

REVISTA DE ACTUALIDAD E INFORMACION GEOLOGICA

NUMERO 3. OCTUBRE/NOVIEMBRE 1992. 750 PTAS.

Estado general de la Minería en España.

Importancia de los minerales de colección.

> La realidad geológica de HUNOSA.

Viabilidad de proyectos mineros.

La distribución comercial de las rocas y minerales industriales.





TARJETA VISA GEOLOGOS



Para más información diríjase a cualquiera de las oficinas de:













CO DE SCONIA LILITA DE LE CONIA LILITA DE LE CONIA LILITA DE LE CONIA LILITA DE LE CONIA DE LE CONIC D



Sierra y SUMARIO SUMARIO DE ACTUALIDAD E INFORMACION GEOLOGICA

	E	DITA		
Ilustre	Colegio	Oficial	de	Geólogos

ADMINISTRACION Y REDACCION Avda. de Reina Victoria, 8-4.º B 28003 MADRID Teléfono 91-5532403

DIRECTOR Manuel Rolandi Sánchez-Solís

SUBDIRECTOR Margarita Pastor Palomeque

MARKETING Y PUBLICIDAD Enrique Pampliega Higueras

COORDINACION DE EDICION Jesús Rey de la Rosa y José Casas Ruiz

COMITE EDITORIAL

José Casas Ruiz, Juan José Durán Valsero, Jesús Rey de la Rosa, Manuel Rolandi Sánchez-Solís y Peter F. Wouters

COLABORADORES

Alfonso Arribas Herrera, Ricardo Arteaga Rodríguez, Carlos Busón Buesa, José Casas Ruiz, Bernardo Claros Molina, Vicente Crespo Lara, Luis de Mingo Cachón, Felipe Fernández Pompa, Pablo Gumiel Martínez, Carlos Luque Cabal, Blanca Mariscal, Vicente Martín Ferreres, Salvador Misete Mayo, María Teresa Piserra de Castro, Sebastián Rivera Navarro, César Robles Pérez, Pedro Rodríguez, Manuel Rolandi Sánchez-Solís, José A. Sáenz de Santa María Benedet y Alan R. Woolley

DISEÑO GRAFICO DE PORTADA Equipo Franja diseño

FOTOCOMPOSICION E IMPRESION Gráficas Summa, S. A.

> FOTO PORTADA Azufre de Conil (Cádiz) Autor: Salvador Mirete Mayo ISSN: 1131-5016

Depósito legal: M. 10.137-1992

Editorial	5
El sector minero español	6
La minería y la Administración	10
Utilidad y aplicación de nuevas	
técnicas multidisciplinares en la	
exploración de yacimientos minerales	12
Minería de capricho	20
Distrito de Mazarrón –Zn + Pb + Ag–	28
Itinerario geológico de La Senia-Puertos	
de Beceite (Fredes)	34
Estudio de las carbonatitas elucidaria.	
Incógnitas sobre elementos raros	38
La distribución comercial de las rocas	
industriales. Productos de consumo	40
Valoración y selección de proyectos mineros	48
Apuntes históricos sobre la minería y la	
metalurgia antigua del sureste peninsular	58
Condiciones medio ambientales durante la	
Edad de Bronce en Villaverde-Madrid,	
según el análisis polínico del	
vacimiento de Verona	70

Para conservar y preservar nuestro entorno





Cada vez es más evidente la necesidad de conservar y preservar nuestro entorno. Y dentro de ello nada más importante que conservar y preservar la calidad de nuestras aguas.

Siendo como es GRUNDFOS líder en

bombas sumergidas, ha orientado su actividad en el campo medioambiental en la toma de muestras de aguas subterráneas y su posterior evacuación. De ahí su bomba MP1, que, junto a su ingenioso convertidor de frecuencia permite a la vez purgar un pozo a muy altas velocidades (24.000 r.p.m.) y tomar muestras para su posterior análisis a

velocidad lenta (2.800 r.p.m.).

Esta es la razón también de la serie de bombas SPE, capaces por su construcción y materiales de evacuar cualquier tipo de aguas subterráneas contaminadas.

Son bombas con las que GRUNDFOS pretende, definitivamente, conservar y preservar nuestro entorno.

GRUNDFOS



Líderes en tecnología de bombeo

FRANCISCO GERVAS, 2 (Pol. Ind. de Alcobendas) Telf. (91) 661 21 12 - Fax (91) 661 23 63 Apdo. 222 - 28100 Alcobendas (Madrid)

n los años sesenta no resultaba demasiado raro encontrar opiniones de quienes, por corporativismo o prepotencia universitaria, decían albergar serias dudas sobre si nuestros geólogos deberían cubrir campos técnicos eminentemente prácticos, el del mundo minero entre ellos. Algunos, a veces conceptuados como «vulgares» y poco «sabios», lo comprendieron antes que otros, a los que sólo podía valorárseles en el mundo de las profesiones más antiguamente establecidas o bien en el

del conocimiento universitario e investigación pura.

En esos años, y en los de la siguiente década, el I.G.M.E. y grandes Empresas confiaron en los profesionales, a veces más que sus propios educadores. De esta manera, con un teórico y reducido bagaje de conocimientos mineros, que en muchos casos no superaba el de las clases de Cristalografía y Mineralogía, se iniciaron en el mundo profesional muchos de nuestros técnicos. Muy frecuentemente se establecieron artificiales segregaciones entre los que comenzaron la andadura de la investigación minera, ya que así lo demandaba el mercado, al estar progresivamente relacionados con los minerales metálicos (sucesivamente Pb-Zn-Cu, Sn-W, Au, etc.), después con otros más específicos (Ni-Co, elementos raros, etc.), más tarde en torno al carbón, posteriormente a favor de las rocas y minerales industriales (caolín, yesos, arcillas especiales, etc.), y más recientemente de las rocas ornamentales (granitos, pizarras y mármoles) e incluso de productos que, como los áridos, no fueron considerados anteriormente. A la investigación minera más clásica se sumaba la del uranio (Junta de Energía Nuclear y E.N.U.S.A., seguidas por otras empresas privadas) y la del petróleo (Hispanoil, etc.).

El sector de la prospección minera fue ampliándose a los del control de leyes, modelización de los yacimientos, comercialización de los productos obtenidos, geotecnia e hidrogeología, conservación y restauración de un medio bastante deteriorado, y, poco frecuentemente, a la dirección y gestión de re-

Simultáneamente, y de forma paulatina, la Universidad también ha ido adaptándose y, a partir de insignes predecesores, ha proporcionado docentes e investigadores específicos en cada uno de los ámbitos citados en el mundo de la empresa económica.

Fruto de la investigación, del análisis, y de su síntesis, se ha iniciado la publicación de los conocimientos en libros de amplio espectro, en cuanto que abarcan los diversos sectores mineros, y, de carácter específico, en cuanto que incluyen desde la metódica descripción de la mineralogía hasta un avanzado grado de conoci-

mientos en torno a los productos mineros, su génesis, cubicación, leyes, mercados, etc.

Del amplio panel de profesionales que ha llegado a incluir el mundo minero, hoy ya se puede observar la lejanía en la que alguno de ellos inició su andadura profesional. Unos continúan en los «agujeros» mineros, otros han variado su actividad, ampliando otras disciplinas, al aprovechar sus conocimientos en el vasto campo de la investigación; en el específico de la geoquímica o geofísica; en el actual de mejora del medio-físico, desde restauración del impacto producido por la minería a lo largo de miles de años, hasta el almacenamiento de residuos industriales y nucleares en minas antiguas o en profundidades y litologías que aporten seguridad al medio y a las personas; en la gestión de los recursos económicos, técnicos y humanos que circundan la investigación y el negocio minero; incluso en la comercialización de los productos mineros obtenidos dentro de un mundo en el que domina el bienestar, la mejora de nuestro entorno y el sector servicios.

De forma similar a lo indicado, también nuestra minería, desde hace miles de años, ha presentado grandes saltos sobre la inicial utilización de los productos minerales en el embellecimiento femenino y en la extracción para la obtención de útiles de trabajo; hasta la necesidad de la esclavitud para realizar las explotaciones romanas que fueron abandonadas cuando los pobladores ibéricos se tornaron en hombres libres; hasta la «fiebre» del oro y todas sus connotaciones, buenas y malas, en la conquista de América; hasta la manifiesta relación con la historia de las antiguas explotaciones de plata, oro, casiterita, minerales preciosos, etc., así como la más reciente de minerales de wolframio durante las guerras mundiales; hasta el muchas veces implícito deterioro y contaminación ambiental; hasta la importancia relacionada con el P.I.B. y la dependencia, o no, de mercados internacionales y sus vaivenes; etc. Estos saltos, y otros equivalentes, van implícitos con el desarrollo y avances humanos, suponiendo variaciones relativas en la influencia de los diversos sectores económicos, así como de los sectores humanos y

profesionales con ellos asociados.

La minería en España, y los profesionales mineros relacionados con una formación geológica, se hallan hoy en unas circunstancias muy distintas a las que se encontraron en su inicio laboral hace muy pocas décadas. Todo ello les está conduciendo permanentemente a establecerse en los negocios mineros de cada momento; a una adaptación y, en ocasiones, a cambios drásticos, dejando permanente muestra de un conjunto de profesionales que han alcanzado cotas que les permiten trabajar en los mercados internacionales a costa, eso sí, de abandonar un excesivo inmovilismo territorial; de participar en la restauración del medio físico minero que, indirectamente, ellos contribuyeron a deteriorar; de estar presentes en las actividades que conducen a la mejor eliminación o almacenamiento de los productos (industriales y nucleares) más propios de las sociedades avanzadas donde retrocede el dominio de los sectores económicos primarios en beneficio de los secundarios y, ya también, de los terciarios; de introducirse en otros niveles del aprovechamiento minero como son los comerciales, los relacionados con la docencia y difusión editorial, los del coleccionismo y minería de productos esencialmente ornamentales; etc., etc.

Una prueba, pequeña, del quehacer del núcleo profesional de algunos geólogos, son los diversos y heterogéneos artículos y opiniones que constituyen el eje de este número de «Tierra y Tecnología». El esfuerzo de todos los profesionales relacionados con la minería está implícito y, por descontado, su capacidad para continuar en el conocimiento y aprovechamiento de las rocas y minerales, o bien para adaptarse, una vez más, dentro de un sector económico de los más antiguos y variado en su acontecer. El comentar si, igualmente, los sectores económicos, políticos y administrativos están dispuestos a evolucionar con el menor detrimento social y económico posibles no es motivo del presente comentario, aunque también de ellos esperamos el mismo esfuerzo que nuestros profesionales aportan a la sociedad. 🔳

EL SECTOR MINERO ESPAÑOL

JOSE CASAS RUIZ Tolsa, S. A.

n el presente artículo se analiza la evolución del sector minero español en el período 1982-1989.

La década de los 80 está caracterizada por una fuerte recesión de la industria minera, en su primera mitad, y que condujo a una minería más tecnificada con una reducción drástica de los costes de explotación.

En esta década se acentuó la preocupación generalizada por el medio ambiente que obligó a la adopción de medidas anticontaminantes y de restauración, con su consiguiente incidencia en los costes de producción.

La década finalizó con los cambios políticos y económicos en la Europa del Este, que están incidiendo, y sin duda lo seguirán haciendo, en el sector minero.

Por último, otro factor que aparece es el aumento de la producción secundaria y del reciclado, en detrimento de la producción primaria, y que será cada vez más acusado, sobre todo en los países desarrollados.

La C.E.E. y España como país integrante de la misma, están lejos de autoabastecerse de materias primas minerales. Esta dependencia de terceros países sería posible reducirla considerablemente, explotando las reservas mineras de países como Es-

TABLA I

VALOR DE LA PRODUCCION MINERA ESPAÑOLA (Millones de pesetas)

Años	Energéticos	Metálicos	Minerales industriales	Rocas	TOTAL
1982	141.821	44.818	30.426	35.126	252.191
1983	159.446	59.662	34.155	34.155	291.627
1984	172.123	73.245	37.853	38.404	321.625
1985	242.650	53.028	45.094	55.376	396.148
1986	276.159	69.677	43.860	47.980	437.678
1987	226.471	49.937	42.036	65.343	381.678
1988	221.299	55.811	49.604	80.885	407.600
1989	246.728	66.476	49.862	95.860	458.928

La década de los 80 se caracterizó por una fuerte recesión de la industria minera.

TABLA II
EVOLUCION DEL PORCENTAJE DEL VALOR DE LA PRODUCCION
DE CADA UNO DE LOS SUBSECTORES MINEROS (%)

Años	Energéticos	Metálicos	Minerales industriales	Rocas	
1982	82 57 18		12	14	
1983	56	20	12	12	
1984	54	23	12	12	
1985	61	13	12	14	
1986	63	16	10	11	
1987	59	13	11	17	
1988	54	14	12	20	
1989	54	14	11	21	

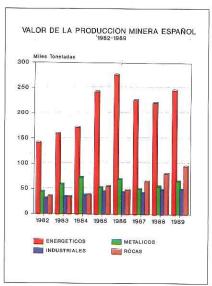


Gráfico 1

paña, Grecia y Portugal, siempre que se pudiera hacer de forma competitiva en el mercado mundial de materias primas.

En general, los recursos mineros de la C.E.E. son bajos y si se consideran los 15 principales metales y minerales, la producción de la C.E.E. cubriría solamente un tercio de las propias necesidades. El porcentaje de dependencia de España en su abastecimiento es del 30 % del total de sus necesidades.

AÑO 1989 AÑO 1989 AÑO 1982 EMERGETICOS INDUSTRIALES

Gráfico 2

La producción minera española está integrada por una gama variada de sustancias energéticas y no energéticas. Atendiendo a su valor, destaca la minería energética con el 54 % del conjunto del sector, en 1989. La minería metálica es la de mayor tradición, con una gran variedad de metales producidos que aportan a la producción minera el 14 % de facturación.

Los minerales y las rocas ornamentales están adquiriendo progresivamente una cierta importancia y con buenas perspectivas de futuro. Los porcentajes sobre el valor total de la producción minera en 1989, eran del 11 % y 21 %, respectivamente.

El incremento real del valor de la producción minera desde 1982 hasta 1989 fue de 7,3 %, lo que representa un incremento anual acumulativo de 1,04 %. La minería energética ha au-

mentado en 2,6 % a un ritmo medio próximo a 0,7 % anual. El sector de las rocas es el que más ha aumentado el valor de su producción, llegando a al-

La CEE y España como país integrante de la misma, están lejos de autoabastecerse de materias primas minerales.

canzar un incremento del 60,9 % en este mismo período, con lo que su crecimiento anual acumulativo se sitúa en el 8,7 %. Por el contrario, el valor de la producción de minerales metálicos e industriales ha disminuido en 12,5 % y 3,3 %, respectivamente, durante el período de tiempo considerado.

En la Figura n.º 3 está expuesto la distribución por Comunidades Autónomas del valor de la producción minera en 1989 y las principales sustancias que se producen.

La producción minera española no es nada excepcional a escala mundial, pero sí lo es con respecto a la C.E.E.

En la Tabla 4 se exponen las producciones de los distintos minerales y rocas desde el año 1982 al 1989. De su observación y de la de la figura ad-



FUENTE: Estadística Minera de España, 1989 (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo).

Figura 3

TABLA III PRODUCCION MINERA ESPAÑOLA (Miles de Tms.)

Minerales energéticos	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	Variación (%)
Hulla	10.217	10.048	9.813	10.281	10.286	8.739	8.919,1	8.969,8	- 12,2
Antracita	5.205	5.370	5.475	5.810	5.609	5.361	5.276,1	5.519,2	+ 6,0
Lignito negro		7.247	6.897	6.279	5.897	4.863	4.689,5	4.635,1	- 36,4
Lignito pardo		17.286	17.405	17.292	16.527	15.627	12.959,7	17.274,8	- 0,06
Crudos de petróleo	1.530	2.976	2.245	2.088	1.805	1.640	1.482	1.038	- 32,1
Gas natural*	2.976	5.200	176.832	272.596	383.807	750.344	951.654	1.623.056	
Uranio (Conc.)**	215	241	260	274	293	302	300,7	301,8	+ 40,4

^{* 1.000} m³ ** Tm.

Minerales metálicos	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	Variac	ción (%)
Hierro	3.690,3	3.552,6	3.557,5	2.926	2.761	2.109	1.924,9	2.127,6	(42,3
Cobre	47,6	54,8	63,1	61	51	16,2	14,1	27,5	1	42,2
Plomo	73,2	82,0	96,7	86	82	81,6	74,6	62,7	_	14,3
Cinc	167,1	157,7	230,4	235	233	272,5	281,7	269,7	+	61,4
Estaño	0,514	0,444	0,437	0,537	0,296	0,077	0,066	0,056	_	89,1
Wolframio	0,686	0,651	0,713	0,578	0,624	0,1	0,101	0,072	-	89,5
Mercurio	1,65	1,41	1,52	1,55	1,48	1,57	1,72	1,22		26,1
Oro*	3.375	3,720	4.261	4.769	4.092	5.505	5.571	6.710	+	98,8
Plata*	116.176	214.900	309.600	194.096	172.955	214.467	220.477	250.684	+]	115,7

^{*} Kgs.

Minerales no metálicos	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	Variación (%)
Azufre (piritas)	1.008,3	974,0	1.094,9	1.231	1.191	1.010	1.056	879	- 12,8
Sales potásicas	691,9	656,7	677,2	658,9	701,9	741,2	766	741,4	+ 6,7
Fluorita	236,5	218,9	279,8	289,7	272,7	147,1	138,2	165,8	- 29,8
Sulfato sódico	279,4	393,7	452,6	398,6	450,3	401,2	404,8	536,3	+ 91,9
Magnesita	154,4	173,8	169,2	145,8	148,3	106,4	125,6	138,5	- 10,3
Yeso	5.048,6	5.620,4	5.365,8	5.524,5	5.062,9	6.684,6	7.468,6	7.032,9	+ 39,3
Cuarzo	455,5	492,2	367,8	247,1	557,5	523,6	966,4	901,7	
Feldespato	131	116,1	136,9	136,2	135,5	161,6	195,6	198,2	
Caolín	66,2	74,8	99,9	124,8	138,9	159	174,2	151,4	+ 128,7
Bentonita	112,3	82,5	72,6	90,2	114,9	103,4	103,7	143,4	+ 27,7
Attapulgita	42,9	41,6	43,9	59,7	67,8	40,8	43,6	23,9	- 44,2
Sepiolita	329,2	306,6	283,9	267,4	369,3	374,7	383,6	384,4	+ 16,7

Minerales no metálicos	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	Variación (%)
Granitos	295,1	315,5	365,1	469,5	654,9	496,9	530,6	589,3	+ 99,7
Pizarras	317,6	300,8	337,4	354,1	452,5	556,8	719,8	805,7	+ 153,6
Mármoles	202,6	199,6	203,6	236,2	226,9	269,7	532,1	525,75	+ 159,5

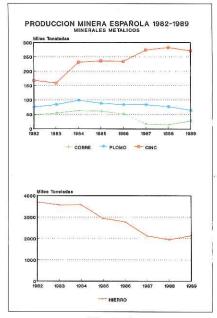


Figura 4

junta se puede destacar una disminución en la producción de hulla, lignito negro y crudos de petróleo; el mantenimiento en la producción de lignito pardo y el aumento moderado de la antracita, y más acusado de uranio, y, por último, uno muy considerable en la producción de gas natural.

En el sector de los minerales metálicos hay un descenso generalizado de la producción, salvo en el caso del cinc, oro y plata. La producción de Sn y W en 1989 es prácticamente nula.

Entre los minerales industriales que aumentaron su producción está

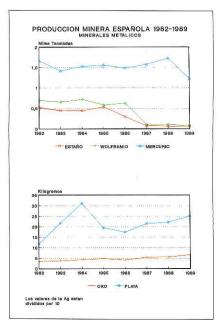


Figura 5

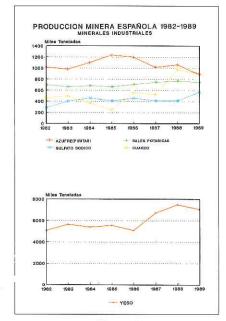


Figura 6

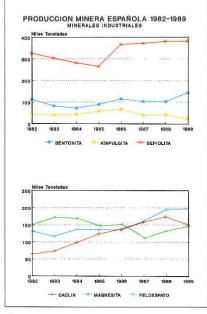


Figura 7

el caolín, sulfato sódico, yeso, bentonita, sepiolita, cuarzo, feldespatos y potasas. Descendió la producción de la attapulgita, fluorita, piritas y magnesita.

El sector de las rocas ornamentales fue el que aumentó su producción de forma generalizada y muy significativamente, llegando a triplicarla en el caso de la pizarra y mármoles, y prácticamente duplicarla en los granitos.

FUENTES:

- PANORAMA MINERO. Ministerio de
- Industria, Comercio y Turismo.

 ESTADISTICA MINERA DE ESPAÑA. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

 – MINERAL COMODITY SUMARIES.
- U. S. Bureau of Mines.
- WORLD MINERAL STATISTICS. British Geological Survey.

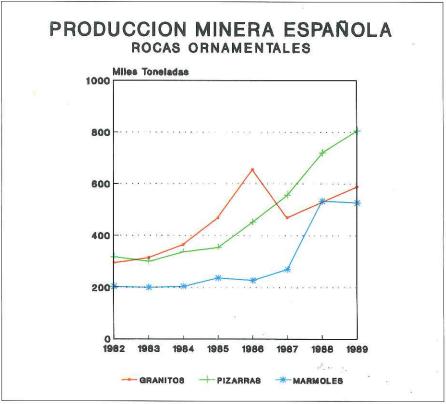


Figura 8

LA MINERIA Y LA ADMINISTRACION

RICARDO ARTEAGA RODRIGUEZ Director de Recursos Minerales del Instituto Tecnológico Geominero de España

n España, el subsuelo es un bien de dominio público. Por lo tanto, los yacimientos minerales de origen natural, y demás recursos geológicos, han de ser administrados por el Estado en orden a obtener de los mismos el máximo aprovechamiento, compatible con una explotación racional que no comprometa su futuro.

La investigación y explotación de yacimientos se realiza generalmente por sociedades privadas, mediante una concesión administrativa, institución tradicional, y principio básico de nuestro ordenamiento minero.

Para aprovechar debidamente las riquezas del subsuelo, la Administración, antes de proceder a la concesión, exige la presentación de un plan de labores adecuado al interés y perspectivas de desarrollo que en su momento ofrece cada yacimiento.

A partir de la entrada en vigor de la Ley de Minas, n.º 22 de 1973, de 21 de julio, se ha atenuado la aplicación del principio absoluto de prioridad, basado exclusivamente en la mayor antigüedad de la fecha de solicitud para un determinado terreno. Se tienen en cuenta, además de la mejor adecuación de los planes de labores antes citados, la solvencia científica, técnica y económico-financiera de los solicitantes.

Para asegurar la adecuada concesión, y antes de iniciarse la explotación de un yacimiento, es necesario demostrar que, mediante labores de investigación, se ha podido comprobar satisfactoriamente la existencia de unas reservas susceptibles de aprovechamiento racional.

En minería es muy necesario tener en cuenta que toda labor subterránea que se inicie en un área concreta afectará, a lo largo del tiempo, a un entorno más o menos amplio, en función de las características geotécnicas del terreno que alberga el yacimiento, de tal forma que una actuación mal planificada en aquélla puede imposibilitar la extracción de otra área concreta. También es necesario

considerar que la explotación de las partes más ricas de un yacimiento puede inutilizar el beneficio de otras zonas adyacentes de menor ley, que podrían haberse extraído con una cotización más alta de la sustancia considerada algunos años después, o haberse compatibilizado simultáneamente, con la extracción de un mayor tonelaje que, aun con menor ley media, proporcione beneficios suficientes al establecimiento minero.

En general, la creación de cotos mineros favorece la concentración de aprovechamientos, un adecuado diseño de las plantas de tratamiento, y un rendimiento mucho mayor en la recuperación de las sustancias útiles de la mena extraída.

Todas estas razones, no sólo justifican, sino que exigen, que la Administración examine cuidadosamente, tanto el otorgamiento de las concesiones, como la vigilancia escrupulosa del desarrollo de los planes de labores aprobados.

Es lógico también que, a la vista de las razones expuestas anteriormente, se prevea una colaboración estrecha de los particulares con la Administración en la obtención de muestras y datos de naturaleza geológica, y que, tal como indica el Art. 6.º.1 de la Ley, para el perfeccionamiento y actualización del conocimiento geológico del país, toda persona natural o jurídica u órgano de la Administración que realice un trabajo, cualquiera que sea su clase u objeto, cuya profundidad sobrepase los 25 metros por debajo de la superficie, deberá informar a la correspondiente Delegación Provincial del Ministerio de Industria de la iniciación de los trabajos, y suministrar los datos geológicos y mineros que del trabajo en cuestión se hayan obtenido al Instituto Tecnológico Geominero de España, si éste lo solicita, así como permitir al personal titulado competente designado el acceso a las obras, con el objeto de comprobaciones o de obtener datos complementarios.

Con motivo de las transferencias de competencias, funciones y servicios efectuadas a las Comunidades Autónomas, es conveniente señalar que actualmente una gran mayoría de las Direcciones Provinciales dependen directamente de la correspondiente Autonomía. Al objeto de adecuar las disposiciones de la Ley de 1973 al Estado de las Autonomías, se está elaborando la nueva Ley de Bases de la Minería.

Ayudas a la Minería

El hecho de que el régimen jurídico sobre la minería en España establezca el dominio soberano del Estado sobre los recursos del subsuelo, ha de obligar a aquél, no sólo a la administración y control de las actividades que las empresas puedan desarrollar, sino también, y lógicamente, a estimular el desarrollo y perfeccionamiento de la actividad minera en nuestro territorio.

Para que se pueda desarrollar la actividad minera, es necesario que, previamente, se hayan realizado trabajos de exploración e investigación geológico-minera que hayan permitido delimitar yacimientos explotables.

Estas etapas iniciales comportan un alto riesgo económico, por la incertidumbre de poder lograr resultados positivos, y, por ello, la Administración destina parte de su presupuesto a la investigación minera, de diversas formas: concediendo ayudas y subvenciones a la iniciativa privada, elaborando la infraestructura geológico-minera, e investigando directamente nuestro subsuelo en los recintos delimitados por las reservas estatales.

Estas acciones del Estado quedan establecidas, tanto en la vigente Ley de Minas, como en la Ley de Fomento de la Minería, de 1978, encomendándose el desempeño de las funcio-

nes correspondientes al Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Dentro de este Departamento, le corresponde a la Secretaría General de la Energía y Recursos Minerales y, en particular, a la Dirección General de Minas y de la Construcción, la elaboración y ejecución de la política de aquél en orden a la exploración y aprovechamiento de los yacimientos minerales y recursos geológicos, repartiendo la carga investigadora entre los diferentes centros públicos capaces de desarrollar los programas de exploración minera, buscar las cooperaciones privadas más adecuadas en cada caso, y distribuir y coor-

dinar los recursos públicos que existen en las diferentes administraciones, entre los distintos objetivos y proyectos que se decidan.

La vía de financiación pública más conocida, por su antigüedad, es el «Factor de Agotamiento», que actúa a través de las desgravaciones fiscales. Viene regulado por la Ley de Fomento de la Minería, y estimula la exploración e investigación minera, mediante la fór-

mula de que la Administración renuncia a recursos fiscales exigibles, permitiendo que las empresas detraigan fondos antes de impuestos, siempre que aquéllos, con cargo a sus beneficios o a sus ingresos, se destinen, en plazos definidos, a investigar nuevas producciones o yacimientos, es decir que generen nuevas reservas minerales.

Una ayuda estatal muy importante para la exploración e investigación minera es la Línea Especial para Investigación Minera (LEIM), que financia hasta el 90 % de las inversiones necesarias, en base solamente a la garantía de los derechos mineros investigados. Si no se obtiene éxito, no hay obligación de reintegro, pero sí de renuncia, a favor del B.C.I., de los derechos mineros. Si la investigación financiada tiene éxito, sirviendo de base para un aprovechamiento minero rentable, éste representará el soporte futuro para la devolución de la ayuda prestada. La LEIM está dotada anualmente con fondos del Presupuesto de la Dirección General de Minas y de la Construcción, si bien ha sido concebido como un fondo que, tras su maduración, ha de pasar a autofinanciarse con la devolución de las ayudas recibidas de los proyectos que obtengan éxito económico.

Actuación directa de la Administración

Por otra parte, la Administración participa también directamente en la minería mediante los trabajos que realizan la Dirección General de Minas y de la Construcción, y el Instituto



Tecnológico Geominero de España.

La Dirección General de Minas y de la Construcción desarrolla, dentro de Reservas Estatales, las fases más avanzadas de la investigación minera, mediante los proyectos que constituyen el «Programa de Investigación Sistemática de Recursos Minerales» (SISTEMINER), con la finalidad de investigar metódicamente el potencial minero del país. Actúan como operadoras empresas públicas del sector. Posteriormente se han podido acoger también al SISTEMI-NER empresas mineras que presenten «Planes estratégicos de adaptación competitiva» (PEAC) y suscriban un Convenio con la Dirección General de Minas y de la Construcción, O.M. de 20-10-87.

Al Instituto Tecnológico Geominero de España le corresponde, entre otras actuaciones esenciales, la elaboración de la infraestructura geológica, y geológico-minera, que comprende la cartografía básica, el inventario, exploración e investigación de los indicios y recursos geológicos y mineros, el programa de explora-

ción sistemática, la investigación y desarrollo de técnicas y métodos, y el mantenimiento de una base informática y documental.

Dentro de la cartografía básica, el ITGE realiza: las hojas a escala 1:50.000 de todo el territorio nacional (MAGNA), la cartografía geológica de síntesis a escala 1:200.000, el Mapa Metalogenético Nacional, a escala 1:200.000 y el Mapa de Rocas Industriales a escala 1:200.000.

En los mapas metalogenéticos y de rocas a escala 1:200.000 se reflejan los indicios y los yacimientos, así como los metalotectos de las principales agrupaciones de mineralizacio-

nes; se acompaña una memoria explicativa, un archivo de fichas de indicios, se archiva una colección de muestras de mano, probetas pulidas y láminas delgadas, y se estructura una base de datos informatizada que permiten hacer diversos tipos de búsqueda.

En el programa de exploración sistemática (P.E.S.), se desarrolla un muestreo de sedimentos de arroyo (2-4 muestras/ Km²), y una campaña de

concentrados de batea (una muestra cada 2 a 4 Km²), análisis de 25 elementos, y tratamiento informático de datos para determinación de áreas anómalas.

Los inventarios de recursos realizados abarcan Pb, Zn, Sn, W, Fe, Cu, Ti, Mn, Sb, Au, Li, espato-flúor, baritina, talco y feldespatos. Además, se edita anualmente un *Panorama Minero* en el que se recogen, junto a la producción mínima nacional de cada sustancia, un comentario de reservas y recursos, situación respecto a la producción mundial, etc.

Finalmente, el ITGE también realiza investigación geológico-minera en reservas estatales, establecidas en zonas poco conocidas desde el punto de vista minero, pero con buenas perspectivas geológicas, para delimitar áreas concretas sobre las que pueda investigar la minería privada, mediante un concurso, administrado por la Dirección General de Minas y de la Construcción. De esta forma se evita que los particulares tengan que exponer capital en las primeras etapas de exploración e investigación, que son las que presentan mayor riesgo.

UTILIDAD Y APLICACION DE NUEVAS TECNICAS MULTIDISCIPLINARES EN LA EXPLORACION DE YACIMIENTOS MINERALES

P. GUMIEL MARTINEZ
D. Recursos Minerales (ITGE)

as dos últimas décadas han sido trascendentales para el avance del conocimiento científico, en general, en todas las disciplinas (física, química, matemáticas, etc.) y en particular, en las ciencias geológicas. El desarrollo tecnológico, en especial la «explosión» informática de los últimos diez años, ha proporcionado medios cada vez más eficaces de análisis, observación y tratamiento conjunto de los datos, lo que da lugar al establecimiento de «modelos» cada vez más rigurosos y completos. La explotación de yacimientos minerales, como una de las principales ramas de la geología económica, no podía ser menos en este sentido.

Desde el esplendor de la Era Romana, que supuso un gran desarrollo en la prospección y beneficio de los yacimientos minerales, en particular de oro, pasando por la prospección y minería del siglo XVI (Agrícola, De Re Metálica, 1556), hasta la «fiebre del oro» que condujo a buscadores y aventureros a la Conquista del Oeste de Estados Unidos, todos tenían un objetivo común que era buscar y con suerte encontrar un yacimiento mineral. Ellos sabían que la técnica más barata, accesible y útil era «la batea» de todos los arroyos que formaban las cuencas fluviales de las áreas de trabajo. Esto les permitía seleccionar, aguas arriba, las zonas más favorables y, posteriormente, comenzar su laboreo.

En la actualidad, y siguiendo con la herencia de aquellos pioneros, la prospección mineralométrica estratégica de una determinada zona es la primera fase de toda campaña de exploración minera. Pero además, hoy existe la posibilidad de aplicar nuevas técnicas que sirvan de ayuda al prospector en la difícil tarea de la búsqueda de un determinado yacimiento. Hoy día, no se puede concebir un proyecto de investigación minera sin el apoyo que, a todas las escalas,

En épocas pasadas los buscadores de oro utilizaban la técnica más barata: «la batea» de todos los arroyos de las áreas de trabajo.

supone la aplicación de las nuevas tecnologías. Es precisamente de esto de lo que se va a tratar a continuación.

Obviamente, es imposible resumir o ni siquiera enumerar en unas cuantas páginas todas las técnicas que actualmente se están aplicando en la exploración moderna de yacimientos minerales. Tampoco es posible, ni es el objeto de este trabajo, especificar cuáles son las técnicas que conviene aplicar en cada caso, lo que depende del tipo de yacimientos y de las características geológicas del área a investigar. Por esta razón, se ha preferido enfocar el trabajo presentando algunas experiencias del autor a este respecto, y, aunque de esta forma la contribución pueda pecar de personalismo, sería suficiente si lograse captar la atención de los lectores implicados en el tema y que el lector pudiera plantearse la siguiente reflexión: «la exploración moderna de yacimientos minerales tiene que conjugar un equilibrio entre las nuevas técnicas y los métodos tradicionales, aprovechando la utilidad de la informática en la interpretación y tratamiento de los datos».

La aplicación de nuevas tecnologías a la exploración se realiza a todas las escalas (regional, local y a escala de yacimiento) y en todas las fases de la misma. A escala regional, las técnicas de geoquímica de barrido multielemental han supuesto un gran avance en la fase estratégica de cualquier proyecto de exploración. La toma de muestras debe hacerse de forma sistemática y después aprovechar las facilidades que proporciona el uso de algoritmos específicos para combinar los elementos que puedan tener importancia en una determinada zona a investigar.

El uso de la teledetección, empleando sofisticadas técnicas de tratamiento de imágenes es muy necesario en toda campaña previa de exploración minera. Hay que resaltar dos importantes aplicaciones; la primera es como apoyo a la geología estructural y a la cartografía de grandes estructuras y la segunda es como herramienta útil en la exploración minera regional. El control de lineamientos y su posterior tratamiento y análisis, aprovechando la información espacial y direccional de los mismos, proporciona criterios de selección de áreas favorables para albergar mineralizaciones. La utilización de mapas de densidad y frecuencia de lineamientos, con procesos de filtrado direccional y mapas de dominancia direccional (Sanderson & Dolan, 1986) es muy útil en la delimitación de áreas con diferentes patrones de fracturación, o zonas de intersección de fracturas, solapes, terminaciones y ramificaciones de fallas, etc. Su correlación con los datos de geología estructural sobre el terreno, puede conducir a la localización de fallas de extensión o zonas de dilatación favorables para que se concentre una determinada mineralización.

Los datos multiespectrales registrados por los satélites Landsat Thematic Mapper (TM) y Spot proporcionan una valiosa información para establecer diferencias espectrales en suelos y rocas que con frecuencia están relacionadas con procesos de alteración típicos de determinados yacimientos minerales. La cartografía de las áreas de alteración hidrotermal mediante el uso de imágenes ha dado excelen-

La utilización de mapas de densidad y frecuencia de lineamientos es muy útil en la delimitación de áreas con diferentes patrones de fracturación.

tes resultados en zonas muy áridas. Concretamente, los avances más recientes han sido debidos a la utilización de sensores de alta resolución en zonas como Nevada (USA), Arabia Saudí, etc., donde las alteraciones hidrotermales son muy espectaculares y existen buenos afloramientos. Sin embargo, los trabajos de aplicación de la teledetección a la exploración de yacimientos minerales, en áreas densamente cubiertas de vegetación son más escasos, y por esta razón, a continuación se presenta el caso del «Carolina Slate Belt» en la Cordillera de los Apalaches (USA).

El Carolina Slate Belt es una potente secuencia de rocas metamórficas de origen volcano-sedimentario, constituida por rocas volcanoclásicas, tobas, lavas endesíticas, pizarras y sedimentos tobáceos, de edad Proterozoico Z-Cámbrico Medio. Se extiende durante más de 650 Km, desde Georgia en el Sur, hasta Virginia en el Norte. Poco se sabe sobre la extensión real de las facies y las correlaciones estratigráficas deben realizarse con cautela, dada la escasez de afloramientos debido a la espesa cobertera vegetal. Esto motivó la necesidad del uso de imágenes Landsat TM como herramienta para la exploración de yacimientos minerales en el área. El análisis de imágenes permitió (Schmidt et al., 1987) la delineación de nuevas áreas con intensa alteración hidrotermal. A partir de suelos expuestos, espectralmente anómalos, en campos arados de zonas cultivadas se observó una buena correlación con determinadas áreas de alteración potásica, relacionada con cuerpos intrusivos subvolcánicos. La distribución espacial de cuerpos plutónicos así como la presencia de amplios sectores con alteración silícica es de gran importancia por su potencial aurífero y este objetivo está siendo actualmente investigado por varias compañías de exploración americanas.

Por otra parte, las respuestas espectrales que presentan los suelos expuestos en campos arados de áreas cultivadas discriminan rocas afectadas por metamorfismo de contacto en zonas de metamorfismo regional de bajo grado (Rowan et al., 1987, Antón-Pacheco et al., 1988). La delimitación y cartografía de estas aureolas, en base al uso de imágenes Landsat TM, ha dado excelentes resultados en Extremadura y es de gran importancia en la búsqueda de

cúpulas graníticas subaflorantes que pueden presentar asociadas mineralizaciones de Sn, W, Li, Bi y Au en otros sectores del Macizo Hespérico español.

Técnicas geofísicas, como gravimetría estructural o minera, magnetometría, VLF, etc., dependiendo de las sustancias a investigar y de la escala de trabajo, se emplean como técnicas de apoyo, principalmente enfocadas al control estructural (geometría de fallas en profundidad, discontinuidades litológicas, etc.) y a la delimitación de cuerpos intrusivos. El empleo de estas técnicas, junto con la teledetección, el análisis estructural y el estudio de las anomalías en el terreno, integradas en diferentes niveles de información superpuestos, ha sido una herramienta útil de exploración en el área de La Codosera, Extremadura (Campos y Gumiel, 1990, Campos y Plata, 1991). Técnicas geofísicas heliportadas multimétodo (Arnaiz de Guezala, 1990), incluyendo un sistema electromagnético multifrecuencia, un magnetófono de alta sensibilidad y VLF, se están empleando como apoyo a la geología estructural y en la delimitación de la cobertera terciaria, en la prospección de uranio en las proximidades de la Mina Fe en Ciudad Rodrigo (Salamanca). La geofísica heliportada es un método útil para campañas de áreas extensas, en las que interese conseguir una información de conjunto, limitando los métodos geofísicos terrestres a áreas seleccionadas en las que se vaya a trabajar con mayor detalle.

El tratamiento conjunto de los datos se realiza con objeto de llegar a establecer modelos más elaborados y áreas de predicción favorables para la localización de un yacimiento mineral. En este sentido, los Sistemas de Información Geográficos (GIS) suponen una valiosa herramienta en la exploración de yacimientos minerales (Fig. 1) ya que permiten analizar conjuntamente toda la información disponible a diferentes escalas, utilizando distintas combinaciones o capas de información superpuestas. Esto ha sido particularmente útil en el área de La Codosera anteriormente mencionada.

Utilizando la información disponible, desde el mapa geológico base, la situación de indicios de oro (triángulos amarillos) y sondeos (puntos blancos), a datos aeroradiométricos (anomalías moderadas de porcentaje de potasio $K_{(e)}$, obtenidos de ENUSA, en azul), suelos anómalos de

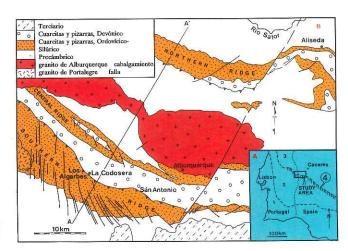
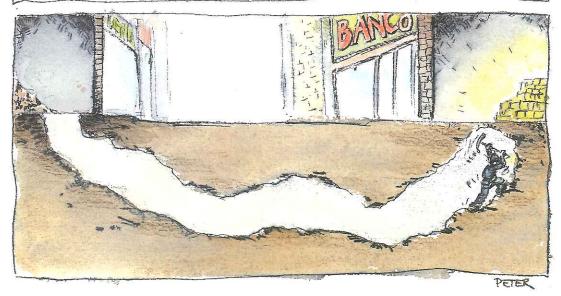


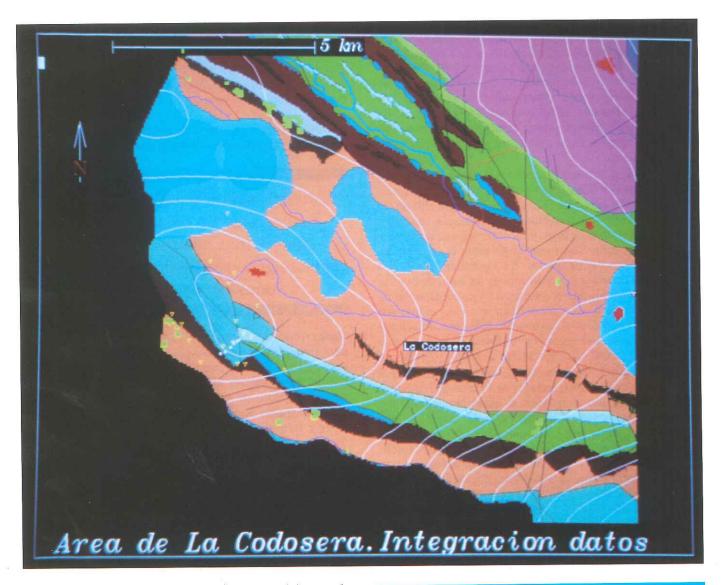
Fig. 1.—Situación del área oeste de La Codosera, e integración de datos. Obtenido a partir de un Sistema de Información Geográfico en el ITGE.

HUMOR ON THE ROCKS









metamorfismo de contacto (en rojo) y curvas del mapa de anomalías de Bouguer (líneas blancas), que definen un mínimo gravimétrico, resulta evidente una notable coincidencia espacial entre todos los datos. Todo apunta a la posible existencia de un cuerpo intrusivo en profundidad, y aunque, si bien se desconoce cuál sería su papel, respecto a las mineralizaciones de oro (drenaje y calentamiento de fluidos hidrotermales?), es otro objetivo de exploración que no hay que olvidar.

En una determinada zona, es decir a escala local, geoquímica táctica de suelos, litogeoquímica de precisión, análisis estructural, de detalle, sobre el terreno (ej. análisis cinemático de fallas), estudio de indicios, etc., se están empleando con buenos resultados en general. El establecimiento de modelos estructurales (geometría de las mineralizaciones), en los que se puedan seleccionar áreas con potencial interés minero, es de gran utilidad en la prospección. Esto se ha realizado así en el área de La Codosera (Gumiel, 1991). Además, para la misma zona, el modelo geométrico «dominó» o «bookshelf» de fracturación tardihercínica en un contexto transpresivo (Sanderson et al., 1991) explica la evolución estructural de ese sector, que forma parte del límite de la Zona Centroibérica y Ossa Morena y está siendo muy útil en la exploración de mineralizaciones auríferas en la región.

A escala de yacimiento, el estudio de inclusiones fluidas y el análisis de isótopos estables (D/H, C¹³/C¹², O¹⁸/O¹⁶

La exploración moderna de yacimientos minerales tiene que conjugar en equilibrio entre las nuevas técnicas y los métodos tradicionales.

v S³⁴/S³²) en fases minerales y en inclusiones fluidas, proporcionan información muy valiosa sobre el origen de los fluidos, su composición y las condiciones de precipitación de los metales. Por otra parte, estudios modernos de componentes gaseosos en inclusiones fluidas de minerales de las menas y las gangas, son un valioso método de caracterización de los fluidos mineralizadores, y facilitan la interpretación de los procesos geoquímicos que intervienen en la formación de los yacimientos minerales. Por ejemplo, la aplicación de estudios de análisis cuantitativos de componentes volátiles en inclusiones fluidas de algunos yacimientos americanos; Coeur d'Alene (Idaho), Mississippi Valley (Missouri, Arkansas), así como en los epitermales relacionados con calderas (Creede, Colorado), Landis et al. (1987), o en los yacimientos de Sn-W del SW de Inglaterra (Shepherd & Miller, 1988) han suministrado nuevos criterios de exploración.

Estudios de modelización de las condiciones termodinámicas —cambios en las condiciones de P, T y fO₂— y análisis de las interrelaciones de componentes volátiles, como CO_2 , N_2 , CH_4 y NH_4 (Naden & Shepherd, 1989), aportan datos de gran interés sobre la potencialidad metalogénica de los fluidos. Así mismo, estudios sobre la interacción de los fluidos con las rocas encajantes, suministran buenos criterios de exploración, particularmente para los yacimientos de tipo filoniano.

Las nuevas técnicas de análisis ICP-MS (Inductively Coupled Plasma y Mass Spectrometry), junto con la caracterización multi-isotópica (Pb, U, Rb, Sr, Sm y Nd) de los fluidos, y estudios de movilidad de elementos, mediante datos de maduración de la materia orgánica, están suministrando información muy interesante sobre la caracterización geoquímica de los fluidos. En particular de aquellos relacionados con sistemas hidrotermales y sobre todo en lo referente a mecanismos de transporte y concentración de determinados elementos. Su aplicación a los yacimientos tipo Mississippi Valley y Au-metales preciosos, relacionados con sistemas hidrotermales, en Estados Unidos, ha sido puesta de manifiesto por Meier & Lichte (1987).

Por otra parte, técnicas de discriminación de cuarzos estériles y mineralizados, basadas en la termoluminiscencia de determinados minerales, se están empleando con éxito en algunos casos (Charlet, 1987). La termoluminiscencia se basa en la propiedad que tienen los cristales de emitir luz por calentamiento, cuando han sido previamente irradiados natural o artificialmente. Por calentamiento de minerales comunes, generalmente el cuarzo, y midiendo la intensidad de luz frente a la temperatura, se obtiene una curva «glow» (Fig. 2). La intensidad medida de luz representa la liberación de electrones, a partir de los defectos de las redes cristalinas, disociados por efecto de los radionucleidos. Aunque su origen puede ser muy complejo (puede estar ligado a factores de químismo inicial, ej. elementos traza, radio iónico, condiciones de P, T, etc.), suministran otro tipo de información que puede ser útil en la discriminación de sistemas filonianos.

En el ejemplo de la Fig. 2, se analizaron 12 muestras de cuarzos mineralizados y estériles de varias zonas en las proximidades de La Codosera, incluyendo algunos cuarzos de filones encajados en el granito de Alburquerque (Roberts & Dee, 1991). Aunque no se obtuvo una buena discriminación entre cuarzos mineralizados y estériles, sí se observa que los picos de las curvas son más acentuados en los cuarzos que provienen del granito que en aquellos que provienen de los filones situados en los materiales paleozoicos. Probablemente esto es debido, a que los cuarzos de los filones intragraníticos están sometidos a radiación.

Otras técnicas analíticas como beta-autoradiografías inducidas por activación neutrónica (Potts, 1984) son útiles para la localización de determinadas fases menores (ej., elementos como Sc, Co, Y, Cs, Tierras Raras, Ta, Re, Ir, Au, Th y U) en secciones delgadas o probetas pulidas de algunos minerales. Esencialmente, la técnica se basa en el registro, en una emulsión muy sensible, de las emisiones de partículas beta de los elementos. Las muestras se someten a irradiación neutrónica en un reactor nuclear y se miden las partículas beta que emiten los isótopos en función de su período de desintegración y emisión de partículas beta. No obstante, el empleo de este método en muestras de La Codosera reveló que parte del Au se encontraba en las redes de la arsenopirita.

La tendencia actual es a integrar las características geoquímicas de los fluidos en su contexto estructural y así llegar a establecer modelos geoquímico-estructurales que proporcionen más guías de exploración. Esto se ha intentado desarrollar en el área de La Codosera (Roberts et al., 1991).

Aún con el desarrollo de nuevas tecnologías que actualmente pueden aplicarse en la exploración, al final, los

Estudios sobre la interacción de los fluidos con las rocas encajantes, suministran buenos criterios de exploración, particularmente para los yacimientos de tipo filoniano.

sondeos con recuperación de testigo continuo son la única herramienta que proporciona muestras en profundidad. De aquí que, aunque supongan un elevado coste, sean insustituibles por la valiosa información que suministran, tanto desde un punto de vista estrictamente geológico, como desde un punto de vista económico, para la valoración de leyes y tonelajes.

En este momento pueden surgir dos importantes cuestiones; ¿Cómo sacar más información de los testigos de sondeo que sirva para paliar los elevados costes que conlleva esta fase de exploración?, ¿Qué aplicaciones pueden tener las matemáticas a la exploración minera? Respecto a esto último, Turcotte (1986) aplica los descubrimientos de Mandelbrot (1967) sobre la organización fractal de la naturaleza y comprueba que las relaciones tonelaje/ley de algunos yacimientos de Hg, Cu y U de Estados Unidos presentan distribuciones fractales.

En 1991, al disponer de los testigos de sondeos que el ITGE tiene del área de La Codosera, y preocupados por las cuestiones anteriormente planteadas, surgió la idea por

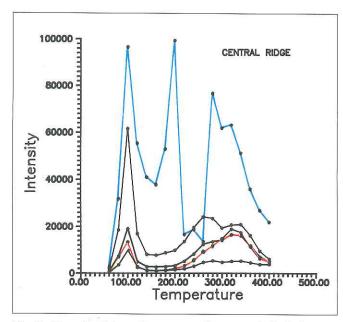


Fig. 2.—Termoluminiscencia en venas de cuarzo de la Codosera.

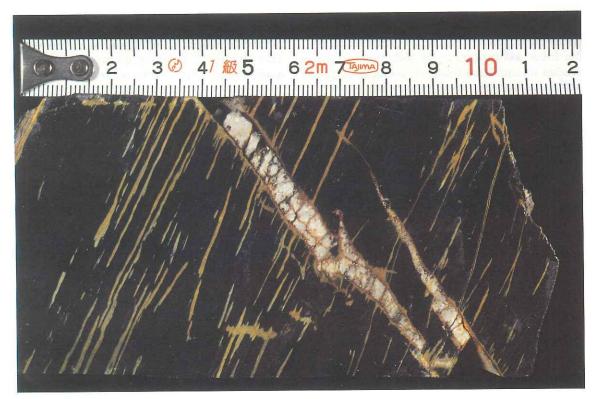




Fig. 3,-Venas de cuarzo auríferas intersectadas en los sondeos del ITGE en el área de La Codosera.

parte del equipo de investigadores del ITGE y de la Universidad de Southampton; Sanderson, Roberts y Gumiel (in litt.) de querer avanzar más en el conocimiento de la organización y distribución de los diferentes sistemas filonianos del área de La Codosera, los cuales presentan una característica principal común que es su *«irregularidad»*. Si se llega a conocer con detalle la organización de esa irregularidad, a qué leyes obedece la distribución espacial de las venas, y a discriminar cuáles son los sistemas filonianos

auríferos, y por qué la concentración de oro se produce en unos y no en otros grupos de venas, se habrá avanzado mucho en el conocimiento y caracterización formal de un grupo de yacimientos que se ha considerado históricamente errático o caótico.

Una de las formas de abordar el problema es mediante la aplicación de técnicas de análisis fractal a los diferentes conjuntos filonianos. «El grado de irregularidad o interrupción» de un sistema natural se mide mediante su dimensión fractal (D). En este sentido, Sanderson, Roberts y Gumiel (in litt.) y Gumiel et al. (en preparación) sugieren que, los espesores de las venas en el área de La Codosera muestran distribuciones bilogarítmicas de influencia (power law) que pueden interpretarse como el resultado de geometrías fractales autoafines. Los diferentes conjuntos de venas muestran diferentes parámetros escalares D y C en la relación fractal: $N(t) = Ct^{-D}$, donde N es el número de venas con espesor > t. Los resultados preliminares apuntan que la dimensión fractal (D) de los sistemas filonianos auríferos es menor que la de los sistemas estériles (Figs. 3 y 4), contribuyendo así a una discriminación entre ambos.

Por último, el esfuerzo de síntesis de estas líneas que pretenden reflejar el gran número de nuevas técnicas que, de forma integrada, pueden ser importantes en la exploración moderna, habría sido en vano si algún lector sacara la equivocada idea de que los yacimientos minerales, con las facilidades tecnológicas que hoy día existen, pueden ser es-

BIBLIOGRAFIA

Antón-Pacheco, C., Rowan, L., Payas, A., Bel-Ian, A., Kingston, M., Riaza, A. & Birckey, D. W. (1988): The use of supervised Bayesian classification on Landsat digital Thematic Mapper data to map contact metamorphic rocks around the Trujillo and Plasenzuela plutons, Extremadura, Spain. II European Workshop on Remote Sensing in Mineral Exploration, CEE publication, EUR 11317 EN-FR, pp. 469-492.

Arnaiz de Guezala, J. (1990): Geofísica heliportada multimétodo, pp. 104-115, en Development of new multi-disciplinary techniques for mineral exploration in several areas of the western Iberian Peninsula, vol. II, eds. Gumiel, P., Arnaiz de Guezala, J., Matos Dias, J. M. y

Arribas, A. (CEE inf. privado).

Campos, R. y Gumiel, P. (1990): Estudio gravimétrico en Extremadura (Zonas de La Codosera-Alburquerque y Albalá) y su aplicación a la exploración de yacimientos minerales. Bol. Geol. Min., vol. 101-1, pp. 122-134.

Campos, R. y Plata, J. L. (1991): Gravity Survey, pp. 55-66, en Development of new multidisciplinary techniques for mineral exploration in several areas of the western Iberian Peninsula (vol. I), eds. Gumiel, P., Antón-Pacheco, C. & Campos, R. Publicaciones Especiales Bol. Geol. Min., 109 pp.

Geol. Min., 109 pp.

Charlet, J. M. (1987): La thermoluminiscence des quartz du district auroantimonifère de Saint-Yrieix (Haute-Vienne, France), application à la prospection et à l'évaluation des indices minéralisés. C. R. Acad.

Sci. Paris, t. 305, Série II, pp. 281-285.

Gumiel, P. (1991): Gold Exploration Targets in Extremadura Region (West Spain), paper 20, vol. 1, International Congress on Applied Mineralogy (ICAM'91), Pretoria, South Africa.

Gumiel, P., Sanderson, D. J., Roberts, S. & Campos, R. (en preparación): El uso del análisis fractal como discriminación de sistemas filonianos auríferos en el área de La Codosera (Extremadura).

Landis, G. P., Hofstra, A. H., Leach, D. L. & Rye, R. O. (1987): Quantitative Analysis of Fluid-Inclusion Gases-Applications to Studies of Ore Deposits. Third Annual V.E. McKelvey Forum on Mineral and Energy Resources, USGS, pp. 38-39.

Mandelbrot, B. B. (1967): How Long is the Coast of Britain? Statistical Self-similarity and the Fractal Dimension of the Coastlines, and the Number-area Rule for Islands, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 72,

pp. 3825-3828.

Meier, A. L. & Lichte, F. E. (1987): Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry-Applications of a New Technique in the Study of Mineral Formation Processes. Third Annual V. E. McKelvey Forum on Mineral and Energy Resources, USGS, pp. 44-45.

Naden, J. & Shepherd, T. J. (1989): Role of methane and carbon dioxide in gold deposition. Nature, 342, pp. 793-795.

Potts, P. J. (1984): Neutron activation induced beta-autoradiography as a technique for locating minor phases in thin sections: Application to rare earth element and platinum-group element mineral analysis. Economic Geol., vol. 79, pp. 738-747.

Roberts, S. & Dee, S. (1991): Geochemistry, pp. 33-41 en Development of multidisciplinary techniques for mineral exploration in several areas of the western Iberian Peninsula (vol. I), eds. Gumiel, P., Antón-Pacheco, C. & Campos, R. Publicaciones Especiales Bol. Geol. Min., 109 pp. tudiados y modelizados exclusivamente en el laboratorio. Por el contrario, el comienzo y el fin del estudio de los yacimientos está en el terreno. La gran ventaja de la aplicación de nuevas tecnologías multidisciplinares es que el geólogo puede disponer de un mayor número de datos. Esto le va a hacer volver al campo donde empezó el trabajo, y con más criterios va a plantearse cuestiones que, tan solo hace veinte años, eran impensables. De igual forma, va a elaborar mejor su interpretación, así como modelizar y plantear la exploración de una forma más rigurosa.

La gran aventura del avance científico y tecnológico es que se abren nuevas expectativas en el conocimiento de los procesos de caracterización, formación y génesis de los yacimientos minerales y que la exploración minera futura se va a beneficiar de esto, programándose con una mayor base científica que satisfaga las necesidades de una sociedad moderna y exigente.

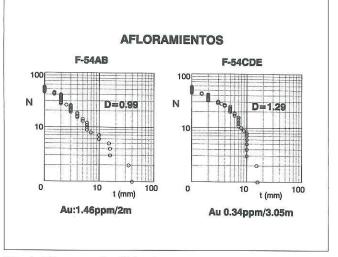


Fig. 4.—Diagramas log N-log t.

N = frecuencia acumulada n.º de venas
t = espesor de las venas

Roberts, S., Sanderson, D. J., Dee, S. & Gumiel, P. (1991): Tectonic Setting and Fluid Evolution of Auriferoud Quartz Veins from the La Codosera Area, Western Spain. Economic Geology, vol. 86, pp. 1012-1222.

Rowan, L. C., Antón-Pacheco, C., Brickey, D., Kingston, M. J., Payas, A., Vergo, N. & Crowley, J. K. (1987): Digital classification of contact metamorphic rocks in Extremadura, Spain, using Landsat Thematic Mapper data. Geophysics, vol. 52, pp. 885-897.

Sanderson, D. J. & Dolan, J. M. (1986): Structural and statistical analysis of lineament patterns as a guide to mineral exploration. First European Workshop on Remote Sensing and Mineral Exploration. CEE

publication, EUR 10511 EN-FR, pp. 9-33.

Sanderson, D. J., Roberts, S., McGowan, J. & Gumiel, P. (1991): Hercynian transpressional tectonics at the Southern margin of the Central Iberian Zone, West Spain. Journal of the Geol. Soc. London, vol. 148, pp. 893-898.

Sanderson, D. J., Roberts, S. & Gumiel, P. (in litt.): Power-law distribution of vein thickness: a useful model in mineral exploration and reserve

estimation, Nature (in litt.).

Schmidt, R. G., Payas, A., Gumiel, P. & D'Agostino, J. P. (1987): The Saxapahaw, North Carolina, Gold Occurrences-Search for a Deposit Model and New Remote Sensing Techniques. Third Annual V.E. McKelvey Forum on Mineral and Energy Resources, USGS, pp. 62-63.

Shepherd, T. J. & Miller, M. F. (1988): Fluid inclusion volatiles as a guide to tungsten deposits, SW England: application to other Sn-W provinces. In: Mineral Deposits within the European Community, eds., Boissonnas, J. & Omenetto, P., pp. 29-52, Springer Verlag.

Turcotte, D. L. (1986): A Fractal Approach to the Relationship between Ore Grade and Tonnage. Economic Geology, v. 81, pp. 1528-1532.

TECNATURE



AMPLIA EXPERIENCIA AL SERVICIO DEL MEDIO AMBIENTE

CAMPOS DE ACTIVIDAD:

- EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL
- PLANES DE RESTAURACION MINERA
- ESTUDIOS Y PROYECTOS FORESTALES
- ASESORIA JURIDICA Y TECNICA
- PLANIFICACION Y GESTION DE ESPACIOS NATURALES
- GESTION PISCICOLA Y ESTUDIOS ACUATICOS
- ESTUDIOS DE FAUNA Y FLORA
- PROYECTOS DE ECOSISTEMAS ARTIFICIALES
- ASESORAMIENTO EN RESIDUOS Y CONTAMINACION
- MEDIO AMBIENTE LABORAL
- MEDIO AMBIENTE SOCIAL

C/ Paseo Estoril, 10-4.º D - 28940 FUENLABRADA (Madrid) - Tel. (91) 6074628

MINERIA DE CAPRICHO

SALVADOR MIRETE MAYO
Catedrático de Ciencias Naturales
Promotor y socio fundador de la S.E.M.



l contacto del hombre con los minerales es tan antiguo co-🗸 mo la historia de la humanidad. Desde el sílex como arma de caza, ataque o defensa, la arcilla para vasijas y ladrillos, las sucesivas aplicaciones de otros minerales han hecho la vida del hombre más fácil. En este sentido se ha fundamentado toda la minería desde el principio, procurar materias primas que fueran útiles para la industria humana, sin olvidar que la plata, el oro y las piedras preciosas, han servido también desde tiempos pretéritos para adornar los templos de los dioses, las tumbas de los difuntos y la propia persona. Amatistas, turquesas, cristal de roca, malaquitas, lapislázuli y jade, despertaron el interés de pueblos de elevada civilización como babilonios, egipcios y chinos.

A menudo a algunos minerales se les atribuían, por su color y su brillo, propiedades mágicas y simbólicas, de buen o mal augurio. Otras piedras fueron objeto de veneración y lo siguen siendo: ahí tenemos el ejemplo de la Kaaba, la piedra santa de La Meca, que en realidad es un meteorito de considerables dimensiones.

Otras piedras atraían simplemente por su belleza natural, formas cristalinas, brillo, color, etc... El primer coleccionista de minerales fue Mitridates, rey del Ponto, que vivió hacia el año 100 a.C, poseía una amplia colección de cristales, piedras preciosas y labradas.

Ya en el siglo XVII y principios del XVIII se fueron formando colecciones de notable interés. En las cortes de los Borbones, en Francia en la corte de Luis XIV (el Rey Sol), cuya colección figura hoy en el Museo de Historia Natural de París, en Italia, en la corte de los Médici en Toscana, en la Lombardía de los Borromeo, en Nápoles.

Todas las casas de los poderosos de aquellos tiempos tuvieron la ambición de poseer ricas colecciones de minerales, constituyendo una verdadera moda de la época y así, los emperadores de Rusia, los Hausburgo, los Borbones, rivalizaban por obtener las mejores piezas, naciendo así el intercambio.

Era frecuente mandar emisarios, por lo común, científicos o entendidos a tierras lejanas, para buscar o comprar piezas de gran precio, sirva como ejemplo que el primer núcleo de la colección mineralógica del Museo de Historia Natural de Viena, fue creado en 1748, cuando el emperador Francisco I, compró la espléndida colección de minerales de Giovanni di Baillon en Florencia.

Cristal de cinabrio, el mineral por excelencia del coleccionismo español.

El primer gran coleccionista fue Gerard Troost que en el año 1845 alcanzó en su colección los 14.000 ejemplares, fundando el Museo de la Historia y de la Ciencia en Kentucky, Estados Unidos.

La más fabulosa colección, con cerca de 17.000 piezas, perteneció al hijastro de Napoleón Bonaparte, duque de Leuchtenberg y príncipe de Eichstätt, gracias a sus relaciones personales con los emperadores de Rusia y Brasil. A su muerte, en 1852 pasó al Museo Munich de Baviera, desgraciadamente, primero por un incendio en 1944 y posteriormente por un robo en 1972, esta colección prácticamente ha desaparecido.

Muchas empresas
mineras han visto una
mina dentro de la mina
y seleccionan
ejemplares según van
apareciendo en las
cortas para
comercializarlos.

A esto, habría que añadir el coleccionismo de interés puramente científico que fue apareciendo en las distintas universidades y centros culturales, por lo que ya en muchas minas algún trabajador o empresario comenzaba a retirar los ejemplares más llamativos y comercializarlos por otras vías. Estaba naciendo la «minería del capricho y de la ciencia».

Con estos cimientos, no es de extrañar que durante este siglo el coleccionismo de minerales proliferara y creciera en progresión geométrica, siendo una potencial fuente de comercio.

En el año 1975 el número de coleccionistas de minerales en los Estados Unidos llegó a ser de dos millones, por detrás solamente de la filatelia, algo parecido ocurría en Alemania, Italia y en muchos otros países. En España en quince años se ha alcanzado la cifra de dos mil, entendiendo como coleccionista aquel que sobrepasa las cien especies y destina anualmente un buen presupuesto a la adquisición de nuevos ejemplares, bien sea saliendo al campo y recogiendo él mismo o por adquisición directa a los comerciantes o mineros. Como se puede suponer esto es muy difícil de matizar y de controlar.

Fueron naciendo las primeras asociaciones, primero fue el Grupo Mineralogista Catalán, luego la Sociedad Española de Mineralogía (de la cual desgraciadamente hace dos años se escindieron los coleccionistas para formar el Grupo Mineralogista de Madrid), y así a nivel provincial más grupos que aglutinan a los coleccionistas.

Mucho antes, en Estados Unidos comenzaron a crearse los clubes de mineralogistas entre cuyas principales actividades se encontraba el de las salidas al campo y visitas a yacimientos, hasta que surgió una especie de picaresca en los dueños de ciertos yacimientos o cotos mineros que pusieron en marcha un negocio muy fructífero que hoy en nuestros días les sigue dando pingües beneficios a muchos de ellos. El asunto consiste en lo siguiente: un grupo de coleccionistas o uno en particular

realiza la visita al yacimiento, abona una cantidad por tiempo de permanencia en el coto y durante ese tiempo puede recolectar todo lo que encuentra independientemente de la calidad de las piezas. Existen variantes, como por ejemplo en algunos yacimientos donde no se puede pasar con bolsas y utensilios semejantes, así era gracioso ver bajo 40°, salir a la gente con amplias gabardinas y sus bolsillos repletos de piedras; o aquellos que según la zona tienen establecidos diferentes precios por la calidad del ejemplar que se puede llegar a encontrar.

Existen yacimientos donde se ha parado la explotación del mineral in-

En el año 1975 el número de coleccionistas de minerales en Estados Unidos llegó a ser de dos millones.

dustrial para poder recoger muestras en la corta que en esos momentos acababan de dejar al descubierto las palas, llegándose a pagar las horas de paro. A este respecto recuerdo la anécdota que me contaba el eminente coleccionista don Joaquín Folch Girona, fallecido en 1984, y cuya colección particular está considerada como la mejor del mundo. Su emisario en Méjico tuvo noticia de que en





Apatito esparragina Jumilla (Murcia).

los frentes de la mina de fosfatos de Durango estaban apareciendo cristales de apatito de unas dimensiones poco frecuentes. Bastó una llamada telefónica del propio don Joaquín para paralizar la explotación hasta que él se personara y recogiera los ejemplares oportunos. Naturalmente esto le costó mucho dinero al bueno de don Joaquín, pero se hizo con los mejores ejemplares de apatito que se pueden ver en un museo.

Muchas empresas mineras han visto una mina dentro de la mina y seleccionan ejemplares según van apareciendo en las cortas para comercializarlos. En muchos casos la parte industrial de la mina ha cerrado y solamente permanece la explotación de piezas para colección. Es el caso de Panasqueira en Portugal, donde se han encontrado quizá los mejores cristales de wolframita, además de otras especies como apatitos, arsenopiritas, etc. Las piezas con la paragénesis de Panasqueira: wolframita-apatito-cuarzo-mica-arsenopirita han sido codiciadas por todos los coleccionistas del mundo y raro es el que en su colección no posee al menos un par de piezas de este yacimiento. Los precios siempre son altos y para las excepcionales, son desorbitantes, así que, calcúlese la fuente de ingresos que ha supuesto sin apenas gastos de explotación, solamente de mantenimiento. Su comercialización ha sido de tal envergadura que muchas familias han vivido de ello durante muchos años. En la actuali-

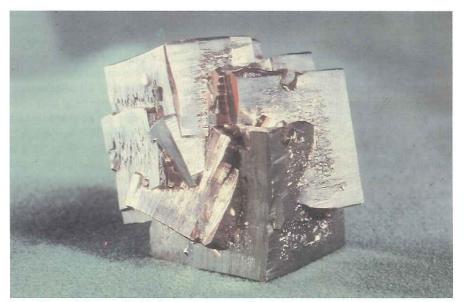
Los aragonitos violetas de Minglanilla (Cuenca), por su tamaño y cristalización son únicos en el mundo. dad ya es muy difícil obtener ejemplares de este yacimiento, por lo que es de esperar que a la vuelta de unos años las piezas excepcionales alcancen valores muy altos en el mercado.

Otro yacimiento de solera en este ámbito y quizá el pionero, fue el de hematites en la Isla de Elba. Allí este



Jacinto de Compostela (Losa del Obispo, Valencia).

mineral aparece en cristalizaciones tableadas de hermoso brillo irisado como en ninguna otra parte del mundo. Son muchas las excursiones que se organizan a este lugar con el fin de que en unas horas y por una cantidad



Las piritas cúbicas de La Rioja son únicas en el mundo.

no muy elevada uno pueda salir satisfecho con varios ejemplares de alta calidad en la mochila.

Un yacimiento muy de moda en la actualidad dedicado al mundo del coleccionismo más puro es el de Monte San Hilaire en Quebec, Canadá, por su gran cantidad de especies raras que por el momento sólo se han encontrado en este lugar. Gracias a este yacimiento se han incrementado en el número de especies las colecciones sistemáticas de muchos amantes de la mineralogía, y por supuesto las de los museos de todo el mundo.

El yacimiento de Brumado, en el distrito de Bahía en Brasil, se dedica

a la minería de la magnesita, en Pedra Petra se obtienen más de 6.000 toneladas, pero una importante fuente de ingresos es obtenida por las muestras para colección de: cuarzo, magnesita, uvita, berilo, metazeunerita, novazekita y otros.

En general todos los grandes yacimientos atienden ya de una forma comercial a los ejemplares para colección, así son famosos los de: Kalahari en Suráfrica por las rodocrositas; Paterson en New Jersey (USA), por sus ceolitas; Kop Krom en Daglari (Turquía) por la kämmererita; Chuquicamata en Chile por sus minerales de cobre, destacando los bellos sulfatos, bromatos y cloruros; Laghman en Nuristán (Afganistán) por sus espodumenas y turmalinas de variado color; Broken Hill en Zambia por una gran variedad de minerales especialmente de cobre; la mina Sterling en Antwerp, New York, donde aparecen buenos ejemplares de millerita y otros; Graves Mountain en Georgia, Estados Uni-

Son muchas las
excursiones que se
organizan a la Isla de
Elba con el fin de
conseguir en unas
horas varios ejemplares
de hematites.



Las fluoritas de Asturias están entre las mejores del mundo.

dos, por sus iridiscentes y espectaculares minerales de hierro, y cristales de rutilo comercializados a alto precio en todo el mundo. No hay que olvidar tampoco el yacimiento de Franklin en New Jersey, Estados Unidos que desde hace muchos años suministra minerales prácticamente únicos, franklinita, cincita y una gran variedad de minerales raros fluorescentes a la luz ultravioleta. Los sulfuros de Zacatecas en Méjico.

Así podríamos mencionar más de un centenar de yacimientos que se han hecho famosos en el mundo por la calidad y belleza de los ejemplares extraídos de sus entrañas.

En España no tenemos noticia de

sacado de los cristales de cinabrio de Almadén, que ha sido nuestra pieza de intercambio más preciada ante los coleccionistas extranjeros. En la actualidad ya existe una fuerte competencia con los cristales sobre dolomita de la mina china de Fenghuang. Estos presentan más bella coloración, tamaño y brillo que los de Almadén, pero los nuestros están sobre matriz distinta, cuarcita, y esto les hace más interesantes y en realidad distintos, además de ser ya muy dificiles de encontrar.

Sí ha ocurrido en nuestro país que algunas minas cerradas para la explotación del mineral industrial (la mena), han hecho concesiones a peque-



También en España existen topacios imperiales como éste del valle de La Serena.

que ninguna empresa minera haya comercializado ejemplares para colección de una forma organizada, aunque un buen provecho se hubiera



España es abundante en yeso, por ello no es de extrañar que en algunos sitios como en Fuentes de Ebro (Zaragoza) aparezcan ejemplares como éste.

ños empresarios para explotar las gangas debido a la belleza de los ejemplares que se podían extraer del yacimiento. Un caso latente es el del antiguo yacimiento del Horcajo en donde una vez cerrada la mina, de la superficie de la escombrera salieron los mejores ejemplares de piromorfita que se conocen en el mundo por la variada forma y tamaño de los cristales. Algunos de ellos se cotizan por encima del millón de pesetas. El remover esa escombrera sin duda proporcionaría una buena fuente de ingresos.

Existen muchos lugares en nuestro territorio que debieran ser acotados al no ser propiamente explotaciones, sino simplemente vastas áreas donde se encuentran ejemplares llamativos, véase por ejemplo el En nuestro país existen minas que se explotan para la comercialización del mineral en el mundo del coleccionismo.

caso de los aragonitos de Minglanilla, maclas compuestas que por su tamaño y hermosa coloración violeta son prácticamente exclusivos de esta localidad. Son también famosos en esta localidad los Jacintos de Compostela (cuarzo hematoideo), aunque los mejores ejemplares por tamaño y color proceden en la actualidad de las localidades de Losa del Ovispo y Chelva en Valencia.

Existe una forma de explotación muy peculiar en este tipo de yacimientos, nos referimos a los de gran extensión. Un lugareño acompaña al visitante a los lugares donde presumiblemente se van a encontrar buenas piezas. Efectivamente, en un primer momento, se encuentran ejemplares y el acompañante se limita a recoger una buena propina. Acto se-



Dolomita Eugui (Navarra).

guido es sugerido por parte de éste que le acompañe a su casa donde tiene ejemplares que él recogió hace tiempo, el visitante queda deslumbrado, y no puede resistir finalmente el comprar algún ejemplar de los que allí se muestra pues comparado con lo que él ha cogido existe una gran diferencia.

Esta forma de «explotación» nació en los Alpes, donde los guías comenzaron a interesarse por acompañar a los coleccionistas de minerales, fueron aprendiendo y así en los años ochenta por ejemplares de fluorita roja octaédrica llegaban a pedir hasta quinientos dólares.

En nuestro país sí existen minas que se explotan únicamente para la comercialización del mineral en el mundo del coleccionismo y la decoración. El caso más representativo es el de las piritas de Navajún en La Rioja, allí este mineral gracias a una roca de caja muy propicia como es una marga muy débil ha logrado cristalizar y maclarse hasta cotas de perfección jamás imaginadas, y así toda una familia desde hace ya varios años se dedica a una explotación sistemática y muy delicada, pues el sacar la pieza sin deterioro y posterior limpiado lleva unas cuantas horas de trabajo que justifican sobradamente el precio que su dueño pide por ellas. No podría explotarse el vacimiento de las maneras antes citadas pues en poco tiempo es muy difícil sacar



Esfalerita acaramelada (Aliva-Picos de Europa-Cantabria).

ejemplares en buenas condiciones y esto lo he podido comprobar personalmente, de ahí que amablemente permitan, previo aviso, el picar en ciertas partes del yacimiento a cielo abierto. Lo mejor está en galería y, como ya hemos dicho, se extrae muy cuidadosamente. La riqueza del yacimiento es tal que en la misma escombrera ya es uno feliz pudiendo recoger cristalitos de pirita muy perfectos, los de 8 y hasta 10 centímetros de arista son otro cantar.

Solamente existe parangón con la pirita de Perú, pero mientras que ésta es de cristalización pentagonodecaédrica, en Navajún es el «cubo» su tamaño y brillo lo que se valora.

Otro yacimiento explotado únicamente para el coleccionismo y la decoración es el de los cuarzos rosas de Oliva de Plasencia en (Cáceres), aquí el cuarzo no ofrece calidades especiales, únicamente las del color que siempre es raro encontrarlo así.

Las fluoritas y calcitas de La Collada en Siero, Asturias, son de similar explotación, y un poco de tiempo en el yacimiento picando compensa so-



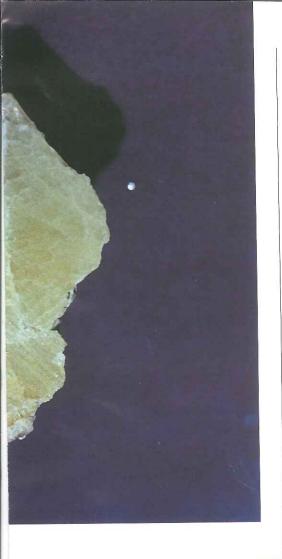
Sección de nódulo de prennita Caravaca (Murcia).

bradamente por la cantidad de bellos ejemplares y a veces hasta raras cristalizaciones octaédricas, dodecaédricas y biselados que se pueden obtener, amén de la variedad de colores, desde la completamente transparente hasta la violeta y amarilla pasando por todas las tonalidades, sin olvidar el tamaño que a veces alcanzan los cristales de fluorita.

De la mina Julia en Bilbao, se han extraído también maravillosos cris-



Calcita roja y actinolita de Cala (Huelva).





Magnetita Burguillos Cerro (Badajoz).

las donde se han conseguido buenísimos ejemplares de colección por su perfecta coloración y tamaño, no olvidemos los de Conil (Cádiz), Libros (Teruel), Hellín (Albacete), etc.

Los topacios del Valle de la Serena, el Berrocal (Badajoz) y las aguas marinas de Pereña (Salamanca), tienen más valor para coleccionismo que para joyería, ya que a este nivel no pueden competir pero en cuanto a singularidad de coloración y hábito misterio rodea su explotación, pero han irrumpido en el mercado de minerales con gran fuerza cautivando a cualquier aficionado.

No hay que olvidar las especies que únicamente se encuentran en nuestro territorio o que sólo aparecen aquí con una determinada característica o belleza: es el caso de la anapaita y esferocobaltita de los Pirineos. Las muestras extraídas de esferocobaltita en Paramea, Gerri de la Sal (Lérida), son únicas por su coloración violácea rojiza intensa y formas arriñonadas. La millerita de Bellmunt (Tarragona), localidad que por otra parte ha dado especies de sulfuros muy raras. La villamaninita de Villamanín (León), especie rarísima y solamente allí encontrada en el mundo.

La teruelita (variedad por hábito escalenoédrico y color negro de la dolomita) exclusivo de algunos territorios triásicos.

Otro hito lo han marcado durante mucho tiempo los fabulosos cristales



Casiterita Lumbrales (Salamanca).

tales de calcita «cabeza de clavo» de hasta diez cm de envergadura, tamaño y hábito los hacen prácticamente exclusivos de esta localidad.

El azufre también está bien representado en varias localidades españocristalino sí son muy buscados estos ejemplares por los coleccionistas.

Y qué decir de los maravillosos yesos de Rodén en Fuentes de Ebro (Zaragoza) los más transparentes encontrados en el mundo, un halo de El azufre también está bien representado en varias localidades españolas donde se han conseguido buenísimos ejemplares. romboédricos de varios centímetros de arista de dolomita, explotados prácticamente sólo para el coleccionismo en Eugui (Navarra) y hoy casi ya agotados.

Son enormemente curiosos y hasta únicos los octaedros verdes de fluorita encontrados en Papiol (Barcelona), así como los grandes nódulos de prehnita encontrados en Caravaca (Murcia).

En la localidad de Jumilla (Murcia), en la roca denominada «jumillita» se encuentran buenos cristales prismáticos de apatito de hasta 6 cm de tamaño que se les conoce mundialmente como «esparraguina».

El Espato de Islandia (calcita espática transparente), curiosamente alcanza su máxima representación por transparencia y tamaño en la localidad de Dima en Vizcaya.

En los Picos de Europa ha salido la variedad acaramelada de esfalerita más bella del mundo, las masas son tan importantes que se ha utilizado como piedra decorativa y son muchos escultores los que la buscan para realizar en ella bellísimas tallas que se cotizan a altos precios. Sólo



Codo de rutilo El Cardoso (Madrid).

en los últimos tiempos existe una explotación en este sentido y que ha quedado reducida a la localidad de Aliva en Cantabria donde los fragmentos de este mineral se venden como souvenirs.

Por sus paragénesis podríamos

destacar los ejemplares que salen en las minas de Cala (Huelva), a base de granates, calcita roja, actinolita, tremolita y otros, que en ocasiones aparecen de formas muy espectaculares. También es enormemente interesante la paragénesis de Burguillos del



El hábito tetragonal de la galena (quiroguita) es único de la sierra de Almagrera (Almería).

Cerro (Badajoz), donde el mineral magnetita perfectamente cristalizado viene acompañado de espectaculares cristales entrecruzados del mineral hedenbergita, sin faltar los granates almandinos brillantes y bien conformados.

Finalmente haremos mención a una serie de yacimientos que ya agotados han producido ejemplares muy interesantes para colección y que son piezas muy cotizadas en la actualidad por cualquier museo o coleccionista, así tenemos los minerales de plata (pirargirita, freieslebenita y estefanita) de Hiendelaencina (Guadalajara), las casiteritas, únicas maclas de pico de estaño por su perfección

únicos en el mundo que se obtuvieron en el Barranco del Jaroso, Sierra de Almagrera (Almería).

Todo esto son ejemplos de que la minería del capricho puede tomar un auge importante en el futuro, de hecho como ya hemos dicho en algunos países ya lo ha hecho. Quizá en España por la ignorancia en este tipo de comercio se ha desvalorizado mucho al inundar los mercados con piezas que indudablemente debían de abaratar los precios. Una forma más controlada y selectiva hubiera supuesto una mayor fuente de ingresos para sus dueños que en la mayoría de los casos han vendido más en el ámbito decorativo que en el puramente



Freieslebenita niendelaencina col: mirete.

que aparecían en Logrosán, Montanchez (Cáceres) y Lumbrales (Salamanca), las maclas en codo y cíclicas de rutilo que se recogían en los campos de labor de la localidad del Cardoso lindando con la provincia de Madrid, la quiroguita (galena de hábito octaédrico tetragonal) cristales



Calcita cabeza de clavo mina Julia (Bilbao).

En estos momentos que se están cerrando minas, creemos que sería interesante la obtención de ejemplares a partir de menas y gangas.

científico, y así hemos podido comprobar con gran pena cómo muchos museos extranjeros poseen piezas españolas muy raras por su cristalización, maclado u otros caracteres a veces únicos y que han adquirido al mismo precio que las normales por ser igual de vistosas que aquellas o quizás menos.



La piromorfita del Horcajo es el más claro exponente de mineral para colección que pudiera haber sido explotado.

Las ferias y mercadillos de minerales van proliferando por todo el mundo y sus comerciantes se deben de abastecer principalmente de estos yacimientos. Ahora que se están cerrando muchas minas en nuestro país, creemos que sería interesante realizar un estudio de las posibilidades de obtención de ejemplares para colección o decoración a partir de las menas y gangas.

Esto llevaría consigo una difícil organización que iría desde la selección y explotación de los yacimientos, análisis de muestras, comercialización, valoraciones en el mercado y por supuesto una legislación que impidiera entre otras cosas que ciertos yacimientos fueran expoliados en algunos casos por extranjeros, con salidas de nuestro país de ejemplares



En las cortas aparecen frecuentemente ejemplares para colección.

verdaderamente valiosos. Esto ha ocurrido con harta frecuencia en los yacimientos paleontológicos que se rigen en el mundo más o menos por los mismos esquemas expuestos anteriormente para los minerales, aunque esto es otro tema. ■

DISTRITO DE MAZARRON -Zn + Pb + Ag-

Mineralizaciones, Potencial y Trabajos de Evaluación

PEDRO RODRIGUEZ Geólogo

Introducción

sta nota pretende ser un resumen del área minera de Mazarrón y su potencial minero, así como una descripción de las actividades de investigación y evaluación desarrolladas desde 1988 a 1992 por las empresas Billiton Española, S. A. y Navan, S. A. en dicho distrito.

1) Situación Geográfica y Antecedentes Históricos Mineros

El área que nos ocupa está comprendida dentro del Sector Suroriental de la zona Bética, en el Sur de la provincia de Murcia a unos +/- 30 Km al Oeste de Cartagena y 52 Km al Sur de Murcia (Fig. 1).

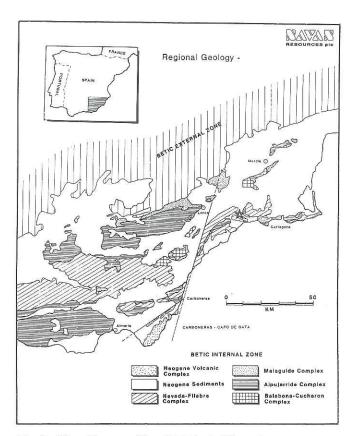


Fig. 1.-Situación geográfica. Distrito de Mazarrón.

Aunque las primeras explotaciones parece que se remontan a la época romana, es en el siglo pasado (1840 a 1890) desde cuando se cuenta con un mayor fondo documental en relación a operaciones con cierta uniformidad y sistemática.

Durante esa mitad de siglo se ejecutan un considerable número de pozos, aunque la extracción es bastante irregular y va orientada a estructuras con «galena» de alto contenido en plata y con producciones, resultado de concentración manual, para enviar directamente a fundición.

Es por lo tanto un laboreo muy selectivo y con partidas de bajo tonelaje.

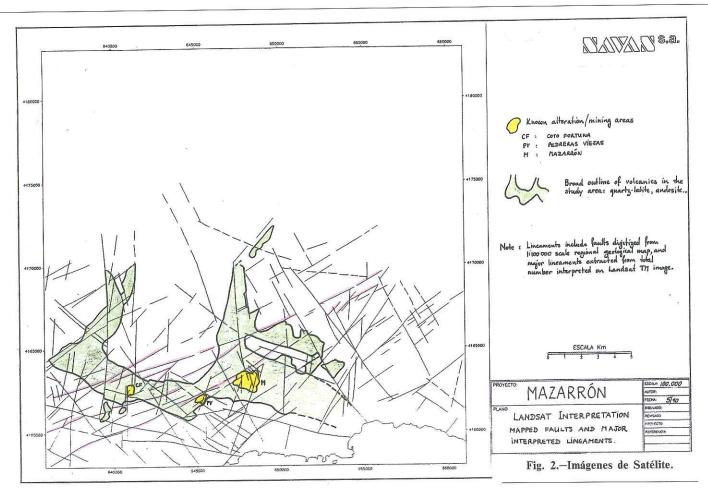
Durante el período de 1920 a 1941 es cuando la «Compañía de Aguilas» desarrolla las operaciones más importantes con producciones en un período no inferior a 10 años de +/-60.000~Tn/año de concentrado de plomo con contenidos superiores al 65 % Pb+0.1 % Ag, lo que equivalía junto a la producción de Cartagena a más del 60 % del total nacional y con una población involucrada directamente en las operaciones superior a los 5.000 trabajadores.

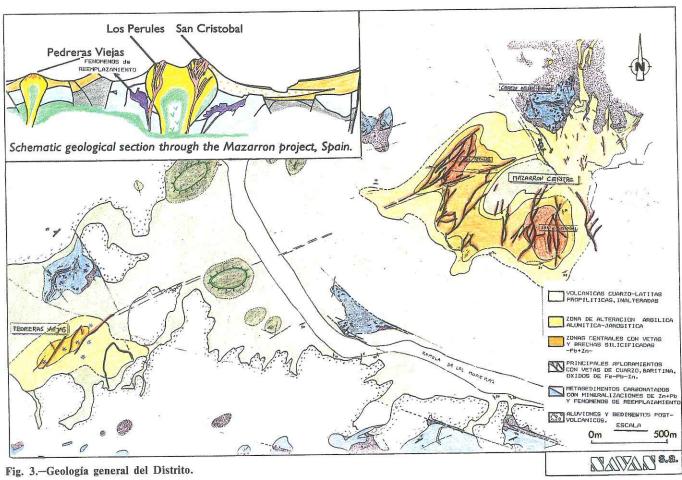
Aunque el desarrollo minero se hace más regular en este tiempo, especialmente en los 180 m (primeros superficiales), todavía se practica una minería muy selectiva en el resto del sistema mineralizado, alcanzándose profundidades de explotación hasta los 692 m desde la superficie, dirigidas a los filones de más alto contenido (Fig. 6).

Se estima que el total acumulado explotado durante este período solamente en el núcleo central del Cabezo de San Cristóbal debió de ser de +/-3 millones Tn con alto contenido > 10 % Pb + 200 g/T Ag.

Posteriormente sigue un período de actividades intermitentes y entre los años 1951 a 1962 las empresas Minofer y Minas de Cartes desarrollan un programa de evaluación y lavados de escombreras, junto a algunas explotaciones de

Aunque las primeras explotaciones se remontan a la época romana, es a partir del siglo pasado cuando existe un mayor fondo documental.





reticulados (stockwork), especialmente en los niveles más cercanos a la superficie aunque con contenidos medios más moderados +/-5 % Pb+9 % Zn, y con puntuales producciones de alta ley +/-15 % Zn.

Posteriormente la caída de los precios del mercado del cinc y del plomo fuerza la paralización de las explotaciones, hasta el momento presente.

2) Actividades de Exploración e Investigación

En 1972 la compañía «Asarco» desarrolla un programa de investigación con el objetivo de evaluar el yacimiento de forma integral, centrando su atención en la búsqueda de un criadero de alto tonelaje > 30 millones de Tn y de contenidos más moderados +/- 4 % Pb + Zn, o alternativamente un yacimiento subterráneo más profundo de volumen significativamente inferior pero con altos contenidos.

Dicha compañía efectúa un programa de cinco sondeos con una profundidad media de +/- 280 m, concentrándolos en el núcleo del Cabezo de San Cristóbal, interceptando algunos segmentos con significativos contenidos:

Sondeo espesor metros		% Zn	% Pb	g/T Ag
8,5	δ	7,3	3,7	73
6,5	δ	8,8	5,4	134
16,8	δ	4,5	2,5	38
3,8	8	9,7	20,7	280

Por otra parte no se es capaz de establecer un esquema

El área estudiada que nos ocupa está comprendida dentro del sector suroriental de la zona Bética.

de continuidad en la geometría del yacimiento y definir por lo tanto un cuerpo uniforme decidiéndose abandonar el proyecto.

Posteriormente desde 1988 a mayo de 1991 la compañía Billiton Española, S. A. desarrolla un amplio programa de exploración tanto en el núcleo central de Mazarrón (Sector de San Cristóbal & Perules) como en la periferia regional del distrito.

Las investigaciones abarcan desde Geología Regional y de detalle con tratamiento de «Imágenes de Satélite» (Fig. 2), hasta Geoquímica Multielemental así como Geofísica con métodos electromagnéticos, además de un análisis de la Geometría de los Yacimientos de San Cristóbal y Los Perules, soportado por una exhaustiva revisión de toda la documentación minera subterránea de las antiguas explotaciones.

Adicionalmente se desarrollan sucesivas campañas de perforación mediante sondeos de circulación inversa completando un programa preliminar de estimación de recursos, con el objetivo de poder propiciar una operación racional de tonelaje medio a «Cielo Abierto».

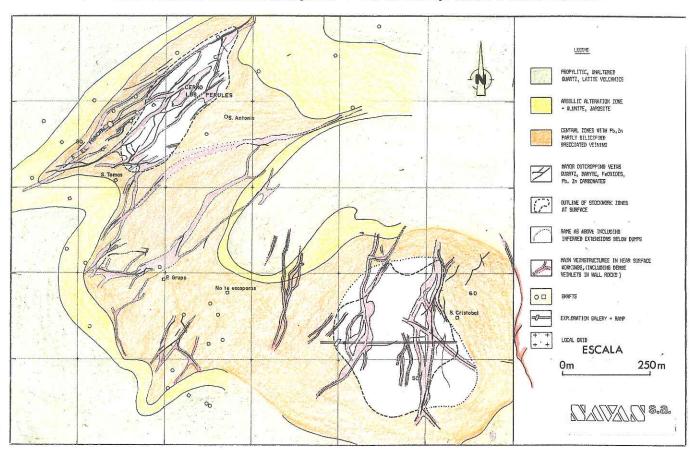


Fig. 4.-Mazarrón -Los Perules & San Cristóbal-. Estructuras y alteraciones principales.

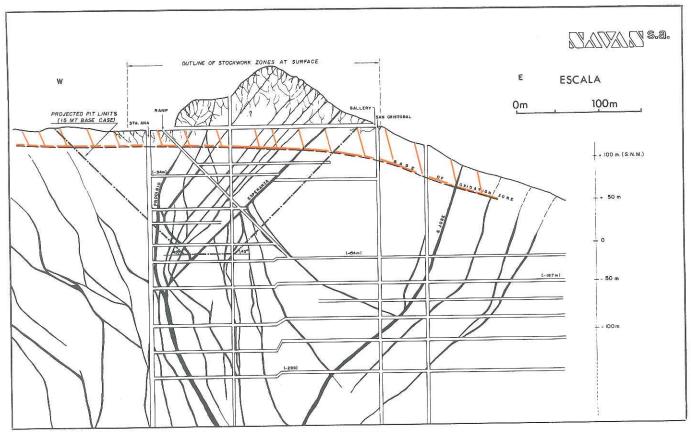


Fig. 5.-Sección Cabezo «San Cristóbal». Labores y estructuras principales.

Después de unos meses de revisión documental, la compañía irlandesa «Navan Resources P.L.C.» inicia un programa de recálculo de reservas mediante nuevas perforaciones con la intención de categorizarlas, para poder proceder a la planificación de la explotación.

El resultado de todas estas actividades es la configuración de un criadero fundamentalmente de Zn situado preferentemente en el Sector de Perules (Figs. 4-7), con superficie todavía no limitada, y con un desarrollo ligado inicialmente a los +/- 130 m primeros más superficiales.

Resumen Geológico Regional

El área estudiada que nos ocupa está comprendida dentro del Sector Suroriental de la zona Bética y fundamentalmente relacionada con todo el conjunto de Metasedimentos Paleozoicos-Mesozoicos así como con el Volcanismo Calco-Alcalino Neógeno de la cadena de Emisiones Cabo de Gata/La Unión.

El conjunto de las mineralizaciones del distrito minero de Mazarrón está principalmente ligado con el Volcanismo Cuarzo-Latítico y con el sistema de fracturación de direcciones NE-SW y N-S reactivadas después de la Orogenia Alpina.

Los fenómenos de alteración hidrotermal sobre las rocas volcánicas han provocado un cortejo de mineralizaciones epitermales clásicas (alunitas-jarositas-sílice) así como locales deposiciones de sulfuros con metales base.

Geología del Distrito, Alteración y Prototipos de Mineralizaciones

Los tres sectores de San Cristóbal-Los Perules, Pedreras Viejas y Coto Fortuna están centrados en «stocks» félsicos porfiríticos que aparentemente representan los remanentes erosionados de domos Lávicos-aglomeráticos (Fig. 3).

El conjunto de alteraciones y sus fases, junto al acusado desarrollo de los sistemas mineralizados en la vertical (> 700 m) y la asociación sanidina-cuarzo latita porfirítica propicia unos modelos epitermales similares a los bolivianos tipo Chocaya-Calera-Orcopampa, de alta sulfatación.

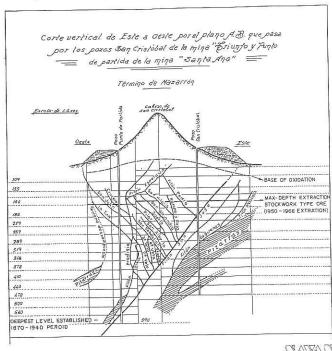
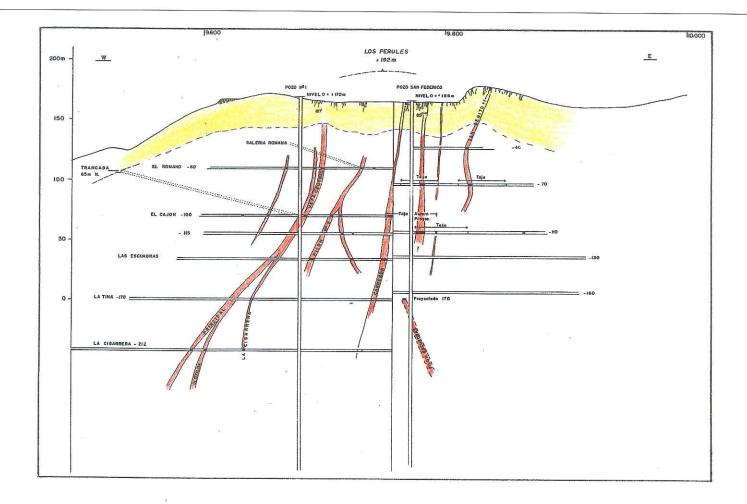


Fig. 6.-Sección antiguas labores en San Cristóbal.



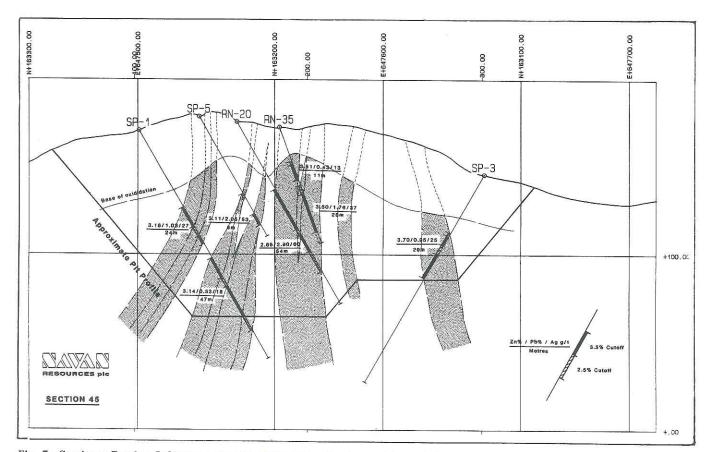


Fig. 7.-Secciones Perules. Labores y estructuras principales. Sondeos e interceptaciones.

Por otro lado, la mineralización identificada en el área de Mazarrón responde a 4 prototipos bien diferenciados:

* Filones Individualizados

Con pronunciada continuidad en la vertical, profundidades > 400 m y decamétrica a hectométrica extensión en la horizontal, aunque con ratios métricos de altura-anchura generalmente de 10:3 hasta 50:3.

* Reticulados y/o Stockwork

Mineralización en forma de vetas anastomasadas con sulfuros (blenda-pirita-galena) y abundante barita, magnetita sílice, en un denso entramado centimétrico a milimétrico.

La configuración geométrica superficial de este tipo de mineralizaciones expuesta y no recubierta por escombreras de otras explotaciones es de dimensiones no inferiores a los $400 \times 300 \, m$ con un desarrollo vertical de al menos +/- 180 m (reconocidos) por debajo directamente del nivel de oxidación (Figs. 4 y 5).

Este prototipo de mineralización tiene su representación principal en los Cabezos de San Cristóbal y Los Perules.

* Impregnaciones y/o Reemplazamiento Mineral

Inyecciones hidrotermales con morfología variada facilitada por espacios abiertos, fisuras y cavidades, además de sustituciones metasomáticas facilitadas por litologías permeables (cuarcitas, mármoles, etc.) con geometría indicada por los relictos de los planos de estratificación y con la obliteración de las texturas originales por fenómenos de recristalización silícea.

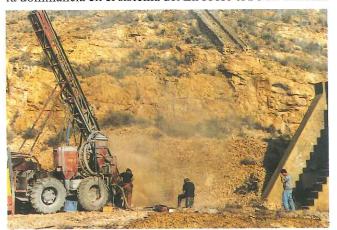
Generalmente este prototipo presenta bolsadas de no muy gran tonelaje pero con altos contenidos > 15 a 18 % Zn.

* Diques y/o Brechas Volcánicas

Estructuras silíceas de geometría irregular y dimensiones variables con abundantes diseminaciones de sulfuros milimétricos a centimétricos y ramificaciones vetiformes.

5) Potencial Minero

Las mineralizaciones del distrito de Mazarrón enunciadas anteriormente están asociadas a sistemas epitermales de escala y magnitud media con Zn + Pb + Ag y con clara dominancia en el sistema del Zn sobre el Pb en una rela-



Sondeos en núcleo central de Perules.



Sondeos —circulación inversa— en Perules. (Al fondo Sierra de las Moreras).

La mineralización identificada en el área de Mazarrón responde a cuatro prototipos diferenciales.

ción cercana a 3:1. (Especialmente en los +/- 180 m más superficiales).

En base a los trabajos de evaluación desarrollados en sucesivas campañas de sondeos, sin pretender describirlos aquí detalladamente, podemos avanzar que han sido identificados 2 depósitos hasta el momento presente: uno, el principal, en el Sector de Los Perules, con unas reservas mineras en la categoría «Medidas y/o Indicadas» de +/— 9 millones de $Tn \delta 2.9 \% Zn + 1 \% Pb + 28 g/T Ag$ dentro de los +/— 100 m primeros superficiales y con una relación estéril/mineral para una operación «Cielo Abierto» de +/— 2:1 (Fig. 7).

Incluido dentro de este sector se ha delineado un cuerpo con un «Cutoff» de 3,5 % Zn (equivalente) y un tonelaje no inferior a 5 millones $Tn \ \delta \ 4,5 \ \% \ Zn$.

Adicionalmente, en las primeras fases de evaluación también se identificó un primer depósito centrado en el Sector de San Critóbal con un tonelaje inicial de +/-6 millones $Tn \ \delta \ 2.3 \ \% \ Zn + 0.7 \ \% \ Pb + 20 \ g/T \ Ag$, ligado así mismo a los $100 \ m$ más superficiales y con un bajo ratio estéril/mineral (Fig. 5).

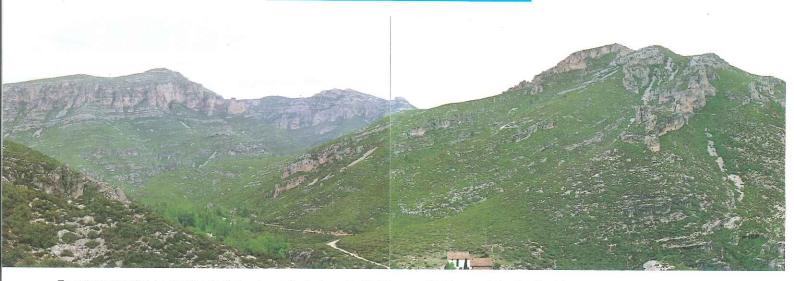
Aunque éste es el cálculo actual, las evaluaciones actualmente en progreso apuntan a una figura de volúmenes sensiblemente superiores, aun por establecer, con contenidos > 3,5 % Zn como ley económica de referencia para una operación «Cielo Abierto» de estas características.

También conviene señalar, en relación a este apartado de potencial minero, la evidencia de volúmenes muy significativos con elevados contenidos +/- 8 % a 12 % Zn, ligados a los fenómenos profundos de reemplazamiento en los metasedimentos y/o a los corredores de elevada densidad de filones profundos, tanto en el núcleo de Pedreras Viejas como en el Cabezo de Perules y San Cristóbal.

Especialmente de cara a un objetivo subterráneo de profundidades comprendidas entre los 180 y 350 m con pequeños tonelajes +/- 4 a 3 millones Tn (Fig. 6). ■

ITINERARIO GEOLOGICO LA SENIA - PUERTOS DE BECEITE (FREDES)

VICENTE MARTIN FERRERES Geólogo



En primer término la Selleta de Pallerol y al fondo la mola El Fite, constituidas por dolomías Jurásicas.

a población de La Senia está situada en el borde SW de la comarca del Montsía (Tarragona): junto a ella, al norte, se presentan las estribaciones montañosas del sector oriental en los confines de la cordillera Ibérica, denominados Puertos de Beceite. Los puertos son el macizo calizo más importante e impresionante de las tierras cercanas a la desembocadura del Ebro y está formado por la sierra de la Espina, el Monte Caró, la sierra del Encanader y el pico de Cervera.

Situados en el extremo meridional de Cataluña, marcan el límite natural entre el Baix Ebre y Montsía al este, Terra Alta y Matarranya al norte y el Baix Maestrat al sur.

En este sector, en la montaña denominada Tossal del Rei (1356 m) se produce la demarcación histórica entre el principado de Cataluña y los reinos de Valencia y Aragón, cuyo origen se remonta a los siglos XII-XIII; y la división entre la cuenca hidrográfica de los ríos La Senia y Matarraña, este último afluente del Ebro.

El río La Senia, que delimita la

frontera entre las regiones de Valencia y Cataluña tiene su origen en las montañas del macizo de los Puertos de Beceite. Su cabecera se bifurca en una serie de barrancos, El Salt, La Fou y La Tenella. De los mismos, manan numerosas fuentes; sin embargo, el río en sí tiene un régimen típicamente mediterráneo, fluyendo abundantemente sus aguas en las épocas lluviosas, el caudal es desigual, con unos valores medios de 0,9 m³/s.

Para la regulación del caudal hídrico, se inició la construcción en 1952 del denominado embalse de Ulldecona, situado a unos 7 Km de La Senia, en pleno macizo montañoso. Su cota de coronación está situada a 480 m y tiene una altura máxima de 61 m. La capacidad del embalse es de 11 hm³, con un volumen máximo de descarga del aliviadero de 400 m³/s. Es competencia de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

Las primeras referencias de la población de La Senia se encuentran en el siglo XIII y tiene iglesias dedicadas a Sant Bartolomeu y Sant Roc, de estilo barroco-neoclásico, de los siglos XVII y XVIII. En dirección NW, están las poblaciones de Fredes y Castell de Cabres. En esta dirección, a unos 6 Km desde la población de La Senia, se halla ubicada la cueva Dels Rosegadors, actualmente cerrada al público, donde se conservan dibujados más de 30 figuras humanas y de especies de animales prehistóricos.

Siguiendo en esta misma dirección, y después del embalse de Ulldecona, nos encontramos el convento de Benifasá, cuyos orígenes se remontan al año 1233. Los monjes son del orden cisterciense; pudiéndose visitar solamente la iglesia del siglo XIV los jueves de 13 a 15 h.

Antonio Cavanilles, cronista y botánico del siglo XVII, define esta tierra como «Erizado de montes los más altos y fríos, sembrado de cerros que dexan entre sí barrancos y cañadas». El macizo de los Puertos de Beceite es de orografía tortuosa, salvaje, de peñas y barrancos de paredes casi verticales, todo ello le da la sensación de ser una tierra agreste y salvaje.

En los alrededores de la población de Fredes está la reserva Nacional de



Sant Pere junto al río, lugar situado a unos 3 Km desde La Senia al lado de la carretera.

Caza de los Puertos de Beceite y Tortosa. Entre la fauna que habita los riscos y peñas destaca por su importancia la cabra hispánica, teniendo el mayor número de individuos de esta especie de la Península Ibérica, siendo fácil su observación incluso desde el vehículo, así como linces, jabalís, gatos salvajes, etc. De las aves destaca el águila dorada.

La explotación forestal de los bosques, fundamentalmente de pinos, constituye la mayor riqueza de esta región.

Introducción geológica

Se presentan dos zonas claramente diferenciadas:

 La plana del Montsía, en la que afloran fundamentalmente arcillas y gravas cuaternarias.

 La zona de los Puertos de Beceite, cuyos macizos están constituidos por materiales de la era Secundaria (Jurásico y Cretácico).

En los puertos, el Jurásico está representado por dolomías y calizas del Malm, que afloran, entre otros lugares, en la Peña del Aguila, Sellete de Payerol y Mola del Fite.

En el Cretácico se puede distinguir varias unidades estratigráficas, que ordenadas desde las más antiguas a las modernas son las siguientes:

- Neocomiense, constituido por calizas finamente estratificadas.
 - Barremiense, lo forma una al-

ternancia de capas de calizas y margas, presentes junto al embalse de Ulldecona y formando parte de los frentes de cabalgamiento junto a Fredes.

 Aptiense, aflora a 2 Km antes del convento de Benifasá y en la urbanización Colonia Europa. Encima de esta unidad se presenta la formación de Areniscas del Maestrazgo.

 Albiense, en esta época se inicia una regresión, depositándose arenas silíceas y niveles de lignitos (Facies Utrillas).

— Cenomaniense, situado en dos puntos concretos, en las peñas de El Mongo y Sta. Escolástica; es fácilmente identificable ya que la erosión diferencial deja unas «muelas» de calizas que resaltan en el terreno.

Itinerario geológico

El itinerario geológico propuesto comprende un recorrido siguiendo la carretera asfaltada desde la localidad de La Senia a Fredes. Pasamos desde la plana del Montsía adentrándonos en las estribaciones montañosas de los Puertos de Beceite.

El recorrido se puede iniciar junto al Moli de Malany, donde afloran travertinos cuaternarios; desde este punto se puede observar las grandes moles de materiales Jurásicos de Peña del Aguila, Mola del Fite y Selleta de Pallerol.

Tal como subimos por la carretera

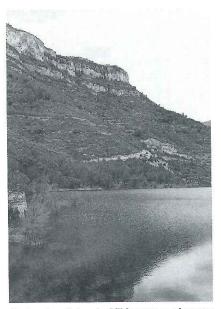


El río La Senia en su paso junto a la Selleta de Pallerol.

desde el Moli de Malany hasta el convento de Benifasá subimos en la serie estratigráfica desde las dolomías Jurásicas hasta las calizas del Albiense en Sta. Escolástica.

Destacamos los afloramientos de la facies de Arenas Utrillas donde se presentan lignitos, arenas, maclas de yeso y concentraciones ferruginosas que en el siglo XV eran explotadas en pequeñas fundiciones artesanales.

Desde el desvío del convento de Benifasá la carretera inicia una tortuosa subida, constituyendo esta zo-



Junto al embalse de Ulldecona se observan las «muelas» de calizas del Barremiense.

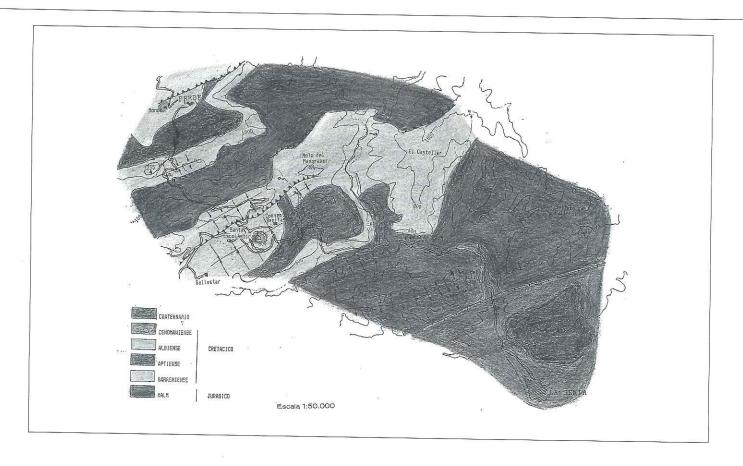
na un frente de cabalgamiento del Barremiense sobre el Albiense; también se presentan numerosos pliegues.

La serie de materiales Barremienses se repiten mediante otro cabalgamiento justo antes de la urbanización de Colonia Europa, en Cap de la Serra.

A partir de esta urbanización, y a los 1.100 m, nos encontramos una planicie en la que se asienta el pueblo de Fredes, donde se repite la misma sucesión estratigráfica de unidades cretácicas que junto al convento de Benifasá.

Alojamientos

A pesar de no estar desarrollado turísticamente, existe una zona de acampada libre acondicionada, situa-



da en un punto privilegiado, al lado del embalse de Ulldecona y hay algunos refugios en pleno macizo de los Puertos de Beceite como el Font de Ferrera situado a 12 Km de Fredes accesible por una pista forestal.

Se presentan sin embargo numerosos hoteles y hostales en las poblaciones cercanas. Destacaremos por su proximidad:

- Hotel Diego** Ctra. Santa Bárbara a La Senia. Santa Bárbara (Tarragona). Teléf. 977-719017.
- Hotel Venta de la Punta** C/ Mayor, 207-209. Santa Bárbara (Tarragona). Teléfs. 977-719095/718563.

Gastronomía

La gastronomía más importante es la propia de la tierra a base de carnes y embutidos —no hay que olvidar la influencia de la gastronomía valenciana y de los arrozales del Delta del Ebro— pudiéndose degustar la paella propia de la región.

Existen numerosos restaurantes a lo largo del itinerario propuesto. Destacaremos entre estos:

- Restaurante Casa María, situado en Fredes.
 - Restaurante Colonia Europa.

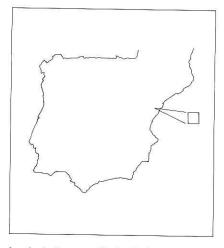
- Mesón Moli L'Abat. Antigua masía, recomendada por su gastronomía y su situación privilegiada junto al río. Situada a unos 3,5 Km desde La Senia, junto a la carretera. Teléf. 977-713418.
- Restaurante Font de Sant Pere.
 Lugăr acondicionado de «picnic» junto al río, situado a unos 3 Km desde La Senia, junto a la carretera. Teléfono 977-713304.
- Restaurante El Trull. C/ San Miguel, 14. La Senia. Tel. 977-713302.

Direcciones de interés

- Información turística de Amposta (Tarragona). Plaza España, 1.
 Teléf. 977-700057.
- Centro Excursionista Rafalgari.
 Sant Antoni, 29. La Senia.
- Patronato de turismo del Montsía. Avda. de la Rapita, 15. Amposta. Teléf. 977-702814.

Otros itinerarios

Desde un desvío justo antes del convento de Benifasá podemos coger la dirección hacia Herbeset y mediante una pista asfaltada acceder a la carretera nacional N-232 y visitar

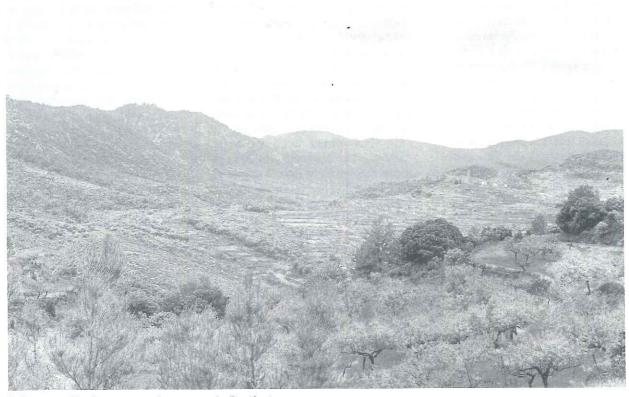


la ciudad amurallada de Morella. En esta población existen numerosos comercios dedicados a la venta de fósiles propios de la región.

Otro itinerario propuesto parte desde Fredes. Nos podemos adentrar dentro del gran complejo montañoso del macizo de los Puertos de Beceite, pudiendo acceder por pistas forestales al Monte Caro o al Estrets del Matarraña. Conviene en este caso realizar el recorrido con un coche todo terreno. Aunque las mismas se encuentran en buen estado, en invierno pueden presentar alguna dificultad con la llegada de la nieve y la formación de hielo.



Convento de Benifasá, cuyos orígenes se remontan al siglo XIII.



Ballestar, población cercana al convento de Benifasá.

ESTUDIO DE LAS CARBONATITAS ELUCIDARIA. INCOGNITAS SOBRE ELEMENTOS RAROS

DR. ALAN R. WOOLLEY Departamento de Mineralogía Museo Británico (Historia Natural). Londres

a mayor parte de la piedra caliza está formada por rocas sedimentarias compuestas fundamentalmente por carbonato de calcio, de magnesio y de hierro. Sin embargo, es posible encontrar algunas piedras calizas en la naturaleza cuyo origen no es sedimentario, sino ígneo, es decir, que en algún momento estuvieron fundidas y se formaron a una gran profundidad. Estas piedras calizas reciben el nombre de carbonatitas. Durante las últimas décadas han sido objeto de numerosas investigaciones, orientadas fundamentalmente a desentrañar los procesos que las originaron.

El Museo de Historia Natural de Londres es un centro de investigación de primera línea en este campo.

Las carbonatitas se caracterizan por el alto contenido de ciertos elementos, principalmente tierras raras, niobio, estroncio, bario y algunos otros, que se refleja en una serie de minerales relativamente poco frecuentes, que dan a estas rocas una cierta importancia económica.

Sin embargo, la lista de los elementos útiles que se concentran en estas rocas no termina ahí. Hay metales del grupo del titanio, el zirconio, el cobre, el oro y el platino que proceden de un pequeño número de carbonatitas, mientras que la vermiculita, que se utiliza ampliamente con fines de aislamiento, y el apatito, que se transforma en superfosfato para fertilizantes, son también subproductos importantes de las carbonatitas.

Química especial

Las carbonatitas son relativamente raras (se conocen unos 300 yacimientos en todo el mundo), y en general están asociadas con otro grupo

característico de rocas ígneas, conocidas como «rocas alcalinas», que representan solamente un uno por ciento de todas las rocas ígneas, pero que constituyen un grupo notablemente diferente. Se caracterizan por su alto contenido de compuestos alcalinos, en relación con los de alúmina o de sílice, lo que les confiere unos rasgos mineralógicos particulares y, además, como las carbonatitas, muchas veces contienen cantidades importantes de algunos de los elementos más raros, incluso los denominados tierras raras.

Aunque los minerales característicos de las rocas ígneas alcalinas son intrínsecamente interesantes, al igual que los de las carbonatitas, es fundamentalmente la química especial del magma fundido, originadora de estos minerales, lo que constituye tanto el problema esencial de la investigación como la base de su interés económico. Así, el programa de los «Geosistemas portadores de carbonatos» del Museo de Historia Natural de Londres tiene un criterio académico y también comercial.

Un aspecto importante que se ha tenido en cuenta en este programa es su orientación al museo. Aunque el Museo de Historia Natural es fundamentalmente un instituto de investigación, ésta se tiene que basar en las colecciones, y es este aspecto el que distingue su investigación de la que se hace, por ejemplo, en las universidades.

Estrecha colaboración

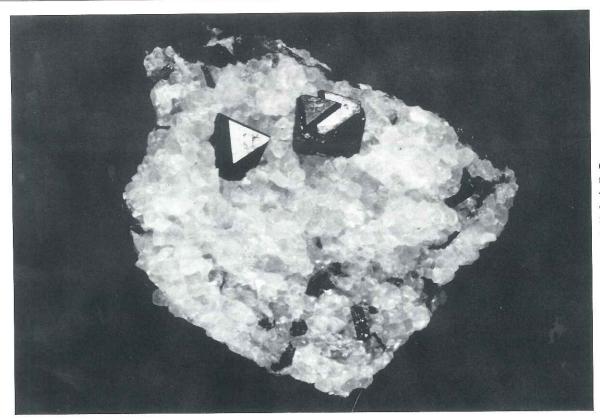
Los principales efectos de este principio en el caso del programa de los geosistemas portadores de carbonatos son, en primer lugar, la posibilidad de emprender proyectos que requieren grandes colecciones comparativas de rocas o minerales y, en segundo lugar, el hecho de que se esté preparando una serie de monografías en la que se describen todos los yacimientos de rocas ígneas alcalinas y de carbonatitas que existen en el mundo, para lo cual son esenciales las incomparables bibliotecas del museo.

No obstante, se mantiene una estrecha cooperación con distintas universidades y centros de investigación geológica, y con proyectos combinados en los que participan investigadores pertenecientes a más de una docena de instituciones, la mayoría con el extranjero.

Los proyectos de investigación, sobre todo académica, que integran el programa se centran en dos campos principales: el petrológico y el mineralógico. La petrología consiste esencialmente en el estudio de los «sistemas rocosos», es decir, las mezclas de minerales que constituyen las rocas, en contraposición a la mineralogía, en la que se tiende a considerar individualmente las especies minerales. Existen varios proyectos petrológicos en los que se realizan investigaciones sobre las rocas ígneas alcalinas, los cuales se llevan a cabo en Malawi, país en el que el departamento de mineralogía del Museo de Historia Natural tiene ya una larga tradición de investigación.

Primer país de Africa

Malawi es un pequeño país situado a lo largo de la parte meridional del Rift de Africa oriental, el extraordinario sistema de valles de fallas que se extiende a través del este de Africa desde el Zambeze hasta el mar Rojo. Las rocas ígneas alcalinas y las carbonatitas muchas veces están situadas en sistemas de fallas, y



Cristales del mineral pirocloro -principal fuente del metal niobio- presentes en la carbonatita.

el caso más espectacular es el del Rift de Africa oriental. Aunque la zona de falla de Malawi está en su mayor parte ocupada por el lago Malawi, en el sur del país y a lo largo de la parte occidental del lago hay numerosos yacimientos de rocas alcalinas y de carbonatitas que se están investigando a fondo.

Las carbonatitas de Malawi fueron las primeras que se reconocieron en Africa, gracias al trabajo realizado por el museo en la década de 1930, y la labor casi constante desde entonces ha dado lugar a grandes colecciones de rocas para la investigación. En la actualidad ésta se concentra en un trabajo petrológico y químico detallado, para tratar de descubrir cómo se formaron estas carbonatitas y su relación con la falla geológica.

En Suecia se está llevando a cabo un proyecto análogo sobre uno de los complejos clásicos de carbonatita, para intentar aclarar no sólo cómo se produjo este yacimiento, sino también para ver si se pueden interpretar de la misma manera que las que se encuentran en la zona de Malawi.

Minerales de tierras raras

El segundo grupo importante de proyectos en el marco del programa

comprende estudios mineralógicos detallados, tanto de las carbonatitas como de rocas ígneas alcalinas. En el trabajo con carbonatitas, gran parte del cual se realiza sobre las que existen en Malawi, se trata de descifrar el origen y la evolución de los diversos elementos de las tierras raras y de algunos otros minerales. Esta investigación depende en gran medida de dos microanalizadores de sonda electrónica del departamento de mineralogía. Sin estos instrumentos no se podría haber realizado ninguna de estas tareas.

Gran parte de la investigación mineralógica de las rocas alcalinas se concentra en los minerales de tierras raras. Se estudian sucesiones de dichos minerales de diversos lugares de todo el mundo, y de nuevo, copiosas colecciones del museo que, sumado a los conocimientos especializados del personal que ha estado estudiando estos minerales complejos durante muchos años, lo convierten en un lugar especialmente idóneo para una labor de este tipo.

Por último, hay que mencionar un importante proyecto, financiado por la Comunidad Europea, del cual el departamento es uno de los cuatro contratistas, junto con sendas universidades de Bélgica y Francia y una compañía industrial alemana que está extrayendo un complejo de carbo-

natita en el Zaire para obtener el mineral pirocloro, del que por refinación se consigue niobio, metal raro que se utiliza en la ingeniería de altas temperaturas.

Larga tradición

El depósito es complejo, y para facilitar las actuales actividades de minería y establecer una estrategia acertada para su futuro desarrollo, se está realizando una investigación detallada del mismo. La función del museo consiste sobre todo en investigar la química del pirocloro, que varía a través del depósito, y tratar de comprender los procesos que han causado esta variación.

El Museo de Historia Natural tiene una larga tradición en la investigación de las carbonatitas y las rocas ígneas alcalinas, que se remonta al siglo pasado. Esta investigación se realizó en parte por la relativa rareza de estas rocas y de los minerales que contienen, para lo cual las grandes colecciones del museo representaron una ventaja, y en parte por los problemas teóricos que plantea el conocimiento de su génesis. Ha sido sólo en las últimas décadas cuando han comenzado a adquirir una importancia económica considerable.

LA DISTRIBUCION COMERCIAL DE LAS ROCAS INDUSTRIALES: PRODUCTOS DE CONSUMO

SEBASTIAN RIVERA NAVARRO Tolsa, S. A.

a distribución comercial de las rocas industriales es un aspecto escasamente abordado en los proyectos de viabilidad de un yacimiento.

Por supuesto, siempre se habla del consumo de un mercado potencial de un determinado producto, de una roca industrial en este caso, y se hacen estimaciones de la cuota de mercado que es necesario cubrir en un plazo de tiempo para que resulte viable un proyecto.

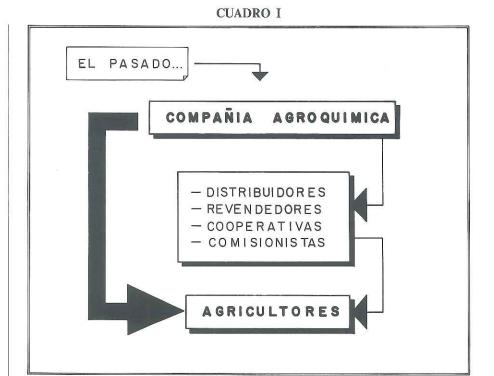
Lo cierto es que muchos proyectos fracasan, a pesar de no haberse modificado los factores que se tuvieron en cuenta a la hora de estudiar la viabilidad, como es el mercado potencial, los precios, la calidad, los costos, etc. Este fracaso se debe en gran parte, a no haber tenido en cuenta «Los Canales de Distribución» adecuados.

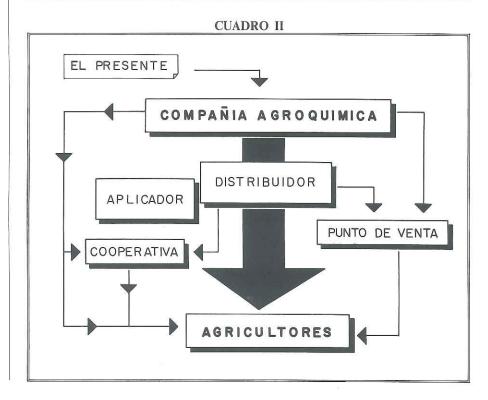
El mercado de las rocas industriales es tan amplio como lo es la diversidad de materiales, susceptibles de explotación, que están implicados en el propio término. Así pues, se pueden hacer tantas subdivisiones como criterios empleemos para su clasificación.

Si utilizamos un criterio geográfico, se puede hablar de mercado local, nacional, extranacional, dependiendo no sólo de la abundancia de recursos a dichos niveles, sino de la repercusión que en el precio final puede suponer el transporte.

Si atendemos a un criterio de utilización, el producto puede utilizarse como materia prima para la elaboración de un producto final, de la que es un componente más, o bien el producto puede ser utilizado por sí mismo como producto final.

Si el criterio es el grado de manipulación o elaboración, el abanico puede ser desde un material que requiera una operación simple para su





POBLACION DE ANIMALES DE COMPAÑIA EN ESPAÑA Y EL RESTO DE EUROPA (1)

	ESP	AÑA	EUROPA				
Conceptos	Millones	% sobre el total	Familias con pets	Millones	% sobre el total	Familias con pets	
Pájaros	5,6 24,7 26 %		26 %	29	17,0	14 %	
Perros	3,8	16,7	25 %	29	17,0	24 %	
Gatos	2,2	9,7	18 %	25	14,7	19 %	
Peces	10,0	44,1	Sin datos	70	41,2	Sin datos	
Otros	1,1	4,8	8 %	17	10,0	5 %	
TOTAL	22,7	100		170	100		

⁽¹⁾ Francia, Italia, Alemania, Dinamarca, Bélgica, Gran Bretaña, Holanda, Islandia y Luxemburgo. Fuente: ANFAAC.

presentación, hasta un material cuyo proceso de beneficio requiera un proceso complicado.

Por tanto, para definir cuál es el mercado de una roca industrial, debe definirse paralelamente al producto final el planteamiento de su distribución.

En líneas generales se puede decir que, la distribución comercial de una roca industrial debe tener en cuenta todos los pasos que van desde la extracción de la roca en cuestión y su manipulación, hasta llegar al usuario o consumidor. El conjunto de estos consumidores constituye «El mercado».

La manipulación del material extraído puede consistir en un proceso simple, al menos de clasificación, o puede constituir todo un proceso complicado de beneficio hasta convertirlo en un producto «útil».

El concepto «utilidad», en el sentido que se emplea aquí, hay que buscarlo precisamente en «el mercado», donde deben hallarse los parámetros que definen la bondad del producto en cuestión. Estos parámetros abarcan un amplio espectro como pueden ser:

- Hábito de uso.
- Aspecto.
- Presentación.
- Embalaje.
- Composición, etc.

Que quedarán establecidos en unas especificaciones, no sólo del material, sino del producto final.

Por otra parte, el mercado de cualquier producto, es dinámico, en cuanto va variando con el paso del tiempo, en función de factores como,

- Nivel económico.
- Avances técnicos.
- Publicidad.
- Técnicas de ventas.
- Medios logísticos, etc.

A título de ejemplo, un caso de la evolución de la distribución en un sector de mercado como es la agricultura, se presenta con los productos agroquímicos. En los cuadros I y II se muestra en primer lugar, el esquema de distribución en el pasado con la aparición de un mercado nuevo (década de los 50), donde no existen canales de distribución previos y por tanto se requiere una venta di-

cializan, se cuenta con una regulación legal estricta, se reduce la venta directa, se reducen los intermediarios y por tanto las comisiones, todo ello potenciando la red de distribuidores.

La adecuación de los canales de distribución y sus medios se pueden buscar, asimismo, en muchos otros sectores de mercado, como es el caso de los productos de consumo.

CUADRO IV CIFRA DE NEGOCIO EN 1990

En el conjunto del mercado nacional representan más del 80 % del valor	l las empresas asociadas a ANFAAC de los productos elaborados.
CIFRAS TOTALES	DEL SECTOR (*)
	Valor (mill. de Pts) (1)
Alimento para perros	10.500
Alimento para gatos	4.500
Alimento para pájaros	2.200
Alimento para peces/otros	1.500
TOTAL	18.700

(*) Estimaciones ANFAAC a partir de estadísticas internas.

(1) Precios de venta al detallista P.V.P. se estima un valor superior a 25.000 millones de pesetas.

recta, se precisaba una enseñanza técnica, no existían suficientes medios de aplicación, la regulación legal era escasa, se producían residuos, los plazos de entrega eran prolongados y no existían puntos de venta y almacenes apropiados.

En segundo lugar, el cuadro representa cómo se ha estructurado el mercado después de su evolución, los canales de distribución se espe-

La distribución de los productos de consumo

Por «productos de consumo» se entiende todos aquellos productos, a los que tiene acceso el consumidor final en los distintos puntos de venta, en unidades generalmente pequeñas destinadas a su propio consumo, esto es, su uso conlleva su inutilización o destrucción, en contraposición con aquellos que permiten un uso prolongado y repetitivo. Ejemplos de los primeros son un alimento preparado o un cosmético, y de los segundos, la ropa o un electrodoméstico.

Podemos encontrar un buen número de rocas industriales en los distintos sectores de mercado como productos de consumo, sal en alimentación, talco en cosmética, turba en jardinería, diatomeas en filtros, etc.

Todos están destinados potencialmente al mismo mercado, y éste es la totalidad de la población, por tanto, participan en la mayoría de los casos de una cosa común, «los canales de distribución». Estos a su vez, incluyen todos los medios físicos necesarios para hacer llegar un producto desde un yacimiento (y su planta de tratamiento) hasta el consumidor final, y por supuesto, está apoyado en medios indirectos, como pueden ser financieros, publicitarios, etc., que constituyen la organización de un proyecto comercial.

Un caso concreto:

La cama de gatos, una necesidad, un producto

Este producto se ha desarrollado a partir de la necesidad que plantea la eliminación de excrementos, tanto sólidos como líquidos, de los gatos domésticos, especialmente en las ciudades.

Tradicionalmente el lugar de «aseo» de un gato en una vivienda ha sido un problema, utilizándose materiales como periódicos viejos o bien materiales sueltos, tierra o serrín en un recipiente, ya que el gato acostumbra a enterrar sus excrementos.

Una buena «cama de gatos» debe reunir una serie de requisitos:

— Granulometría adecuada, al ser un producto granular, el animal puede actuar según su instinto enterrando sus excrementos. La granulometría no debe ser muy gruesa para aumentar la absorción, ni muy fina pa-

CUADRO V
COMERCIO AL POR MAYOR DE AVES O PAJAROS DE JAULA, PECES, PERROS

	Sin datos	1-5	6-10	11-20	21-50	51-200	+ 200	Total	% Tota
Andalucía	23	1			1			25	12,6
Aragón	4							4	2
Asturias	1							1	2
Canarias	14	2		1	1			18	9
Cantabria	1							1	0,5
Catalunya	54	2		2		1		59	29
Extremadura								Adjusta	
Castilla-León	5	1						6	3
Castilla-La Mancha	6							6	3
Galicia	7							7	3,5
Madrid	42			1		1	1	45	22,7
País Vasco	2							2	1
Baleares	4	1						5	2,5
Murcia	1							1	0,5
Com. Valenciana	18							18	9
Navarra									
Rioja									
Ceuta-Melilla									
TOTAL	182	7		4	2	2	1	198	100
% DEL TOTAL	91,9	3,5		2	1	1	0,5	100	

ra evitar pegaduras en las patas, y debe estar exento de polvo para evitar las manchas que el gato puede provocar con sus patas.

 Absorción alta, la menor cantidad posible de producto debe absorber la mayor cantidad posible de líquidos, aumentando así, la duración de una dosis.

— Poder de desodorización alto, el producto debe eliminar los malos olores, es decir, la capacidad de cambio del material empleado debe ser alta para que retenga las moléculas de amoníaco y de las sustancias orgánicas responsables del mal olor.

Resistencia mecánica adecuada, el producto no debe deshacerse en contacto con líquidos, ni en la manipulación, envasado, almacenaje, transporte, ya que de otra forma produciría polvo, pero tampoco debe ser excesivamente duro, ya que podría ser cortante para la piel del gato.

En los años 60 se comenzó a desarrollar una importante industria en España, en torno a una arcilla especial, la sepiolita, cuyas características la convierten en el material idóneo para su uso como «cama de gatos». La compañía que desarrolló esta aplicación, junto a otras, es «Tolsa, S. A.».

Hay que hacer la aclaración que se utiliza el término «cama de gatos» ya que es este animal el que consume mayor cantidad de producto, pero también otros animales domésticos se aprovechan de sus propiedades, hamsters y otros roedores, aves y reptiles para el fondo de sus jaulas, etc.

El mercado de los animales de compañía

A esta aplicación, que suele aparecer como anecdótica y curiosa, se destinan dentro de las rocas industriales cerca del millón de toneladas/ año sólo en Europa y el crecimiento continúa.

En países como España, el mercado de animales de compañía aún no está muy desarrollado y el crecimiento es, pues, superior a la media.

En el Cuadro III se reflejan los datos actuales referidos a España y comparados con las cifras de una gran parte de Europa, en cuanto a número de animales de compañía por tipos, porcentaje que representa cada tipo frente al total y porcentaje de familias poseedoras. Aunque en este cuadro no se aprecian grandes diferencias entre España y el resto de los países comparados, la cifra de negocio alrededor de este sector sí muestra diferencias. El consumo de productos para animales de compañía en España (alimentos preparatorios, accesorios, etc.), todavía están lejos de equipararse con los consumos en otros países.

Así pues, en España y refiriéndonos al sector de alimentos para animales de compañía, sólo el 33 por ciento de los hogares poseedores compran alimentos preparados una o varias veces por semana, mientras que en Europa lo hacen el 60 por ciento (en EE.UU. el 95 %). El crecimiento del sector ha rondado el 30 por ciento anual, que significa uno de los más elevados en el conjunto alimentario español.

El Cuadro IV muestra, según AN-FAAC (Asociación Nacional de Fabricantes de Alimentos para Animales de Compañía), la cifra de negocios del sector en 1990 en España.

En otro orden, hay que decir que se consumen 100.000 Tm de piensos y comidas preparadas para animales de compañía y por último, para dar una idea de la importancia que tiene este mercado, hay que señalar que la inversión publicitaria de los miembros de ANF-AAC en 1991 fue de 1.200 millones de pesetas que supuso un 20 % de incremento sobre el año anterior.

Estructura del comercio de animales domésticos en España

Una idea muy aproximada de la distribución zonal del mercado, nos la brinda la repartición empresarial del comercio mayorista y minorista de animales de compañía en España (Cuadro V).

Dichas empresas se concentran básicamente en cuatro zonas o comunidades, que son Cataluña, Madrid, Andalucía y Levante, que recogen respectivamente el 29,8, 22,7, 12,6 y 9,0 por ciento en el comercio al por mayor y el 31,1, 19,3, 6,6 y 11,6 por ciento en el comercio al por menor. El resto de las zonas queda muy lejos de estas cifras. Las cuatro principales absorben 147 de las 198 em-

CUADRO V (Continuación)

COMERCIO AL POR MENOR DE AVES O PAJAROS DE JAULA, PECES Y OTROS ANIMALES DE COMPAÑIA

	Sin datos	1-5	6-10	11-20	21-50	51-200	+ 200	Total	% Total
Andalucía	97	3				1		101	6,6
Aragón	44	1						45	2,9
Asturias	46	1		1				48	3,1
Canarias	64	V		1				65	4,3
Cantabria	16	1						17	1,1
Catalunya	474	2		2		1		479	31,1
Extremadura	17			1				18	1,2
Castilla-León	57						1	58	3,8
Castilla-La Mancha	31							31	2
Galicia	45	1						46	3
Madrid	295	1	1					297	19,3
País Vasco	31							31	2
Baleares	47							47	3
Murcia	40	2	U					42	2,7
Com. Valenciana	177	1	1					178	11,6
Navarra	15							15	1
Rioja	10							10	0,6
Ceuta-Melilla	12							12	0,8
TOTAL	1.518	13	1	5	X	2	1	1.540	100
% DEL TOTAL	98,6	0,8	0,06	0,3		0,1	0,06	100	

presas mayoritarias, un 74,2 por ciento, y 1.055 de las 1.500 empresas minoristas, un 68,5 por ciento.

Los canales de distribución en el mercado

A la vista de la desigual repartición del comercio que se ha visto, se puede comprender que hay zonas con alta concentración, donde ponen las miradas todas las empresas que fabrican y distribuyen productos de consumo, mientras que la mayor parte del territorio sufre mal abastecimiento o un sobrecosto.

En el terreno que nos ocupa, los canales de distribución para un producto de consumo, como la «cama de gatos», se concentran en tres tipos:

 Tienda especializada en animales de compañía. Tradicionalmente es el punto de venta donde únicamente se podían adquirir este tipo de productos. Son las tiendas donde se venden los propios animales, sus alimentos y accesorios. La repartición en el territorio es similar a la repartición empresarial que hemos visto anteriormente, por tanto, se deduce la dificultad que entraña hacer llegar un producto de consumo allí donde no existen o son escasos los puntos de venta. Esta estructura tiende a compartimentar un mercado y a impedir su expansión.

- Supermercados. El desarrollo del concepto de tienda donde se puede adquirir una gama de productos más amplia que la que ofrece una tienda tradicional, cualquiera que sea el sector, tuvo los comienzos y su expansión a principios de los años 70 en España. No obstante, hubo que esperar aún bastante tiempo para que tuvieran cabida en sus lineales (estanterías con productos a la venta) la cama de gatos. Fue el incipiente interés del consumidor por los alimentos preparados para animales de compañía, el que creó la necesidad de dedicar un pequeño espacio en

CUADRO VI

PRINCIPALES GRUPOS DE DISTRIBUCION POR SALA DE VENTAS (1991)

N.	Grupo/Empresa	Puntos de venta	Superficie (m²)
1	- TOTO CONTINUENTE	946	426.221
	CECONTISA, S. A.	19	165.550
	DIA, S. A.	385	124.296
	DIRSA, S. A.	504	125.537
	MERCA POPULAR, S. A.	38	10.832
2	GRUPO PRYCA	69	10.00
	HIPERMERCADOS PRYCA, S. A.	29	257.473
200	ERTECO, S. A.	40	243.473
3	MERCADONA, S. A.	139	14.000
4	GRUPO CORTE INGLES	28	189.193
	HIPERCOR, S. A.	9	160.200
	EL CORTE INGLES, S. A.	19	126.000
5	ALCAMPO, S. A.		34.200
6	SIMAGO, S. A.	17	148.969
7	GRUPO EROSKI	106	132.084
	EROSKI S. COOP	158	129.683
	CONSUM	88	81.495
	ALIHOGAR, S. A.	61	36.474
8	GRUPO DIGSA	9	11.714
U		279	110.427
	DISTRIBUCIONES GIMENEZ, S. A.	96	34.713
	DIGSA CASTINA S. A.	79	26.121
	DIGSA CASTILLO, S. A.	14	13.119
	DISMO, S. A.	64	21.760
	MERKAL, S. A.	16	8.564
0	GARCIA PAGAN	10	6.150
9	GRUPO COFIDISA	170	95.411
	GRUPO EL ARBOL, S. A.	75	41.351
	SEBASTIAN DE LA FUENTE, S. A.	71	37.106
	GAYBO, S. A.	24	16.954
0	GRUPO ANDALUZ DE DISTRIBUCION	101	88.406
	SUPERECO, S. A.	10	7.300
	SUPERMERCADOS DANI, S. A.	14	10.350
	DIALGO, S. A.	38	29.356
	ECOAHORRO, S. A.	18	22.000
	J. M. BERUTICH, S. A.	12	8.500
	HIPERMERCADOS REUNIDOS, S. A.	5	0.75
	GOMEZ VAQUER, S. A.	4	6.400
1	JOBAC, S. A.	103	4.500
2	MAS POR MENOS, S. A.	139	54.750
3	GRUPO DAGESA		44.464
	DAGESA, S. A.	85	43.110
T	SUPERMERCATS CATALANS, S. A.	45	18.960
T	SUPER AGUD, S. A.	23	7.950
	GRUPO VALVI	8	5.200
-	VALVI, S. L.	85	42.110
	GIROMALL CENTER, S. A.	84	38.110
	DISTOP, S. A.	1	4.000
		66	39.000
	SUPERMERCADOS SABECO, S. A.	42	37.550
_	AGRUPACION COMERCIAL, S. A.	106	31.700
	AUTOSERVICIOS CAPRABO, S. A.	50	31.581
	GRUPO RENTERO	35	30.421
	RENTERO, S. A.	32	20.921
	SUPERMERCADOS MATCH, S. A.	3	9.500
	DISTRIBUIDORA DEL OESTE, S. A.	70	29.655

los supermercdos para estos productos y a continuación, de su mano, se fue ampliando la gama de productos, con más variedad de alimentos (secos y húmedos) y otros accesorios.

Desde este momento, el panorama de la distribución cambia, ya que las cadenas de supermercados se extienden por todo el ámbito nacional, si bien la mayoría sólo tienen representación regional y sólo unas pocas cubren todo el territorio. En ambos casos, ya no se trata de implantarse preferencialmente en las cuatro comunidades principales antes mencionadas, sino que poco a poco la red de supermercados va ocupando todos los espacios vacíos. La distribución de los productos de consumo en este panorama evoluciona, el número de almacenes reguladores se multiplica, los medios logísticos de transporte mejoran y se rentabilizan.

 Hipermercados. La última fase del desarrollo de la distribución en España llega de la mano de lo que se ha dado en llamar «gran distribución».

La punta de lanza de este desarrollo lo constituye la implantación desde los años 80 de los hipermercados o «grandes superficies».

Estos hipermercados, en su mayor parte participados por otras cadenas europeas, fundamentalmente francesas, irrumpen en un momento en nuestro país y desencadenan una carrera de inauguraciones de centros, perfectamente repartidos por todo el territorio, evitando dejar espacios abiertos en los que pueda entrar la competencia.

En esta situación, la distribución de productos de consumo se encuentra con macroempresas de ámbito totalmente nacional, con un elevado poder de compra y una oferta de productos desconocida hasta ese momento en cuanto a número y variedad.

La distribución de productos de consumo se adapta ante esta necesidad de abastecer a una red de centros nacional, con exigencia de servicio rápido y constante.

Es un hecho que un producto de consumo, generalmente, se vende en una gran superficie «solo» con su presencia en los lineales. Sin embargo, la referenciación de un producto es la principal dificultad. Hay que decir que la «presencia» del producto en cuestión es función de la «utilidad» a la que nos referíamos al principio, es decir, debe reunir una serie

CUADRO VII
REPARTO GEOGRAFICO DE LOS ESTABLECIMIENTOS POR SALA DE VENTAS (*)
1990/1991

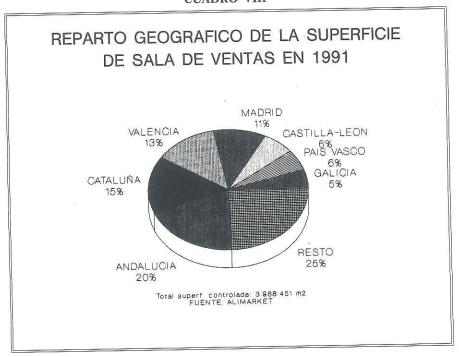
Comunidad	Puntos de venta	Sala venta superficie (m²)	% sobre el total	Evolución (91/90)	
Andalucía 947/1.207		671.210/784.595	18,18/19,70	16,87	
Aragón	339/324	146.033/134.318	3,95/ 3,37	8,02	
Asturias	193/210	159.076/161.662	4,30/ 4,05	1,62	
Baleares	125/153	86.471/111.349	2,34/ 2,80	28,77	
Canarias	206/224	123.686/147.421	3,35/ 3,70	19,18	
Cantabria	81/ 99	40.418/ 55.634	1,10/ 1,40	37,64	
Castilla-La Mancha	182/234	105.998/126.932	2,87/ 3,18	19,74	
Castilla-León	433/473	226.936/252.570	6,14/ 6,35	11,29	
Cataluña	1.244/1.111	585.953/605.427	15,86/15,20	3,32	
Extremadura	142/175	78.322/ 94.008	2,12/ 2,35	20,02	
Galicia	289/375	180.073/204.198	4,87/ 5,12	13,39	
La Rioja	55/ 50	30.021/ 29.411	0,82/ 0,74	2,03	
Madrid	763/762	459.243/425.030	12,43/10,66	7,44	
Murcia	88/109	74.454/ 83.270	2,01/ 2,10	11,84	
Navarra	65/ 51	35.504/ 36.508	0,96/ 0,92	2,82	
País Vasco	302/320	208.992/220.817	5,65/ 5,55	5,65	
Valencia	573/591	482.112/510.301	13,05/12,81	5,84	
TOTALES	6.027/6.468	3.694.502/3.983.451	100/100	7,82	

^(*) Puntos de venta propios, excluidos franquiciados. Fuente: ALIMARKET.

de requisitos como calidad, tamaño, presentación, precio, etc., que es ca-

da vez más exigente, más controlado y por tanto es más difícil ocupar un

CUADRO VIII



espacio en un lineal de un hipermercado, que por su parte busca la rentabilidad óptima.

Pero además, una vez diseñado el producto en su totalidad, hay que tener en cuenta el «servicio» solicitado por estos grandes establecimientos, que parten de la premisa de tener stock cero. Esto es, el stock del producto ha de estar en manos del productor, hasta que el producto es solicitado por el comprador del hipermercado para exponerlo directamente en el establecimiento. Un producto de consumo, sobre todo a medida que gana rotación (repetición de compra por parte del usuario y reposición en el lineal), no perdurará si hay continuas roturas de stock (el espacio del lineal es caro y no puede estar vacío). En este sentido se adopta en muchos casos el sistema de «merchandising» que consiste en que el productor, directamente o a través de sus colaboradores se encargan de reponer en los lineales de los hipermercados sus productos.

CUADRO IX

EVOLUCION DEL UNIVERSO DE ESTABLECIMIENTOS DE ALIMENTACION TOTAL ESPAÑA

Población 37,1 millones

Número de establecimientos	115.910	115.768	110.677	101.968	96.644
Hipermercados	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,2 %
	89	99	108	128	150
Super grandes	0,5 %	0,5 %	0,7 %	0,7 %	0,8 %
	552	603	691	725	770
Super pequeños	3,6 %	4,0 %	4,7 %	5,5 %	6,1 %
	4.146	4.689	5.217	5.647	5.895
Autoservicio	14,6 %	15,5 %	16,6 %	18,0 %	18,7 %
	16.893	17.893	18.410	18.371	18.090
Tradicionales	81,3 %	80,0 %	77,9 %	75,7 %	74,2 %
	94.230	92.484	86.251	77.097	71.739
	1987	1988	1989	1990	1991

FACTURACION EN MILLONES DE PESETAS Porcentaje de ventas (*)

Número de establecimientos	2.112	2.459	2.800	3.380
Hipermercados	18,9	19,0	20,4	24,3
Super grandes	12	17,7	13,6	12,7
Super pequeños	26,8	22,7	23,4	25,4
Autoservicios	22,1	16,3	16	13,9
Tradicionales	32,2	29,3	26,6	23,7
	1987	1988	1989	1990

(*) Estimadas de productos de alimentación,

Estas exigencias hacen que la distribución se haya especializado, y que las empresas de distribución se hayan convertido en el puente imprescindible entre el productor y los grandes puntos de venta, naturalmente los demás canales de distribución se han visto favorecidos por esta evolución y en definitiva redunda en beneficio del usuario ya que aumenta la oferta de productos y se ha conseguido un abaratamiento del capítulo de transportes y por tanto del precio final.

Situación actual y perspectivas de la distribución

En la relación del Cuadro IV puede verse el ranking de las 20 primeras empresas de distribución, clasificadas por la superficie de ventas total, en m², en 1991.

En los siguientes Cuadros VII y VIII se refleja el reparto geográfico de la superficie de sala de ventas para el mismo año por regiones.

La evolución de los canales de distribución en los últimos años se ha representado en el Cuadro IX, con datos provenientes de Nielsen.

Esta organización de estudios de mercado, Nielsen, clasifica los establecimientos de venta en España como se muestra en el cuadro adjunto.

Con esta clasificación a la vista, el porcentaje de los primeros ha ido en aumento, en detrimento de los últimos que han ido desapareciendo o reestructurándose en los tipos primeros.

Se observa en el cuadro que el número de establecimientos ha pasado de 115.910 en 1987 a 96,644 en 1991. mientras que los primeros en la clasificación de Nielsen han ido en aumento (lo que significa un incremento considerable en superficie de sala de ventas), los establecimientos más pequeños han disminuido, no sólo en número, sino en porcentaje de ventas.

Es de destacar sobre todo, refiriéndonos al Cuadro X para 1990, cómo un 0,1 por ciento aproximadamente del número de establecimientos, que corresponden a los hipermercados, representan un 24,4 por ciento del porcentaje de ventas. Aún no se cuentan con cifras comparativas publicadas para 1991, pero como es lógico, los porcentajes de ventas van en aumento.

Las previsiones para un futuro próximo, anuncian que se irá acentuando más esta progresión para unos y regresión para otros, llevándose la mayor parte de la tarta los «grandes» hipermercados.

Para el ejercicio de 1992 las inversiones previstas en nuevas inauguraciones de grandes establecimientos es de 120.000 millones de pesetas, el 80 % de las cuales corresponden a ocho empresas (PRYCA, CONTI-NENTE, ALCAMPO, HIPERCOR. MERCADONA, SABECO, CON-SUM y EROSKI). La superficie de sala de ventas crecerá en 325.000 m² y es de destacar que 34 centros nuevos superarán los 2.500 m² cada uno.

El desarrollo de la gran distribución en España está, no obstante, por debajo del alcanzado en otros países comunitarios y se prevé, por tanto, que el crecimiento continuará al mismo ritmo.

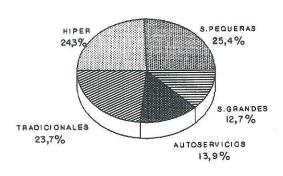
Si comparamos el Cuadro IX, con el número XI, donde se reflejan los datos referidos a Francia, tendremos una idea clara de cuál es la tendencia para los próximos años.

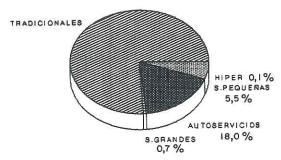
- Hipermercados	$> 2.500 \text{ m}^2$	
 Supermercados grandes 	$\leq 1.500 \text{ m}^2$	5 ó más cajas registradoras
 Supermercados pequeños 	$< 2.500 \text{ m}^2$	2 a 4 cajas registradoras
- Autoservicios	$< 2.500 \text{ m}^2$	1 caja registradora
- Tradicionales: Estable tradicio		de despacho

UNIVERSO DE ESTABLECIMIENTOS DE ALIMENTACION (TOTAL ESPAÑA)



Nº DE ESTABLECIMIENTOS 101.968





CUADRO XI
EVOLUCION DEL UNIVERSO DE ESTABLECIMIENTOS DE ALIMENTACION TOTAL FRANCIA
Población 53,4 millones

Número de establecimientos	73.429	72.952	48.184	46.220	44.889
Hipermercados	0,9 %	0,9 %	1,5 %	1,7 %	1,8 %
Super grandes > 800 m ²	4,6 %	4,9 %	8,1 %	8,9 %	15,9 %
Super pequeños < 800 m ²	3,7 %	3,7 %	5,6 %	5,8 %	15,9 %
Autoservicios	8,4 %	8,4 %	11,2 %	10,6 %	82,3 %
Tradicionales	81,7 %	81,3 %	72,6 %	72,2 %	82,3 %
Tiendas populares	0,8	0,7	1,1	0,9	
	1987	1988	1989	1990	1991

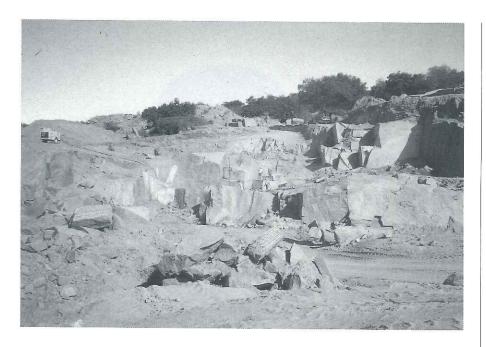
FACTURACION EN MILLONES DE FRANCOS Porcentaje de ventas (*)

Número de establecimientos	553.211	593.535	634.037	674.069
Hipermercados	43,1	44,7	45,8	46,4
Super grandes	32,2	34,5	35,1	44,3
Super pequeños	8,1	7,4	7,1	44,3
Autoservicios	6,1	4,8	4,3	9,3
Tradicionales	7,3	5,9	5,4	9,3
Tiendas populares	3,1	2,7	2,4	
Y. C.	1987	1988	1989	1990

^(*) Estimadas de productos de alimentación.

VALORACION Y SELECCION DE PROYECTOS MINEROS

V. CRESPO



Introducción

I presente trabajo trata de poner en contacto al geólogo práctico, especialmente al recién incorporado a las tareas de investigación minera, con una etapa de la actividad que constituye un peldaño más avanzado del que habitualmente el geólogo trabaja en la escala que conduce a la puesta en actividad de un yacimiento minero rentable.

Se ha recopilado información de diferentes artículos y publicaciones relativas al objetivo propuesto, y tras una cuidadosa selección, se ha utilizado para la elaboración del texto que acompaña.

Este mismo texto sirvió como conferencia de clausura del curso de Geología y Exploración de Yacimientos Minerales, realizados por el Departamento de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad Complutense en 1987/88, a cuyos titulares doctora Rosario Lunar, doctora Elena Vindel y doctora Josefina Sierra quiero hacer llegar desde aquí mi reconocimiento.

Característica de la investigación minera

La minería en determinados países constituye una parte apreciable, aunque modesta, del P.N.B. (2 a 3 % en España, 7 % en Canadá), habiendo tenido siempre gran importancia para el desarrollo e independencia de las naciones, razón por la cual los diferentes estados le prestan gran atención, tanto los de economía libre como los de economía dirigida.

Hay, no obstante, que tener en cuenta que el negocio minero es de alto riesgo y dentro de él la exploración mucho más, por ser una actividad totalmente especulativa. Además se necesitan de 10 a 15 años, a veces menos, desde que se inicia el estudio de un recurso minero hasta que se pone en explotación el yacimiento. Por todo esto, muchos responsables financieros deciden abandonar las actividades de exploración en épocas de recesión económica, sobre la base de que no va a generar productividad el dinero gastado. En mi opinión estas actitudes corresponden a una política de escasa visión de futuro, ya que la exploración es vital para una empresa y su porvenir y en menor medida para una nación. Hay que tener en cuenta que en estas épocas los costes de los negocios mineros han de ser más baratos y la exploración puede tener más éxito al existir mayor número de objetivos de fácil consecución aun a expensas de que el «tiempo de espera» sea más dilatado. No hay que olvidar la ciclicidad de las épocas de recesión y de gran interés por los recursos minerales.

En el área económica del mundo libre los objetivos a medio y largo plazo del negocio minero son los de generar beneficios para las empresas que desarrollan la actividad, por tanto, para sus accionistas y el resto de entidades que soportan la financiación.

Citemos como ejemplo que en Gran Bretaña, 2 millones de ciudadanos poseen acciones de diferentes empresas mineras y 22 millones más están en relación, de forma indirecta, con este tipo de negocios, a través de los diferentes sectores que les proporcionan suministros o de las actividades inducidas por la minería.

La industria de los recursos minerales basa su economía en tres factores principales:

- 1.º No existen beneficios inmediatos y existe un «tiempo de espera» entre el descubrimiento del yacimiento y la extracción.
- 2.º El volumen del negocio es finito en función de las toneladas que presenta el yacimiento.
- 3.º Existen altos riesgos en todas las etapas del proyecto, sobre todo si se compara con otro tipo de industria.

Existen en el mundo cuatro tipos de empresas que desarrollan su actividad en el negocio minero:

1.—Grandes empresas estatales o multinacionales. Pueden llevar a cabo varios proyectos simultáneamente en forma completa, sin que tengan problemas para su financiación.

	N.	América	S.	América	Е	luropa	I	Africa	1	Asia	0	ceanía	Т	OTAL
Sustancia	N.º	М \$	N.º	М \$	N.º	М \$	N.º	М \$	N.º	М \$	N.º	М \$	N.º	M \$
Aluminio	2	1.800	23	11.727	9	1.451	5	6.300	9	4.640	10	5.900	58	31.818
Cobre	16	2.940	30	11.399	3	722	4	1.195	8	935	10	3.547	71	20.738
Hierro	4	1.200	5	4.480	2	40	5	2.910	4	330	8	2.031	28	10.991
Plomo-Zinc	7	882	7	357	6	610	2	130	8	683	4	305	34	2.867
Oro	40	1.294	14	1.327	2	35	26	4.802	7	335	35	585	124	8.380
Uranio	7	80	2	450	-	-	4	345	-	_	5	1.802	18	2.677
TOTAL	76	8.196	81	29.741	22	2.858	46	15.682	36	6.823	72	14.171	333	77.472

- 2.—Empresas que pueden desarrollar el proyecto hasta una determinada etapa del mismo y a partir de ahí emitir acciones o buscar financiación económica para completarlo.
- 3.—Empresas especialistas en proyectos de determinadas sustancias o con buen conocimiento en determinadas áreas, que inician el proyecto mediante la emisión de acciones o ceden parte del negocio a otra empresa.
- 4.—Sociedades que son meros vehículos financieros, sin experiencia en negocios mineros y cuyo interés es puramente especulativo.

En el momento actual en nuestro país existen los dos primeros tipos de sociedades y se está creando una hibridación entre los dos últimos, especialmente en los últimos años. Las iniciativas estatales al menos en las etapas de explotación minera, son las que han aportado más recursos para el desarrollo de la minería.

Durante 1987 nos encontramos que en la investigación más la explotación más plantas de tratamiento para las principales sustancias (Al, Cu, Pb, Zn, Fe, Au y U) el número de proyectos en marcha, no ha variado respecto al año 1986 (333 proyectos 1987 y 335 proyectos en 1986). Sin embargo, el dinero total invertido ha decrecido desde 86,2 billones de \$ hasta 77,4 billones de \$.

Para el resto de las sustancias la inversión ha decrecido igualmente, desde 49,2 billones de \$ hasta 30,9 billones de \$.

Es posible que esto corresponda a una depreciación de los metales que ha afectado a la financiación, desarrollo y finalización de muchos proyectos, habiéndose pospuesto buen número de ellos y encaminándolos para su desarrollo a mucha menor escala.

Fases de un proyecto. El factor riesgo

Los éxitos en la exploración minera vienen condicionados fundamentalmente por dos factores: Gestión de los proyectos (management) y geología. La experiencia pone de manifiesto que los proyectos con más éxito provienen de la interacción de técnicas geológicas adecuadas y una gestión precisa.

La gestión ha de ocuparse de: costes de exploración, tiempo de desarrollo del proyecto, selección de la sustancia y tener confianza y suministrar autonomía y posibilidades de creatividad al Dpto. de Geología y fundamentalmente tener el deseo de llegar al éxito del proyecto.

Los factores geológicos incluyen la competencia técnica y la habilidad para crear modelos empíricos de prospección. La competencia técnica implica la puesta al día de los técnicos en el campo en que desarrollan la actividad en base a sus propios conocimientos y los adquiridos en exploraciones similares a las que ellos desarrollan.

La modelización es fundamental para el éxito de la exploración y actualmente son utilizados por todas las empresas de exploración y muchas de ellas no han llegado a publicar los mismos por lo que a veces ha de crear cada equipo sus modelos propios. Entre estos se realizan modelos genéticos o conceptuales; modelos empíricos o de exploración y modelos de procesos, con los cuales

se puede llegar a cubrir todo el desarrollo del proyecto.

En cualquier caso, el geólogo debe de estar dispuesto para abandonar un modelo y seleccionar otro más adecuado en cada momento del proyecto y el equipo de gestión debe de crear una filosofía y formas de actuación que impliquen continuidad y que el cambio de una o varias personas del mismo no impliquen cambios de actitud que puedan dar lugar a que los proyectos carezcan de éxito.

Conviene hacer resaltar que determinados proyectos que han tenido un trabajo geológico impecable, una gestión defectuosa hace que el éxito de exploración se haya convertido en una tercera parte de sus posibilidades reales.

Vamos a analizar las diferentes fases de un proyecto minero desde su inicio hasta llegar a conseguir la puesta en marcha de una explotación partiendo de dos supuestos que se dan de forma ordinaria en la realidad: Desde el estudio de un área extensa en la que existen numerosos indicios, o bien en un área restringida en la que se conocen algunas manifestaciones mineras cuya naturaleza (tipos de mineralización) atraen el interés de los inversores y compañías mineras, de acuerdo con las demandas del mercado a corto y medio plazo.

De acuerdo con el trabajo de Reedman, J. (1979) la evolución de las etapas de exploración, su coste y el factor riesgo para un proyecto minero standard pueden ser de la siguiente forma, considerado de modo relativo.

Si repasamos el factor riesgo en los negocios mineros, en el cuadro antes señalado se citaba de forma sistemática su desarrollo a lo largo del

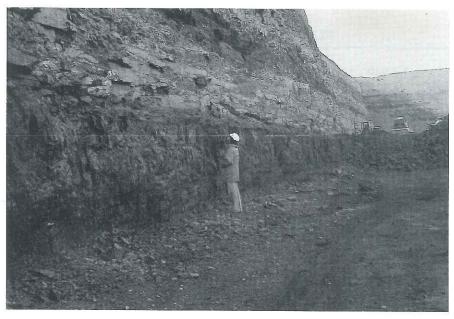
proyecto expuesto que es bastante generalizado, únicamente me voy a referir a que existen riesgos imprevistos que incluso en las etapas en que se ha dejado atrás los denominados «riesgo de exploración», «riesgo de reservas», «riesgos legales» e incluso los «riesgos políticos», pueden presentarse y originar la desaparición de un proyecto con éxito y se entre en pérdidas totales.

Analizando de forma global los costes de exploración nos encontramos:

En Canadá para las décadas de los 50 a los 70, el coste medio de la investigación por yacimiento explotable fue de 8,6 M \$. En la etapa 1956-1966 el coste medio de la exploración para un «yacimiento gigante» (al menos 1 M Tm de Cu, Zn, Pb) fue de 20 a 25 M \$.

Estos costes nacen de dividir el total de gastos realizados por el número de yacimientos puestos en marcha. Hay que hacer constar que existen equipos de empresas mineras privadas cuyo coste por yacimiento descubierto es mucho menor. Tal es el caso de Asarco 1948/63; Duval Corp. 1948/68; Placer Development desde 1955; Western Mining en Australia.

Otras fuentes de información indican que el coste de exploración por descubrimiento, después de analizar los gastos y los descubrimientos de 40 años en USA, puede ser de 25 M \$; 38 M \$; 200 M \$ e incluso 290 M \$.



No hay que olvidar que los gastos de un proyecto minero son progresivos y que en la etapa de exploración estratégica se pueden gastar de 1 a 2 M \$, mientras que en estadios más avanzados del proyecto en donde se incluyen sondeos (a veces de 20.000 a 50.000 m) de cara a demostrar el volumen del yacimiento, puede llegar a ser de varios millones de dólares.

Las inversiones a nivel de explotación son mucho más elevadas, así por ejemplo el yacimiento de hierro de Zouerate (Mauritania) supuso un gasto de 20.080 millones de pesetas. El yacimiento de manganeso de Moanda (Gabón) gastó 480 millones

de francos y el de cobre de Akjoust (Mauritania) unos 400 millones de francos. En España, la puesta en explotación de la mina de Rubiales supuso un gasto de unos 1.000 millones de pesetas de 1970.

Costes máximos de exploración de un yacimiento minero

Cabe preguntarse cuánto es el gasto máximo que acepta un vacimiento para ser puesto en marcha. Existen varios métodos de cálculo, siendo uno de ellos el estimado en ratios.

 $R_{_{1}} = \frac{Coste \ global \ de \ exploración}{Valor \ total \ del \ contenido}$ Coste global de exploración $R_2 = \frac{1}{\text{Cifra global anual de negocio}}$ Coste global de exploración por 20 años Cifra de negocio acumuladas

en 20 años

De acuerdo con datos del BRGM, para 8 yacimientos descubiertos, 7 de los cuales se encuentran en explotación, 2 de ellos en Francia y 5 en Africa, los ratios evaluados han sido:

 $R_1 = 2 \% (1.000 \text{ M F/}50.400 \text{ M F})$ $R_3 = 6 \%$

Para el citado yacimiento de Moanda, el $R_1 = 0.113$ %.

En Canadá durante 20 años para los yacimientos de la provincia de Quebec, el $R_3 = 5$ %.

CUADRO 2

Otras sustancias	N.º	M \$
Cromo	3	20
Cobalto	2	400
Manganeso	7	515
Molibdeno	4	2.425
Níquel	11	1.952
Sílice	2	84
Wolframio	7	177
Otros preciosos	12	872
Otros metales	16	640
Pizarras bituminosas y arena	12	9.591
Fosfato	26	4.498
Potasa	11	6.823
Sulfato sódico	2	330
Otros industriales	9	456

DE ACUERDO CON UN ESTUDIO REALIZADO POR G. TROLY (1973) DURANTE LAS DIFERENTES FASES DE LA INVESTIGACION MINERA LOS COSTES SE INCREMENTAN DE LA SIGUIENTE FORMA:

Fases de	exploración	Superficie o n.º objetivos	Coste por unidad Km ² o indicio	Costos 1 M Km²	% Total costos
Fase I. Infraes (Mapas topogi geológicos, ge Zonas sin interés	ráficos,	100.000 A 1 x 10 ⁶ Km ²	32 \$	32 M \$	7,8 %
Fase II. Explo	1940.000				
Rechazados	Indicios seleccionados	1.500 indicios	150 \$	60 M \$	13-15 %

Otra fórmula de cálculo corresponde al conocimiento de las condiciones medias de explotación en un momento dado, las cuales se determinan por el precio de los minerales y metales y su localización geográfica.

Para justificar estos altos costes de exploración hay que tener en cuenta que para poner una mina en explotación ha de iniciarse con el estudio de numerosos indicios: una Sociedad francesa especialista en yacimientos de Pb-Zn, estudió 300 indicios en 75 años de actividad de los cuales 12 fueron objeto de explotación y de ellos 6 fueron rentables y 2 más muy rentables, con cuyos beneficios se ha podido cubrir los déficits de las 6 explotaciones restantes.

La empresa Cominco, después de 45 años de 1.000 iniciativas de exploración, 78 de ellas suministraron suficiente esperanza de éxito como para justificar la continuación de la exploración, siendo 18 de ellas puestas en explotación, 7 de ellas rentables y 2 yacimientos gigantes (Sullivan con 15 Mt Pb + Zn y Pine Point). A ellos hay que sumar la mina de Rubiales (19 Mt 9 % Pb + Zn) y La Troya (5 Mt con 11 % Pb + Zn).

En ambos casos la relación de minas explotadas a indicios estudiados es de 1 a 50, aunque según otras estimaciones la relación es de 1 a 100, considerando globalmente las iniciativas en un país concreto (Canadá-USA), ó 1 a 125 como veremos más adelante.

En España, con más de 1.000 indicios mineros, a partir de 1964 la exploración minera se ha desarrollado de forma que han existido numerosos éxitos tanto para los minerales metálicos como para las rocas y minerales industriales, sin que, en mi opinión, se haya extraído una imagen beneficiosa para los negocios mineros tanto en las diferentes instituciones políticas como financieras y

aún se sigue considerando la minería como una inversión de alto riesgo de la que hay que olvidarse o como un sector de «segunda fila» al que no hay que prestar excesiva atención.

En cuanto a las rocas y minerales industriales es de todos conocido el éxito en arcillas expansivas (Tolsa) caolín (Vimianzo, Caobar, Caosil), wollastonita (Adaro), diatomita (John Mansfield en Elche de la Sierra) entre otros.

En el campo de las rocas ornamentales el desarrollo ha sido tan espectacular que mencionar algunos de los proyectos de éxito sería excesivamente largo.

Ley de corte. Definición

Es una constante para un geólogo encontrarse en el desarrollo de la actividad de exploración con menas de diferentes contenidos minerales para una misma masa, presentándosele un gran problema a la hora de aconsejar en su informe sobre la continuación o no de la exploración y selección del área sobre la que investigar. En definitiva se trata de decidir si el proyecto minero está trabajando sobre un posible yacimiento o es exclusivamente un indicio más.

Para evitar esta problemática, se

CUADRO 4

DE ESTA FORMA, EL MAXIMO COSTE POR Km² ES DE 450 \$
LA RELACION DE N.º DE YACIMIENTOS/N.º DE INDICIOS = 1/125

Fases de exploración	Superficie o n.º objetivos	Coste por unidad Km² o indicio	Costos 1 M Km²	% Total costos
Fase III. Prospección de indicios				
Subfase 1	Ratio 1/5	100.000 \$	150 M \$	
Rechazado decisi	ón 300 indicios	indicio		
Subfase 2	Ratio 1/5	400.000 \$	120 M \$	
Rechazado decisi	ón 60 indicios	indicio		
Subfase 3 incluye precubicación	Ratio 1/5 12 objetivos definitivos	800.000 \$ indicio	48 M \$	70 %
Rechazado Decisi	ión	TOTAL FASE III: 318 M \$		M \$
Fase IV. Elaboración definitiva y viabil	idad			
CubicaciónViabilidad		3 M \$ por objetivo TOTAL GE	40 M \$	10 % 0 M \$

define la «ley de corte», que corresponde al contenido mineral de una mena, por debajo del cual el mineral no debe arrancarse. Ley mínima que es el valor mínimo aceptable, para que el yacimiento pueda beneficiarse económicamente. Es a partir de la primera cuando se puede definir el volumen explotable del yacimiento y para hacer una estimación del mismo se debe de elegir una ley de corte que esté por debajo del mínimo contenido económico, de tal manera que el conjunto de toneladas con baja ley pueda ser compensado con las existentes que son de alta ley y toda la masa pueda estar por encima del límite de explotabilidad.

Ej.: Si la ley económica de una mena de cobre de un yacimiento dado es de 3 %, para realizar los cálculos debe de utilizarse una ley de corte (cut-off) del 1 %. Pequeños cambios en ella podría dar lugar a variaciones importantes en el tonelaje y afectar a la viabilidad del yacimiento. En otro orden de cosas, una mina con gran tonelaje y baja ley puede ser más atractiva para las compañías mineras que una pequeña masa con alta ley. Es, en cualquier caso, una práctica común el utilizar varias leyes de corte al realizar los cálculos, en orden a establecer comparaciones.

CUADRO 6

Sustancias	Mina	Compañía
Pb-Zn-Cu	Rubiales La Troya Toral de los Vados	Exminesa Exminesa Peñarroya-Adaro
Hg	Almadenejos Las Cuevas	CGS-Minas Almadén CGS-Minas Almadén
W-Sn (Nb-Ta)	La Parrilla Fregeneda Lumbrales Penouta Golpejas Virgen de la Encina Barrueco Pardo Santa Elisa	Minería Bonilla y otros Minería del Duero Minería del Duero Varios Minería del Duero Adaro Coto M. Merlade Cansupex
Fe	La Berrona	IGME
Pirita	Aznalcollar Sotiel	Pirsa Masa
Au	La Lapilla Salave	Adaro Angloamerican
Carbón	Meirama Puentes de G. R. Puertollano San Antonio Ginzo de Limia	IGME Endesa Adaro-Encasur P.M.C. IGME

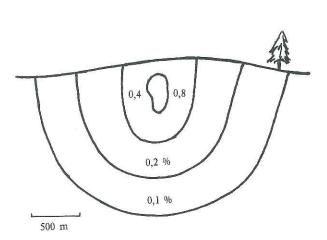
En un yacimiento en el que la mineralización se encuentra disemina-

da, puede ocurrir que el centro de la misma tenga una ley de 0,8 % en Cu,

CUADRO 5

Etapa	Tipo de trabajo	Posibles métodos a emplear	Costes hipotéticos M \$	Riesgo
	Reconocimiento	Cartografía geológica Geoquímica Geofísica Geofísica aerotransportada	0,5	Extremadamente alto
EXPLORACION	Investigación inicial	Cartografía Geoquímica Geofísica Sondeos	1	Muy alto
	Investigación detallada	Sondeos Ensayos metalúrgicos	4	Alto
	Estudio de viabilidad	Sondeos Ensayos metalúrgicos Diseño de la mina Trabajos iniciales	10	Moderado
DESARROLLO	Construcción desarrollo minero	Elección del área Construcciones Sondeos Explotación minera	100	Bajo
EXPLOTACION MINERA	Extracción y beneficio de menas	Métodos de explotación y concentración	Costes de operación	Bajo

LEY DE CORTE:



Ley de corte %	Reservas M Tm	Ley media reservas %	Reservas de metales M Tm		
0,8	50	2,0	1,0		
0,4	200	1,0	2,0		
0,2	800	0,5	4,0		
0,1	3.000	0,25	7,5		

Fig. 1

disminuyendo hacia la periferia a medida que nos alejamos hacia ella. Se puede establecer cuál es el contenido en Cu metal del yacimiento según el cut off que se utilice, con lo cual podremos proponer a nuestras empresas varias posibilidades, todas ellas rentables, que habrán de tenerse en cuenta a la hora de realizar los estudios de viabilidad.

Para expresar gráficamente la distribución de la mineralización en un yacimiento se confeccionan los gráficos de *tonelaje-ley*, representando en ordenadas la ley de corte y en absci-

sas las reservas de metal en Tm.

De esta forma podremos ver de forma inmediata cómo el volumen de Tm es pequeño con *cut off* alto y casi infinitas cuando el mismo se aproxima al fondo geoquímico mundial para cualquier litología, bien es verdad que éstas no serán explotables.

Por citar ejemplos de leyes de corte en proyectos mineros españoles, diremos que la mina de San Antonio, carbón entre Belmez y Espiel, se encontraba en el límite de explotabilidad, pues aunque la central térmica admitía 50 % de contenido en ceni-

zas y pagaba por la Tm unas 2.500 pesetas, los contenidos en cenizas del yacimiento estaban en el límite, por lo que decidió resolverse el problema enriqueciendo el producto final con carbón de Puertollano hasta un determinado momento de la explotación en el que su contenido en cenizas disminuiría.

Para yacimientos de oro en aluvión se ha estimado leyes de corte de 120 mgr por metro cúbico, que debe de ser de los más bajos del mundo.

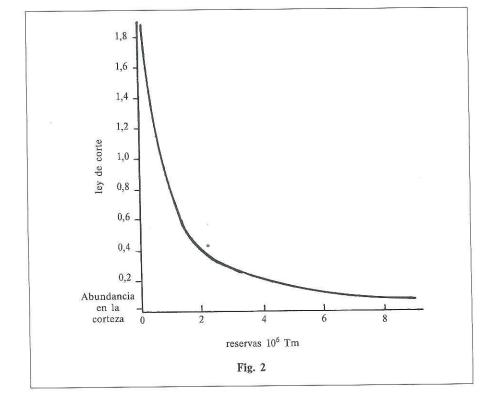
El yacimiento de Rubiales tiene un cut off de 14 % Pb + Zn.

El yacimiento de Virgen de la Encina tiene un cut off de 850 gr/Tm W.

El yacimiento de Alquife tiene un cut off = $46 \% \text{ Fe}_2\text{O}_3$.

Otro dato a tener en cuenta es el relativo a la potencia que se considera explotable de cara a obtener rentabilidad. De modo empírico se ha determinado el considerar masas con al menos de 3 a 5 m de potencia, al contrario que en épocas pasadas en que se consideraba preferentemente 1 m.

El factor tonelaje, corresponde a la transformación de los volúmenes descubiertos en toneladas. El método a utilizar es sencillo, pues sólo hay que tener en cuenta la relación.



Peso muestra al aire

Peso al aire-Peso en agua

Teniendo en cuenta que el comportamiento de las menas ha de ser muy variable en toda la masa explotable, habrán de tomarse numerosas muestras y establecer la recta de regresión de la misma calculándola mediante mínimos cuadrados.

$$y = b x + a$$

$$b = \frac{n \sum x y - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - \sum x^2}$$

$$a = \overline{y} - b \overline{x}$$

De esta manera se representa en un ejé de ordenadas y abscisas poniendo en aquellas la densidad y en ésta el % de mineral de la muestra, con lo cual se puede obtener la recta de regresión.

Cuando las menas son complejas es conveniente obtener varias rectas de regresión, referidas a los diferentes contenidos de cada uno de los componentes.

Todos los datos obtenidos hasta ahora servirán para hacer más exacto el

ESTUDIO DE VIABILIDAD

Se define la viabilidad de un proyecto minero como el conjunto de estudios que permiten llegar a la conclusión de que este proyecto es rentable o no.

Cálculos de rentabilidad

Estos estudios han de estar basados en los siguientes conocimientos:

- Conocimiento del yacimiento.
- Conocimiento de la mena.
- Conocimiento del mercado.
- Conocimiento del contexto general (político, social, económico).

Estos estudios han de iniciarse necesariamente en un estadio avanzado del conocimiento del yacimiento



y al final de los mismos se han de disponer de todos los elementos de decisión sobre la explotación del yacimiento. Su duración es variable según la importancia de los proyectos, sus propias dificultades y el contexto general. Se puede estimar que entre 1 y 2 años es la duración de los mismos.

El conocimiento del yacimiento debe de sobrepasar la etapa de interpretaciones geológicas para definir la forma geométrica y límites del mismo, así como la repartición de la mineralización. La geoestadística conducirá a un método de explotación y a la estimación de reservas explotables.

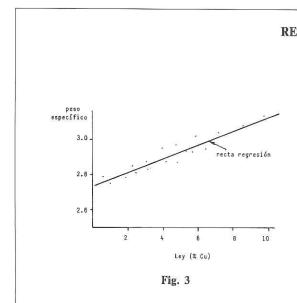
El conocimiento de la mena basado en la mineralogía y mineralurgia, conducirá al procedimiento metalúrgico de tratamiento del mineral. El conocimiento del mercado debe de permitir una mejor valoración para el yacimiento, es decir, la naturaleza del producto que será vendido, las cadencias de explotación posible y el precio probable y llegar a la comercialización.

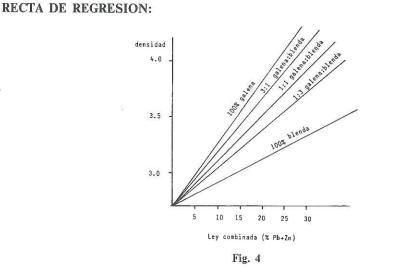
Estas tres etapas se realizan a la vez y han de tener numerosas interacciones.

El contexto general y local interfiere con el resto de las fases (aprovisionamiento, presencia y costes de energía, transporte, alojamientos, etc.).

A partir de las tres fases iniciales se llega a la selección de las técnicas que han de presidir la explotación del yacimiento para que tenga rentabilidad económica.

Los costes que resultan del desarrollo de estas operaciones han de





conducirnos, una vez deducidos de los precios de venta, al cash flow.

Los diferentes costes de inversión, de explotación y el ritmo de producción han de conducirnos al cálculo de la Tasa de Rentabilidad Interna y del beneficio actualizado neto (VAN), con cuyo conocimiento se llegará a fijar definitivamente la dimensión de la mina y de la planta de tratamiento.

Cuando la dimensión a explotar está definida se procede a la búsqueda de financiación y a partir de aquí, el cálculo de rentabilidad puede efectuarse con las previsiones de tesorería, los gastos financieros, el régimen fiscal y los costes operacionales.

Parámetros que condicionan la rentabilidad

El cálculo del beneficio actualizado neto (VAN).

$$B = -I + \sum_{n=0}^{N} \frac{R_{n} - C_{n} - C'_{n}}{(1+a)^{n}}$$

Tasa de rentabilidad

interna r N I =
$$\sum_{n=0}^{N} \frac{R_n - C_n - C'_n}{(1+r)^n}$$

Cantidad inicial invertida + inversiones de renovación

 $R_n = Ingresos anuales$

 $C_n' = Impuestos directos e indirectos$

C_n = Costes de extracción y tratamiento por año

N = Duración de la vida del yacimiento

Tasa de rentabilidad interna o intrínseca: TRI

n = Año corriente

a = Tasa de actualización

A veces, el cálculo de la rentabilidad no podrá realizarse hasta el final de los estudios de viabilidad, cuando los principales parámetros son ya conocidos.

Para tener un conocimiento más exacto de la rentabilidad es necesa-

rio definir el «precio mínimo» por Tn para lo cual en cada yacimiento se conocen:

Costes de explotación (\$/t).

Costes de inversiones (\$/t de capacidad anual).

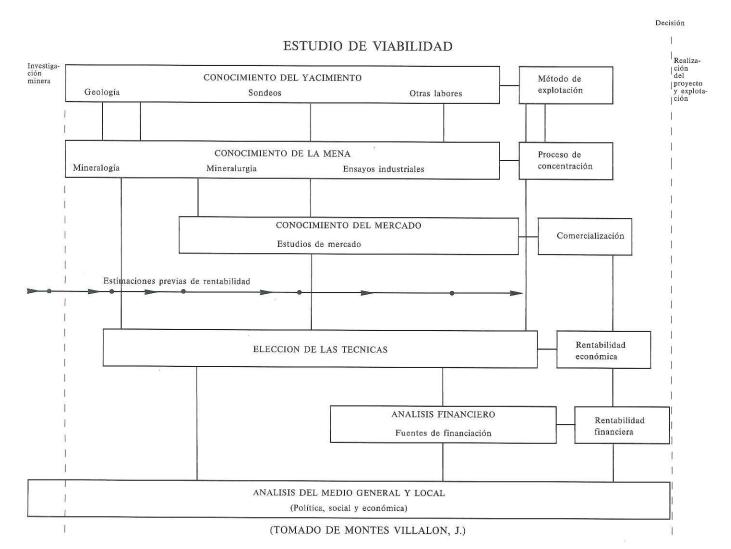
Se fija un tiempo de vida para el yacimiento, ej.: 15 años. El tonelaje de las reservas permite calcular el ritmo de explotación y la inversión total.

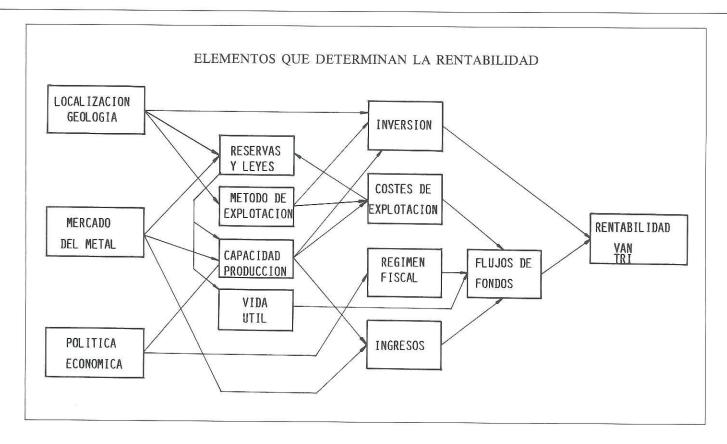
Si se estima una Tasa de Rentabilidad Interna del 20 % se obtiene el cash flow anual mínimo.

Recordemos que un negocio minero empieza a ser rentable cuando el cash-flow = 0,5 x facturación anual.

Ajustando gastos y cash-flow anual mínimo, se determina el ingreso mínimo anual que dividido por el número de toneladas de producción nos dará el «precio mínimo» por tonelada.

A partir de este valor mínimo se puede calcular el contenido límite de un yacimiento del que se conoce la ley del mineral y también el valor del punto de mineral (1 punto = 1 %).





Cálculo del valor del punto de galena

Sabemos que cada Tm de mineral debe de valer 28, 17 ó 10 \$.

Se calcula a partir del precio de la tonelada de concentrado que es:

$$V = \alpha Q T - F$$

 $\begin{array}{ll} V = \text{valor de tonelada de concentrado} \\ Q = \text{precio del plomo} & 700 \text{ $/$t} \\ T = \text{ley del concentrado} & 70 \text{ $\%$} \\ F = \text{gastos de fusión y de transporte} \end{array}$

por Tm de concentrado 70 \$

 α = coeficiente de rendimiento metalúrgico 0,95

El valor del punto de galena es $\rho = \frac{v}{100~T} \ \, \text{en donde } \rho \, \, \text{es el rendimiento del lavadero, ej. 0,90. Valor \%} \\ punto = V/T = \alpha~Q/100~-~F/T; teniendo en cuenta el rendimiento del lavadero <math>\gamma m = \rho \gamma \ \, c = (\alpha~Q/100~-~F/T).$

$$0.90 \left(\frac{0.95 \times 700}{100} - \frac{70}{70} \right) = 5 \$$$

Teniendo en cuenta que el valor mínimo es de 28, 17 ó 10 \$ la Tm según el tipo de yacimiento, la ley mínima a explotar será de:

$$\frac{28}{5}$$
 = 5,6 % yacimiento filoniano

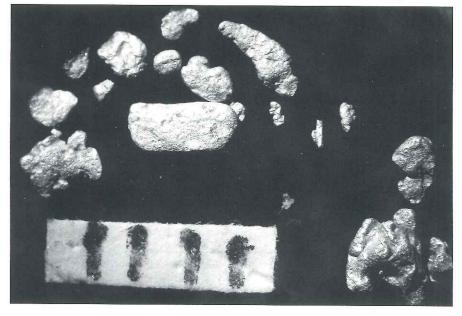
$$\frac{17}{5}$$
 = 3,4 % yacimiento estratiforme

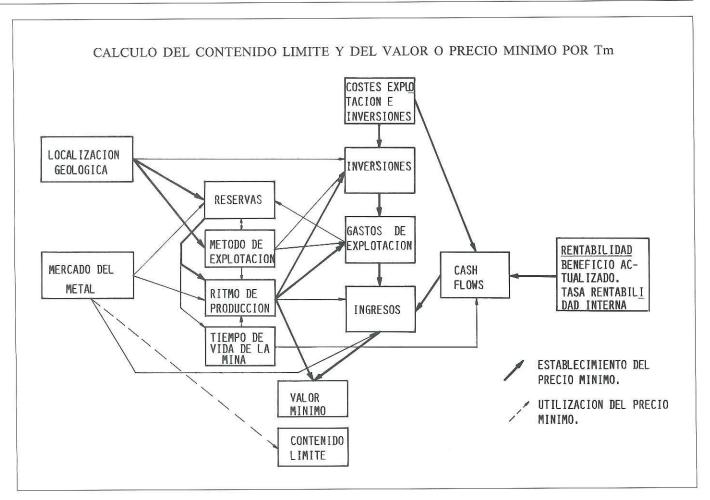
10 5 para un gran yacimiento de bajo coste de explotación

Consideraciones finales

Como resumen de todo lo expuesto cabe señalar que el desarrollo de un proyecto minero presenta una serie de etapas cuyo diseño y realización implican la existencia de diferentes campos de actuación, que desbordan la estricta aplicación metodológica de los conceptos puramente geológicos, o si se quiere de los conceptos geológicos mineros.

La coyuntura actual de la minería parece corresponder a una época de crisis, especialmente debida a la situación de la demanda de los productos minerales, lo cual incide en su precio y por tanto hay que orientar las investigaciones hacia objetivos que posean un mayor tonelaje y más alta ley de las menas, con lo cual los riesgos inversores se incrementan a corto plazo.





Todo ello implica, en mi opinión, que los técnicos que conforman un equipo de exploración minera han de participar en un proyecto desde el principio hasta el fin, no debiendo limitarse su actuación a etapas específicas, que en el caso de la geología minera, no sobrepasa un 5 % de los gastos totales de un proyecto.

Por otra parte, el análisis de las inversiones mineras realizadas durante 1987 hacen que, al menos en mi criterio, no tenga gran consistencia el concepto de que existe una gran crisis minera y que todo el esfuerzo de exploración está dirigido especialmente hacia los yacimientos de oro, siendo escasas o nulas las iniciativas hacia el descubrimiento del resto de las sustancias tanto metálicas como rocas y minerales industriales.

Si revisamos las actuaciones en nuestro país, parece detectarse un freno en las inversiones mineras, tanto a nivel privado como estatal, probablemente condicionado por el abandono de la exploración por parte de multinacionales, y el precio de mercado de las diferentes sustancias. Otra circunstancia que condiciona la situación actual, es en mi criterio, la escasa publicidad que se ha dado a los numerosos éxitos mineros, por lo que a pesar de haber producido gran rentabilidad económica, no han sido aprovechados en su justa medida desde el punto de vista social político, por lo cual sigue siendo un sector de muy alto riesgo en el concepto general.

Teniendo en cuenta que existen en nuestro país numerosas empresas dedicadas a la minería, con un gran potencial de técnicos con sólida formación minera y las languidecientes iniciativas actuales, habría de buscarse una fórmula de actuación conjunta, tanto de organismos estatales dedicados a la minería como de Universidades y de estas empresas de cara a conseguir que esta actividad no entre en un «impasse» injustificado y, sobre todo, no deseado, proponiendo proyectos atractivos cuyo mejor aval de éxito son las numerosas minas puestas en marcha en los últimos 20 años, tanto en minerales metálicos como en minerales v rocas industriales u ornamentales y que proporcionen expectativas de desarrollo a los técnicos actualmente en formación.

BIBLIOGRAFIA

Barat Cascante, J., Velázquez, A., Rodríguez Paradinas, A. y Pérez de Uribarri, D.: Aplicación de un modelo matemático de probabilidades subjetivas para seleccionar posibles zonas de exploración de minerales de Sn en España. Tecniterrae. Abril-mayo, 1975.

Duchene, M.: Estimations de la rentabilité prévisionelle aux différents stades d'un projet minier. Industrie Minerale, 1979.

Lindemann, J. W. y Weiland, E. F.: Productive exploration involves commitment, competence and Persistence. Mining Engineering. Noviembre, 1983.

Mínguez, F. y Chacón, E.: Métodos probabilísticos geométricos en la prospección minera. Tecniterrae. Agosto-septiembre, 1981.

Mínguez, F. y Chacón, E.: La prospección sobre regiones extensas. Tecniterrae. Juniojulio, 1981.

Montes Villalón, J.: Análisis de Proyectos Mineros. Fundación Gómez Pardo.

Moon, C. J., Aftab, Khan, M.: Mineral Exploration. Mining Annual Review, 1985.

Peón, A.: Estudio de la viabilidad para la explotación de yacimientos. Studia Geologica Salmanticensi, XVI, 1980.

Raynes, F.: Seminario sobre evaluación económica de inversiones mineras. «Ejemplos» FRASER, S. A., 1984.

Reedman, J. H.: Techniques in Mineral Exploration. Applied Science Publishers LTD. London.

Routhier, P.: Où sont les metaux pour l'avenir? Sassos, M.: Mining Investment. Engineering and mining journal. Enero, 1987.

Troly, G.: Procédure d'estimation des dépenses de recherche minière. Cronique de la recherche minière, 1979.

APUNTES HISTORICOS SOBRE LA MINERIA Y LA METALURGIA ANTIGUA DEL SURESTE PENINSULAR

Los orígenes: de los recolectores de piedras y la talla por percusión o fractura a la piedra pulimentada

MANUEL ROLANDI SANCHEZ-SOLIS Geólogo

1. Introducción

a importancia de la riqueza minera del sureste peninsular es un tema en el que coinciden plenamente todos los historiadores e investigadores, tanto antiguos como modernos. No es de extrañar, por consiguiente, que esta amplia zona -con su doble vertiente Cartagena/Mazarrón y Cabo de Gata/Carboneras- estuviera considerada en el primer milenio antes de Cristo como la más rica y codiciada de toda la península Ibérica e, incluso, como una de las reservas de plata, plomo y cobre más importantes de todo el mediterráneo occidental.

Esta indudable importancia de sus riquezas naturales se vieron favorecidas, en lo referente al contacto con otras culturas y civilizaciones mediterráneas, con su privilegiada situación geográfica y con el valor estratégico que representó a lo largo de todos los tiempos históricos, al constituir una región bisagra, tanto geográfica como históricamente, que se convirtió en una vía de penetración del conjunto de pueblos que escribieron las mejores páginas de la historia antigua. Sus seguras ensenadas y costas constituyeron las cabezas de playa de prácticamente todas las culturas que llegaron a la península Ibérica por vía marítima y, en particular, el foco de Cartagena fue utilizado como plataforma militar y comercial de cartagineses y romanos en la península, pudiendo afirmarse que desde este lugar se inicia la romanización de la península Ibérica tras la ocupación de Cartago Nova por el cónsul romano Scipión, tras breve pero dura resistencia Cartaginense, en el año 209 a.C.

Su rápida acomodación a las diferentes culturas dominantes la convirtieron en una activa zona comercial. En sus puertos y playas se embarcaron la mayor parte de los productos mineros hispanos y toda una serie de materias primas, como salazones, vinos y aceites, con los que se abastecía a las sucesivas metrópolis de turno (Fenicia, Cartago, Roma) y que condicionaron el que la región se integrara de manera destacada en la economía del mundo mediterráneo en desarrollo de la época.

2. Zonas mineras del sureste

Entrando ya en el motivo central del tema que nos ocupa, habría que comenzar por indicar que en el sureste peninsular existían entonces, y siguen existiendo en la actualidad, dos zonas mineras de importancia: las sierras de Cartagena y Mazarrón y el núcleo de Cabo de Gata y del río Carboneras.

Las características mineras más significativas de ambas zonas son las que se recogen en los cuadros 1 y 2.

3. Los orígenes: el empleo de los minerales no metálicos

Evidentemente, los primeros pasos en el uso de los minerales por el hombre, y al igual que la propia historia del hombre primitivo, aparecen envueltos en la densa niebla del tiempo, donde los datos y los testi-

CUADRO 1 ZONA DE LAS SIERRAS DE CARTAGENA Y MAZARRON

YACIMIENTOS E INDICIOS MINEROS OBSER

- · Sulfuros de plomo, hierro, cinc, plata, cobre, níquel, antimonio y arsénico.
- · Sulfatos de plomo, cinc y calcio.
- · Carbonatos de cobre, plomo, hierro, cinc, magnesio y calcio.
- · Oxidos de plomo, hierro, estaño, aluminio y manganeso.
- · Silicatos de hierro, aluminio, cinc, magnesio y calcio.
- · Fosfatos de calcio.

- OBSERVACIONES
- · Las sustancias más explotadas en la antigüedad fueron la galena, la blenda y la pirita (de las dos primeras obtenían la plata), así como el hierro, estannina y casiterita, magnetita, calamina, cinabrio, barita, cerusita, anglesita y calcopirita.
- · Con los primitivos lavaderos por gavimetría y las rudimentarias técnicas de laboreo de la época, los antiguos mineros tan sólo lograban extraer el mineral de las zonas de dominio absoluto de la galena o la blenda y dejaban sin laborear y casi intacta la zona del mineral complejo.

MINIEDALES	PUNTOS DE OBTENCION	OBSERVACIONES
MINERALES Plata	Sancti Spiritu y Cabo de Palos	Constituía el mineral más buscado en la zona y lo obtenían en forma nativa, en yacimientos muy superficiales, o como metales complejos de la plata en filones de galenas y blendas, de los que conseguían proporciones de hasta 2,5 a 5 kilos de plata por cada tonelada de plomo extraído.
Cobre	Mina San José, Cabo de Palos, Crisolejas, Cuesta de Las Lajas, Montera Belleza, Cartagena, Portus, Cabezo San Cristóbal, Pedreras Viejas, Coto Fortuna y Lomo Bas	Muy abundante en la zona, se encontraba con facilidad como sulfuros, óxidos y carbonatos y en forma de impregnaciones y de filoncillos de leyes no muy altas.
Plomo	Cabo de Palos, Los Belones, La Unión, Los Roches, Portman y Escombreras	Se obtenían de las múltiples galenas y blendas de la zona con un 5-6 % de plomo y tanto en forma de óxidos, sulfuros, carbonatos y sulfatos, como en yacimientos lenticulares de los mantos azules (primer manto) y del segundo manto (el más rico), en el que se obtuvieron leyes de hastas 5 % de plomo y 20 % de cinc.
Estaño (Casiterita)	Peña de Aguila, Cabo de Palos, Sancti Spiritu, Portman, Cuesta de Las Lajas y Montera Belleza	Muy buscado en la antigüedad para la obtención del bronce. Aparece muy escasamente en la zona como óxidos en filones próximos a rocas volcánicas, en la parte superficial de las pizarras paleozóicas o en las blendas.
Hierro y magnesio	Cabo de Palos, Portman y Escombreras	Aparecen como óxidos y como carbonatos en criaderos muy superficiales.
Alumbres y Sales haloideas	Cartagena, Escombreras, Mar Menor y Mazarrón	Muy abundantes en los extensos esteros costeros de la época.

monios arqueológicos se nos cubren inevitablemente con una espesa capa de leyenda y de fantasía que nos crea la incómoda sensación de movernos por un terreno movedizo e inseguro. De todas formas, y a pesar de no conocer nada con absoluta y total certeza, muy probablemente los comienzos de la minería en nuestra zona de estudio debieron ser muy similares a los del resto del mundo mediterráneo próximo, y su inicio, lógica-

mente, se llevaría a cabo motivado por la necesidad de utilización de los productos minerales de su entorno en sus quehaceres cotidianos.

Las primeras materias de la naturaleza utilizadas por el hombre en el sureste español al igual en otras partes del mundo —y aparte de huesos, conchas, maderas y pieles de animales— debieron ser minerales no metálicos tales como obsidianas, las distintas variedades macro-cristalinas y

criptocristalinas (calcedonias) del cuarzo, como el cristal de roca, los cuarzos de distintos colores, las amatistas, cornelianas, heliotropos, ágatas, jaspes y, sobre todo, sílex y pedernales, así como las corneanas, esquistos, cuarcitas y calizas, las cuales utilizarían como armas y como utensilios y herramientas de trabajo.

El sílex y el pedernal -sílice casi puro- y la obsidiana-vidrio volcánico-, ambos de grano fino, muy homogéneos y más duros que el propio acero, fueron, sin duda, los materiales más usados por los hombres del paleolítico por cuanto podían ser labrados con bastante precisión y mediante diferentes tipos de talla. También la piedra cornea -sílice de grano más grueso que el pedernal y con menor homogeneidad que éste-fue muy utilizada, junto con el esquisto, la cuarcita, el granito e, incluso, la caliza, todas ellas de menor dureza que las dos primeras y de peor manufactura.

Finalmente, otro tipo de materiales utilizados por el hombre primitivo del sureste sería todo una serie de colorantes naturales de procedencia inorgánica, extraídos de los abundantes hidróxidos, óxidos y sulfuros existentes en la zona, como se comprueba en los yacimientos de Cueva Permeras (Mazarrón-Aguilas) y Záiara II (Almanzora). El mineral utilizado en la mayor parte de los casos fue el «ocre», constituido por hidróxido u óxidos metálicos -normalmente de hierro y/o manganeso- de aspecto terroso y pulverulento y de colores amarillos, naranjas, pardos o rojos, grises o azules, que se empleaban frecuentemente como pigmentos para ornamentación, sin que existan pruebas, como en otros puntos del país, de que fuera utilizado en ritos funerarios.

En el caso concreto de los hidróxidos, el más utilizado fue el hierro o «goetita», el cual se presenta, generalmente, como casquete oxidado por meteorización de minerales ferríferos. Por su parte, los óxidos más comunes en los colorantes paleolíticos corresponden a los de manganeso o «pirolusita», los cuales se formaron siempre en circunstancias fuertemente oxidantes.

Finalmente, se utilizó un súlfido del tipo sulfuro de plomo o «galena» con el que se obtenían los colores grises y azulados plomizos.

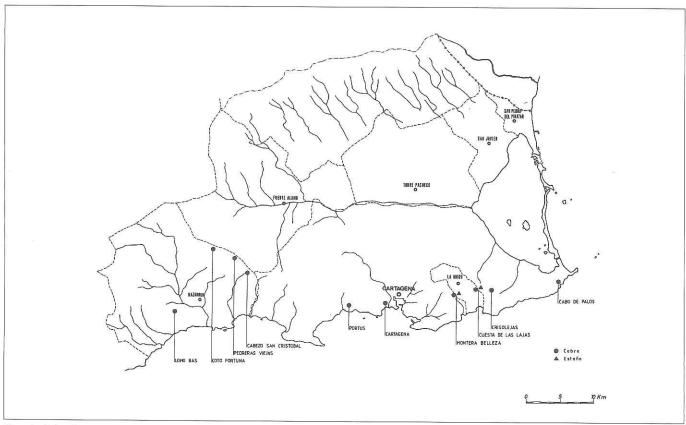


Fig. 1.—Distribución de los principales yacimientos de cobre y estaño en la sierra de Cartagena-Mazarrón. (Historia de Cartagena. Tomo II. Ediciones Mediterráneo. Murcia, 1986).

4. Los recolectores de piedras y la primera minería de canteras

Conocidas cuáles eran las principales materias de la naturaleza que utilizó el hombre primigenio levantino, muy posiblemente nos preguntaremos dónde y cómo obtenían estos la materia prima para sus utilizaciones posteriores.

Muy probablemente el hombre primitivo comenzaría por localizar y obtener sus piedras en sus mismos territorios de hábitat y en sus formas de obtención más sencillas y simples—piedras sueltas por el suelo, cantos rodados en terrazas de ríos y pies de montes o englobadas en conglomerados no muy consistentes—. Es decir, se trataría más bien durante esta primera etapa de una labor de «recolección» de piedras útiles que de una labor minera propiamente dicha.

Más adelante, ya en el Paleolítico Superior y en el Neolítico, ante la mayor escasez y demanda de las materias buscadas, comenzaría realmente la «minería de cantera» con la extracción de materiales de los propios afloramientos e incluso con la excavación de pozos de varios metros de profundidad sobre piedra, con el objetivo de obtener nódulos de pedernal mayores y más «frescos» que en superficie. Esta

mayor dificultad en la extracción del mineral requirió una verdadera especialización en las técnicas empleadas y, unida a ella, la novedad de que podemos hablar, por primera vez, de la aparición del verdadero «minero».



Galena de las sierras cartageneras. (Foto: Santiago Giménez Benayas).

CUADRO 2 ZONA DE CABO DE GATA Y RIO CARBONERAS

MINERALES	PUNTOS DE OBTENCION	OBSERVACIONES
Oro	Rodalquilar, Rellana y Cerro del Cinto	Constituía el metal más preciado y buscado de la antigüedad, y en la zona aparecía de forma nativa en filones y asociado a rocas volcánicas miopliocenas, junto con plata nativa, plomo y teluro. Estos yacimientos no serían explotados, como muy pronto, hasta los siglos VII ó VI a.C., ya en plena época mastiena.
Plata	La Revancha y al norte del río Carboneras	Aparecía en forma de sulfuros.
Plomo	Al Noroeste de San José (Cabo de Gata) y Carboneras	De forma nativa y como sulfuros.
Hierro y manganeso	Sierra Carbonera	Como óxidos.
Cinc	Junto a la Cueva del Pájaro (Carboneras) y en Cabo de Gata	Como sulfuros.
Antimonio	En Aragamansón	
Obsidiana	Cabo de Gata	Era empleada en la fabricación de puntas de flecha, azagayas, utensilios diversos y vasos, sustituyendo, con ventaja, a la sílice en labores de grabado y perforación de materiales más blandos.

Los primitivos utensilios y herramientas con los que extraían los mineros pioneros de esta zona debieron ser hachas y toscos picos de pedernal o de hueso, cuñas fabricadas con puntas de astas e incluso rudimentarias palas elaboradas con omoplatos de cerdos y bueyes. Una vez extraídos los materiales, y al mismo pie de la cantera o del pozo, se organizaba un verdadero «taller», en donde se troceaban y labraban las piedras seleccionadas hasta dejarlas listas para la amoladura y el pulimento finales, los cuales, normalmente, corrían a cargo del destinatario.

A partir de aquí, y como uno de los claros logros de la nueva sociedad neolítica —más compleja y con mayor diversificación del trabajo—, comenzaba una rudimentaria pero eficaz red de transporte y comercio de los útiles de piedra obtenidos, que eran finalmente canjeados por otros objetos e incluso por las primeras piezas de cerámica que ya, por estas

fechas, comenzaron a aparecer en el sureste peninsular.

5. Los distintos métodos de tallado de la piedra y los principales yacimientos de la zona durante el Paleolítico Inferior y Medio

Conseguida la materia prima de la propia naturaleza circundante, los hombres paleolíticos utilizaron varias técnicas para el tallado de sus instrumentos cortantes de piedra. La primera de ellas, apareció con los albores del Paleolítico y significó la primera técnica conocida por el hombre: la «talla por percusión» o «por factura» de las piedras que se obtenían al golpear unas piedras contra otras.

Del período inicial del Paleolítico o Paleolítico Inferior existen diversos yacimientos en el sureste peninsular o en su entorno próximo. El, primero de ellos, y el más antiguo de todos, se trata del yacimiento de Cullar Baza (Granada), datado por Ruiz Bustos como del Pleistoceno Inferior (entre 900.000 y 700.000 años a.C.).

En este yacimiento, que puede considerarse el más antiguo de toda Europa y Asia, y que se sitúa, justamente, en una vía de comunicación o pasillo intramontañoso entre el



Nódulos de sílex en las calizas jurásicas del subhético interno del sector del río Pliego (Murcia). Nódulos como estos sirvieron de materia prima para los útiles paleolíticos del sureste peninsular. (Foto: Manuel Rolandi S.-Solís).

PALEOLITICO SUPERIOR ANTIGUO Y MEDIO

GLACIACIONES	CRONOLOGIA	CULTURAS/INDUSTRIA	YACIMIENTOS
Würm III-IV	18.000 a. de C.	Solutrense Protosolutrense	Hernández Ros y Palomarico Tollos
Würm III Würm II-III	20.000 a. de C. 33.000 a. de C.	Auriñaciense-Gravetiense Chatelperroniense Musteriense final	Perneras

PALEOLITICO MEDIO

CRONOLOGIA	GLACIACIONES	PLUVIALES	CICLOS MARINOS	INDUSTRIA	YACIMIENTOS
35.000-32.000 55.000-35.000 64.000-55.000 95.000-64.000	Würm II Würm I-Ii	Presoltaniense	Neotirreniense Tirreniense III	Varios tipos Musteriense	Perneras-Aviones Palomarico-Vermeja Peñica

PALEOLITICO INFERIOR

CRONOLOGIA	GLACIACIONES	PLUVIALES	CAMBIOS MARINOS	INDUSTRIAS	YACIMIENTOS
120.000- 95.000	Riss-Würm		Tirreniense II		El Capitán
290.000- 120.000	Riss	Tesiftiense	Regresión		La Fuente
300.000- 290.000	Mindel-Riss		Tirreniense I	Achelense	Hurchillo
390.000- 300.000	Mindel	Amiriense	Regresión	000000	12.5.1.0.0000000
710.000- 690.000	Gunz-Mindel	_	Siciliense		
1.200.000- 710.000	Gunz	Saletiense	Regresión		
1.800.000-1.200.000	Donau-Gunz		Calabriense	Olduvayense	

Fig. 2.—Enmarque cronológico del Paleolítico Inferior, Medio y Superior en el sureste peninsular. (Historia de Cartagena. Tomo II. Ediciones Mediterráneo. Murcia, 1986).

whinterland» granadino y las depresiones costeras del sureste, aparecieron diferentes elementos líticos cuarcíticos de los tipos «choppintool evolucionado» y «chopper», elaborados por los primeros homos «habilís» o «erectus» que habitaron la península Ibérica.

También, y aunque todavía no suficientemente constatado, es muy posible que pertenezcan a este período inicial Paleolítico los hallazgos del yacimiento de Cueva Victoria (La Unión), datados provisionalmente como del Olduvayense (Glaciación Gunz; 1.200.000-710.000

años a.C.), aunque habrá que esperar a que se definan los especialistas que estudian el tema para confirmar su datación exacta.

El período cultural de industria lítica Achelensse ya se encuentra mejor representado en el sureste peninsular, siendo sus hallazgos más numerosos y mejor estudiados. De los inicios de este período, que correspondería geológicamente con la Regresión Tyrreniense I, del interglaciar Mindeell-Riss, y que podría datarse entre 300.000 y 290.000 años a.C., los hallazgos suelen localizarse, en su mayoría, en depósitos fluviales

tipo terrazas o llanuras de inundación, y corresponden ya a industrias líticas elaboradas con las nuevas técnicas de la talla por presión.

Los principales yacimientos en el sureste peninsular de este período Achelense inicial se exponen en el cuadro 3.

También el Achalense medio y superior se encuentra bien representado en la zona, coincidiendo geológicamente con el período interglaciar Riss-Würm y con el paso de las regresiones Tyrreniense-I a Tyrreniense-II, datadas en 120.000 a 95.000 años a.C.

CUADRO 3 PRINCIPALES YACIMIENTOS DEL ACHELENSE INICIAL

YACIMIENTOS	INDUSTRIA LITICA
La Serreta (Alicante)	
La Garrucha	Lascas de sílex.
Nacimiento del Segura	Discos de cuarzo-granate.
Elche de la Sierra y Hellín (Albacete)	Utiles de cuarcita: cantos trabajados bifaciales y unifaciales inversos y lascas de talla clactoniense.
Sierra de los Hurchillos: Loma de Bigastro (Orihuela)	Cantos de cuarcita bifaces y lascas de talla clactoniense.

Los yacimientos más destacables de este período se presentan en el cuadro 4.

Pero, realmente, la zona comienza a registrar restos verdaderamente importantes de industria lítica en el paso del Paleolítico Medio al Superior, es decir, en un período que correspondería, geológicamente, al Pleistoceno Superior y, dentro de él, al paso de Würm-I al Würm-II, que podría datarse en unos 50.000 a 25.000 años a.C.

Los yacimientos en los que se registra una secuencia lo suficientemente larga como para detectar dicha transición son varios y en todos ellos existen algunos niveles de la cultura Musteriense, en los que predominan las piezas de cuarzo del tipo raederas y puntas con escotaduras y muescas.

Los más representativos se exponen en el cuadro 5.

6. El Paleolítico Superior. Predominio del sílex y de la cuarcita

Después del Musteriense existe un gran vacío cultural hasta el Peri-

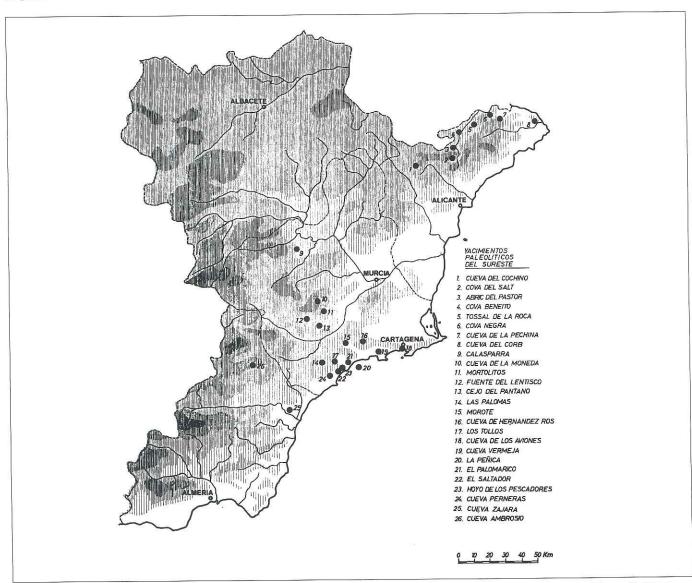


Fig. 3.—Distribución de los principales yacimientos del Paleolítico en el sureste peninsular. (Historia de Cartagena. Tomo II. Ediciones Mediterráneo. Murcia, 1986).

CUADRO 4

PRINCIPALES YACIMIENTOS DEL ACHELENSE MEDIO Y SUPERIOR

YACIMIENTOS	INDUSTRIA LITICA
Turrilla (Lorca)	Un núcleo discoíde, un bifaz parcial, dos raederas, un raspador, una escotadura y once lascas, todo ello de sílex.
Hellín (próximo al manantial de «La Fuente»)	32 lascas de descortezado, tres percutores y 78 núcleos. Utiles de escotaduras, cuchillos de dorso, raederas, perforadoras y raspadores, todo ello de <i>cuarcita</i> .

gordiense Superior, lo cual puede deberse a una larga duración del Musteriense en la zona o bien a una fase con fuertes procesos de erosión que eliminaran los posibles depósitos, aunque esta última hipótesis resulta poco probable, al corresponder la primera etapa del Würm-III—en la que se dio el Perigordiense Inferior-Auriñaciense— a un período muy húmedo y bastante frío con niveles de sedimentación crioclástica.

Coincidiendo con el período final del Paleolítico se impuso prácticamente en todo el mundo mediterráneo una nueva técnica de tallado de piedras: la de separación de hojas de núcleos preparados al golpear a estos con un instrumento puntiagudo y un martillo de piedra. Las hojas de piedra que se obtenían con este método «revolucionario» presentaban la doble ventaja de tener un borde recto muy cortante y de no necesitar de ningún retoque ni tallado posterior.

Este nuevo método significó un paso más en los dos procesos anteriores, los cuales siguieron siendo utilizados y considerados muy útiles para el preparado inicial de las piedras manufacturadas. A partir de este momento, el hombre mediterráneo utilizó una combinación de todas estas técnicas de labrado de piedras hasta culminarlas, finalmente, con la de bruñido y pulimento de la piedra en una fecha que podríamos encuadrar alrededor del octavo milenio a.C.

Esta nueva técnica y última de las inventadas por el hombre para el tallado de piedras, coincidió cronológicamente con la aparición de los primeros pasos de la horticultura y aportó una importantísima ayuda en la preparación y acabado de toda una serie de útiles y herramientas propias de esta nueva ocupación, tales como azuelas, molinos de mano, morteros

para moler semillas y granos, mazos, hachas, etc.

Este período final del Paleolítico o Paleolítico Superior es bastante rico en el sureste español e incluso más uniforme que en otras regiones de la península. En este período y aunque resulta difícil aislar netamente sus distintos conjuntos culturales, parece descubrirse en la mayoría de los conjuntos industriales de la zona caracteres «perigordienses», como son la aparición de piezas de dorso rebajado con retoques abruptos.

Han sido muchos los investigadores que han estudiado y estudian en la actualidad el Paleolítico Superior del sureste peninsular, como fueron los hermanos Siret, Pericot y Jordá y más recientemente Carmen Cacho, Kate Flataker y otros.

Hoy día todos los autores parecen coincidir en el hecho de que en el sureste peninsular se reconocen tres niveles del Paleolítico Superior: el Inicial, el Medio o Solutrense y el Final o Epigravetiense.

En el Paleolítico Superior Inicial o Antiguo —contemporáneo del Würmiense Medio II y III y con una datación de 32.000 a 20.000 años a.C.—se distinguen dos culturas: La Auriñaciense y el Perigordiense Superior—el más prolífico en yacimientos en la zona—. En ambos casos tanto la materia prima como los útiles fabricados son predominantemente de sílex (entre el 60 y el 100 % de los casos), habiéndose utilizado el cuarzo, la cuarcita y las calizas y dolomías sólo de forma minoritaria.

En las tallas, y según los recientes estudios arqueológicos, predomina

CUADRO 5

PRINCIPALES YACIMIENTOS DEL PALEOLITICO MEDIO Y SUPERIOR

YACIMIENTOS	INDUSTRIA LITICA Y OIBSERVACIONES	
Cova Vermeja (Cartagena) Palomarico (Cartagena) Cueva de los Aviones (Cartagena)	En la Cueva Vermeja aparecieron hasta 20 útiles Musterienses, principalmente escotaduras y denticulados. Industria lítica Musteriense: raederas, puntas, cuchillos de dorso, preferentemente de cuarzo.	
Cortijo Torralba (Lorca)	Puntas, raederas, denticulados, cu- chillos y dos hojas, todo ello en sílex, pertenecientes al Musteriense tipo Quina.	
Las Cabezuelas o Rambla de Lebor (Totana) La Moneda (Totana) Fuente Lentisco o Rambla de Cantar (Totana)	Industria Lítica del Musteriense y Solutrense.	
Cueva Perneras (Mazarrón-Aguilas) La Peínca (Mazarrón) Hoyo de Parazuelos (Mazarrón) El Saltador (Mazarrón) Hoyo de Pescadores (Mazarrón)	Con dos culturas superpuestas (Paleolítico Medio y Superior). Descubierta por el ingeniero belga, Luis Serét, en 1890, ha aportado más de 100.000 piezas, de ellas cerca de 1.000 útiles, casi todos elaborados en cuarzo y sílex. Fue habilitada durante todo el Würmiense y está situada junto a afloramientos de cuarzo y sílex. Durante el Paleolítico existió un manantial en su interior.	

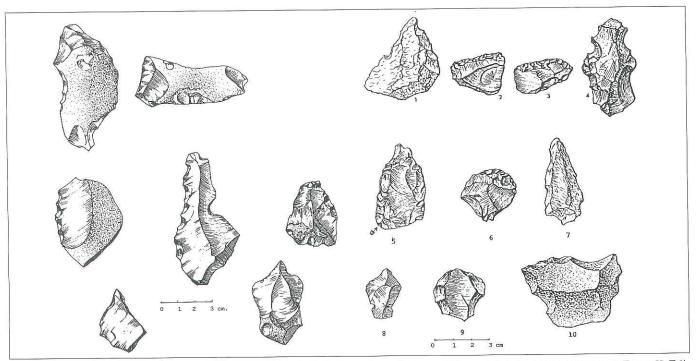


Fig. 4.—Utiles musterienses procedentes de los yacimientos de La Peñica y Cueva Perneras (Mazarrón). (Historia de Cartagena. Tomo II. Ediciones Mediterráneo. Murcia, 1986).

el índice de las lascas sobres el de las hojas y hojitas. Esto, por otra parte, no deja de ser lógico, dada la dificultad que implicaba la extracción de una buena hoja y no sólo en lo referente a la preparación del núcleo, sino, sobre todo, en cuanto al condicionamiento de la materia prima, que en este caso solía ser a partir de cantos de pequeño tamaño, como lo demuestran los diferentes núcleos con cártex encontrados en algunos vacimientos. Por consiguiente, y aunque se utilizaran lascas y hojas, el tamaño de los cantos fue el principal condicionante en la preponderancia de las extracciones de lascas y hojitas.

Por su parte, en el Paleolítico Superior-Medio o Soutrense —contemporáneo del paso entre el Tardiglaciar Würm-IV y el Würmiense tardío, con una datación de 20.000 a 12.000 años a.C.—se distinguen, a su vez, dos niveles culturales: el Solutrense Medio —o de hojas de laurel anchas y amplias— y el Solutrense Superior —en el que aparecen verdaderas puntas de muescas.

Finalmente, el Paleolítico Superior Final o Epigravetiense —contemporáneo del Würmiense Tardío u Holoceno Inicial y en su paso ya hacia el período de transición con el actual o postglaciar, datado en unos 12.500 a 8.000 años —se caracteriza por la presencia de hojitas y puntas microlíticas de borde rebajado, así como de raspadores en

extremo de hoja, con forma oval o circular, microaspadores y algún núcleo alargado. Igualmente, se detecta una ausencia de microburiles.

En rasgos generales, casi todos los yacimientos paleolíticos mencionados estaban emplazados cerca de afloramientos en los que obtenían la materia prima de sus útiles, a pesar de que se prefería la cercanía del agua (manantiales, cursos fluviales o lagunas) a la de los mencionados afloramientos. No obstante, un buen ejemplo de lo dicho son los yacimientos de La Peñica y de

Cueva Perneras, junto a Mazarrón, los cuales estaban situados apenas a cincuenta metros de sendos afloramientos de sílex y de cuarzo, respectivamente.

Igualmente, otro aspecto generalizador en todos los yacimientos paleolíticos de la zona es el hecho de que en todos ellos la materia prima predominante —casi siempre en una proporción superior al 90 %— sea el sílex, seguida, aunque a mucha distancia, por el cuarzo, la cuarcita, la caliza y la dolomita, etc.

CUADRO 6

YACIMIENTOS	INDUSTRIA LITICA Y OBSERVACIONES
San Ginés de la Jara (Cartagena) Cueva de los Mejillones (Cartagena) Cueva del Caballo (Cartagena) Cueva Vermeja (Cartagena)	Primer yacimiento al aire libre (posiblemente del tipo tiendas de campaña) del sureste peninsular. Situado en la ladera del Cerro de la Ermita, a unos 2 Km del Mar Menor, funcionó como un verdadero taller de actividades de talla, en el que han aparecido diversos buriles, perforadores, pequeñas lascas y laminitas de dorso abatido y pequeños núcleos.
Cejo del Pantano (Lorca) Los Tollos (Mazarrón-Lorca) Los Martolitos (Totana) Cueva del Búho (Mula) Cantos de la Visera (Yecla) Cueva Horadada (Yecla) Cueva de Ambrosio (Vélez Blanco) Cruz Chiquita de los Treinta (Vélez	Blanco)

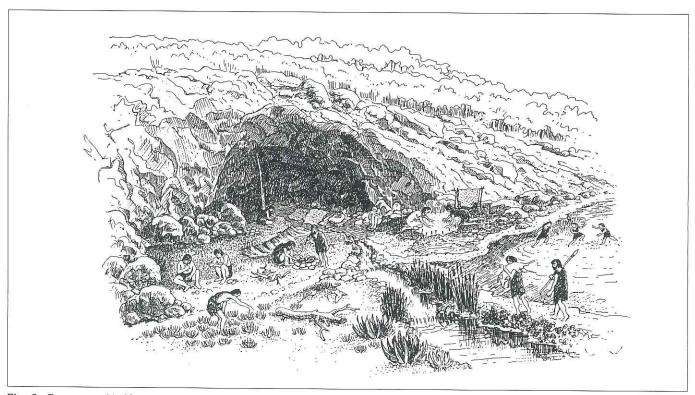


Fig. 5.—Reconstrucción ideal de la vida en Cueva Perneras (Mazarrón-Aguilas), según R. Montes y J. Rubio Pacheco (*). En ella han aparecido más de 100.000 piezas y cerca de 1.000 útiles pertenecientes a dos culturas superpuestas del Paleolítico Medio y Superior.

(*) «Cueva Perneras». Revista de Arqueología n.º 53. Sept., 1985.

Por el contrario, en lo referente a los útiles, el material empleado varía según las zonas, pues mientras en los yacimientos del interior —cuencas de Vera, Totana-Lorca y Mazarrón y sierras de los Filabres y María Topares—sigue siendo el sílex el material lítico más trabajado, en las zonas costeras es el cuarzo el que predomina —Mazarrón y Cartagena—, salvo en el caso excepcional de Cueva Vermeja.

El hecho de que fuera el sílex —variedad criptocristalina del cuarzo— el material más empleado por los primitivos habitantes del sureste peninsular no es nada de extrañar, dado que lo frecuente de su presencia en la naturaleza, su dureza y tenacidad, su factura concoíde y los cortantes bordes de sus trozos, fueron, sin duda, la causa primordial de que fuese muy utilizado por todos los pueblos primitivos de la Tierra en la fabricación de sus primeras herramientas.

En el caso concreto de nuestra zona de estudio, el sílex —calcedonia opaca en masa, normalmente de color blanco, amarillo claro, gris o negro— suele formar nódulos que aparecen frecuentemente entre las formaciones sedimentarias del Triásico, Jurásico y Cretácico.

Del período cultural Magdaliense

-15.000 al 9.500 a.C., entre el Würm IV y el Holoceno/Allerod— existen muchos yacimientos en la zona y, sobre todo, de su fase superior o final—11.000 al 9.500 a.C., entre el Würm IV/Dryas II y Holoceno/Allerod—, que aparece muy mezclada con el Solutrense/Gravetiense y el Epipaleolítico—9.500 al 5.000 a.C., entre el Holoceno/Allerod y el Dryas III Preboreal y Boreal—.

Los yacimientos más destacables de esta fase o secuencia de transición se incluyen en el cuadro 6.

Finalmente, de la etapa epipaleolítica propiamente dicha —9.000 al 5.000 a.C., entre el Holoceno/Dryas III Preboreal y Boreal— ya en las puertas del Neolítico, con el que se producirían numerosos cambios que afectaron profundamente a las bases de la economía paleolítica, existen en el sureste peninsular claras muestras de la industria lítica de sus dos fases o etapas: la microlaminar o azoide y la geométrica.

De la primera de sus fases, la microlaminar o azoide, con un equilibrio entre raspadores y buriles, cabe destacar los yacimientos que se indican en el cuadro 7.

De la segunda de sus fases, la geométrica, que corresponde a una etapa de transición de las industrias líticas talladas del final del Paleolítico a la elaboración de nuevos instrumentos en piedra pulimentada, existen cuatro claros exponentes en el sureste peninsular, como son los yacimientos del Lagrimal y Arenal de la Virgen (Villena, Alicante), La Coveta de L'or (Alicante) y la Cueva del Búho (Mula). En todos ellos se comprueba la característica típica de esta fase, con predominancia absoluta de raspadores y práctica desaparición de buriles.

A partir de aquí, las puertas de la denominada «revolución neolítica» quedaban abiertas, y con ellas todos los profundos cambios que afectaron sustancialmente a las bases de la economía precedente, como el establecimiento de nuevas relaciones entre el hombre y el medio natural, la aparición de nuevas formas de habitats, el inicio de la agricultura y el pastoreo, la explotación de canteras, el comienzo de la minería metálica y de la metalurgia y otros muchos logros que permitieron a los hombres de la época desarrollar y controlar sus propias fuentes de recursos, todo lo cual les conducirá irremediablemente, a la sedentarización. Pero todo ello, por la importancia que supuso, sobre todo en lo que se refiere a la minería, será motivo de otro trabajo posterior.

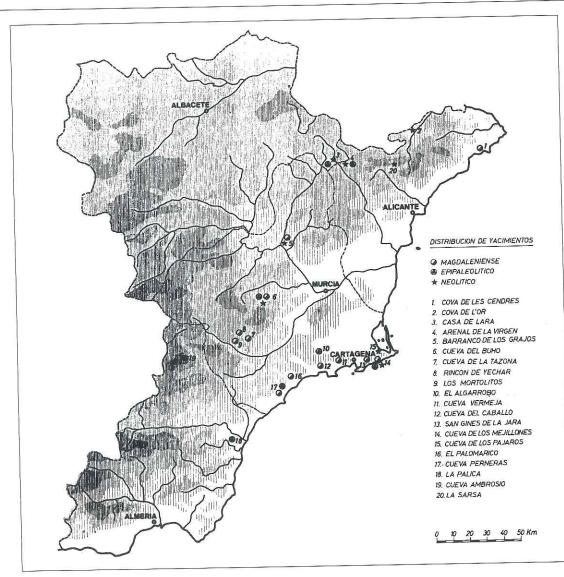


Fig. 6.-Distribución de los principales yacimientos del Paleolítico Superior Medio y Tardío y del Neolítico en el sureste peninsular. Preferentemente se emplazan en zonas montañosas no demasiado alejadas de la costa. (Historia de Cartagena. Tomo II. Ediciones Mediterráneo. Murcia, 1986).

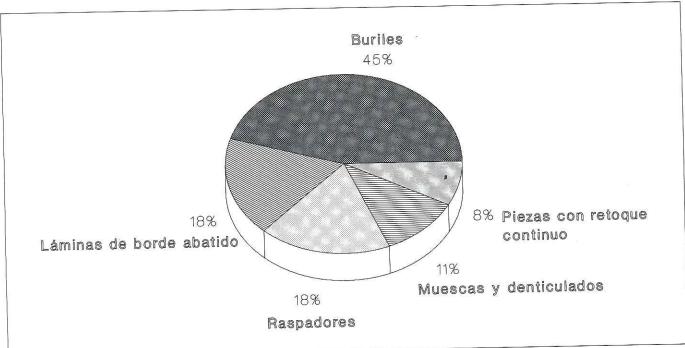
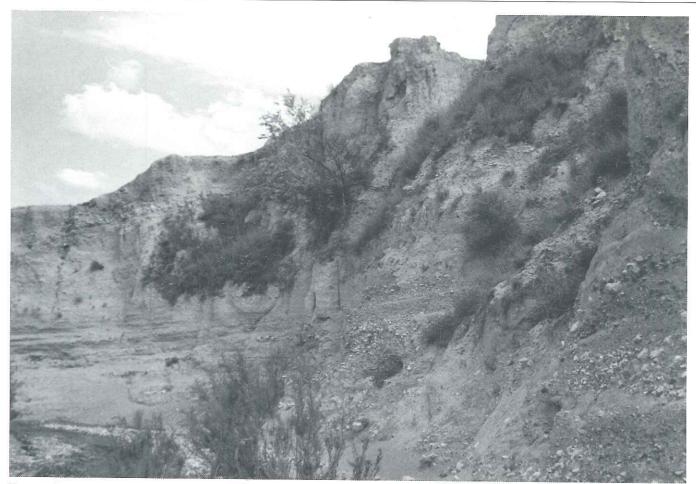


Fig. 7.—Distribución porcentual de útiles aparecidos en el yacimiento Magdaleniense (epipaleolítico mediterráneo o epiperigordiense) de la Cueva del Caballo (Cartagena. Proximidades de Isla Plana).



Terrazas fluviales del río Guadalentín. En ellas, los recolectores de piedras del Paleolítico obtenían gran variedad de cantos para la fabricación de sus útiles. (Foto: Manuel Rolanti S.-Solís).



Conglomerado brechoide de las sierras cartageneras. Sus diferentes cantos poligónicos son muy similares a los que sirvieron para la fabricación de la industria lítica musteriense de los habitantes de las cuevas Vermeja y de los Aniones. (Foto: Manuel Rolanti S.-Solís).

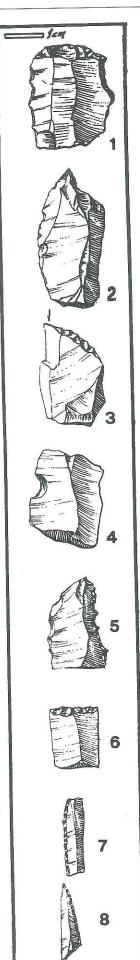


Fig. 8.—Utillaje lítico del Magdaleniense: 1, raspador. 2, perforador. 3, buril. 4, muesca. 5, pieza denticulada. 6, pieza con truncatura. 7, hojita con borde rebajado. 8, triángulo. (Historia de Cartagena. Tomo II. Ediciones Mediterráneo. Murcia, 1986).

CUADRO 7 PRINCIPALES YACIMIENTOS EPIPALEOLITICOS

YACIMIENTOS	INDUSTRIA LITICA Y OBSERVACIONES
Abrigos de la Cabrera (Cartagena) La Atalaya (Cartagena) Los Dentones (Cartagena) Del Macho (Cartagena)	En general, en todos los yacimientos aparece un alto índice de raspadores y láminas de borde rebajado, frente a un menor de buriles.
El Algarrobo (Mazarrón) Barranco de la Hoz (Lorca) Santa Leocadia (Interior) Rincón de Yechar (Interior) Cueva de Hernández Ros (Interior) Los Zagales (Jumilla) Cueva del Monje (Jumilla)	

BIBLIOGRAFIA

Bateman, A. M.: «Yacimientos minerales de

rendimiento económico». Blanco Freijeiro y Luzón Nogue: «Mineros antiguos españoles». Arch. Esp. Arqu., 1966, n.º 29.

Cacho Quesada, C.: «El Paleolítico Superior en el sureste de la península Ibérica». Tesis Doctoral. U.C.M., 1981.

Cacho Quesada, C. y Montes Quesada, R.: «Estado actual del Paleolítico Inferior y Medio en la zona de Minería». «El del Paleolítico Inferior y Medio en la zona de Murcia». «El Paleolítico Medio en Murcia». «Factores de distribución de los yacimientos del Paleolítico Medio en Minería», y otros artículos.

Cacho Quesada, C.: «Secuencia cultural del Paleolítico Superior en el sureste español». Trabajos de Prehistoria. Vol. 37, pp. 65-

108. Madrid, 1980. Espinosa Godoy, J. y Martín Vivaldi: «Distribución de los yacimientos en las distintas unidades de la Sierra de Cartagena». Jornadas minero-metalúrgicas, 1971. Carta-

Fortea, J.: «Los Complejos microlaminares y geométricos del Epipaleolítico mediterrá-neo español». Memorias del Seminario de Prehistoria y Arqueología. Salamanca,

Gordon Childe, V.: «Qué sucedió en la historia». Buenos Aires. Edit. La Pléyade.

Gordillo Martín y Herrera López: «Tipos de mineralizaciones en la Sierra de Cartagena». Jornadas minero-metalúrgicas, 1971. Car-

Gisbert, J., Agustín, J. y Moya-Sola, S.: «Presencia del homo sp. en el yacimiento del Plesistoceno Inferior de Venta Micena (Orce, Granada)». Institut de Paleontología. Saba-

dell. Diputació de Barcelona, 1983.

Guardiola, R.: «Estudio metalogénico de la Sierra de Cartagena». Memorias del I.G.-M.E., 1927.

Menéndez Pidal, Martín Almagro y García Belido: «Historia de España». Tomo I. Vol. II. España protohistórica. Espasa Calpe.

Madrid, 1975.

Mapas Geológicos, Metalogenéticos y de Rocas industriales de las hojas 1/200.000 de Murcia, Almería-Garrucha y Baza. IGME. Varios años.

Martínez Andreu, M.: «Aproximación al estudio de Epipaleolítico en la Región de Murcia». XVI Congr. Arg. Nacional, Murcia-Cartagena, 1982, pp. 39-51. Zaragoza, 1983.

Montes Bernárdez, R.: «La aportación de Luis Siret y Juan Cuadrado al Pleistoceno Superior en Murcia». Anales de la Universidad de Murcia. Vol. 37, pp. 45-53. Murcia,

Montes Bernárdez, R.: «Estado actual del Pa-leolítico Inferior y Medio en la zona de Murcia». XVI Congr. Arq. Nacional Murcia-Cartagena, 1982, pp. 19-31. Zaragoza,

Montes Bernárdez, R.: «El Paleolítico Medio en Murcia». Revista Arqueológica, n.º 36, pp. 6-11. Madrid, 1984.

Montes Bernárdez, R.: «Factores de distribu-ción de los yacimientos de Paleolítico Medio en Murcia». Coloquio sobre distribución y relaciones entre asentamientos. Tomo 2, Arqueología Espacial, pp. 159-

166. Teruel, 1984. Montes Bernárdez, R.: «Estudio de las huellas de uso a partir de lascas procedentes del yacimiento paleolítico de Cueva Perneras». Archivo de Prehistoria Levantina.
Vol. XVII. Valencia (e.p.).
Montes Bernárdez, R.: «El ciclo Transgresión-

Regresión y hundimientos costeros en el sureste. Su influencia en asentamientos Pleistocenos». VI Congreso Inter. de Arq. Submarina. Cartagena, 1982. Madrid,

1985.

Montes Bernárdez, R.: «Excavaciones en Cueva Perneras. Lorca (Murcia). Primeras campañas». Noticiario Arqueológico Hispánico, n.º 23. Madrid (e.p.).

Montes Bernárdez, R.: «El Paleolítico». En Historia de Cartagena. Tomo II, Ediciones Mediterráneo. Murcia, 1986.

Montes Bernárdez, R. y Marín, F.: «Cueva Perneras». Revista de Arqueología. n.º 53.

neras». Revista de Arqueología, n.º 53.

Septiembre, 1985.

Martínez Andreu, M.: «El final del Paleolítico
Superior y el proceso de neolitización».
Historia de Cartagena. Tomo II. Primeros poblamientos del sureste. Murcia, 1986.

Rolandi Pera, B.: «Sucinta historia de la minería cartagenera desde su mismo origen». Madrid, 1954.

Rolandi Sánchez-Solís, M.: «Los Mastienos: Mineria y metalurgia en el sureste». Car-tagena, 1991. Rolandi Sánchez-Solís, M.: «Los Mastienos: El

medio físico del sureste peninsular: los primeros asentamientos humanos en la

zona». Cartagena, 1991.

Ruiz Bustos, A.: «El yacimiento paleontológico de Cullar de Baza-I». Investigación y Ciencia, n.º 91. 1984.

Siret, L.: «L'Espagne préhistorique». Revue des questions scientiphiques, 21. Ser, 4,

pp. 489-562. 1983.

Siret, L.: «Clasification du paléolitique dans le Sudest de l'Espagne». XV Congr. Inter. Anthr. Archéol. et Préhisto. Portugal, 1930. París, 1931.

CONDICIONES MEDIO AMBIENTALES DURANTE LA EDAD DEL BRONCE EN VILLAVERDE-MADRID, SEGUN EL ANALISIS POLINICO DEL YACIMIENTO DE VERONA

BLANCA MARISCAL

Resumen

e ha efectuado el análisis polínico de un paleosuelo enterrado en un yacimiento arqueológico del segundo milenio antes de Cristo, datado culturalmente como perteneciente a la Edad del Bronce. La cronología arqueológica permite datar el espectro polínico en el período Sub-Boreal. En dicho período del Holoceno se observa una considerable presencia del bosque.

De las veinticinco familias botánicas, que componen el espectro polínico, destaca la presencia de los polenes que pertenecen a formaciones naturales arbóreas: Betulaceas: Alnus, Betula. Fagaceae: Castanea, Fagua, Quercus. Juglandaceae: Juglans. Pinaceae: Pinus. Salicaceas: Salix. Ulmaceae: Ulmus.

Los polenes de herbáceas de sotobosque y herbáceas que se desarrollan en suelos húmedos: Butomaceae: Butomus. Campalunaceae: Campanula. Caryophyllaceae: Herniaria. Compositae: Crepis. Crucifereae: Iberis. Juncaceae: Juncus. Liliaceae: Lilium. Nymphaceae: Nymphaea. Rosaceae: Rosa. Rubiaceae: Galium. Umbellyphereae: Apium.

Los polenes y esporas restantes corresponden a plantas ruderales, gramíneas, helechos, musgos, etc.

Las características climáticas, deducidas del tipo de vegetación, formada principalmente por bosques caducifolios, son las que corresponden al piso bioclimático Mesomediterráneo.

Introducción

Con el presente trabajo se pretende contribuir al estudio de la vegetación y de el clima en el período Sub-Boreal en la zona de Villaverde-Madrid.

Sin la contribución del estudio del polen, fosilizado en el paleosuelo del yacimiento de Verona, sería difícil conocer la importancia del deterioro ambiental que ha sufrido la zona en estos últimos tiempos ya que, actualmente, no queda en los alrededores ningún vestigio de las formaciones naturales arboladas que debían cubrir el área cercana al yacimiento.

La vegetación circundante estaría formada, posiblemente, por bosques mixtos de quejigos y encinas, alternarían en las zonas frescas y umbrías trazas de hayedos relictos y las zonas de vega estarían ocupadas por olmedas. Probablemente algunas formaciones de nogales, castaños y abedules completarían el paisaje vegetal junto con escasos pinos y también con los bosques riparios o de ribera que se extenderían por las orillas del río Manzanares, próximo al enclave arqueológico.

Situación y emplazamiento del sondeo

La excavación del poblamiento de Verona está situada en Villaverde, en el área comprendida entre MercaMadrid y los Talleres de Material de la R.E.N.F.E. en la zona sur de Madrid capital, véase figura 1, obtenida del Mapa de reestructuración territorial del Ayuntamiento de Madrid.

Las coordenadas del sondeo son las siguientes:

Lat. 40° 20' 58,6" N. Long. 3° 40' 26,88 O.

La altitud de la zona es de 579 metros sobre el nivel del mar.

El sondeo se ha efectuado en la prolongación de la calle Calcio, área número tres, corresponde con Calcio Norte, cuadrícula «A»/Pl. 1, de la excavación, véase figura 2, plano de Arqueoconsult perteneciente al proyecto Verona II/Arqueología.

Material y métodos

El análisis polínico se ha llevado a cabo, según los métodos de separación por densidades para muestras arqueológicas, de Imogene Doher (1980) y de Sue Fish (1985) tratamiento químico para la extracción de palinomorfos.

Se han estudiado las preparaciones móviles y selladas correspondientes al nivel, se ha utilizado un microscopio óptimo x 500 y x 1.000 con aceite inmersionseel. Llevándose a cabo la determinación y recuento de los granos de polen de las especies arbóreas y no arbóreas presentes en los mismos.

La muestra fue clasificada princi-

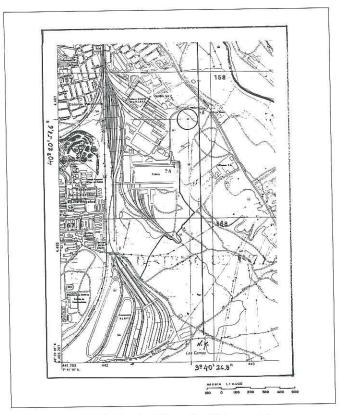


Fig. 1.-Madrid. Distrito de Villaverde. Vista parcial.

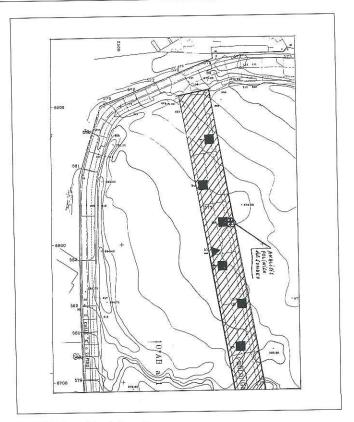


Fig. 2.-Situación del sondeo.

palmente por las claves de Moore and Webb (1978), con asistencia adicional de las fotos de Erdtman (1961-1963), Faegri and Iversen (1975), y propia Palinoteca.

Los porcentajes resultantes de las 25 familias botánicas presentes en el nivel se indican a continuación.

La información obtenida en los análisis polínicos en este tipo de yacimiento es de dos clases, un conjunto de polenes estará relacionado con las actividades antrópicas y otro conjunto polínico se relacionará con el medio ambiente circundante, coetáneo al poblado. En ambos casos la representación del contenido polínico, según Jackson (1990), depende de la zona de ribera en donde se sitúa el yacimiento.

El contenido total de polenes y esporas identificados asciende a 219 ejemplares y con el fin de poder determinar las características medioambientales y climáticas del enclave se han agrupado los polenes según los caracteres ecológicos más sobresalientes de los taxones, según Alcaraz et all. (1987), Braun Blanquet (1979), Garms (1977) y Rivas-Martínez.

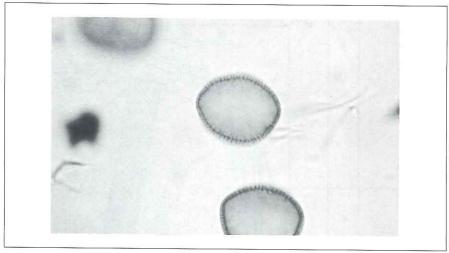
Aquí en la figura 3, que corresponde al contenido total de polenes y es-

Resultados

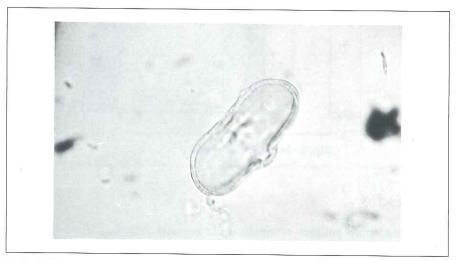
El contenido polínico obtenido de la muestra estudiada es el siguiente:

Familias	Número de ejemplares	Géneros
Polenes arbóreos: Betulaceae Fagaceae Juglandaceae Pinaceae Salicaceae Ulmaceae	111 5 42 17 8 13 26	Alnus, Betula Castanea, Fagus. Quercus Juglans Pinus Salix Ulmus
Polenes de herbáceas: Bustomaceae Campalunaceae Caryphyllaceae Compositae Crucifereae Juncaceae Liliaceae Nymphaceae Poaceae Plantaginaceae Rosaceae Rubiaceae Umbellyphereae	35 1 1 1 2 1 3 6 5 4 5 3 2	Butomus Campanula Herniaria Crepis Iberis Juncus Lilium Nymphaea Agrostis, Cynosurus Plantago Rosa Galium Apium
Esporas de musgos/helechos: Equisetaceae Polypodiaceae Selaginelaceae Sphagnaceae Triletes Varia	50 4 8 19 10 9	Equisetum Polypodium Selaginela Sphagnum Polenes y esporas indeterminados
CONTENIDO TOTAL	219	

El contenido total de pólenes y esporas identificados asciende a 219 ejemplares y con el fin de poder determinar las características medioambientales y climáticas del enclave se han agrupado los pólenes según los caracteres ecológicos más sobresalientes de los taxones, según Alcaraz et all. (1987), Braun Blanquet (1979), Garms (1977) y Rivas-Martínez.



Butomaceae.



Umbelly Phereae.

poras, se distribuye el espectro polínico en cuatro grupos que son:

Primer grupo, los árboles: Betulaceae: Alnus, Betula. Fagaceae: Castanea, Fagus, Quercus. Juglandaceae: Juglans. Pinaceae: Pinus. Salicaceae: Salix. Ulmaceae: Ulmus. Total 50,7 %.

Segundo grupo, las herbáceas: Bu-

tomaceae: Butomus. Campalunaceae: Campanula. Caryophyllaceae: Herniaria. Compositae: Crepis. Cruciferae: Iberis. Juncaceae: Juncus. Liliaceae: Lilium. Nymphaceae: Nymphaea. Poaceae: Agrostis, Cynosurus. Plantaginaceae: Plantago. Rosaceae: Rosa. Rubiaceae: Galium. Umbellyphereae: Apium. Total 16 %.

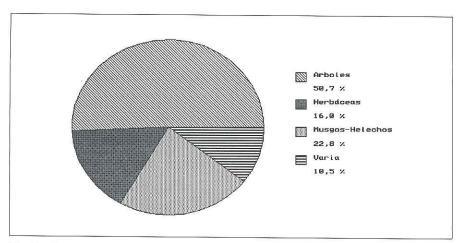


Fig. 3.-Contenido total Polenes-Esporas.

Tercer grupo, musgos y helechos: Equisetaceae: *Equisetum*. Polypodiaceae: *Polypodium*. Seleginelaceae: *Selaginela*. Sphagnaceae: *Sphagnum*. Triletes. Total 22,8 %.

Y por último Varia, que corresponde a los polenes indeterminados, en mal estado, rotos, etc. Total 10,5 %.

En la figura 4 se tiene en cuenta la proporción entre polenes arbóreos y polenes no arbóreos, se excluyen en este caso los musgos, helechos y varia, porque distorsionan la interpretación paleo-ambiental, ya que estos componentes están relacionados con unas condiciones muy específicas.

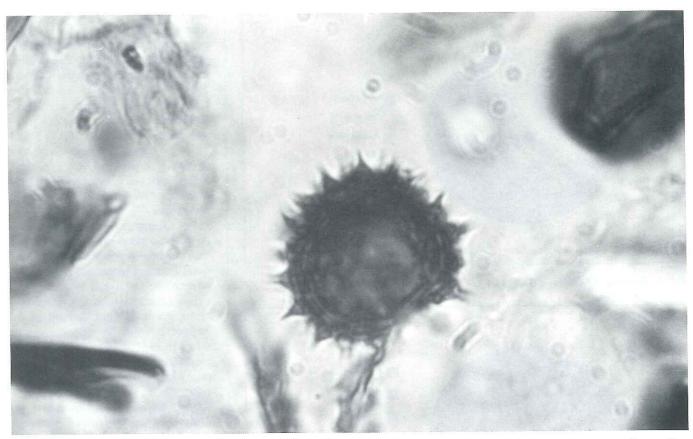
En la figura 5 se relacionan los porcentajes de las distintas formaciones boscosas, compuestas principalmente por quejigos, encinas y olmedas, seguidas por noguerales y bosques riparios.

La distribución de las plantas herbáceas queda de manifiesto en la figura 6, se aprecia que las plantas que crecen en el sotobosque y en lugares húmedos forman el bloque mayoritario, mientras que las malas hierbas, propias de terrenos sin cultivar y baldíos presentan un porcentaje del 25,7 %.

Conclusiones

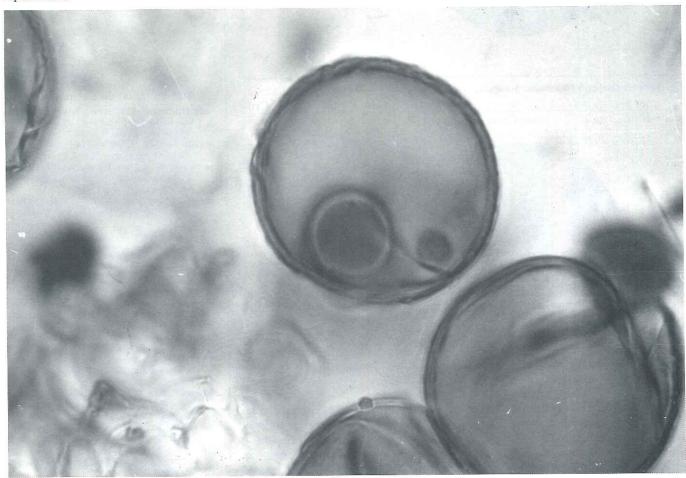
Aun teniendo en cuenta: las limitaciones de los espectros polínicos en un ambiente fluvial, los índices de representatividad y la incidencia de la degradación del registro polínico, se puede determinar, para el período Sub-Boreal, Edad del Bronce, 2.000 años antes de Cristo, que en las proximidades de la zona estudiada había zonas boscosas compuestas por diversas especies arbóreas de Betulaceae: Alnus, Betula. Fagaceae: Castanea, Fagus y Quercus. Juglandaceae: Juglans. Pinaceae: Pinus. Salicaceae: Salix y Ulmaceae: Ulmus.

Por tanto las formaciones naturales boscosas estarían compuestas principalmente por bosques mixtos de quejigares y encinares, en las zonas frescas y umbrosas se encontrarían áreas de hayedos relictos. Los olmos se extenderían por la vega y los nogales, castaños seguidos por pinares y abedulares ocuparían parte del paisaje vegetal. Salicáceas compondrían los bosques riparios o for-



Compositae.

Equisetaceae.



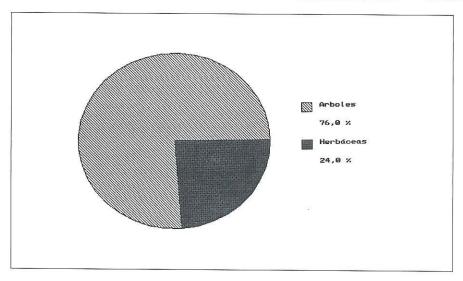


Fig. 4.-Relación P. Arbóreos/Herbáceas.

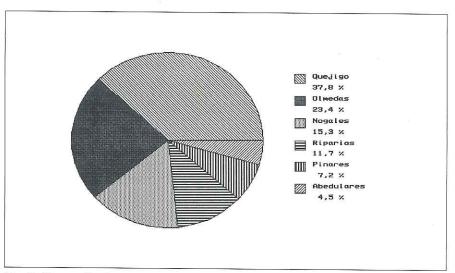


Fig. 5.-Porcentajes formaciones Arbóreas.

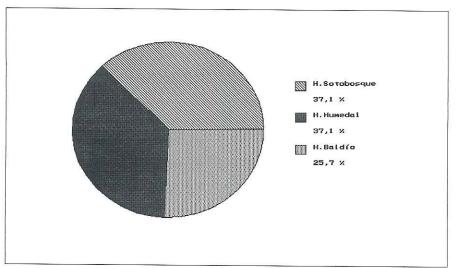


Fig. 6.-Porcentajes plantas Herbáceas.

maciones vegetales higrofitas, que se instalarían en las riberas fluviales y que se encontrarían sometidas al régimen de crecidas de agua derivado de la dinámica fluvial.

La proximidad del río Manzanares condicionaría los aportes polínicos de las numerosas plantas, relacionadas con el medio semi-acuático, los grupos siguientes formarían parte

del conjunto florístico del sotobosque o estarían relacionados con lugares encharcados o húmedos, como: Butomaceae: Butomus. Campalunaceae: Campanula. Caryophyllaceae: Herniaria. Compositae: Crepis. Crucifereae: Iberis. Juncaceae: Juncus. Liliaceae: Lilium. Nymphaceae: Nymphaea. Rosaceae: Rosa. Rubiaceae: Galium. Umbellyphereae: Apium y Equisetaceae: Equisetum. Selaginelaceae: Selaginela. Polypodiaceae: Polypodium. Sphagnaceae: Sphagnum.

Por último se destaca la presencia de plantas propias de terrenos baldíos y sin cultivar como Plantago, ruderal Plantaginaceae y Agrostis y Cynosurus de la familia Poaceae.

Las características climáticas por tanto, según la composición de los bosques, serían las que corresponden con el piso bioclimático Mesomediterráneo, inviernos frescos y no muy húmedos y veranos templados o calurosos, con escasa o nula precipitación, lo que corresponde a las características climáticas generales del Sub-Boreal, estudiadas por Mariscal (1987), en análisis polínicos de turberas.

REFERENCIAS

Alcaraz, F. et all. (1987): La vegetación de España. Editores M. Peinado Lorca y S. Rivas-Martínez, pp. 543.

Braun Blanquet, J. (1979): Fitosociología. Edi-

ciones Blume, pp. 820. Erdtman, G. (1971): Pollen Morphology and Plant Taxonomy. Halfner Publishing Co. New York, pp. 450.

Faegri, K. and Iversen, J. (1975): Tex book of pollen Analysis. Munksgaard. Copenhagen.

Garms, H. (1977): Plantas y animales de España y Europa. Eunsa, pp. 348.

Jackson, s. T. (1990): Pollen source area and representation in small lakes of the Notheastern United States. Review of Paleobotany and Palynology, vol. 63: 53-76. Imogene Doer, L. (1980): Palynomorph Prepa-

ration Procedures. U.S. Geological Survey.

Mariscal, B. (1986): Reconstrucción de la Paleoflora y de la Paleoclimatología durante el Holoceno. Quaternary Climate in Western Mediterranean. Symposium on Climate Fluctuations during the Quaternary. Madrid, 205-220.

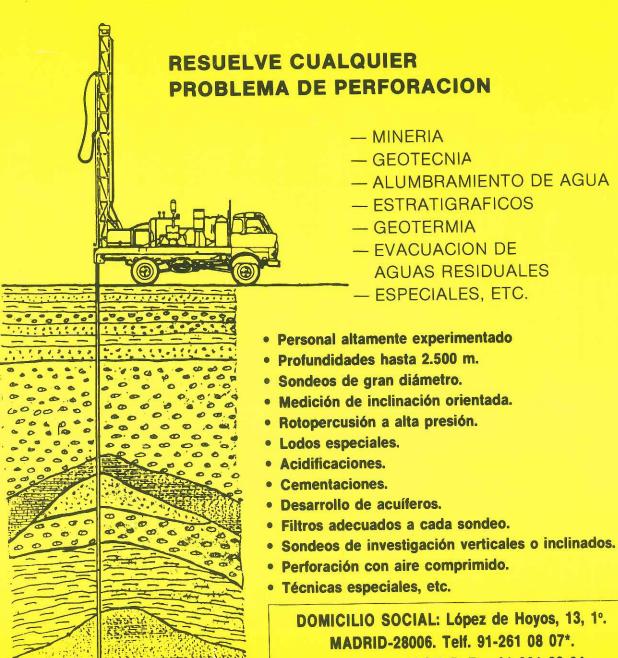
Moore, P. D. & Welb, J. A. (1978): An Illustrated Guide to Pollen Analysis. Hodder & Stongerton. London, 133 pp.

Rivas-Martínez, S.: Mapa de las Series de Vegetación de España.

Sue Fish (1985): Density separation for archeological samples. Geological Survey

IBERICA DE SONDEOS, S.A.

al servicio de la perforacion desde 1954



DOMICILIO SOCIAL: López de Hoyos, 13, 1°.

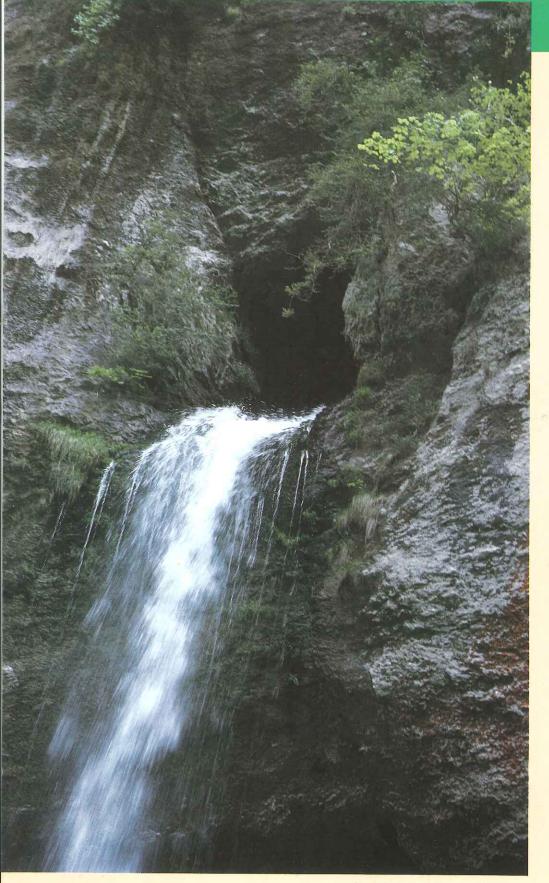
MADRID-28006. Telf. 91-261 08 07*.

Télex 45877 ISON-E. Fax 91-261 88 94

PARQUE, TALLERES y ALMACEN: Ctra. de Toledo,
km 16,800. Pol. Ind. Acedinos FUENLABRADA

(Madrid) Telf. 690.15.35-690.93.12 Fax. 91-690.93.12

COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS



INVESTIGACION DE FUTURO

La naturaleza, la geología y también los laboratorios, las torres de perforación y la alta tecnología son parte del entorno habitual de los trabajos de CGS.

Porque investigar y utilizar los recursos naturales debidamente es colaborar al conocimiento y respeto de la Naturaleza. Con visión de futuro.

Bajo esta filosofía acometemos en CGS actividades tales como:

- GEOLOGIA BASICA Y TEMATICA
- EXPLORACION MINERA
- HIDROGEOLOGIA
- HIDROLOGIA E HIDRAULICA
- ESTUDIOS DE MEDIO AMBIENTE
- GEOTECNIA
- SONDEOS
- GEOFISICA
- LABORATORIOS

CGS Corazón de María, 15 • 28002 Madrid • Tel: (91) 416 85 50 • Fax: (91) 519 32 37





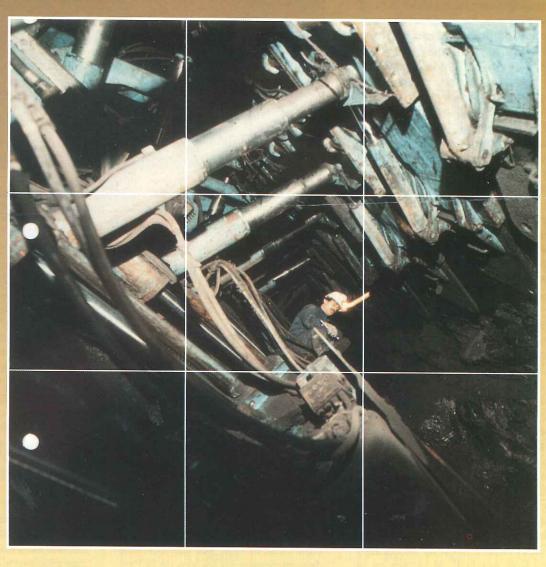
REVISTA DE ACTUALIDAD E INFORMACION GEOLOGICA

HUNOSA: UNA GEOLOGIA DIFICIL

CARLOS LUQUE CABAL

JOSE ANTONIO SAENZ DE SANTA MARIA BENEDET

> Geólogos E. N. Hulleras del Norte, S. A.





SUPLEMENTO DEL N.º 3 DE LA REVISTA TIERRA Y TECNOLOGIA

1. Introducción

na de las características más conocidas, por lo difundidas, del yacimiento carbonífero que constituye la Cuenca Central asturiana es el de la dificultad de su explotación debido a las irregularidades geológicas.

Este argumento, que se ha convertido en un criterio común en los medios de comunicación durante los últimos tiempos, corresponde evidentemente a una realidad geológica incuestionable.

No es nuestra intención explicar en este artículo las consecuencias de tipo económico, minero, social, etc., que se derivan de la existencia de un yacimiento tan difícil como el de la Cuenca Central, sino más bien divulgar las dificultades geológicas en sí, sus causas, sus efectos frente a la investigación y las perspectivas que, desde el punto de vista geológico, se prevén para el futuro.

2. Antecedentes

Una circunstancia a destacar en el yacimiento es su dilatado período de explotación que se inicia a finales del siglo XVIII y ha continuado ininterrumpidamente durante más de 200 años. Ello ha aportado una ingente base documental, si bien a veces mal conservada o con errores de interpretación, que ha permitido vislumbrar los principales rasgos de su estructura.

Aportaciones singulares desde mediados del siglo XIX han mejorado aspectos parciales del conocimiento geológico (Schulz, Paillette, Casiano de Prado, Barrois, Adaro, Patac, etc.). Así mismo, los trabajos de investigación realizados a partir de 1950 desde la Universidad de Oviedo en la Cordillera Cantábrica han definido el marco general en el que se encuadra la Cuenca Carbonífera Central así como los datos necesarios para comprender su evolución a lo largo del tiempo.

Dentro del ámbito de la Cuenca, los últimos 25 años han sido los más fructíferos en el análisis geológico debiendo destacarse el amplio estudio realizado, a partir de un encargo del I.N.I., por la E. N. Adaro en el quinquenio 1967 a 1972 que sentó las bases estratigráficas y cartográficas del yacimiento, a escala 1:10.000.

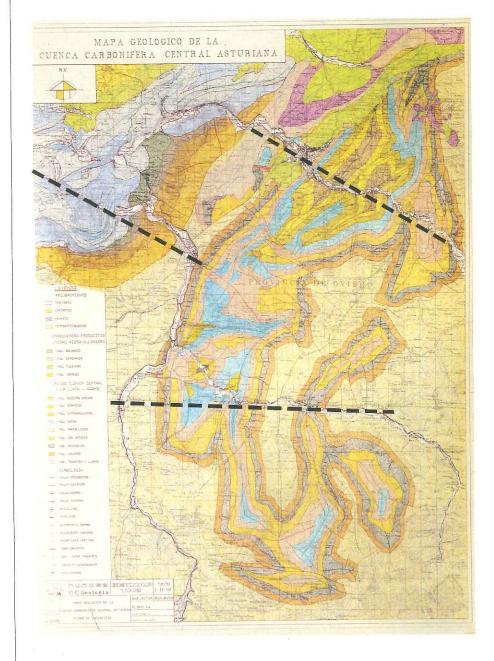


Fig. 1.-Mapa geológico de la Cuenca Carbonífera Central.

La visión global de que se dispone en la actualidad sobre el yacimiento de la Cuenca Carbonífera Central Asturiana en general y, en particular, sobre el que corresponde a la E. N. Hulleras del Norte, S. A. se debe, en gran medida, al trabajo de investigación desarrollado por los diversos departamentos geológicos de la Empresa desde hace 15 años, integrados dentro de un organigrama técnico multidisciplinar.

3. Descripción geológica general

El yacimiento explotado por la E. N. HUNOSA se sitúa en la parte central del Principado de Asturias, al Sur y Sureste de la ciudad de Oviedo, sobre los valles de los ríos Nalón, Caudal y Aller. Ocupa una extensión aproximada de 60.000 Ha. que en un



Tajo mecanizado íntegramente. Complejo Ansha. Pozo San Antonio.

90 % corresponden al Carbonífero productivo aflorante.

La Cuenca Carbonífera Central presenta una disposición arqueada con dirección general NE-SW en la parte Norte, para ir paulatinamente orientándose en dirección N-S o ligeramente NW-SE en las áreas más meridionales (Fig. 1).

En su zona septentrional, la cuenca queda recubierta por sedimentos Permo-Mesozoicos y Terciarios mientras que por el Sur limita con un importante accidente tectónico, la Falla de León. Por el Oeste, el límite lo constituye el cabalgamiento basal de la Unidad del Aramo perteneciente a la región de Pliegues y Mantos, según la división de la Zona Cantábrica. Por el Este, junto con materiales infrayacentes, la Cuenca cabalga sobre la región del Manto del Ponga, siendo su base la Escama de Laviana.

La potencia total de sedimentos carboníferos está próxima a los 6.000 m

comprendiendo desde el Tournaisiense hasta el Westfaliense D Superior. La sedimentación en el Car-

bonífero Inferior es predominantemente calcárea haciéndose terrígena en la parte media y superior. Aunque los niveles de carbón aparecen pronto son de escasa potencia y es durante el último período cuando se depositan la mayor parte de los sedimentos (unos 2.800 m) que contienen niveles de carbón explotables. En conjunto, la serie estratigráfica tiene un evidente carácter regresivo desde una plataforma carbonatada a medios mareales y de marisma conforme se asciende en ella.

El ambiente de formación del carbón se correspondió con el desarrollo de importantes masas arbóreas en amplias zonas pantanosas cercanas a una estable y amplia línea costera en las que las sucesivas y cíclicas invasiones marinas o los aportes de sedimentos desde el continente daban lugar a la muerte y enterramiento del bosque iniciándose el proceso evolutivo que conduce a la formación de la capa de carbón.

De esta manera, se han depositado cerca del centenar de niveles carbonosos, de los que algo más de la mitad poseen potencias medias explotables comprendidas entre 0,50 y 2,00 m. Tales niveles no siempre son beneficiables en los mismos lugares por minería de interior debido a irregularidades en la sedimentación que dan lugar a disminuciones ostensibles de espesor.

Conjuntamente con el carbón se han sedimentado otros materiales, principalmente areniscas y lutitas y con menor frecuencia, calizas, margas y conglomerados silíceos o

CUADRO I

Unidad	Paquete	Potencia del paquete (m)	Número de capas	Pot. media (m) acumulada en carbón
CAUDAL – NALON	Caleras	310	2	2,5
	Generalas	300	2-4	2,5-4,5
	San Antonio	315	2	1,7
	María Luisa	300	6-9	6,5-8,5
	Sotón	400	8-12	10,5-14
	Entregueras	340	3-5	4,5-6
	Sorriego	340	5	8
	Modesta-Oscura	575	7	7,5
RIOSA	Canales	800	8-12	12-15
	Pudingas	700	3-5	5-7
	Esperanza	350	3-6	3,5-6,5

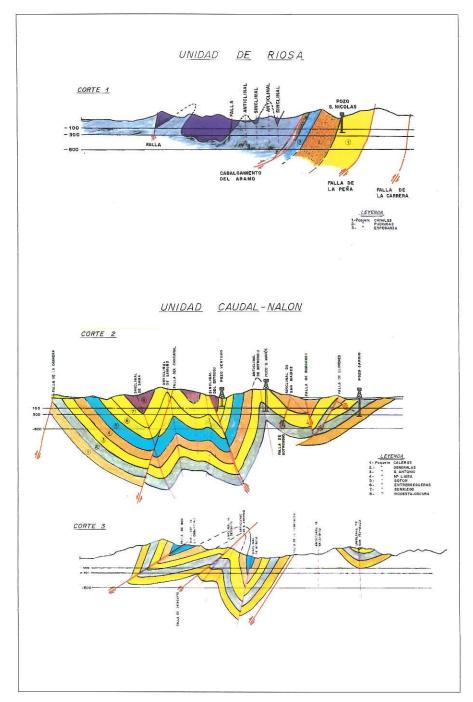


Fig. 2.-Cortes geológicos verticales.

calcáreos (pudingas y gonfolitas respectivamente en la denominación minera).

Los carbones que extrae HU-NOSA pertenecen a distintas categorías de hullas, variables de Norte a Sur desde secas de llama larga con más del 40 % de Materias Volátiles (M.V.), hasta hullas antracitosas e incluso antracitas en el sector meridional con menso del 10 % de M.V., pasando por las hullas de coque presentes en la parte central. Los contenidos medios en azufre en contadas ocasiones sobrepasan el 1 %.

La disposición estructural de los materiales carboníferos se corresponde con la de un gran sinclinorio formado durante la fase hercínica (Fig. 2). Los ejes de los pliegues longitudinales dibujan el arqueamiento general del Paleozoico de la Cordillera Cantábrica conocido como «rodilla astúrica».

En intersección con los pliegues longitudinales, aparecen otros transversales, casi ortogonales, de dirección aproximada Este-Oeste, que dan lugar a un fenómeno de interferencia con el desarrollo de una estructura de domos y cubetas muy característica, de las que son significativas las cubetas de San Mamés, Entrego, Sama, Moreda, etc.

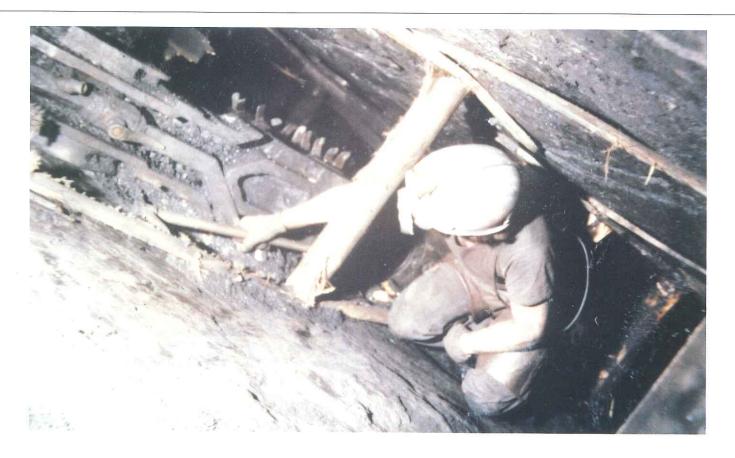
Coincidiendo con la orientación de los planos axiales longitudinales se asocia un conjunto de fallas inversas, las más importantes de las cuales independizan las principales unidades de la Cuenca Carbonífera Central que, de Este a Oeste, son: Caudal-Nalón, La Justa-Aramil y Riosa. Así mismo, existen fracturas menores asociadas al mecanismo de plegamiento general que interrumpen la continuidad de las capas a escala minera.

Una notable red de fallas, de edades variables entre tardihercínicas y Permo-Mesozoicas, transversales respecto a ambos sistemas de pliegues, configuran un modelo estructuralmente complejo que restringe en gran medida la existencia de campos de explotación amplios y tectónicamente estables.

Tradicionalmente, los distintos grupos de capas de carbón y los estériles que las acompañan se han subdividido en un conjunto de agrupaciones litoestratigráficas ("paquetes mineros") que para la unidad Caudal-Nalón, comprenden (Cuadro 1), de muro a techo: Tendeyón, Caleras, Generales, San Antonio, María Luisa, Sotón, Entrerregueras, Sorriego y Modesta-Oscura.

En los cuatro paquetes inferiores, el número de capas de carbón explotables es muy reducido (entre 3 y 7 según las zonas). La mayor densidad de niveles de carbón beneficiables se encuentra en los paquetes denominados María Luisa, Sotón y Entrerregueras, como consecuencia de un mayor predominio temporal de ambientes generadores de carbón sobre los de influencia marina. Los dos últimos paquetes están prácticamente agotados ya que se sitúan en el núcleo de los Sinclinales de Sama y Entrego y han sido extraídos en minas de montaña y plantas superiores de los pozos quedando «colgados» a las cotas actuales.

En la unidad de Riosa, con una potencia total de serie estratigráfica próxima a los 2.500 m, las divisiones establecidas son, de muro a techo: Canales, Pudingas, Esperanza y Ablanedo, centrándose las principales labores en la actualidad, sobre el primero de los paquetes, interesando a 15 niveles de carbón.



Picador acompañando a una rozadora durante el arranque.

La similitud litológica de los materiales de la Unidad de La Justa-Aramil permite establecer unas divisiones comunes a las de la Unidad Caudal-Nalón apreciándose tan sólo diferencias de detalle entre ambas unidades.

Las diferencias estratigráficas entre la Unidad de Riosa por un lado y las de La Justa-Aramil y Caudal-Nalón por otro, han sido objeto de múltiples interpretaciones desde antiguo. Sin ánimo de extenderse sobre ello, la de Riosa representa zonas muy cercanas al continente hercínico en elevación durante el Westfaliense con implantación de abanicos aluviales, facies de tipo fluvial, más o menos asociados a una línea de costa. Las otras unidades representan ambientes más alejados del continente como son: zonas deltaicas, ambientes de playa y plataforma mareal, islas barrera, etc. El acortamiento tectónico mediante las fallas que separan estas unidades es lo que da lugar a su cercanía actual.

En resumen, la Cuenca Carbonífera Central ha tenido una historia geológica compleja a lo largo de su desarrollo durante el Carbonífero

Superior. Se formó en unas condiciones de actividad tectónica cercana (el continente se estaba levantando en su límite occidental) que condicionó el número y espesor de los niveles de carbón depositados.

Seguidamente, sufrió dos fases consecutivas de deformación mediante plegamiento que dieron lugar a la estructura actual. Una fase de fracturación tardía en el hercínico y épocas posteriores, cambió de forma importante su configuración. No debe tampoco olvidarse el episodio alpino que, aunque no bien conocido, ha generado sin duda la reactivación de, al menos, una parte de las fracturas anteriores.

3. Incidencia de la Geología en la extracción de carbón

En función de la descripción anterior, se pueden sintetizar las características más relevantes, desde el punto de vista de explotación, del yacimiento. Estas son:

a) Buzamientos

La intensa deformación tectónica condiciona el que la mitad de las reservas explotables por HUNOSA presenten un buzamiento superior a 60° (Fig. 3). Hay que destacar qué capas con este rango de buzamientos, prácticamente no son objeto de explotación subterránea en la minería mundial actual, excepto en países de Europa.

Tan sólo un 13 % de las reservas se sitúan en un intervalo de buzamiento subhorizontales (por debajo de 35°) que es lo común, hoy en día, en la minería internacional.

b) Potencias

Ya se ha hecho mención a los reducidos espesores de las capas de carbón de la Cuenca Central. El intervalo más frecuente (Fig. 4) es el de 0,90 a 2,00 m, con cerca de un 15 % que se sitúa por debajo de 0,90 m.

No obstante, hay que constatar que, a pesar del abundante número de niveles de carbón, son muy limi-

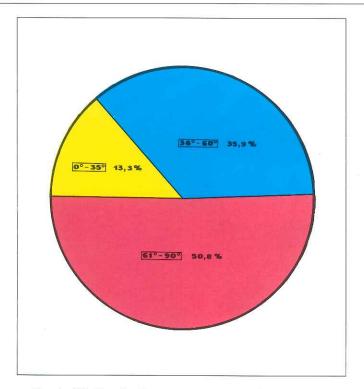


Fig. 3.-Distribución de reservas por rangos de buzamiento.

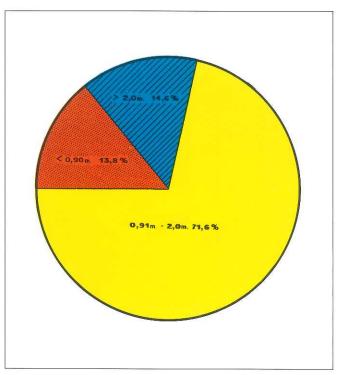


Fig. 4.-Distribución de reservas por rangos de potencia.

tados los que presentan grandes potencias y, además, éstas no son regulares ofreciendo notables variaciones a escala del taller de explotación.

c) Emplazamiento

El nivel de laboreo actual implica que la profundidad media de extracción de carbón supere los 400 m por debajo de la cota de los valles. Esta profundidad, ya de por sí alta, se ve incrementada sustancialmente si se tiene en cuenta la accidentada topografía de la zona central de Asturias.

En efecto, mientras la cota media de los valles en que se sitúan los pozos mineros es de unos 280 m.s.n.m., las cumbres que los delimitan alcanzan los 1.100 m.s.n.m. Por ello, muchas de las labores actuales soportan una altura de macizo cercana a los 1.000 m lo que conlleva problemas de sostenimiento y otros relacionados con la presión litostática.

A estos, deben añadirse las dificultades propias de una explotación, introducción de materiales, rellenos y personal, extracción de la producción y estériles, desagüe, etc.

d) Concentración de reservas

La distribución de los niveles de carbón a lo largo de una serie estratigráfica tan potente y su reducido espesor medio implica una baja concentración de las reservas, medidas en el índice tradicional por metro vertical de profundidad. Este varía entre 25.000 y 65.000 Tn brutas/metro. Así mismo, este bajo índice condiciona una alta velocidad de reprofundización variable entre 6 y 12 m/año según los pozos.

Este hecho, unido a la presencia de frecuentes irregularidades estructurales que compartimentan el yacimiento, obliga a la apertura de un gran número de galerías para la explotación, lo que conlleva elevados índices de preparación tanto en roca como en carbón de forma que por cada 1.000 Tn brutas producidas deben realizarse por término medio 16 m de galería (o bien 16 mm/Tn bruta).

En el conjunto del yacimiento explotado en este momento mediante 20 pozos mineros, se vienen realizando anualmente por HUNOSA, del orden de 40 Km de galería en roca y cerca de 50 Km de galerías en carbón, para extracciones que oscilan entre 5,5 y 6 millones de Tn brutas por año.

e) Calidad del carbón

En general, las capas se presentan acompañadas de niveles intercalados de lutitas más o menos blandas que deben explotarse conjuntamente con el carbón. Por otro lado, en ocasiones, estos niveles blandos se sitúan a techo o muro de las capas lo que obliga a su extracción para obtener un buen nivel de sostenimiento de los tajos. En el caso de talleres mecanizados, el método lleva implícito un incremento de los estériles que se incorporan a la producción.

Todo ello origina que se produzcan carbones con notable contenido en cenizas que deben separarse mediante lavado, existiendo una relación cercana al 55 % entre la producción lavada y la bruta.

f) Problemática hidrogeológica y gaseodinámica

Desde el punto de vista hidrogeológico, la región asturiana se caracteriza por unas importantes tasas de pluviometría y de infiltración. Por otro lado, la explotación minera origina una fracturación del macizo rocoso que hace que toda la zona situada en el entorno de los pozos drene las aguas hacia el interior de los mismos, ocasionando múltiples problemas asociados al agua, desde su acumulación en labores antiguas que deben ser controladas, hasta su presencia en los talleres en explotación que origina dificultades de laboreo.

El desagüe es también muy importante variando estacionalmente y situándose, en el conjunto de un año medio, entre 2 y 5 millones de m³ por pozo.

En cuanto a los problemas derivados de la presencia de gas grisú, no son importantes y afectan particularmente a los pozos del valle del Aller, donde aparecen algunos fenómenos gaseodinámicos, debiendo de preverse especialmente la aparición de desprendimientos instantáneos que son una manifestación violenta de la salida del gas contenido en la capa de carbón. El estudio geológico y técnico de estos fenómenos permite su control mediante medidas especiales.

g) Metodología de extracción

Todos los parámetros de tipo físico citados conducen a la existencia en HUNOSA de notables dificultades desde el punto de vista del laboreo que se inician ya con la necesidad de apertura de numerosos talleres (unidades de explotación) de pequeñas longitudes (variables entre 100 y 350 m como media).

En este elevado número de talleres que oscila entre 180 y 200, existe además una gran heterogeneidad. En efecto, hay tajos con una problemática tal que sólo admiten una explotación manual tradicional (Fig. 5) y otros que pueden ser mecanizados en cuanto al arranque del carbón o integralmente (arranque y sostenimiento). También, en capas de gran potencia se introduce el método de subniveles horizontales (Fig. 6).

En la actualidad la explotación mecanizada alcanza un porcentaje cercano al 30 %, valor importante si se considera que a finales de los años 70 no se lograba el 10 %. Las previsiones de futuro, permiten pensar en una continuidad de esta tendencia hasta alcanzar valores cercanos al 50 %. Un mayor incremento se contempla como geológicamente poco viable.

A la vista de todo lo anterior y teniendo en consideración las tendencias mundiales en cuanto al carbón se refiere, parece claro que el yacimiento de HUNOSA constituye un modelo particular en cuanto a las características geológicas.

En efecto, son escasos los yacimientos carboníferos en activo que presentan condiciones similares. Las explotaciones subterráneas actuales se basan en capas potentes, de buzamiento subhorizontal y que permiten, por su regularidad, una adecua-

da mecanización tanto del arranque como del sostenimiento de los tajos y del transporte.

Aún con todo esto, este tipo de explotaciones subterráneas tiende a disminuir debido a la competencia de las minas a cielo abierto.

4. La investigación geológica y las perspectivas de futuro

Desde el punto de vista estrictamente geológico, y con la premisa de los condicionantes mineros citados, la investigación del yacimiento se está orientando, en minería subterránea, hacia una adecuada selección de los campos y capas que mejore la calidad y la cantidad de la producción bruta obtenida, extraíble en las mejores condiciones de seguridad. El criterio de selección de las capas explotables es su posibilidad de mecanización y, por tanto, su regularidad estructural, potencia media, calidad de carbón y características de los hastiales.

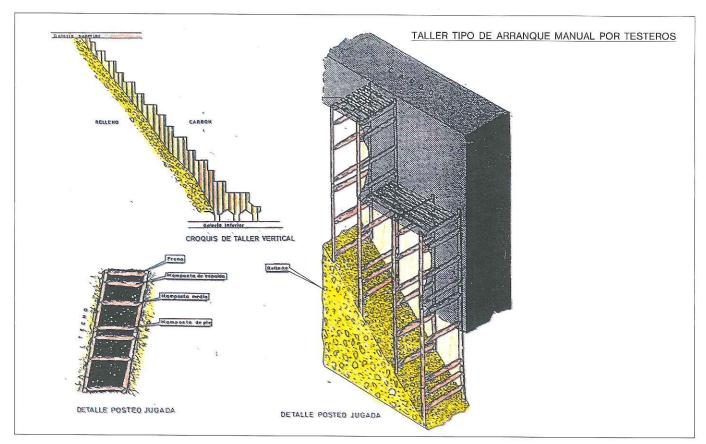


Fig. 5.-Explotación tradicional por «testeros».



Barrenistas «forando la pega» (perforando barrenos para colocar explosivo).

Esta tendencia está obligado a realizar una geología de interior muy detallada, a escala de unidad de explotación haciendo hincapié en los reconocimientos estructurales, geotécnicos y el desarrollo de bases de datos que permitan el tratamiento eoestadístico para un mejor conocimiento inicial de los paneles a explotar.

Por otro lado, no deben olvidarse las posibilidades existentes de explotación de determinadas áreas del yacimiento mediante cielo abierto. En este sentido, una buena parte del trabajo está enfocado, una vez catalogadas las zonas de interés, a su investigación geológica detallada.

Pese a todas las dificultades geológicas implícitas en la problemática del yacimiento, cabe una visión alentadora del futuro si éste se basa en la conjunción del esfuerzo humano, por una parte, y el desarrollo técnico por otra. Ambos factores, presentes desde siempre en HUNOSA, deben continuar formando parte esencial del patrimonio de la Empresa.

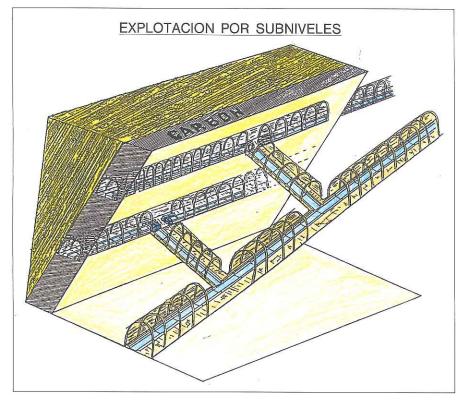


Fig. 6.-Explotación por subniveles horizontales.