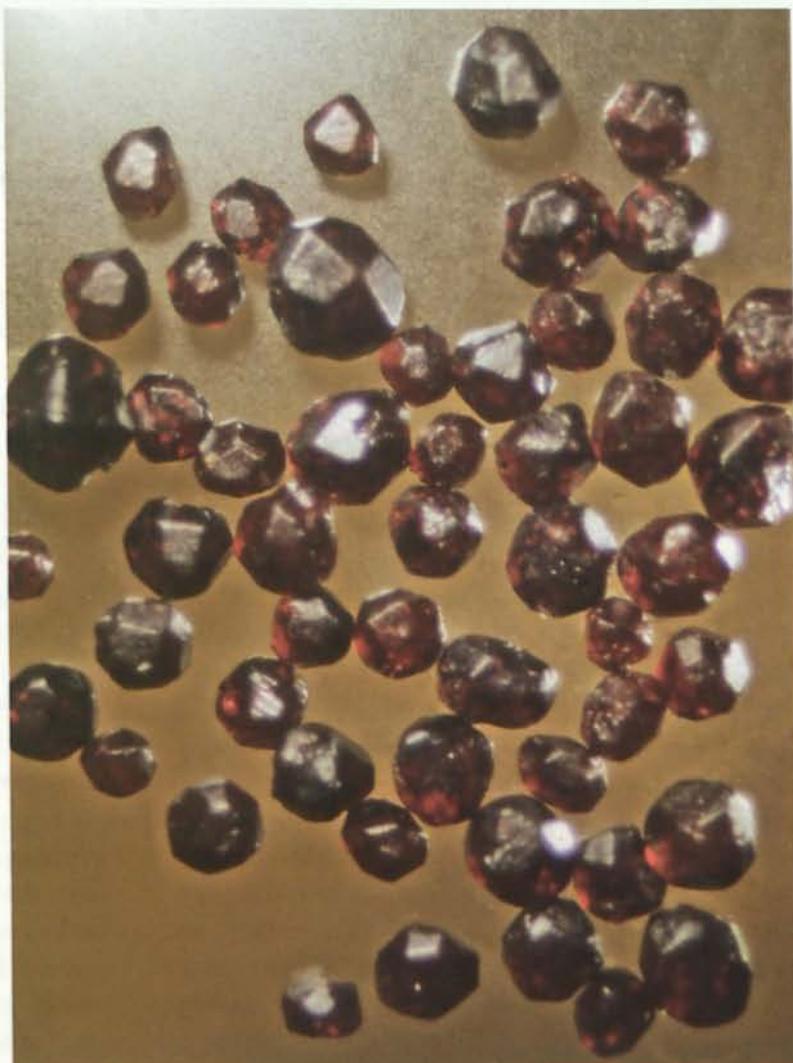


Foto 12. Granates tomados de la Rambla exterior, en la que han sido explotados con prioridad. (Foto G. Leal)

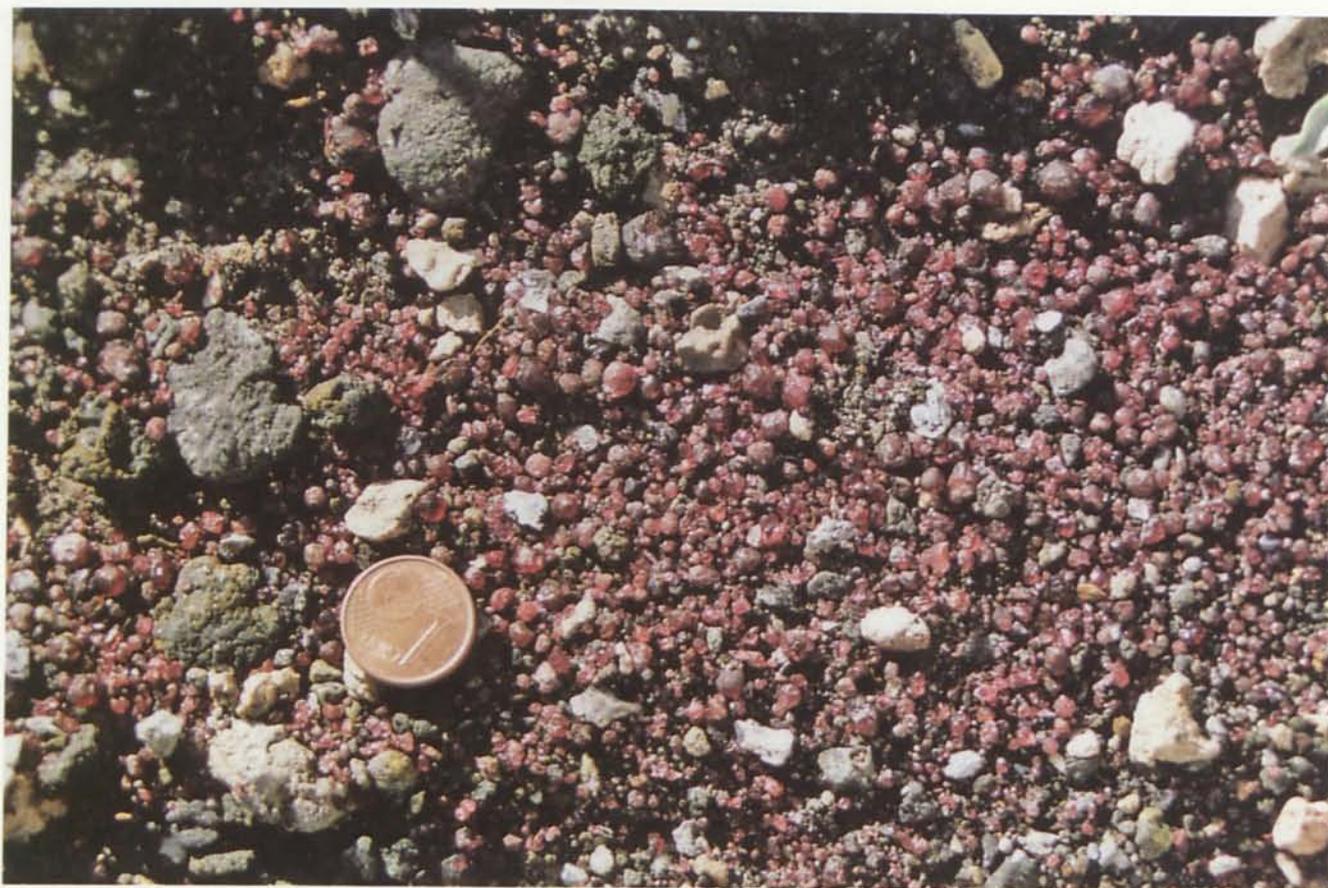


Foto 13. Hueco-trampa en el barranco de salida del cráter, en el que los granates se acumulan por densidad al paso de la escorrentía. (Foto 13)

tienen composición variable en función de la roca de la que provienen, pero, en general y según Zeck, su composición es: almandino (hasta un 80%), piropo (de 10 a 15%) y spessartita (5 a 10%).

Con respecto al origen del nombre hay diversas especulaciones. Parece que Teophrasto (371-286 a.C) los citaba como “ántrax” o carbón incandescente. Para Plinio eran los “carbúnculos Garamanticus”. Según algunos autores, el nombre moderno viene del enorme parecido en el color (de estos almandinos ya que hay granates de otros colores) e incluso casi en su morfología con los granos de la fruta llamada granada (es decir, llena de granos) cuyo árbol, el granado, tiene el nombre linneano de “*Punica Granatum*”.

Su dureza, según la escala de Mohs es de 7,5, y sólo le rayan el topacio, el corindón y el diamante, por este orden, y su forma de cristalización es muy diversa como corresponde a la diversidad de su composición. Son frecuentes los rombododecaedros (foto 10), aunque también existen muchas formas no perfectas ni regulares de planos de caras, maclas de cristales etc, pero siempre con tendencia al “grano” de la granada, que también tiene forma poliédrica obligada por el concrecimiento de unos granos en contacto de presión con los vecinos.

No funde al soplete, siendo por tanto su punto de fusión muy alto. Esta propiedad junto a la de su dureza va a facilitar que el final de su azarosa vida geológica termine con una presencia masiva realmente excepcional a nivel mundial, de estos granates sueltos en la ramblilla denominada por eso de “La Granatilla” (suponemos que por deformación del habla andaluz por “las Granatillas”), así como en el interior del cráter, en diversos puntos visitados.

Algunos se encuentran en bastante buen estado de cristalización y con pocas tensiones internas (foto 12), pero hay que coger muchos para sacar un puñado de los presentables, y hoy es mucho más difícil que en el año 1965 en el que están recogidos estos ejemplares.

Las lluvias torrenciales que caracterizan el clima almeriense durante el invierno y el principio de la primavera son las responsables del transporte de las arenas granatíferas desde dentro, en las áreas en las que la lava ya se ha desmoronado, hasta la rambla exterior. Pero va dejándose pequeños testigos en los hoyos y escalones naturales del camino que sirven de trampa para que la arena (ligera) pase por encima, pero el granate (pesado) queda en el fondo, de



Foto 14. Muestra de cordierita en la que se aprecia una estructura cristalina que no es frecuente en las muestras encontradas (eje mayor 5 cm.). (Foto J. Grima)

modo que buscándolos el primer día de sol se pueden obtener minipaisajes atractivos como el de la foto 13.

Los tamaños son muy variables, desde menor del milímetro hasta el centímetro, encontrándose a veces varios cristales maclados en una sola unidad que llegan a ese diámetro, el mayor que hemos conocido. Los más pequeños de tamaño forman parte de la lava con anterioridad al primer contacto con las rocas metamórficas granatíferas, que, en general, aportan tamaños más importantes, según Zeck.

R. Lunar et al (1997) han explorado una aplicación de la presencia de estos granates como guía de exploración minera de otras especies minerales, considerando la relación espacial que parecen presentar con yacimientos conocidos (Sierra Almagrera, Rodalquilar, Mazarrón, Herrerías, serían los ejemplos en el SE de España), pero consideran también esta coincidencia espacial en yacimientos de oro, sulfuros complejos (Pb, Zn, Cu), antimonio, etc, en USA, Austria, Sudáfrica, Australia y otros países.

En el caso de que esta interesante hipótesis pueda ser comprobada estos granates ganarían aún un mayor protagonismo.

## 2. La Cordierita

Este mineral es un silicato aluminico con hierro y magnesio. Según Klockmann, sin hierro:  $\text{Si}_5\text{O}_{18}\text{Al}_4\text{Mg}_2$ , con n moléculas de agua. Tiene una larga historia de desconcierto en cuanto a su denominación. El mineral es citado por primera vez, precisamente en el Hoyazo de Níjar, por el alemán Von Schlothein que le llamó "Spanisches Lazulith" en 1801. Parece que se la compró a un comerciante llamado Launoy que ya la conocía por ese nombre por su parecido con la lazulita. En realidad el parecido no es tanto ya que la lazulita o espato azul es un fosfato de aluminio (con Fe y Mg) de un azul celeste neto y aunque también tiene cierto pleocroísmo no es tan pleocróica como la cordierita. Los hábitos de cristalización son también diferentes ya que la cordierita se presenta en prismas hexagonales (cuando está bien cristalizada, lo que no es el caso que nos ocupa). Este alemán también le llamaba "spanisches laculita", o "laculita española".

Posteriormente (1808) otro autor, Werner, la denomina "iolith" (del griego: piedra violeta), y para los amigos profanos y lapidarios "zafiro de agua" por su color (iol: violeta).



Foto 15. Dos muestras del gneiss cordierítico con abundantes cristales (redondeados y sin brillo cristalino) de cordierita de color gris-humo levemente violáceo (eje mayor 5 cm.). (Foto G. Leal)



Foto 16. Gneiss cordierítico con un hermoso cristal de granate incrustado entre otros de cordierita similares a la muestra anterior (eje mayor 5 cm.). (Foto G. Leal)

En 1809 el ingeniero francés M.L. Cordier es el primero que estudia todas las características físico-químicas y cristalográficas y decide presentarla al organismo oficial correspondiente en aquella época, para ser reconocida como nueva especie mineral. Cordier la llamó "dicroíta" por su pronunciado pleocroísmo, en este caso dicroísmo, caracterizado por el cambio de color del cristal en función de la dirección de incidencia de la luz (gris humo a azul violeta). Más tarde Lucas (1813) reconoce el mérito de Cordier y propone el nombre de "Cordierita" que es el que ha llegado con mayor frecuencia hasta estos días. Todavía se propusieron otros nombres: "Steinheilita" (Orijärvi 1816) y "pelion" (Bodenmais, 1817) que no fueron competencia y nunca fueron usados.

Como las estepas han constituido un enorme separador entre Rusia y el resto de Europa, no es de extrañar que, según el libro de texto que se impartió en la Universidad de Moscú de A. Betejton, traducido al español para Cuba en tiempos relativamente recientes, aparece la afirmación de que la cordierita fue descubierta por N. Koksharov en 1856 en los Urales. Suponemos que se refiere al descubrimiento local ya que no indica denominación especial dada al supuesto descubrimiento.

Simón de Rojas (1809) se detiene bastante en la descripción del Hoyazo de Níjar y, con respecto a este mineral cuenta que el Barón de Korvinski, buscando en la rambla de Granatilla encontró *"lo que cree que es hiatita (¿ la iolita de Werner, 1803?), espato adamantino tres veces mayor que los recolectados por mí. Este espato raya muy bien el cristal y tiene un bello color subido violeta, se trasluce en pedazos delgados, toma bello pulimento como vi en una piedra que hizo labrar Pavón, por lo que debe estudiarse entre las preciosas; se hacía sin forma regular, embutida en el gneis y nada abundante"*. Sin duda se trata de una descripción certera de la cordierita del Hoyazo. Al fin y al cabo Simón de Rojas, gran conocedor de cualquier cosa relacionada con la naturaleza, era botánico de formación.

Parece que hay muy buenos ejemplares en Mazarrón y en realidad Cordier estudió todas las características del mineral con ejemplares de S. Pedro del Pinatar. Los cristales que, con cierta profusión se

encuentran en la lava y en los xenolitos de gneises que la lava lleva en el Hoyazo, no son nada transparentes ni se les distingue el dicroísmo, ni forma cristalina definida. Tan solo algo en la foto 14. Por ello no pudieron ser utilizados para su estudio aunque les queda el honor de haber sido los primeros.

Su dureza es 7 y su punto de fusión elevado. Al soplete funden, y con dificultad, solo las aristas, por lo que los gneiss con cordierita la conservan en el interior de la lava sin fundirse. Sin embargo aunque es frecuente encontrar en la lava xenolitos del gneiss con la cordierita, no es frecuente encontrar las cordieritas sueltas, como ocurre con los granates, a pesar de que su dureza o resistencia a la erosión por rozamiento es 7-7,5 como los granates. Hemos dicho que su forma habitual de cristalización es el prisma hexagonal, pero



Foto 17. Cristales de cuarzo hialino (comprobado para este trabajo por difracción) que podrían corresponder a la presencia de cristobalita en la lava de tamaños muy superiores a los que habitualmente llevan las dacitas (volcánicas ácidas con contenidos de SiO<sub>2</sub> entre 58 a 62% y cristales de cuarzo libre). Eje mayor de la muestra grande 3 cm. (Foto G. Leal)

es un resultado falso de combinaciones de caras y ángulos porque su sistema de cristalización es el rómbico. En cualquier caso, no hemos localizado nunca cristales como los descritos por los autores antiguos que tuvieron el privilegio de disfrutar de la primicia. En las fotos 15 y 16 aparecen cristales de cordierita muy deformada y sin brillo cristalino.

Zeck también la cita como existente ya en la lava previamente al contacto con las rocas metamórficas que la enriquecieron, pero con tamaños microscópicos menores que 1 mm.

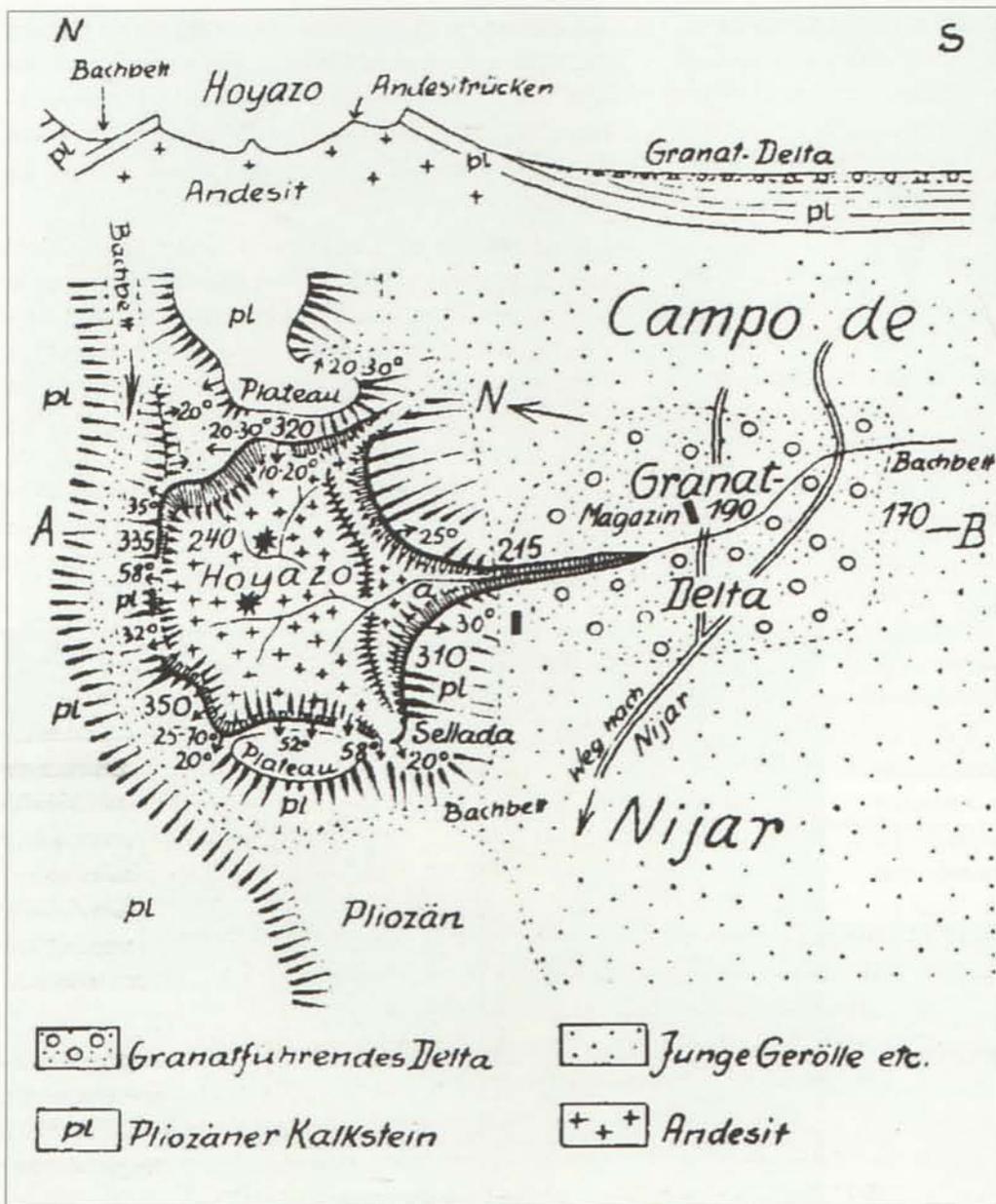


Figura 2. Grabado de principio de siglo XX en el que en planta y en corte, se representa el yacimiento del cráter del Hoyazo y de su delta de deyección (Wegner 1933)

### 3. Cristobalita

Es una variedad inestable del cuarzo, descrita como blanco-lechosa que se hace más transparente con la temperatura. Es estable entre 1470° y 1710°, por lo que aparece con frecuencia en intersticios de las rocas volcánicas. En particular en las microfisuras de las obsidias tal como hemos observado en las llamadas “lágrimas de apache” de Carboneras, junto con montmorillonita.

Se cita su presencia (Zeck) en el vidrio de la roca volcánica del Hoyazo, aunque no se describe como mineral suelto en la rambla. Sin embargo Simón de Rojas cita dos minerales que podrían ser cristobalita: uno al que describe como “cristal de roca” y otro, como “gotas que parecen vidrio”, que denomina “vidrio de Muller”. Nosotros hemos recogido muchos

de estos cristales, que ya no abundan, con algunas características de la cristobalita (fractura concoidea, transparente a lechosa, etc) que da en defractograma los picos del cuarzo, ya que su fórmula sigue siendo  $\text{SiO}_2$  (foto 17).

Recibe el nombre de Cerro de San Cristóbal (México) y puede formarse calentando cuarzo a partir del 1200° en laboratorio. Parece razonable que en el enorme laboratorio del interior de un volcán, lavas como esta dacita (con su 58-62% de sílice), entre cuyo porcentaje aparece cuarzo libre, produzcan cristobalita.

### 4. Otros minerales singulares

Recientemente M.J. Muñoz-Espadas, J. Martínez Frías y R. Lunar (2004) han descubierto en la es-



Foto 21. Apilamiento de concentrado de granates. Corresponde a la explotación de 1995-96.  
(Gentileza de J. M. Fidalgo)

estructura cristalina de estos granates y en la matriz de vidrio de la roca volcánica, inclusiones de monacita y xenotima, fosfatos de “tierras raras” que contienen Torio (Th) y Uranio (U). Estas inclusiones parecen tener tamaños mínimos, entre 10 y 120 micromilímetros. Aunque no estamos en condiciones de valorar esta presencia de minerales radioactivos en El Hoyazo sí podemos extrapolar nuestra experiencia en la investigación de placeres monacíticos (en Ciudad Real, uno de los mayores placeres de monacita gris de europio conocidos, en Córdoba los famosos aluviones colgados de monacita, investigados también por la Junta de Energía Nuclear, y también al Sur de Ciudad Real las cuarzoareniscas de Titanio y Zirconio con U en la red de este último que pretendió, con resultados negativos, beneficiar también la JEN). En ninguno de estos yacimientos, cuyo contenido en monacita y xenotima es inmensamente mayor que el descrito en El Hoyazo, el nivel de radioactividad de los planos radiométricos que fueron preparados para prospección resultaron peligrosos.

La importancia cualitativa de este descubrimiento, nos obliga a echar de menos en su publicación, el resultado de medidas radiométricas ambientales del lugar y

directamente en alguna acumulación significativa de granates del Hoyazo. Hemos considerado que era preciso hacerlo con cierta urgencia y no sólo, como dicen en la introducción los autores, porque esos granates han sido explotados y vendidos para diferentes usos, sino porque alrededor de la explotación están surgiendo ya (ver ortofoto de 2004) multitud de cultivos de productos de huerta bajo plástico, y aún se sienten suspicacias razonables entre los agricultores del área como recuerdo del desastre de Palomares. Por esta razón nos hemos ocupado de realizar medidas radiométricas sobre estos granates en las que se ha detectado efectivamente la presencia de un isótopo del potasio (K.40) con un nivel de becquerelios de aproximadamente la tercera parte del que, de forma natural, ya existe en el cuerpo humano. Existen también trazas de elementos, cerio, thorio, quizá lantano y otros que forman parte de las monacitas ya descritas y cuya incidencia en el medio ambiente es mucho menor que la considerada para una enorme superficie del país cubierta de granitos y otras rocas ígneas, o sedimentarias y metamórficas formadas a partir de la erosión de aquellas en las que la abundancia de monacitas es manifiesta sin que ello entrañe riesgo alguno



Foto 18. Pocillo de investigación-explotación con un mecanismo de extracción tan sencillo y primitivo como el trípode para sostener la cuerda que subía y bajaba los canastos de esparto con el mineral. (Wegner, 1933)



Foto 19. Operación de cribado manual para clasificación de tamaños. (Wegner, 1933)



Foto 20. Operación de ensacado manual. (Wegner, 1933)

#### IV. APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DE LOS GRANATES

El granate ha sido considerado históricamente piedra semipreciosa para uso en joyería, bisutería y ornamentación sobre todo religiosa (iconos, etc). Pero la diferencia de calidad entre unos y otros granates diversifica mucho el precio de mercado de esta aplicación, de modo que los yacimientos en los que la pureza del edificio cristalino así como del color, transparencia, brillo, etc, permite la consideración real de piedra semipreciosa son muy escasos, utilizándose otros, en general de menor calidad.

Siguiendo el trabajo de Wegner (1933) realizado sobre los granates del Hoyazo, nos describe, en una introducción histórica el principio de utilización del granate como elemento abrasivo en múltiples aplicaciones industriales, aprovechando su dureza.

En Oberpfalz (Alemania), según Weig, propietario de una mina, el granate se usaba ya en 1815 como abrasivo, como piedra esmeril para cortar vidrio (habitualmente se usa diamante industrial). En USA, el grupo Myers&Anderson, gran productor y comercializador del granate, se da cuenta entre 1880-90 de la ventaja económica y comercial de utilización del granate como abrasivo consiguiendo rendimientos entre dos y seis veces más interesantes. En 1922 el volumen de negocio de esta aplicación en los Estados Unidos es diez veces superior a la antigua. Como consecuencia del mayor rendimiento económico se abren otras minas en el resto del mundo y en la propia USA. La mena principal es siempre los granates de formaciones metamórficas del tipo esquistos, gneises y micacitas granatíferos, pero destacan por la especial calidad del granate y por la facilidad y economía de su explotación dos de ellos como los primeros del mundo a distancia de los demás: Hoper Mine, en Warren County EEUU y El Hoyazo de Níjar, España.

En Warren County se explota una sienita en dique de 1200 m de corrida y 30 de potencia, en Eardley & Wilmot (Canadá) en pizarras cristalinas, en Tinnevelly District (India) en gneiss granatífero con tamaños de grano entre 0,5 y 3 cm y en Baviera una anfibolita granatífera. Japón ha producido (no se dispone de datos) en esos años y Alemania (Baviera) explota el único yacimiento en Europa, además del español, pero con menores producciones.

Wegner (1933) publica un cuadro de producciones de granates comparativo entre USA, España, Alemania, Japón, Canadá e India, que reproducimos en toneladas.

Los datos que la Sociedad Minera y Financiera de Málaga, explotadora del Hoyazo de Níjar, presenta a las autoridades mineras españolas (que obtenemos de la Estadística Minera de aquellos años) son algo diferentes (según Wegner se produjeron 19.996 t. y según la EME 11.926 t.). La totalidad de producción española se completa con los años 1933 a 35 en los que le produjeron 865 t. La explotación se cerró en 1936 (Cuadro 1).

Con respecto a la explotación del Hoyazo por la Sociedad Minera y Financiera hasta el año 1935, se pueden resumir algunas ideas:

a) Se explotó casi solamente el coluvión de salida exterior del circo. Se intentó la explotación de la parte interior, sobre todo la zona noroeste en la que la lava vieja está más alterada pero resultó improductiva a pesar de la cantidad de catas que fueron realizadas. Realmente la naturaleza (erosión y escorrentía) realizó gratis el primer trabajo de concentración mecánica por gravimetría natural dejando, a la salida del cráter, una acumulación de arenas granatíferas con una concentración en capas selectivas (meandros fósiles especialmente ricos) de hasta el 50% en contenido de granate en algunas capas. Dicho delta tiene unos 400.000 m<sup>2</sup> y, considerando (siempre Wegner) 40 cm como promedio de capa útil, resulta una cubicación de 24.000 Tm, que resultó ser corta (fig. 2).

b) No se investigó ni se evaluó previamente el yacimiento.

c) La explotación siguió una metodología muy primitiva. Mediante pocillos en red de entre 5 y 10 metros de malla, se realizaba una evaluación por capas y se seguía en galería las capas ricas en cualquier caso irregulares de contenido, por lo que, en caso de poder pasar a plano todos los pocillos y galerías se pondría de manifiesto un caos, en el que, debido a ese sistema de minería en rapiña, han debido de quedar muchas toneladas, ya inexplotables como luego se puso de manifiesto, en los residuos que quedaron "in situ" (foto 18).

d) El tratamiento de separación mecánica no queda claro, ya que se habla de cribado y ensacado del mineral (fotos 19 y 20), pero no consta ninguna información sobre la tecnología utilizada para separar arena (estéril) de granate (mineral) que se haría mediante algún dispositivo de gravimetría con uso de agua que no se describe.

e) El mineral se lavaba y secaba en unas pilas de cemento antes del ensacado y envío para su venta.

f) Los costes de explotación debieron de ser enormemente menores en comparación con otras explo-

Año	España	España Estadística Minera	Estados Unidos	Alemania	Canadá	India	Japón
1903	-	185	-	-	-	-	-
1904	50	100	3496	265	-	-	-
1905	160	-	4581	255	-	-	-
1906	209	-	4218	320	-	-	-
1907	1376	279	6402	326	-	-	-
1908	967	480	1810	245	-	-	-
1909	865	200	2655	305	-	-	-
1910	900	200	3460	270	-	-	-
1911	805	589	3697	210	-	-	-
1912	1196	782	4487	260	-	-	-
1913	968	-	4815	385	-	1000	-
1914	678	-	3838	260	-	-	-
1915	1184	1183	3901	80	-	-	-
1916	1687	1658	5598	90	-	-	-
1917	2525	2667	4531	50	-	-	-
1918	-	-	4260	50	-	-	-
1919	765	800	4485	170	-	-	-
1920	1947	198	4967	140	-	-	-
1921	506	5	2765	243	-	-	-
1922	103	-	6399	-	-	-	3352
1923	1243	982	8170	400	1250	3	3530
1924	942	1112	7520	350	300	-	3528
1925	221	182	7646	370	-	-	3484
1926	231	-	5803	375	-	14	-
1927	63	-	6294	385	2	285	-
1928	301	325	6002	411	-	480	-
1929	1	-	5407	394	-	-	-
1930	103	181	4538	200	-	7	-
1931	-	-	2672	220	-	-	-

Cuadro 1. Producción mundial de granates entre 1900 y 1935 según Wegner y *Estadística Minera Española*

taciones del resto del mundo, de modo que los beneficios de la operación se suponen extraordinarios. El ritmo de la explotación venía sólo impuesto por la demanda, lo que explica dos cosas: los altibajos de producción y la explotación no planificada (rapiña), a la carta, en función de la necesidad de venta mensual, incluso anual.

## V. APLICACIONES ACTUALES DEL GRANATE

Antes de entrar en este tema de aplicaciones industriales modernas, es curioso contar que la primera de ellas en el tiempo, según encontramos en la conocida revista francesa "Annales des mines" (Tomo II, 4ª serie, 1842, pp. 290), fue la de cargar con estos granates los cartuchos de caza, lo cual sin duda haría



Foto 12bis. Granates muy rodados que sugieren su utilización como perdigones de caza (diámetro 6 mm.). (Foto de G. Leal)

mucho más delicioso que, al comer una buena perdiz estofada, en lugar de los gránulos de plomo antimonial con los que nos tropezamos hoy, pudiéramos obtener preciosos cristales de granates, eso sí, con algún riesgo adicional para la dentadura. "Se prèlent avec les sables en si grande quantité que les habitants des environs s'en servent pour la chasse en guise de plomb granulé"(foto 12bis)

Los principales usos actuales del granate son tres:

a) Lijas para madera, que debido a la fractura concoidea del granate presenta una superficie de corte idónea para este fin, y los diferentes tipos de grano conforman los papeles de lija para las distintas finuras de acabado.

b) Material abrasivo para su uso en máquinas de corte por chorro de agua a presión, donde el granate, con la granulometría correspondiente, se carga en un dosificador que lo inyecta en el chorro de agua a presión que sale por una tobera de corindón. Este chorro incide sobre la superficie de corte y actúa por abrasión en máquinas susceptibles de ser automatizadas como las máquinas de oxicorte pudiendo realizar cortes de materiales duros y no oxidables, como el vidrio, cuero, acero inoxidable, cerámica, etc.

c) Para mejorar el funcionamiento de filtros industriales de alto rendimiento. Se utiliza un material mixto de arena-granate, ambos con diferente granulometría. Jugando además con la diferencia de densidades (granate 3'4 y arena de cuarzo 2'7) se consigue un lecho de filtración óptimo y más fácil de regenerar.

## VI. EL HOYAZO A PARTIR DE 1995, EXPLOTACIÓN RACIONAL DEL YACIMIENTO

Dentro de la variedad descrita de granates, el más utilizado es el/la almandino/a o granate de hierro, por su dureza superior. Ya las investigaciones americanas de hace cien años demostraron que era el más eficaz y por supuesto con un rendimiento muy superior al cuarzo utilizado hasta entonces como abrasivo.

Obtenido en mina, por concentración magnética y gravimétrica, con granulometría variable pero normalmente con tamaño inferior a 5-

10 mm., debe ser procesado hasta los tamaños y condiciones que establecen sus usos industriales.

El procesamiento del concentrado consiste en instalaciones de molienda y cribado que adecúan el granate a las demandas del mercado, que son generalmente granulometrías muy cerradas (rango de tamaños muy estrecho) para lograr una fluidez del sólido elevada y una efectividad en la tobera de inyección con agua a presión óptima para la energía del corte.

Los productos obtenidos presentan un aspecto como el que muestra la fotografía adjunta (foto 21).

El yacimiento a explotar está señalado en el Plano 2. La cubicación del mismo se ha realizado superficializando las zonas señaladas y asignando una potencia media de 7,35 m., variable entre 3 y 12 m. que muestra una superficie de 437.000 m<sup>2</sup> o 3.215.625 m<sup>3</sup>. Tomando como densidad 2,07 t/m<sup>3</sup>, el yacimiento se puede estimar en 6.647.340 t.

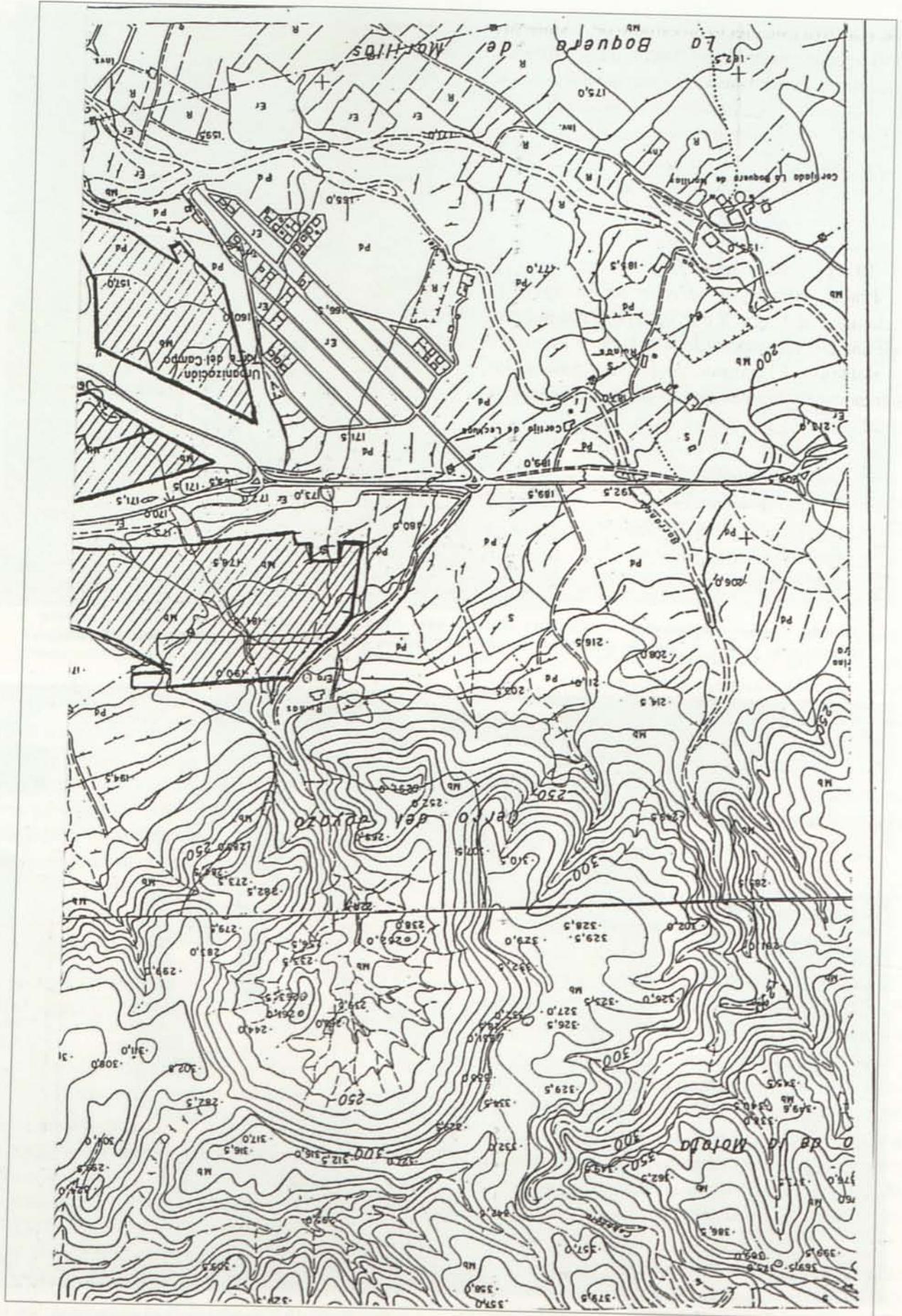
La ley media en granates es muy difícil de estimar, ya que los granates se concentran en paleocanales anastomosados y por ello podemos estimar la ley entre 3-4%.



Foto 22. Camión con helicoide de demuebre utilizado para estudios geotécnicos y en este caso para evaluar el yacimiento ya que el coluvión granatífero no pasa de 5 metros de profundidad. (Gentileza de J. M. Fidalgo)



Foto 23. De la concentradora magnética sale el concentrado de granates. Las arenas (no magnéticas) pasan a la pila de estériles. (Gentileza de J. M. Fidalgo)



Plano 2. Planificación de la explotación de la empresa GARNETKAO S.L. Definición del yacimiento

Se realizó a este efecto un estudio de desmuestra selectivo según una malla predeterminada utilizando un extractor helicoidal autónomo que dio información sobre contenidos y su distribución en profundidad de cada punto investigado (foto 22).

La explotación proyectada preveía la utilización de una pala retro tipo CAT 245, que realizaría el arranque en un frente de 20 m. de ancho y 7 m. de altura que avanzará calles sobre el yacimiento a un ritmo de 25-30 t/h. y que alimentará a una instalación móvil de tolva y criba para obtener un rechazo de sobretamaño de 5 mm. Y que se depositaría por medio de una cinta transportadora en la parte trasera de la explotación. El pasante de la criba pasa a dos alimentadores vibrantes que lo dosifican sobre dos separadores magnéticos de imán permanente de tierras raras de 13.000 gauss y alto gradiente que obtiene un concentrado del 60% en granate (foto 23).

Periódicamente se realiza el ensacado de cada producto en sacos de 50 kg. que se destinan a paletización y venta (foto 24).

Los preconcentrados obtenidos en mina fueron de inferior ley a la prevista como consecuencia de la humedad, sobre todo nocturna y ello obligó a una utilización superior de la instalación de concentración gravimétrica y por ello de consumo de agua. Habida cuenta del precio del agua en esta zona (1000 pts/mtr.cub), ello hizo no rentable la explotación de este recurso y solo se mantuvo la explotación durante 6 meses aproximadamente, produciendo algo más de 350 toneladas de granates.

Este segundo intento (no sabemos si tercero, ya que parece que sobre los años 1950 se intentó también una explotación sobre la cual, si existió, no hemos conseguido ningún dato) ha constituido un ejemplo de minería racional que contrasta definitivamente con lo realizado por Sociedad Minera y Financiera. Ahora se invirtió en conocer el yacimiento y evaluarlo a pesar de la dificultad que esta operación entrañaba debido a que la forma de deposición de este tipo de coluviones es atípica. La explotación fue programada para dieciséis años (plano 2), estaba prevista la reposición del paisaje (que, de todas formas, tan lamentablemente están alterando los cultivos bajo plástico), montaron máquinas de separación magnética con tecnologías al día, etc.

Sin embargo es muy difícil explotar un yacimiento que ha sido previamente rapiñado, es decir, explotado tan sólo en los puntos del mismo en los que los contenidos eran enormes (en los "mogollones", palabra aquí bien empleada ya que su origen es precisa-

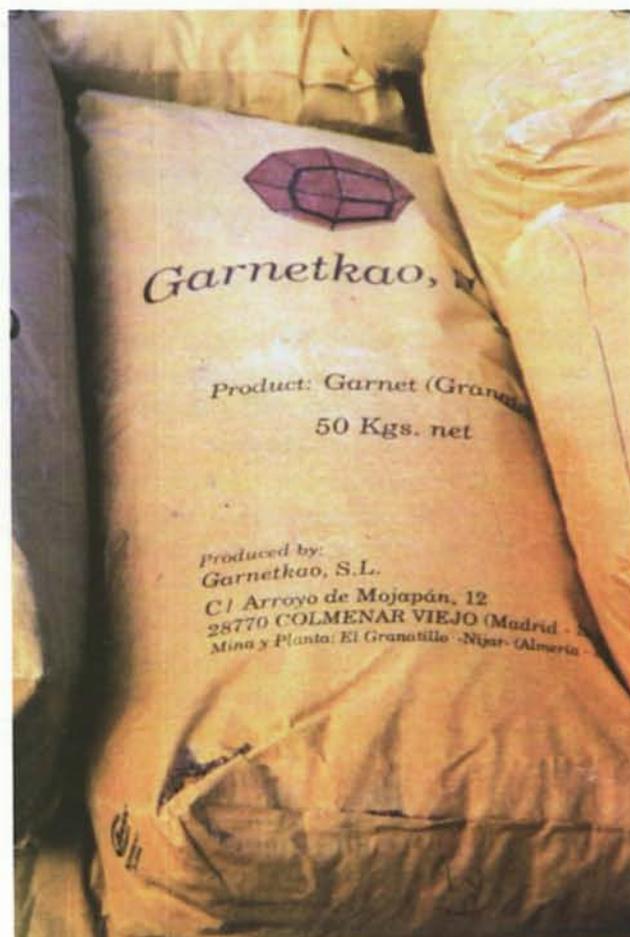


Foto 24. Saco de 50 kg. que se utiliza para la comercialización de los granates. (Gentileza de J. M. Fidalgo)

mente minero). El yacimiento, en general es irre recuperable. El grupo GARNETKAO lo intentó tras realizar un estudio de factibilidad que animó a la inversión pero la disminución de las leyes previstas y, sobre todo, el precio del agua en la zona, obligó a desistir de la operación.

## VII. AGRADECIMIENTOS

Debemos agradecer especialmente algunas colaboraciones que han contribuido a dar calidad al trabajo con eficacia y generosidad.

- Benjamín Calvo (ETSIM) facilitó la realización del difractograma de la posible cristobalita.

- Sandra Egnolff nos realizó la traducción de los datos más importantes del trabajo de Wegner, que nos fue facilitado al mismo tiempo por la Biblioteca de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense y por el Centro de Documentación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

- La Biblioteca Histórica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas nos facilitó otras bases bibliográficas indispensables.

- Joaquín Aguilar (Educación Ambiental de la Delegación de Almería de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía) nos facilitó las ortofotos que publicamos.

- Asunción Espinosa nos asesoró con las medidas radiométricas sobre los granates.

#### VIII. BIBLIOGRAFÍA

- BURRÍ, C.; y PARGA PONDAL, I.: "Neue Beiträge zur Kenntnis des granat-führenden cordieritandesites von Hoyazo bei Níjar (Provinz Almería, Spanien)", *Schweiz. Miner. Petr. Mitt.*, 16, 1936, pp. 226-262.

- CAYO PLINIO SEGUNDO: *Historia Natural*, Traducción del licenciado Jerónimo Huerta (1629), Ed. Facsímil.- Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 1982.

- CORDIER, M. L.: *Description du Dichroite, nouvelle espece minérale*, J. Phys., 68, 1809, pp. 298-304.

- DONAYRE, F. M.: "Datos para una reseña física y geológica de la región S.E de la provincia de Almería", *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España IV*, 1877, pp. 385-461.

- FIDALGO ALONSO, J. M.: Informes internos de la empresa GARNETKAO S.L., 1995.

- IGLESIAS PÉREZ, J. E.; y MARTÍN-VIVALDI, J. L.: "Estudio cristalográfico de los granates de El Hoyazo (Almería)", *Boletín Geológico y Minero*, T. LXXXI-IV, 1970.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA:

*Mapa Geológico y Minero de España 1:50.000*, Hoja 1046-Carboneras.

- LEAL ECHEVARRÍA, G.: "La provincia de Almería y los minerales", *Axarquía*, nº 9, 2004, pp. 225-250.

- LUNAR, R.; MARTÍNEZ-FRÍAS, R., BENITO, R.; y WOLF, D.: "Los granates como guía de exploración y materia prima: El ejemplo del Hoyazo de Níjar en el cinturón metalogénico del S.E. Ibérico", *Geogaceta*, 22, 1977.

- MARTÍNEZ FRÍAS, J.; LUNAR, R.; y BENITO, R.: "Th and U bearing minerals in the S.E. Mediterranean margin of Spain", *Geogaceta*, 30, 2001, pp. 15-18.

- MUÑOZ-ESPADAS, M. J.; MARTÍNEZ FRÍAS, J.; y LUNAR, R.: "Nuevos datos mineralógicos y texturales de los granates y fases asociadas del Cerro del Hoyazo (Almería)", *Geogaceta*, 30, 2001.

- OSANN, A.: "Ueber der cordierit führenden andesit von Hoyazo (Cabo de Gata)" *Zs deuts. geol. Ges.*, Bd 40, 1888, pp. 694-708.

- ROJAS CLEMENTE RUBIO, Simón de: Viaje a Andalucía. "Historia Natural del Reino de Granada", Edición de A. Gil Albarracín, 2002, pp. 667-668.

- WEGNER, T.: "Das Scheleifgranatvorkommen Hoyazo in Níjar (Almería)" *Zs. Prack. Geol.* 41, 1933, p. 89-104.

- ZECK, H. P.: *Anatectic origin and further petrogenesis of almandine bearing biotite-cordierite-labradorite-dacite with many inclusions of restite and basaltoid material, Cerro del Hoyazo S.E. Spain*, Tesis doctoral, Universidad de Amsterdam, 1968.

