



**GRUPO DE TRABAJO 29:
ACTIVOS AMBIENTALES EN LA MINERÍA**

Documento Final



ACTIVOS AMBIENTALES EN LA MINERÍA DE ESPAÑA

Coordinador
Rafael Fernández Rubio
Dr. Ingeniero de Minas
Premio Rey Jaime I a la Protección del Medio Ambiente

Promotor

Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas



Colaboradores especiales

Juan Carlos Baquero Úbeda, Dr. Ingeniero de Minas
Juan José Durán Valsero, Dr. en Ciencias Geológicas
José Lorenzo Agudo, Dr. Ingeniero de Minas
Enrique Orche García, Dr. Ingeniero de Minas

Colaboradores

Ángel Luís Alonso Prieto, Ingeniero de Minas
José Luis Alperi Jove, Ingeniero Técnico Industrial
Juan Gualberto Apodaca Carro, Ingeniero Agrónomo
Enrique Aracil Ávila, Dr. en Ciencias Geológicas
Francisco Arechaga Rodríguez, Ingeniero de Minas
José Benavente Herrera, Dr. en Ciencias Geológicas
Guillermo Blanco Gil, Ingeniero de Minas
Jesús Blasco Galve, Ingeniero de Minas
José Gerardo Cabezas Tejero, Ingeniero de Montes
Miguel Calvo Rebollar, Dr. en Ciencias Químicas
Ricardo Castelló Montori, Dr. en Ciencias Geológicas
Miguel Colomo Gómez, Ingeniero de Minas
Linda Daniele, Licenciada en Geología
Pedro Delgado Arenas, Licenciado en Geología
Juan Luis Delgado Fernández, Ingeniero Técnico de Minas y Economista
Ángel Estebanz Martín, Ingeniero de Minas
Francisco Fernández Ortega, Licenciado en Geología
Ernesto Calixto Franco Aladrén, Doctor en Ciencias Químicas
Fernando Jesús Galve Juan, Licenciado en Geografía e Historia (Arqueólogo)
Sergio García-Dils de la Vega, Licenciado en Geografía e Historia
Elías García Fernández, Ingeniero de Minas
Gonzalo García García, Ingeniero de Minas
Aníbal Gil Bueno, Ingeniero de Montes
David González López ("Zaafra"), Pintor
Antonio Guijarro Franco, Ingeniero de Minas
María del Carmen Hidalgo Estévez, Dr. en Ciencias Geológicas
Katia Hueso Kortekaas, Licenciada en Biología
Ángel Ilarri Junquera, Ingeniero de Minas
Francisco Javier Lillo Ramos, Dr. en Ciencias Geológicas
María del Carmen Lobo Bedmar, Doctora en Ciencias Químicas
Juan Antonio López Geta, Dr. Ingeniero de Minas
David Lorca Fernández, Ingeniero Técnico de Minas
Jorge Loredó Pérez, Dr. Ingeniero de Minas
Alfonso Maldonado Zamora, Dr. Ingeniero de Minas
José Ignacio Manteca Martínez, Dr. en Ciencias Geológicas
Pedro Martínez Pagán, Dr. Ingeniero de Minas
Josep María Mata-Perelló, Dr. en Ciencias Geológicas
Francisco Molina Cortecero, Ingeniero Técnico Agrícola
Luis Molina Sánchez, Dr. en Ciencias Geológicas
Francisco Moral Martos, Licenciado en Geología
José Manuel Murillo Díaz, Dr. Ingeniero de Minas
Kyle E. Murray, Ingeniero Geólogo
Jesús Nogueras Montiel, Licenciado en Ciencias Biológicas

Pilar Orche Amaré, Ingeniero de Minas
Gobain Ovejero Zappino, Licenciado en Geología
José Manuel Patricio Cuenca, Ingeniero de Caminos
Antonio Pulido Bosch, Dr. en Geología
Manuel Regueiro González Barros, Licenciado en Geología
Francisco Javier Rey Arrans, Dr. en Ciencias Geológicas
Francisco Rivas Ródenas, Ingeniero de Caminos
Miguel Rodríguez Rodríguez, Dr. en Ciencias Geológicas
Emilio Manuel Romero Macías, Ingeniero Técnico de Minas y Dr. en Geología
Juan Carlos Rubio Campos, Dr. en Ciencias Geológicas
José Manuel Sanchis Calvete, Fotógrafo
Luis Serrano Gil
María del Carmen Valls Uriol, Licenciada en Geología
Ángela Vallejos Izquierdo, Dra. en Geología
Rafael Varela Amado, Sumiller
Julio Verdejo Serrano, Ingeniero de Minas

Instituciones y Empresas que han aportado documentación

Asociación de Amigos de las Salinas de Interior
Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos (ANEFA)
BPB Iberplaco, S.A.
Cobre Las Cruces, S.A. (CLC)
Endesa Generación, S.A. Empresa Nacional de Electricidad, S.A. (ENDESA)
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid
Frasa Ingenieros Consultores, S.L. (FRASA)
Fundación Zaafrá Costarrica
Gobierno de La Rioja. Consejería de Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial
Grupo Mineralogista de Madrid (Revista Bocamina)
Grupo Tolsa
Hanson Hispania, S.A.
Instituto Geológico y Minero de España (IGME)
Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural Agrario y Alimentario (IMIDRA)
Instituto para la Formación, Investigación, Documentación y Estudios Sociales (INFIDE)
Lignitos de Meirama, S.A. (LIMEISA)
Lodos Secos, S.L.
MAXAM – Fundación UEE
Procosanz Áridos, S.A.
Río Narcea Gold Mines, S.A. (RNGM)
Xstrata Zinc – Asturiana de Zinc, S.A. (AZSA)



ÍNDICE GENERAL

	Página
1 PRESENTACIÓN.....	1
1.1 Planteamiento	1
1.2 Enfoque.....	2
1.3 Ocupación de espacio por la minería	2
1.4 Palabras clave	4
1.5 Keywords	4
2 IMPACTO AMBIENTAL DE LA MINERÍA	5
2.1 Planteamiento	5
2.2 Estudios ambientales.....	6
2.3 Evaluación del impacto global	7
2.4 Vigilancia y control ambiental	8
2.5 Rehabilitación	9
2.6 Legislación y avales ambientales	11
3 APORTACIÓN DE LA MINERÍA AL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y TÉCNICO	13
3.1 Meteorología y climatología.....	13
3.2 Paleoclimatología.....	14
3.3 Calidad del aire	15
3.4 Geología	15
3.5 Hidrogeología.....	19
3.6 Mineralogía	20
3.7 Geofísica.....	24
3.8 Paleontología	28
3.9 Antropología.....	32
3.10 Arqueología.....	35
3.11 Etnología.....	44
3.12 Espeleología	45
3.13 Biología	47
4 APORTACIÓN DE LA MINERÍA AL DESARROLLO SOCIO-ECONÓMICO Y CULTURAL.....	55
4.1 Gestión del espacio minero	55
4.2 Poblamiento	56
4.3 Arquitectura civil minera	58
4.4 Patrimonio histórico minero	66
4.5 Industrialización	73
4.6 Herencia industrial viva de antiguas actividades mineras ya extintas	82
4.7 Desarrollo económico	92
4.8 Arte y cultura.....	94
4.9 Rutas verdes de origen minero.....	137
4.10 Turismo cultural	139
4.11 Minería y deporte	140
4.12 Comunicación social.....	142
VALORIZACIÓN DE LAS AGUAS DE MINA	144
4.13 Utilización minera de aguas recicladas	144
4.14 Utilización del agua de mina.....	144
4.15 Recarga artificial de acuíferos a partir de aguas de mina	154



4.16	Habilitación de humedales.....	155
4.17	Lagos de mina	158
4.18	Utilización para emergencias ambientales	161
4.19	Rehabilitación de cauces	162
5	VALORIZACIÓN DE ÁREAS MINERAS	163
5.1	Utilización del hueco minero.....	163
5.2	Valorización de minas subterráneas	164
5.3	Valorización de minas a cielo abierto	169
5.4	Rehabilitación de espacios mineros	188
5.5	Rehabilitación de escombreras	190
5.6	Clausura de minas	204
6	CONTRIBUCIÓN A LA BIODIVERSIDAD	208
6.1	Flora	208
6.2	Fauna	210
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	213
8	ENLACES EN INTERNET	223
9	AUTORÍA.....	226
9.1	Coordinador general	226
9.2	Colaboradores especiales	226
9.3	Colaboradores	227
9.4	Instituciones y Empresas que han aportado documentación.....	243
10	AGRADECIMIENTOS.....	245

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Uso del suelo en la Comunidad de Madrid.	3
Tabla 2. Tipos de rehabilitación en canteras y graveras (Gobierno de la Rioja y ANEFA, 2006).....	11
Tabla 3. Litoteca del Instituto Geológico y Minero de España en Peñarroya – Pueblonuevo (Córdoba).	18
Tabla 4. Enclaves mineros de interés mineralógico.	24
Tabla 5. Porcentaje de refugios conocidos de los murciélagos cavernícolas que habitan en Galicia.	50
Tabla 6. Minas, instalaciones mineras e industrias relacionadas con ellas que están rehabilitadas o preparadas para ser visitadas.	69
Tabla 7. Datos de diversos parques temáticos y minas museo.	69
Tabla 8. Museos de la sal en España, según el tipo de explotación.	73
Tabla 9. Reconocimiento oficial de los valores naturales y culturales de salinas en España.	73
Tabla 10. Producción de yeso en Almería.	94
Tabla 11. Rutas o vías verdes sobre antiguos ferrocarriles mineros.	139
Tabla 12. Reutilización de aguas residuales en España.	144
Tabla 13. Catálogo de flora y fauna de la Escombrera Exterior de la mina de As Pontes de ENDESA (Gil <i>et al.</i> , 2003).	198



Dadas las limitaciones impuestas en el máximo número de bytes del documento a ser colgado en la red, en este documento se han eliminado los varios centenares de fotografías que contiene.

En la publicación que realizará el Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas se incluirán todas las ilustraciones gráficas.

Esta publicación es fruto de la decisión del Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas, de dar a conocer activos ambientales derivados de la minería en España, a partir de los trabajos del Dr. Ingeniero de Minas Profesor Rafael Fernández Rubio, y de un equipo de colaboradores, que han realizado una recopilación multidisciplinar de la aportación de la minería española al Medio Ambiente y a la Calidad de Vida. En suma: al Desarrollo Sostenible.



1 PRESENTACIÓN

1.1 Planteamiento

Rafael Fernández Rubio

Queremos iniciar este libro con una afirmación: el mayor aporte ambiental de la minería radica, precisamente, en su contribución al avance del conocimiento del propio medio ambiente, en el que se enmarca la actividad minera.

Ahora bien, la existencia de activos derivados de la minería, no supone negar los pasivos ambientales, especialmente como consecuencia de que, hasta tiempos recientes, los aspectos ambientales no fueron objeto de preocupación en la actividad industrial y de que, en la minería, los efectos sobre el medio pueden perdurar por largo plazo.

Por otra parte, en el pasado, la trascendencia e interés de la minería se cifraba en el elevado número de puestos de trabajo, que frecuentemente requería, y que justificaban una actividad a la que las demandas sociales sólo exigían, casi en exclusividad, seguridad y salario justo.

En todo caso, y antes de entrar en materia, consideramos interesante traer aquí lo que expone alguien tan poco “sospechoso” como el Dr. en Bellas Artes José Luis Albelda Raga, Pintor y Profesor Titular del Departamento de Pintura de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Politécnica de Valencia, quien declara: *“La mirada cultural que denunció el expolio de la tierra fruto de la antropización desmedida, la herida metafórica que supone una mina a cielo abierto en un entorno de alto valor ecológico como la Amazonia, va abriéndose hacia otras perspectivas menos maniqueas que reconocen, por ejemplo, la belleza del paisaje industrial de Riotinto o de Ojos Negros; venciendo el recurrente estereotipo de lo verde vegetal como principal modelo de naturaleza a admirar. Al igual que debemos preservar los bosques primarios por su contribución a la biodiversidad del planeta, así debemos también conservar este paisaje minero como obra colectiva, inconsciente y azarosa.”* (Albelda, 2006).

Por el mismo camino van las ideas de Tonia Raquejo, Profesora Titular de Teoría e Historia del Arte Contemporáneo, de la Universidad Complutense de Madrid, quien, al contemplar una mina a cielo abierto, se expresa de la siguiente manera: *“el paisaje así esculpido (tal y como lo vemos ahora) recita una y otra vez la dimensión del esfuerzo humano”* (Raquejo, 2002). Lo que acontece, muchas veces, es que alguien tiene que llegar de fuera para que podamos descubrir, por nosotros mismos, lo que su mirada sorprendida capta; y es que la rutina y la costumbre crean un sutil pero tupido velo, que nos impide encontrar el atractivo en imágenes que, en otro lugar ajeno, nos impactarían.

Pero es más, el Licenciado en Historia del Arte Ernesto Utrillas, Profesor de Historia del Arte en la Escuela de Artes de Teruel, que además es vecino de Sierra Menera, es decir de las ya clausuradas minas de Ojos Negros (Teruel), se expresa así: *“restaurar las minas sería como borrar su existencia, supondría tratar de hacer desaparecer nuestro pasado, al que debemos nuestro origen, sería como borrarlos a nosotros también. Las minas tal como están son como las cicatrices, mirarlas puede recordarnos el dolor de la herida, y a veces, incluso, nos pueden volver a doler, pero nos recuerdan lo que vivimos. Con las minas restauradas seríamos como una comunidad sin pasado, igual que un hombre sin cicatrices es un hombre sin pasado”* (Utrillas, 2006).

Todas ellas son expresiones de personas de elevada sensibilidad, que descubren en el paisaje minero su atractivo y singularidad, sin que por ello nosotros debamos cerrar los ojos a la posible existencia de determinados impactos negativos, paralelos a esta visión estética de lo

natural.

1.2 Enfoque

Rafael Fernández Rubio

En esta publicación se presentan una serie de aspectos derivados de la actividad minera en España que, dentro de su gran diversidad, evidencian la valorización ambiental, social y económica, que son los tres soportes del Desarrollo Sostenible. En todo caso el catálogo no pretende ser exhaustivo, y está abierto a actualizaciones futuras.

Para ofrecer una visión sistemática de estos activos, se han agrupado temáticamente, procurando acompañarlos de ilustraciones que faciliten su mejor comprensión.

En este marco de encuadramiento, queremos resaltar las definiciones del Diccionario de la Lengua Española, elaborado por la Real Academia Española, que, en su última actualización digital (Junio 2004), define como “ambiental” a lo “pertenciente o relativo al ambiente”, y al “ambiente” como “Condiciones o circunstancias físicas, sociales, económicas, etc., de un lugar...”. Pues bien, en este encuadramiento amplio de aspectos físicos, sociales, económicos, etc. se consideran a los “activos ambientales de la actividad minera”.

1.3 Ocupación de espacio por la minería

Rafael Fernández Rubio

Antes de entrar en materia entendemos que puede ser interesante dar una idea de escala, de la actividad minera, en relación con el territorio, para entender la verdadera proporción de los espacios mineros. Para ello nos vamos a referir a dos regiones españolas muy diferentes: La Rioja y Madrid.

En la Comunidad Autónoma de La Rioja (Gobierno de La Rioja y ANEFA, 2006), se localizan 136 explotaciones mineras (año 2005), de las que dos terceras partes pertenecen a la sección A y una tercera parte a la sección C. Pues bien, el conjunto de todas estas explotaciones mineras apenas supone la ocupación del 0,09% de la superficie de La Rioja, mientras que la superficie ocupada por hábitat naturales supone el 30,4% de la superficie (1.532 km²), y la contribución a la Red Natura 2000 supone 1.676 km² (33,2% de la superficie), lo que en porcentaje es más del doble de la media de la Unión Europea (13,8%).

Pero, además, las empresas mineras han depositado, en el año 2005, a requerimiento de la Administración Minera, 5.698.894 euros para garantizar la ejecución de los planes de rehabilitación.

Manuel Regueiro González-Barros

Por su parte, en la Comunidad de Madrid, región muy poblada (representa el 13% de la población española) en la que existe una activa industria minera, la distribución del uso del suelo (Barettino, 2006; Aller, 2006; Regueiro *et al.*, 2002) es la reflejada en la Tabla 1 (Regueiro, 2006).

Uso del suelo		Superficie (km ²)	%
Urbano y urbanizable		1026,24	12,78
Protegido: forestal/agrícola	ZEPAS	1853,30	23,08
	LICS	3200,04	39,85
	Espacios Naturales	1092,95	13,61
Red de comunicaciones		22,00	0,27
Minería		314,00	3,91
Otros		521,57	6,49
Total		8030,10	100,00

Tabla 1. Uso del suelo en la Comunidad de Madrid.

De estos 314 km² de superficie afectada por la actividad minera, el 40% ha sido o está siendo rehabilitado, por lo que la superficie realmente afectada por las explotaciones mineras es en realidad de sólo 188 km² (2,35%).

Rafael Fernández Rubio

Estas reflexiones no excluyen la necesidad de atender a los requerimientos ambientales que, sin ser tan antiguos, han hecho que la minería realice esfuerzos muy notorios para minimizar sus impactos, e incluso para aportar activos ambientales, en tanto en cuanto es posible. Tampoco se puede olvidar que la minería es, sin duda, la actividad industrial a la que se exigen estudios de impacto ambiental más precisos y pormenorizados, lo cual nos satisface y enorgullece como mineros.

A pesar de ello, desde frentes y grupos de presión, bien identificados, se somete a la necesaria actividad minera a duros y demagógicos ataques, que con frecuencia encuentran fácil y amplio eco en medios de comunicación.

Como consecuencia, a muchos ciudadanos llega hoy una imagen negativa y distorsionada, que hace considerar a la minería como actividad depredadora, antisocial y productora de gran impacto ambiental negativo. En ese marco se dificulta la puesta en valor de los recursos minerales, imprescindibles para el desarrollo social, económico, tecnológico, industrial e incluso ambiental, y se ignora y pasa desapercibido, para la sociedad, el buen hacer de muchas empresas mineras.

Es por ello que esta publicación pretende trasladar la imagen real de ese buen saber hacer, de muchas actuaciones mineras, para contrarrestar la falsa imagen que se quiere vender por los detractores de la minería. Por otra parte, al difundir estas realidades, se ofrece orientación y aliciente a las empresas mineras para sus actuaciones en el marco del desarrollo sostenible. En este sentido aquí se dan a conocer ejemplos diversos, que muestran las posibilidades que ofrece la ingeniería ambiental, en la rehabilitación y mejor uso de los entornos mineros.

En todo caso, y para clarificar ideas desde el inicio, debemos recordar que entendemos como explotación minera sostenible (Fernández Rubio, 2003) aquella que:

- ↳ Gestiona los recursos renovables implicados (agua, flora, fauna,...), asegurando la continuidad en su disponibilidad, para atender necesidades futuras, actuando amigablemente con los ecosistemas.
- ↳ Minimiza el uso de los recursos no renovables escasos (combustibles fósiles y ciertos minerales).
- ↳ Incrementa la eficiencia en el uso de los recursos naturales, minimizando la producción de residuos, reciclándolos, recuperándolos y contemplando completo su ciclo de vida.

1.4 Palabras clave

Activos ambientales, clausura de minas, desarrollo socio-económico, medio ambiente, minería, patrimonio minero, rehabilitación, usos del agua.

1.5 Keywords

Environmental assessment; mining; mining closure; mining heritage; rehabilitation; socio-economical development; water uses.

2 IMPACTO AMBIENTAL DE LA MINERÍA

2.1 Planteamiento

Rafael Fernández Rubio

La minería es la actividad que nos proporciona los recursos minerales (en sentido amplio), precisos para tener calidad de vida. Es por ello una actividad absolutamente necesaria.

Ahora bien, la minería, en su interacción con el medio, puede provocar una serie de impactos, que es necesario identificar y valorar previamente, para reducir al máximo los efectos negativos, y potenciar los positivos, de forma y manera que, al final, se alcance un balance favorable. Esta identificación tiene que basarse en el análisis, pormenorizado, de las relaciones entre las acciones del proyecto minero y las características específicas de todos los aspectos ambientales en liza.

En este contexto los efectos pueden producirse sobre: población humana, fauna, flora, gea, suelo, agua, aire, clima, paisaje, patrimonio histórico, relaciones sociales, condiciones de sosiego público, y un largo etcétera.

La metodología que se utiliza, en esta evaluación, parte de identificar:

- ↪ las acciones del proyecto minero susceptibles de producir impactos,
- ↪ los aspectos o factores presumiblemente alterables por el proyecto minero, y
- ↪ la valoración de los impactos potenciales.

Las principales acciones susceptibles de causar impacto, para cada una de las fases del proyecto minero, se corresponden con los elementos que lo conforman: preparación general del área; construcción de infraestructuras y edificaciones; actividades propias de la excavación; formación de escombreras y apiles de estériles inertes; formación de depósitos de materiales no inertes (mineral, estéril de mina y estéril de tratamiento); funcionamiento de la planta de tratamiento del mineral; gestión de las aguas superficiales y subterráneas; rehabilitación del espacio; etc. Entre las más significativas podrían considerarse las siguientes:

- ↪ movimientos de tierras y ocupación del suelo,
- ↪ generación de residuos no inertes,
- ↪ desvío de cauces y arroyos,
- ↪ drenaje de aguas subterráneas,
- ↪ emisiones relacionadas con el tratamiento de mineral, etc.

Los efectos considerados, agrupados por factores del medio receptor, se deben caracterizar según criterios normalizados, para definir el grado o nivel de significación, así como la importancia de tales alteraciones. Además, se tiene que valorar la magnitud del impacto, como cuantificación de la modificación producida en el factor ambiental afectable.

Para los efectos negativos significativos, que pudieran rebasar el límite admisible, se tienen que definir medidas de prevención y de corrección de impactos, para reducir dichos efectos a niveles tolerables.

Por otra parte tenemos que insistir que, en los criterios de diseño del proyecto minero, se deben tener en consideración, permanentemente, las alternativas, medidas y dispositivos, que permitan evitar o reducir el impacto ambiental. Tras la aplicación de estas medidas, se deben valorar los impactos finales o residuales resultantes, para evaluar su importancia global en el marco del proyecto minero. De esta forma se puede obtener una visión integrada y sintética de la incidencia ambiental del proyecto, fácil de entender y comprender.

La identificación de efectos o impactos potenciales permite predecir las interacciones del proyecto minero sobre el entorno. En este sentido es importante elaborar una síntesis, en forma de matriz de doble entrada (relación causa-efecto), en la que se visualicen las relaciones entre acciones del proyecto y factores y aspectos ambientales, para las distintas fases de la operación minera.

A continuación procede analizar y evaluar los impactos, es decir los efectos previsibles sobre cada factor, de acuerdo con la terminología habitual de este tipo de estudios, siguiendo una estructura común, que comprende: descripción y caracterización de efectos, descripción de medidas preventivas y correctoras, y valoración del impacto real residual.

Esta caracterización se refleja en un cuadro de doble entrada en el que, para cada efecto considerado, se establecen los atributos que le corresponden, y la significación o importancia del efecto. El análisis de los impactos se completa con la determinación de su magnitud o tamaño.

Para aquellos efectos potenciales que se consideran significativos o importantes, y cuya magnitud supere el umbral considerado tolerable, el proyecto minero tienen que incorporar las medidas preventivas, protectoras y correctoras aconsejables, para reducir los efectos potenciales negativos y, de acuerdo con la normativa, clasificar el impacto que previsiblemente puede producirse como: compatible, moderado, severo o crítico.

La valoración final, del impacto causado por el proyecto minero, se realiza tras tener en cuenta las medidas preventivas, protectoras y correctoras, y utilizando la terminología que establecen las normativas. Estas valoraciones se refieren a todos los factores afectables: clima, emisión de partículas, emisión de gases, ruido, relieve, estabilidad geotécnica, vibraciones, suelo, aguas de superficie, aguas subterráneas, ecosistemas terrestres, ecosistemas acuáticos, especies protegidas, paisaje, usos del suelo y ordenación del territorio, arqueología, infraestructuras, población y servicios públicos, economía y medio social, etc.

Con este planteamiento, el máximo énfasis se pone en conseguir una operación minera respetuosa, en todo momento, con el medio ambiente y el territorio en el que se localiza, tratando de prevenir y reducir al máximo los posibles efectos negativos, incorporando para ello las medidas de protección y corrección, que contribuyan a la máxima integración ambiental de la actuación y a su compatibilidad ambiental.

2.2 Estudios ambientales

Juan Carlos Baquero Úbeda

Los estudios ambientales analizan la situación medioambiental del entorno del proyecto minero, con el fin de definir: situación pre-operacional de cada actividad susceptible de causar impacto, evolución temporal de la relación entorno-proyecto, análisis de riesgos, etc.

Debido a la necesidad de conocer, de forma completa y fidedigna, la situación real del entorno, dichos estudios tiene que ser multidisciplinarios, objetivos, amplios y bien coordinados, cuidando de cubrir los objetivos definidos.

En síntesis, los principales estudios ambientales son:

↳ Estudios de Base Ambiental y Estudios de Valoración de la Situación Pre-operacional

Tratan de definir un diagnóstico ambiental, fácilmente comprensible, con el apoyo de gráficos y tablas, para presentar una “fotografía” de la situación previa al inicio de la actividad minera susceptible de causar impacto, con el fin de permitir marcar objetivos futuros de rehabilitación, basados en la valoración de impactos y el análisis de desviaciones.

Además de definir el ámbito de estudio y objetivos, se deben identificar los aspectos ambientales susceptibles de sufrir impacto, los condicionantes que puedan existir y la

valoración subjetiva de la situación pre-operacional.

↳ Estudios de Impacto Ambiental

Su finalidad es valorar la incidencia de un proyecto, positiva o negativa, sobre su entorno (ambiental, social y económico), así como analizar las alternativas, definiendo para cada una las medidas preventivas, correctoras o compensadoras, con el fin de eliminar o minimizar aquellos impactos que pudieran ser negativos.

↳ Programas de Vigilancia y Control Ambiental

Consisten en definir una metodología de control, sistemática y eficaz, que debe incluir todos los parámetros a ser controlados (justificando su selección), cronograma de registro, valores críticos, instrumental, personal, etc.

Exige conocimiento previo y preciso del agente a controlar y los resultados deben vincularse a los procedimientos de gestión interna del proyecto, para facilitar la continuada mejora en la gestión ambiental.

↳ Planes de Contingencia Ambiental

Resultan fundamentales para valorar y prevenir riesgos ambientales, debiendo incluir el Programa de Mantenimiento, sustitución de equipos o medidas de protección preventiva frente a eventos catastróficos.

↳ Proyectos de Rehabilitación

En ciertos proyectos es posible la restauración al estado pre-operacional, tras su clausura, mientras que en otros, como la minería, resulta imposible "restaurar", dado que exigirían la reposición a su lugar del mineral extraído. En este caso, el objetivo debe ser lograr una rehabilitación del espacio ocupado, que permita revalorizar la clausura, potenciando los activos ambientales que se puedan generar.

Todos estos trabajos están íntimamente ligados entre sí, debiendo complementarse con la realización continua de un asesoramiento especializado del proyecto, desde su inicio.

Rafael Fernández Rubio

Estos estudios se suelen acompañar de modelos de las acciones más significativas del proyecto (impacto visual, hidrogeología, inmisiones a la atmósfera, ruido, vibraciones, etc.).

Pero, además de los estudios ambientales ya enumerados, correspondientes a la vida del proyecto (construcción, producción y clausura), que incluyen el análisis de todos los elementos del proyecto, los insumos y su procedencia, las infraestructuras necesarias, etc. hay que destacar el interés de realizar la valoración de las áreas rehabilitadas, a lo largo del tiempo (post-clausura), por ejemplo transcurridos cinco años de su inicio, para efectuar su valoración ambiental, comparándola con la situación de pre-operación, o con el inicio de la rehabilitación.

2.3 Evaluación del impacto global

Rafael Fernández Rubio

El análisis de los impactos, positivos y negativos, de manera individualizada y de manera global, permite ofrecer una visión ponderada de las afecciones ambientales que puede ocasionar el proyecto minero, teniendo en cuenta las posibilidades de recuperación, mediante aplicación de las medidas correctoras incorporadas al proyecto.

En este análisis final lo importante es, sin duda, el balance global, que permite comparar el valor ecológico antes y después del proyecto, poniendo de manifiesto las ganancias o pérdidas.

Rafael Fernández Rubio y David Lorca Fernández

Un ejemplo, muy ilustrativo, es el realizado para el **Proyecto Las Cruces** (Sevilla), en el contexto del Estudio de Impacto Ambiental, por la Cátedra de Ecología de la Universidad Complutense de Madrid, a través de FRASA Ingenieros Consultores (FRASA, 2001).

Se trata indudablemente de una metodología muy novedosa en minería, con la que, a partir de un conocimiento profundo de la realidad pre-mina, con todos los parámetros que se pueden relacionar con el Desarrollo Sostenible, y con una previsión de los resultados finales, tras considerar el estado alcanzable como consecuencia de todas las actuaciones definidas en el Estudio de Impacto Ambiental, se llega a una valoración del estado pre-mina y del estado post-mina, pudiendo establecer el balance cuantitativo alcanzado, con sus pérdidas y ganancias.

La información estudiada es tanto temática como sectorial, y el análisis se realiza en el entorno receptor considerando todas las acciones de interés. En este proyecto la interacción ecológica se ha analizado para las combinaciones resultantes entre las diecinueve actividades específicas consideradas y los siguientes seis temas o aspectos de la calidad ambiental del territorio:

- ↪ Características de la vegetación natural o antrópica.
- ↪ Características edáficas y tipología agrológica.
- ↪ Visibilidad y valor intrínseco del paisaje.
- ↪ Caracterización de la fauna (microinvertebrados terrestres, peces, anfibios y reptiles, mamíferos, aves, especies cinegéticas).
- ↪ Características hidrobiológicas.
- ↪ Tipología de los flujos superficiales.

Todos estos temas han sido adaptados, cartográficamente, mediante un sistema automático relacional (no jerárquico) y georeferenciado; igualmente se han elaborado programas específicos de integración de valores e impactos.

La estimación de pérdidas o ganancias del valor ambiental se ha realizado mediante el cálculo de una regresión lineal múltiple, a través de un análisis multivariante. La conclusión alcanzada, de acuerdo con los criterios de un equipo multidisciplinar de especialistas, coordinado por la Cátedra de Ecología de la Universidad Complutense de Madrid, es que la aplicación estricta del plan de rehabilitación propuesto debe generar una situación ambientalmente más valiosa, que la previa al comienzo de la explotación minera.

2.4 Vigilancia y control ambiental

Rafael Fernández Rubio

Todas las acciones previstas, en un adecuado Estudio de Impacto Ambiental, tienen que venir acompañadas de un seguimiento, sistemático y eficaz, referido a cualquier potencial afección identificada. Este programa, que incorpora por supuesto los requerimientos dimanados de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA), deberá ser revisado periódicamente, a lo largo de la vida del proyecto minero y de su clausura, de acuerdo con las nuevas informaciones adquiridas. Es así que, el seguimiento del programa, permite asegurar que las responsabilidades ambientales forman parte integrante y fundamental del proyecto minero, a lo largo de todas sus fases.

Los objetivos de este Programa de Vigilancia y Control Ambiental serán diferentes, en cada caso, si bien entre ellos podríamos señalar a los siguientes:

- ↪ Garantizar el efectivo cumplimiento de las medidas protectoras y correctoras, establecidas en el EIA y en el condicionamiento de la DIA.
- ↪ Controlar la eficacia de las medidas preventivas, protectoras y correctoras establecidas, así como las derivadas del Plan de Rehabilitación, verificando que los

impactos ambientales que se producen son los realmente previstos.

- ⇒ Verificar la generación de impactos de difícil estimación en el momento de redacción del Estudio de Impacto Ambiental, que pudieran aparecer a lo largo de la vida del proyecto minero.
- ⇒ Establecer las adecuadas medidas de vigilancia y control, con el fin de monitorizar cada uno de los parámetros ambientales susceptibles de sufrir alteración, determinando la evolución de los impactos previstos.
- ⇒ Informar periódicamente a las Administraciones competentes sobre los aspectos objeto de vigilancia y los resultados de las actuaciones.

Para cumplir con estos objetivos la metodología de supervisión tiene que ser sistemática, y la vigilancia debe implementarse con una serie de controles *in situ*, que incluyen: inspección visual, mediciones y toma de muestras. Estos controles tienen que extenderse a todos los aspectos identificados como potencialmente susceptibles de sufrir impacto: hidrología de superficie (arroyos, efluentes, aguas subterráneas (pozos y sondeos, piezometría y calidad de las aguas)); suelos y sedimentos (erosión, retirada y conservación de suelos, composición de sedimentos fluviales, ocupación del terreno); vibraciones; medio atmosférico (calidad del aire); confort sonoro (generación de ruidos); medio biótico (vegetación colindante a la explotación minera, flora circundante, estatus nutricional de cultivos, vegetación de arroyos y pastizales asociados, evolución de la rehabilitación proyectada, ganadería, población animal, ecología de zonas húmedas, etc.); preservación del patrimonio arqueológico,...

Esta documentación, y los resultados de su estudio, deben vincularse a los procedimientos de evaluación interna del proyecto minero, para facilitar la continuada mejora en la gestión ambiental.

Juan Carlos Baquero Úbeda

En estos trabajos los Sistemas de Información Geográfica (SIG o GIS) se han revelado como herramienta de gestión eficaz, al tener que manejar gran cantidad de datos significativos, permitiendo analizarlos globalmente. Un SIG es un sistema de *hardware*, *software* y un conjunto de procedimientos que permiten relacionar cartografías geo-referenciadas, con diferentes bases de datos a definir en cada caso (geotecnia, hidrogeología, medioambiente, análisis de riesgos, minería, infraestructuras, etc.).

Rafael Fernández Rubio

Por este camino, y con esta metodología, se consigue una minería sostenible que, a pesar de los impactos negativos que pueda causar, alcance un cómputo global positivo, que se sume a otros aspectos económicos con incidencia favorable, y se complemente con beneficios sociales, a corto y largo plazo, para la población, en relación directa o indirecta con esta actividad.

Éste es el objetivo de la minería sostenible, cada día más contrastado y apoyado por las buenas acciones de tantas y tantas empresas mineras. Sin embargo, en este libro lo que se pretende no es desarrollar esas tecnologías aplicables, para hacer posible esta minería, sino dar a conocer resultados puntuales y concretos de "activos ambientales" (considerados *sensu lato*), derivados de la actividad minera, y que no se hubieran producido de no haberse realizado aquella.

2.5 Rehabilitación

Rafael Fernández Rubio

Por cuanto venimos diciendo la actividad minera tiene que plantearse, desde el

momento inicial, acompañada por un estudio muy completo de lo que es el estado original (estado cero), y lo que se proyecta como estado final, en base a una rehabilitación continua, en la que deben anticiparse las acciones a adoptar tan pronto sea posible.

Y al hablar de “rehabilitación”, término que en minería es indudablemente más adecuado que “restauración” (en minería no es posible dejar las cosas como estaban, entre otras cosas porque no vamos a volver a colocar el mineral en las rocas que lo albergaron), podríamos plantearnos si, a veces, no deberíamos emplear el término de “revitalización”, o el menos frecuente de “reacondicionamiento”, mejor que el definido en la legislación de “restauración”.

Para esta rehabilitación es fundamental el diálogo con los habitantes del entorno, y con todas aquellas instituciones que puedan aportar aspectos de interés a ese planteamiento. Esto permite a la empresa minera informar con respecto a las acciones correctoras previstas, e incluso ajustar los objetivos a las necesidades de la sociedad.

Con estos apoyos se plantean, en los Planes de Rehabilitación, los usos futuros de los espacios mineros, para los que caben muchas alternativas, que pueden ir desde dejar al descubierto las estructuras geológicas de interés didáctico, para su observación, hasta dar empleo naturalista, o forestal, o de uso cultural (auditorio, cine al aire libre,...).

Para esta elección existen una serie de condicionantes, entre los que destacan: tipo de explotación y sus características específicas; entorno medioambiental y socioeconómico (clima, geología, hidrología, fauna, flora, paisaje, historia, demografía, economía, etc.); características del suelo; intereses de las entidades locales; sostenibilidad de la rehabilitación; costes derivados; etc.

Para el caso de rehabilitación de una cantera o gravera ANEFA y el Gobierno de La Rioja (2006) presentan como posibles tipos de rehabilitación los expresados en la Tabla 2.

Tipo de uso	Características	Aspectos necesarios
Agrícola	Plantación de frutales Cereales Vides Pastizales Forrajes	Pendientes suaves Sistema de drenaje Suelo fértil bien reconstituido Tipo de cultivo adoptado a la disponibilidad de agua y a las características del suelo
Forestal	Plantación de árboles para la explotación de madera, incremento de la biodiversidad, lucha contra la erosión, etc.	Pendientes moderadas Suelo fértil bien reconstituido Sistemas de drenaje Selección de especies
Hábitat natural	Recuperación del entorno natural o creación de nuevo hábitat Reserva de flora y fauna	Suelo fértil bien reconstituido Selección de especies Modelado de orillas y hueco
Actividades recreativas	Senderismo Contacto con la naturaleza Observatorio de especies o área de interés geológico Escalada Caza Pesca Deportes náuticos Campos para la práctica deportiva (atletismo, tenis, fútbol, golf, motocross, ciclocross, etc.) Aeródromos Parque zoológico Jardín botánico Museo de la explotación	Estabilidad de los taludes Buenas prácticas geotécnicas del suelo restaurado Accesos Proximidad a núcleos urbanos Medidas de seguridad para los usuarios Buen acondicionamiento del hueco (deportes náuticos)
Urbanismo	Urbanizaciones Parques y zonas verdes Auditorios Iglesias Bodegas	Pendientes suaves Buenas propiedades geotécnicas del suelo rehabilitado (cimentaciones) Accesos Proximidad a núcleos
Industrial	Suelo para establecimiento de polígonos industriales	

	Aparcamientos Depósito de agua para consumo humano o riego Piscifactoría	urbanos Medidas de seguridad para los usuarios Infraestructuras (líneas eléctricas, alcantarillado, agua potable, carreteras de acceso, etc.) Buen acondicionamiento y sellado del hueco (vertederos, depósitos, piscifactoría)
Vertedero de residuos	Almacenamiento controlado de residuos	

Tabla 2. Tipos de rehabilitación en canteras y graveras (Gobierno de la Rioja y ANEFA, 2006).

A la vista de esta diversidad de opciones, se evidencia la necesidad de que los equipos que desarrollen los planes de rehabilitación tengan carácter pluridisciplinar. Y esto no significa sólo que se integren ingenieros de minas, geólogos, biólogos, paisajistas, agrónomos, forestales, etc., sino también que estos sean especialistas en los temas correspondientes, en muchas ocasiones condicionados por las características del emplazamiento. Así planteado, lo que puede parecer una complicación, supone una garantía de éxito en el planteamiento de soluciones y en los costes de la rehabilitación.

2.6 Legislación y avales ambientales

Gobain Ovejero Zappino

Debido a la magnitud de los posibles impactos ambientales negativos de la actividad minera, ésta ha desarrollado y aplicado (con más o menos fortuna según los casos) una legislación ambiental pionera, mucho antes de que empezara a desarrollarse en España el enorme corpus legislativo ambiental que hoy existe, corpus que no deja de crecer desde la incorporación de España a la Unión Europea.

Así, ya en 1982, más de diez años antes de que empiece a nacer la extensa legislación ambiental, entra en vigor el Real Decreto 2994/1982, sobre restauración del espacio natural afectado por actividades mineras. Este Decreto configura un sistema que asegura que el titular de un proyecto, o de una explotación extractiva, elabore y presente, para aprobación por la Administración Minera, un *Plan de Restauración* que garantice y comprometa la rehabilitación del espacio minero afectado.

La sensibilización de muchos profesionales de la minería a los impactos ambientales, ya sea desde el ámbito de la empresa explotadora, desde el académico o el de las consultorías e ingenierías, algo tiene que ver con la directa convivencia de los mismos con la naturaleza.

La legislación minera, frente a otras legislaciones aplicables a otras actividades primarias (industrial, agrícola, forestal,...), se caracteriza por una actuación intervencionista, velando principalmente por los aspectos que aseguren el máximo aprovechamiento de un recurso no-renovable (el mineral), la seguridad de instalaciones y personas, y el medio ambiente. Citemos solo dos ejemplos, que muestran la existencia de una normativa específica (Leyes, Reglamentos e Instrucciones Técnicas) que asegura al máximo la vigilancia de los impactos de la actividad minera:

- ↳ elaboración de Planes de Labores anuales, y
- ↳ elaboración, desde 1986, de un Estudio de Impacto Ambiental que acompañe al Proyecto General de Explotación, y que contemple la vida completa de la operación, a

través de las fases de construcción, producción, clausura y post-clausura.

La Unión Europea, por su parte, ha elaborado recientemente dos nuevos documentos, relacionados con la minería: la Directiva de residuos de industrias extractivas¹, y el Documento de Referencia (BREF) sobre las Mejores Técnicas Disponibles (BAT) para la gestión de residuos².

El primero lo impulsan dos graves impactos ambientales, uno de ellos en nuestro país (Aznalcóllar), y el otro en Rumania (Baia Mare).

El segundo, referente a la gestión de los residuos de mina y de planta de beneficio, tenemos la satisfacción de que alude a un nuevo proyecto minero-hidrometalúrgico español de extracción de cobre (Las Cruces), que es calificado como ejemplo de tecnología emergente de aplicación de buenas prácticas ambientales. Así, Las Cruces no utilizará balsa de lodos para la gestión del residuo de la planta, sino que el residuo será filtrado y depositado en seco en una instalación diseñada al efecto. A medida que el residuo se va depositando éste es progresivamente recubierto y encapsulado con materiales inertes.

Por otra parte, la aplicación de la legislación ambiental conlleva, con mayor frecuencia y rigor, el requisito del establecimiento de garantías financieras, por parte de la empresa promotora, que respondan ante la Administración Pública de los compromisos ambientales, e incluso, en ciertos casos, de los socio-laborales, debiendo ser asumidos oficialmente por la empresa en la tramitación y otorgamiento de los permisos administrativos.

Un ejemplo actual lo constituyen los avales y fianzas aplicados al nuevo proyecto minero-hidrometalúrgico Las Cruces, por la Junta de Andalucía, como medida precautoria y garantía de los bienes e intereses públicos. Un aval inicial de rehabilitación de quince millones de euros ha sido satisfecho, para cubrir los dos años de la fase de construcción del proyecto, aval que se mantendrá y aumentará anualmente (hasta una cifra estimada de cuarenta millones de euros), durante la operación minera y que irá disminuyendo a medida que se vayan cumpliendo los planes de rehabilitación aprobados. El aval cubrirá siempre acumulativamente, y desde el inicio:

- ↳ el coste de la afección anual progresiva con un margen anticipado de dos años a dicha afección, y
- ↳ el coste previsto de la clausura que corresponda en cada momento de vida de la operación, basado en el “supuesto de un cierre imprevisto de la explotación”.

¹ “Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de marzo de 2006, sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas y por la que se modifica la Directiva 2004/35/CE”. Diario Oficial de la Unión Europea. 11.4.2006.

² “Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities”. July 2004. European Commission.

3 APORTACIÓN DE LA MINERÍA AL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y TÉCNICO

Rafael Fernández Rubio

La minería requiere del apoyo de muchas parcelas de las ciencias y de las técnicas, desde los trabajos iniciales de investigación, pasando por todas las actividades de explotación y terminando con los procesos metalúrgicos. Pero, a su vez, el desarrollo de la minería supone aportes significativos al conocimiento científico y al desarrollo tecnológico, derivados de esta actividad.

Indudablemente esta complementariedad ha sido, es y será muy variable y multidisciplinar, por lo que aquí sólo se presentan pinceladas de algunos aspectos, para despertar la curiosidad del lector y motivarle su reflexión.

3.1 Meteorología y climatología

Rafael Fernández Rubio

La actividad minera se localiza, con frecuencia, en áreas aisladas, más o menos alejadas de centros habitacionales, donde no existe información meteorológica, o la disponible no responde a las necesidades derivadas del conocimiento preciso de parámetros, requeridos para muchos planteamientos de los trabajos mineros (precipitación, evaporación, temperatura, humedad relativa, radiación solar, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento).

Inclusive, en aquellos casos en que si existe documentación válida en el entorno, los estudios mineros requieren del análisis pormenorizado de la información disponible, con el completado y corrección estadística de los datos, para llegar a un conocimiento fiable de todos los parámetros de interés.

En estas condiciones es frecuente que, en el entorno minero, se instalen equipamientos meteorológicos, para el registro puntual y preciso, y para su posterior análisis aplicado. Estos controles suponen incorporar, al acervo del conocimiento meteorológico, series de datos fiables, que pueden ser muy útiles para otras aplicaciones, frecuentemente con series prolongadas de registros históricos.

Si bien muchos datos pueden ser registrados con estaciones manuales, la realidad es que cada día se imponen más las estaciones automáticas, con registros que permiten una fácil informatización, para su posterior tratamiento multiparámetro.

Se puede tratar de las precipitaciones, registro necesario para todos los estudios hidrológicos e hidrogeológicos, o de balance hídrico; pero también para los cálculos de evacuación de aguas; o para el análisis de la sedimentación del polvo y partículas en suspensión; o para la rodadura sobre las pistas; o para las plantaciones vegetales de rehabilitación...

Puede ser la evaporación en tanque, con aguas de diferente calidad, para prever resultados de evaporación en balsas de sedimentación ("tranques de relaves"). Pueden ser los registros de intensidad y dirección de los vientos, controlados para analizar la incidencia de posibles "plumas de contaminación", pero también para la mejor orientación de pilas de mineral o estéril para su secado por oreo. Puede ser la humedad atmosférica, la temperatura, la presión barométrica,...

En este sentido, y como ya hemos indicado, existe la tendencia recomendable de instalar equipos de registro automáticos, con estaciones que permitan controlar todos los parámetros de interés. No obstante no se puede olvidar que, a veces, las condiciones meteorológicas extremas (heladas, rayos vientos huracanados, etc.), pueden aconsejar controles

manuales periódicos de verificación.

También es de destacar que las minas subterráneas son buenos “observatorios” para estudiar el clima subterráneo (circulación de aire, humedad relativa, temperatura del aire y roca, gradientes geotérmicos, etc.) (Durán Valsero, comunicación personal). Inclusive para el estudio de la incidencia de factores antrópicos en esas condiciones climáticas subterráneas.

3.2 Paleoclimatología

Rafael Fernández Rubio

En un contexto muy diferente hay que señalar, también, que la minería aporta información valiosa para el conocimiento de las condiciones climáticas pasadas, en las cuales se desarrollaron determinados yacimientos minerales.

Podríamos destacar, así, que son muchos los yacimientos minerales cuya génesis se relaciona con condiciones climáticas peculiares especiales, y cuyo estudio aporta información de interés. Es el caso, por ejemplo, de la **mina de Cerro del Hierro (Constantina, Sevilla)**, localizado en la Sierra Norte de Sevilla, en el que se han explotado durante años los óxidos formados, en buena parte, a través de procesos de karstificación de las calizas del Cámbrico, en condiciones tropicales. Igualmente ocurre con las **minas de Peña Cabárceno (Cantabria)**, en las que hay que invocar condiciones climáticas tropicales húmedas, muy diferentes de las actuales. De ambos yacimientos nos ocupamos en otro capítulo de este libro.

Otro ejemplo es el que nos brinda la presencia de depósitos de bauxita en las sierras calizas del Jurásico de **Zaradilla de Totana** (Murcia), rellenando una superficie kárstica en condiciones subaéreas (Alías Pérez, *et al.* 1972; Vera *et al.*, 1986-87). Su presencia, mil kilómetros al sur de las más meridionales que se conocían en Europa, ha permitido establecer que se dieron condiciones climáticas “bauxitizantes” en esta región (alta temperatura y elevada aportación pluviométrica todo el año), lo que tiene interés en la reconstrucción palimpástica, por las implicaciones sobre interpretación de la tectónica de placas (comunicación verbal del Prof. Rodríguez Gallego, Catedrático Emérito de Mineralogía en la Universidad de Granada).

Igualmente se podrían destacar los estudios realizados, en la **turbera de El Padul** (Granada), primero por Menéndez Amor y Florschütz en los años 60, a partir de la palinología, y luego desde el Laboratorio de Datación Isotópica de la Universidad de Granada, a partir de los testigos de sondeos de investigación minera, mediante datación por radiocarbono

Estos trabajos han permitido establecer una cronología precisa, de las condiciones climáticas de los diferentes periodos glaciares e interglaciares del Pleistoceno, combinando la datación radiogénica con el análisis polínico en los materiales carbonosos. Así se han podido establecer las condiciones climáticas, y las pulsaciones de la vegetación y su ritmo de desarrollo.

De más antiguo a más moderno, se han diferenciado seis etapas principales:

- ↪ Würm medio (29.300 a 23.600), con vegetación de medio árido, con *Pinus* y *Juniperus*.
- ↪ Würm final (19.800 a 15.000), con vegetación parecida a la anterior, con *Pinus*.
- ↪ Dryas antiguo (15.000 a 13.030), bajan los *Pinus* y suben las gramíneas.
- ↪ Tardiglaciario (13.500 a 11.030), con progresión del *Quercus caducifolia*, *Quercus tipo illex* y la *Pistacea*; descienden los *Pinus*.
- ↪ Dryas reciente (11.000 a 10.000), desciende el *Quercus tipo illex*,
- ↪ Holoceno (10.000 a 4.450).

Juan José Durán Valsero

También podríamos señalar el aporte al conocimiento paleoclimático de un tipo de explotación minera, muy singular, que ha proporcionado datos de interés. Se trata de las

explotaciones de “falsa ágata” en cuevas, que han permitido estudiar el paleoclima a través de cortes en espeleotemas en cavidades, o en rellenos de calcita de fracturas.

Un ejemplo muy notorio lo ofrece la **Cueva del Agua** de la sierra de La Alfaguara (Granada), donde los mineros extrajeron “falsa ágata”, dejando una sección horizontal de una estalagmita de 7 u 8 metros de diámetro, en la que en la actualidad se realizan estudios paleoclimáticos (Durán *et al.* 2004).

3.3 Calidad del aire

Rafael Fernández Rubio y David Lorca Fernández

Las normativas ambientales marcan una serie de requerimientos en relación a las partículas en suspensión (PS_{totales} , PM_{10} , $PM_{2,5}$ y PM). Esto conlleva que, en numerosos proyectos mineros, se realicen instalaciones de cabinas de control de calidad del aire, para disponer de registros en zonas no afectadas y en aquellas que lo pueden estar (en función de los vientos predominantes).

Estos estudios tienen los siguientes objetivos (FRASA y AIA Consult, 2005):

- ↪ Identificar las fuentes de emisiones de partículas y/o gases.
- ↪ Establecer los niveles de exposición de partículas sedimentables y concentraciones de metales traza en el polvo depositado.
- ↪ Establecer las concentraciones de partículas en suspensión en el ambiente.
- ↪ Establecer las concentraciones de gases en el aire.

Toda esta información tiene indudable interés, no sólo para la operación minera, sino también para el mejor conocimiento ambiental del entorno del área de actuaciones.

3.4 Geología

Rafael Fernández Rubio

Las excavaciones mineras, sean a cielo abierto o sean subterráneas, se ofrecen como excelentes puntos de observación geológica, en todos sus aspectos litológicos, mineralógicos, estructurales, etc.. Para los estudiosos, e incluso para los profanos, este “libro abierto” presenta informaciones de extraordinario valor.

Es así que Albelda Raga, Licenciado en Bellas Artes y Profesor de Pintura de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Politécnica de Valencia, se expresa con sensibilidad de artista: *“la dermis de la tierra –la que descansa bajo su piel vegetal- también se considera ahora naturaleza a preservar, nos la descubra un volcán en Timanfaya, o la pala de un minero de Ojos Negros.”* (Albelda, 2006).

Esa posibilidad de observación, visual y directa, supone un gran aporte al conocimiento geológico, que se siente sustentado en las pormenorizadas campañas de investigación minera, las cuales suponen un gran esfuerzo de investigación, con el apoyo de muy variados medios de percepción remota. Son las campañas de investigación geofísica; sondeos de reconocimiento; muestreos y análisis; interpretaciones globales y particularizadas; etc.

Juan José Durán Valsero

Por ello, aunque parezca obvio, se puede decir que la mejor manera de conocer geológicamente un yacimiento minero es mediante su explotación, ya que permite reconstruir fielmente la geometría tridimensional, investigarlo y reconocerlo detenidamente, en toda su extensión. Se puede asegurar que sin minería no habría avanzado el conocimiento de la Geología de Yacimientos Minerales.

También hay que resaltar que existen minas subterráneas que alcanzan grandes profundidades (en el Witwatersrand, en África del Sur, se sobrepasan los 3.700 m en las minas Tau Tona y Savuka, planeando alcanzar en el año 2009 la profundidad de 3.910 m), por lo que las minas pueden considerarse verdaderos “sondeos” a gran escala, en la parte superior de la Corteza terrestre, y a veces del Manto Superior, ya que existen minas en materiales mantélicos, como las chimeneas kimberlíticas diamantíferas de África del Sur.

Josep M. Mata-Perelló

Un importante ejemplo de cómo el desarrollo de las actividades mineras ha permitido un estudio amplio y profundo de la geología, lo tenemos en el conocimiento de la Depresión Geológica del Ebro (y en concreto de la Cuenca Potásica Catalana), gracias a las actividades mineras de las explotaciones de Sallent-Balsareny, Súria y Cardona.

Otro ejemplo, notorio, corresponde a las explotaciones de minerales de hierro (desarrolladas durante la Edad del Hierro, en la cuenca lignitífera de Mequinenza), que nos ha hecho posible determinar un interesante “*hard-ground*” ferruginoso, situado entre los materiales terciarios de la Formación Mequinenza.

José Ignacio Manteca Martínez

En este contexto no es de extrañar el extraordinario acervo de publicaciones técnicas y, por supuesto, de Tesis Doctorales y proyectos de investigación, que han encontrado todo el apoyo documental en estas fuentes de la minería. Por este camino se puede destacar que la minería, especialmente a partir de su gran desarrollo en el siglo XIX, ha promovido un gran impulso al conocimiento geológico de las correspondientes regiones y países, sólo comparable al llevado a cabo posteriormente, en la segunda mitad del siglo XX, por la industria petrolífera.

En España, concretamente, la necesidad de adquirir criterios científicos objetivos, en los que basar tanto la prospección y evaluación de yacimientos de las diferentes materias primas minerales, como la explotación de las mismas, llevó a realizar estudios geológicos regionales y locales, especialmente en lo que han sido los distritos mineros históricos. Por ello, los padres de la geología de España fueron una serie de ingenieros de minas, como Casiano del Prado, Schultz, Luis de Adaro, Lucas Mallada, Amalio Maestre, Federico Botella y Hornos, Fernando Bravo-Villasante, y una larga lista de nombres ilustres, cuyos estudios, dedicados a explorar y valorar los recursos minerales del territorio nacional, constituyeron la base de su conocimiento geológico.

Como ejemplo concreto nos podemos referir al **distrito minero de Cartagena-La Unión**, en la región de Murcia, que ofrece un magnífico exponente de esa aportación de la minería al desarrollo de la Geología y al conocimiento geológico regional.

Los primeros estudios geológicos publicados de la zona se remontan a 1846, con el trabajo del ingeniero Amalio Maestre “*Ojeada geognóstica y minera sobre el litoral mediterráneo, desde el Cabo de Palos hasta el Estrecho de Gibraltar*”. De ese mismo año es el trabajo de José Monasterio, que si bien no es específicamente geológico, aborda los aspectos geológicos y mineralógicos más relacionados con la industria minera “*Sobre el estado de la industria minera y metalúrgica de Cartagena al finalizar el año 1845*”; a este estudio sigue otro del mismo autor del año 1850 “*Minería de Cartagena*”. En 1868, se publica un importante estudio regional a cargo del ingeniero de minas Federico de Botella y Hornos “*Descripción geológica y minera de las provincias de Murcia y Albacete*”.

En 1872 se publica el estudio de Manuel Malo de Molina “*Bosquejo minero de la Sierra de Cartagena*”. En 1875 aparece el estudio de Alfredo Massart “*Descripción de los yacimientos metalíferos del distrito de Cartagena*”.

En 1898 Calderón publica un trabajo sobre la mineralogía de la Sierra de Cartagena.

Siguieron después los estudios de Bravo-Villasante, en particular su “*Criaderos de hierro de la provincia de Murcia*”, de 1912, y posteriormente los de Ricardo Guardiola, con su importantísimo “*Estudio metalogénico de la Sierra de Cartagena*” publicado en 1927. Este último estudio constituye, sin duda, la síntesis geológico-minera más importante realizada nunca en la zona, libro de referencia obligado para todos los estudios posteriores, algunas de cuyas conclusiones metalogénicas se han confirmado como correctas por los estudios modernos, medio siglo después. En 1929 se publica el trabajo de los ingenieros Rolandi y Templado “*Catálogo de los criaderos de zinc del distrito minero de Murcia*”.

En la segunda mitad del siglo XX, con la reactivación de la minería en la zona, impulsada por la multinacional Peñarroya, vuelven a proliferar los estudios geológicos con importante participación de geólogos europeos (alemanes, franceses, holandeses). Las publicaciones sobre geología, mineralogía y metalogenia de la zona, aparecen en abundancia: Como más relevantes hay que citar las de Fiedrich (1962 y 1964), Urban (1968), Pavillon (1966, 1969 y 1972), Alabert (1973), Oen (1974), Espinosa *et al.* (1974), Oen *et al.* (1975), Ovejero *et al.* (1976), Kager (1980), Amorós *et al.* (1981), Lunar *et al.* (1982), López y Lunar (1983), Arribas (1984), López García (1985), López *et al.* (1986).

Paralelamente, la relación de tesis doctorales realizadas en este distrito es notable. Casi todas ellas centradas en la Geología, Mineralogía y Metalogenia de la Sierra de Cartagena. A citar la tesis de Pavillon, presentada en la Universidad de París en 1972 “*Paleogeographies, volcanismes, structures, mineralisations plombo zincíferes et heritages dans l'Est des Cordilleres Betiques (Zones Internes)*”, la tesis de Alabert, presentada en la Universidad de Nancy en 1973 “*La province plombo-zincifère des cordilleras bétiques (Espagne Meridional). Essai typologique*”, la tesis de Kager, presentada en la Universidad de Ámsterdam, en 1980: “*Mineralogical investigations on sulfides, Fe-Mn-Zn-Mg-Ca carbonates, greenalite and associated minerals in the Pb-Zn deposits in the Sierra de Cartagena, province of Murcia. S.E. Spain*”, la tesis de López García, presentada en la Universidad Complutense de Madrid en 1985 “*Estudio mineralógico, textual y geoquímica de las zonas de oxidación de los yacimientos de Fe, Pb, Zn de la Sierra de Cartagena, Murcia*”. En esta relación debemos incluir también la tesis de Simonneau “*Mar Menor: Evolution sédimentologique et géochimique récente du remplissage*”, presentada en 1973 en la Universidad de Toulouse, y que es probablemente una de las primeras tesis sobre Geología Ambiental en relación con yacimientos minerales.

Según lo descrito anteriormente, comprobamos cómo las épocas de mayor desarrollo minero, primero entre 1840 y 1930, y posteriormente entre 1960 y 1990, van acompañadas por una enorme producción de publicaciones científicas, tesis doctorales y, en definitiva, una gran aportación a la geología y mineralogía local y regional en esta zona periférica de España, lejos de Universidades o Centros de Investigación en aquella época, donde, de no ser por la minería, sería impensable la existencia de tal producción científica. De hecho, tras la crisis que provocó el cierre de la Sociedad Minero y Metalúrgica de Peñarroya-España, a final de 1988, y la paralización minera total en 1991, la investigación geológica y las correspondientes publicaciones científicas, se paralizaron también. Solamente hay dos publicaciones posteriores, sobre geología minera y metalogenia, publicadas, una en 1992, a cargo de antiguos geólogos de la Peñarroya (Manteca y Ovejero) y otra en 1994 (Gagny y Marconnet).

Finalmente, se debe señalar que, además de los trabajos científicos publicados, nos queda, como parte de la herencia de la minería en la Sierra de Cartagena, tras su cierre, una inestimable información geológica, en forma de informes y estudios inéditos de los archivos de Peñarroya, archivos que ahora están informatizados y gestiona el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), así como los datos procedentes de los centenares de sondeos de investigación realizados en la zona, y una rigurosa cartografía geológica, a escala 1:25.000, que no cabe encontrar en otras zonas donde no ha habido desarrollo minero.

Francisco Javier Lillo Ramos

Otro ejemplo notable, de como la minería ha impulsado el conocimiento geológico de

una región, se encuentra en el distrito minero de Linares-La Carolina (Jaén).

Este distrito fue el más importante productor de plomo durante el periodo 1875-1920, con una producción media de 65.000 tn Pb/año. Los trabajos mineros, representados por unos 1.300 pozos y hasta 800 km de galerías, se desarrollaron en mineralizaciones (Ba-Pb)-(Zn-Cu-[Ag]) de carácter filoniano, con alguna pequeña excepción relacionada con mineralizaciones estratoligadas. Los filones encajan en las series paleozoicas metasedimentarias de Sierra Morena Oriental y en los granitoides tardivariscos de Linares, Santa Elena y Arquillos.

Por el interés económico, la geología del distrito ha sido objeto de diversas tesis doctorales como las de Tamain (1972), Charpentier (1976), Ríos (1977) y Lillo (1992). También hay que resaltar los trabajos llevados a cabo por la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S.A. (ENADIMSA) durante la década de los 70 (por ejemplo: Azcárate *et al.*, 1971; ENADIMSA, 1981), que junto con los ya citados de Tamain, Charpentier y Ríos, sentaron las bases del conocimiento geológico de la región (sobre todo en lo relativo a la estratigrafía de las series pre-mesozoicas) y su metalogenia, conocimiento que se concretó en las hojas geológicas 1:50.000 MAGNA de La Carolina (IGME, 1974) y Linares (IGME, 1977), y sobre el que se sustentan los trabajos posteriores de Lillo (1992) y las hojas MAGNA de Santa Elena y Aldequemada realizadas en la década de los 90.

Otro buen ejemplo de aportación de la minería al conocimiento geológico es la tesis de Palero (1991), en este caso centrada en la geología y metalogenia del Valle de Alcuía.

Rafael Fernández Rubio y José Francisco González Fernández

A este acervo geológico se unen contribuciones tan importantes como son las litotecas de tantos miles de sondeos que conservan las empresas mineras, y de manera especial la litoteca del Instituto Geológico y Minero de España, puesta en marcha en 1988 en la localidad de Peñarroya – Pueblonuevo (Córdoba), la cual tiene como misión la custodia, gestión (catalogación, clasificación e informatización), difusión y accesibilidad del archivo de testigos, rípios y muestras de sondeos, depositados en sus instalaciones.

Estos sondeos provienen del propio IGME y también de donaciones de empresas e instituciones, entre las que destacan: Tragsa (4.954 sondeos); Adaro (1.815); Igme (1.148); Smmpe (633); Ciepsa (147);... Enresa, por su parte, no sólo ha cedido en depósito su archivo de sondeos, sino que además ayuda económicamente en las obras de remodelación de la litoteca, y aporta dos becas para trabajos de investigación. El desglose de sondeos recibidos/archivados, a finales del año 2006 se refleja en la Tabla 3.

Sondeos recibidos	10.229
Sondeos archivados	5.215
Sondeos sólo documentación	3.114
Sondeos desechados	117
Metros de testigos continuo	203.916
Rípios de sondeos de hidrogeología	573.465
Rípios de sondeos de hidrocarburos	1.376.412
Duplicados de muestras de analítica de testigos de sondeos mineralizados	7.398
Muestras Mapa Geológico de la Plataforma Continental Española	2.635
Muestras de Plataforma Continental interna	6.115
Muestras de roca y polvo	1.254
Colección de láminas transparentes de C.G.S. (J. Ramírez del Pozo y M. Aguilar)	40.000
Colección de levigados de C.G.S. (J. Ramírez del Pozo y M. Aguilar)	42.000

Desglose de sondeos recibidos/archivados, a finales del año 2006.

Tabla 3. Litoteca del Instituto Geológico y Minero de España en Peñarroya – Pueblonuevo (Córdoba).

Esta litoteca se encuentra informatizada, con una ficha base de datos, en la que se recoge

una información general muy pormenorizada. La mayor parte de los sondeos se ha realizado (en orden descendente) para: hidrogeología, minerales metálicos, carbón, rocas industriales, hidrocarburos y minerales no metálicos.

Rafael Fernández Rubio

Igualmente podemos citar, en este acervo de información muy valiosa, litotecas como la de Río Narcea Gold Mines, en la que se acumulan más de 351.000 metros de sondeos procedentes de Asturias (El Valle, Carles, Río Nancea, Navelgas, Salave e Ibias), Badajoz (Agua Blanca y Ossa Morena) y La Coruña (Corcoesto), todo ello perfectamente ordenado y clasificado.

3.5 Hidrogeología

Rafael Fernández Rubio

La presencia de aguas subterráneas en las labores mineras produce incidencias importantes, que pueden suponer incrementos muy notorios en las inversiones y mantenimiento. Por ello es normal que, para el mejor manejo del agua subterránea, se realicen estudios hidrogeológicos muy pormenorizados, que permitan definir todas las variables con incidencia en el proceso, lo que conlleva un enriquecimiento importante en el conocimiento de los acuíferos.

Un buen ejemplo de lo que decimos es el **Proyecto Las Cruces** (propiedad de Inmet y MK Gold), cuyo Estudio de Impacto Ambiental (EIA), se ha basado en una investigación ambiental muy detallada (Estudio de Base Ambiental), realizada por un equipo pluridisciplinar de más de treinta especialistas, que ha abarcado todos los elementos de la actuación global del Proyecto, incluyendo los requerimientos asociados (Fernández Rubio, 2001; Fernández Rubio, 2002b; Fernández Rubio *et al.*, 2005).

Es de destacar que la Ingeniería de Proyecto se ha desarrollado en paralelo con el EIA, incorporando en origen todos los criterios de protección y corrección ambiental, en todos los elementos de diseño. Por otra parte en el marco de este EIA se han realizado muchos trabajos e investigaciones hidrogeológicas, incluyendo una modelación conceptual y matemática, a diferentes escalas) con amplio soporte geológico, hidrológico e hidrogeológico.

Este yacimiento minero de Las Cruces, está situado próximo a la ciudad de Sevilla, en la Faja Pirítica Ibérica (que se extiende por el Suroeste de España y el Sur de Portugal), donde se viene desarrollando actividad minera desde hace más de cinco mil años, con explotaciones tan conocidas como Río Tinto, Tharsis, Neves-Corvo, Sotiel, Almagrera, São Domingos y muchas otras minas, en actividad y abandonadas.

Este yacimiento mineral consiste en una masa de sulfuros masivos, enriquecida en cobre, de 1 km (Este-Oeste) por unos 500 m (Norte-Sur), encajada en rocas paleozoicas, cubiertas por 1 a 15 m de areniscas y conglomerados del acuífero Niebla – Posadas, que, a su vez, yace bajo una cobertera de margas que, en el sector de la mina, alcanza 140 m de espesor. Este acuífero Niebla-Posadas constituye el principal recurso de agua subterránea de la zona.

El método de explotación seleccionado es el de minería a cielo abierto, lo que supone excavar previamente las margas de recubrimiento, dando lugar a una corta de 1.600 x 1.000 m, con 245 m de profundidad (desde la cota 35 m s.n.m. hasta la cota 210 m b.n.m.).

La operación minera requiere deprimir, en el entorno inmediato de la corta, el nivel del agua subterránea del acuífero confinado Niebla-Posadas, hasta por debajo de la cota más baja de la explotación a cielo abierto. Ahora bien, este drenaje tiene que salvaguardar las aguas, en cantidad y calidad, sin afectar a los usuarios, lo que ha obligado a realizar un conjunto de estudios hidrogeológicos sin precedentes, que han aportado un conocimiento muy detallado de este acuífero, en un amplio sector alrededor del yacimiento.

Para conseguir este objetivo, protegiendo al agua de este acuífero, en calidad y

cantidad, y minimizando la afección a los usuarios, se ha construido un sistema de drenaje, mediante sondeos verticales exteriores y perimetrales a la corta, para interceptar el agua subterránea, evitando su contacto con la operación minera. Para evitar el descenso del nivel piezométrico, fuera del entorno inmediato del área del Proyecto, se han construido una serie de baterías de sondeos de re-inyección, situadas a 1-3 km de la corta, mediante conducciones totalmente aisladas, de tal forma que el agua extraída retorna al acuífero, estableciendo un balance neto nulo de extracciones. Este dispositivo se ha proyectado con apoyo de decenas de sondeos de captación y piezómetros, con ensayos de bombeo y re-inyección de larga duración y a escala real, y con el soporte de modelos matemáticos hidrogeológicos locales y regionales.

Al finalizar la operación minera, este sistema de extracción - re-inyección se desmantelará gradualmente, al tiempo que se protegerá permanente al acuífero, mediante el sellado con margas del fondo de la excavación minera.

La puesta en funcionamiento de este dispositivo ha implicado estudios muy pormenorizados, completados con un modelo matemático, calibrado y ampliamente contrastado, a lo largo de años de registro, y con una serie de ensayos de bombeo y re-inyección, de larga duración. Sin lugar a duda, gracias a la investigación minera, este sector del acuífero Niebla – Posadas se puede considerar como uno de los mejor estudiados en España, en todos sus parámetros dimensionales y de calidad (Fernández Rubio, *et al.*, 2006).

Otro caso que podemos destacar es el de la **Mina de Reocín (Cantabria)**, yacimiento de zinc y de plomo, alojado en un acuífero multicapa, en el sinclinal de Santillana.

Los aportes de agua, en esta explotación, se han situado como los mayores de España (1.200 l/seg de caudal medio), alcanzados con un incremento paulatino medio de 35 l/seg/año, como consecuencia de la progresión en planta y en profundidad de las labores mineras.

Las posibilidades de reducir los aportes de agua se revelaron prácticamente imposibles, por lo que se optó por convertir aportes de agua incontrolados en aportes al menos parcialmente controlados. Esto también supuso investigaciones hidrogeológicas muy prolijas, que hemos dirigido a lo largo de muchos años.

Estas investigaciones han incluido: el establecimiento de las relaciones entre aguas superficiales (ríos Saja y Besaya) y subterráneas; balance hídrico para los diferentes orígenes del agua; determinación de las direcciones del flujo subterráneo, en sus componentes generales y locales; caracterización de la físico-química de las aguas de diferentes orígenes;... Con todo ello pudimos elaborar el proyecto de clausura, incluyendo la suspensión del bombeo, y establecer los controles y actuaciones para evitar incidencias negativas de la inundación sobre aguas superficiales y subterráneas.

3.6 Mineralogía

Rafael Fernández Rubio

La minería ha supuesto el mayor aporte de ejemplares de minerales al mundo del coleccionismo, bien en museos bien en colecciones privadas, que hoy son objeto de admiración y que tienen incalculable valor, material y científico. Por otra parte, el hallazgo y descripción de muchos nuevos minerales se ha realizado a partir de excavaciones mineras, y puede asegurarse que la Mineralogía no tendría el nivel de conocimientos alcanzado, si no hubiesen existido las explotaciones mineras.

En este sentido, y a la vista del extraordinario interés que ofrecen para la mineralogía muchas de estas excavaciones mineras, según vamos a poner de manifiesto, hay que hacer llegar, a todos los responsables, el flaco favor que se hace a la Ciencia al sellar de forma hermética el acceso a antiguas labores, impidiendo su estudio, o al provocar su inundación sin haber realizado una investigación y preservación de su riqueza mineralógica.

Josep M. Mata-Perelló

Gracias a estos estudios mineralógicos, realizados en las distintas cuencas mineras, la Mineralogía española ha progresado considerablemente en los últimos decenios. En este aspecto cabe destacar la labor realizada por grupos como la AMYP (Asociación de Mineralogía y Paleontología), el Grup Mineralogista de Catalunya, el Grupo Mineralogista de Madrid y la Sociedad Española de Mineralogía. Esta labor se ve concretada en publicaciones periódicas, como Baritel, Revista de Minerales, Bocamina o el Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía.

Por encima de todo, cabe destacar la publicación sobre Los Minerales y Minas de España, que edita el Museo de Ciencias Naturales de Vitoria-Gazteiz, cuyo autor es Miguel Calvo Rebollar. Se trata de una ingente obra, que en un futuro va a ser la obra cumbre de la mineralogía española. Hasta ahora (septiembre-2006) sólo han aparecido los tomos dedicados a los elementos, sulfuros y sales haloideas.

Asimismo, cabe destacar los trabajos realizados desde el Departamento de Ingeniería Minera y Recursos Naturales – Museo de Geología de la Universidad Politécnica de Cataluña, que desde el año 1980 han estudiado, sólo en Cataluña, 8.000 antiguas explotaciones mineras, junto con los minerales que en cada una de ellas se encuentran. Ello ha permitido investigar diversas paragénesis y especies minerales prácticamente desconocidas, sólo posibles de reconocer gracias a las actividades mineras realizadas en esta comunidad autónoma durante los últimos 6.000 años.

Este estudio, se sigue realizando actualmente por diferentes comarcas aragonesas y valencianas y, de momento ya se han reconocido cerca de 1.500 antiguas explotaciones en Aragón y unas 500 en la Comunidad Valenciana

Miguel Calvo Rebollar

3.6.1 Enclaves mineros de interés mineralógico

Enrique Orche García

En relación con los minerales presentes en las minas españolas, cabe destacar que la variada geología de nuestro país ha favorecido la existencia de múltiples especies minerales, tanto de origen primario como supergénico, y en ambientes genéticos ígneos, metamórficos y sedimentarios.

En la Tabla 4 se indican algunos enclaves mineros de interés, en los que el catálogo de minerales es amplio y variado, y donde se han obtenido ejemplares de importancia internacional, señalados con (I). Algunas de estas minas, pocas, siguen en actividad. Otras, la mayoría, están cerradas como consecuencia del agotamiento de sus reservas o de su falta de rentabilidad. Lamentablemente, en algunos casos significativos, a la clausura de la explotación ha seguido el enterramiento y sellado de la mina y escombreras y, por tanto, se ha abortado la posibilidad de que siga ofreciendo los maravillosos ejemplares que entregó en el pasado.

Las explotaciones mineras que se comentan seguidamente se han agrupado tanto por zonas como, cuando corresponde a una sola explotadora, por empresas mineras. En cada una de ellas se indica: mena de interés económico (razón de ser de la mina), principales minerales detectados en el yacimiento, y especies que por su perfección o rareza tienen especial interés mineralógico.

Mena	Minerales presentes	Especies de interés mineralógico
------	---------------------	----------------------------------

Canteras de Cadalso de los Vidrios (Madrid)		
Granito	Albita, apatito, apofilita, aragonito, arsenopirita, auricalcita, axinita, bavenita, berilo, bismutina, calcita, calcopirita, chabasita, clorita, cuarzo, epidota, esfalerita, estibita, fayalita, fluorita, granate, helvita, laumontita, metatorbernita, microclina, milarita, molibdenita, moscovita, nontronita, ópalo, pirita, pirolusita, pirrotina, prehnita, scheelita, serpentina, titanita, turmalina, uranotilo, wolframita, yeso	Berilo, bavenita (I), granate
Canteras de Fuente de Ebro (Zaragoza)		
Yeso	Yeso	Yeso (I)
Magnesitas Navarras, S.A. (Euguí, Navarra)		
Magnesita	Aragonito, barita, cuarzo, dolomita, goethita, magnesita	Dolomita (I)
Mina Antonina (Tor al de los Vados, León)		
Cinc, cobre, mercurio, plata, plomo	Anglesita, aragonito, auricalcita, azurita, calcita, calcopirita, cerusita, cinabrio, coronadita, crisocola, cuarzo, esfalerita, galena, greenockita, hemimorfita, hidrocincita, malaquita, pirita, rosasita, smithsonita	Aragonito (I), auricalcita (I), hemimorfita (I), rosasita (I)
Mina de Reocín (Cantabria)		
Cinc, plomo	Anglesita, anhidrita, aragonito, calcita, calcopirita, cerusita, copiapita, cuarzo, dolomita, epsomita, esfalerita, galena, greenockita, hidrocincita, goethita, hemomorfita, marcasita, melanterita, melnikovita, pirita, roemerita, smithsonita, yeso	Calcita, galena, marcasita (I), pirita
Mina La Celia (Jumilla, Murcia)		
Fosfato	Apatito, calcita, diópsido, flogopita, hematites, pseudobrookita, rutilo, tridimita, warwickita	Apatito (I), pseudobrookita, warwickita
Mina Las Manforas (Áliva, Cantabria)		
Cinc	Calcita, calcopirita, cinabrio, dolomita, esfalerita, fluorita, galena, pirita, tetraedrita	Esfalerita acaramelada (I)
Mina Moscona (Cancienes, Asturias)		
Fluorita	Barita, calcita, dolomita, fluorita, galena, pirita	Barita (I), calcita, fluorita
Mina Profunda (Villamanín, León)		
Cobre	Annabergita, aragonito, azurita, bornita, calcopirita, calcosina, conicalcita, dolomita, eritrina, farmacolita, heterogenita, malaquita, pechblenda, tennantita, tirolita, zeunerita	Tirolita, zeunerita
Minas de Almadén y Arrayanes, S.A. (Ciudad Real)		
Mercurio	Amalgama Hg-Ag, antimonita, barita, blenda, calcita, calcopirita, calomelano, cinabrio, cuarzo, dolomita, galena, marcasita, mercurio nativo, metacinabrio, millerita, pirita, pirrotina, rejalgá	Cinabrio (I)
Minas de Berbes (Asturias)		
Fluorita	Azurita, baritina, calcita, calcopirita, cinabrio, cuarzo, dolomita, esfalerita, fluorita, pirita	Cuarzo, fluorita (I)
Minas de Burguillos del Cerro (Badajoz)		
Magnetita	Actinolita, allanita, calcita, calcopirita, clorita, epidota, granate, hedembergita, hematites, lollingita, magnetita, pirita, pirrotina, titanita, vonsenita	Allanita, epidota, magnetita
Minas de Hiendelaencina (Guadalajara)		

Plata	Acantita, alfitaita, alunita, argirodita, arquerita, arsénico, arsenopirita, azurita, baritina, bindheimita, biotita, bournonita, bromargirita, calcita, calcopirita, cobre nativo, cordierita, cuarzo, diaforita, discrasita, dolomita, esfalerita, estefanita, estibarsenita, estibina, fluorita, freibergita, freiseslebenita, galena, goethita, hematites, jarosita, malaquita, marcasita, melanterita, miargirita, microclina, moscovita, oro nativo, ortosa, pirargirita, pirita, pirolusita, pirotina, plata nativa, polibasita, querargirita, siderita, sternbergita, tetraedrita, turmalina, yeso, yodargirita	Bournonita (I), estefanita (I), freiseslebenita (I), pirargirita, plata nativa
Minas de Horcajo (Ciudad Real)		
Plomo, plata	Anglesita, ankerita, beraunita, bornita, bournonita, cacoxenita, calcopirita, calcosiderita, calcosina, cerusita, cobre nativo, coronadita, covellina, cuarzo, cuprita, dufrenita, estrenuita, galena, goethita, kintoreita, linarita, malaquita, pirita, pirolusita, piromorfita, plata nativa, plumbogummita, strengita, tetraedrita, turquesa	Cobre nativo, plata nativa (I), piromorfita (I)
Minas de la Faja Pirítica Española (Huelva, Sevilla)		
Cinc, cobre, plomo	Alloclasita, alunógeno, anglesita, annabergita, argentojarosita, arsenopirita, atalayaita, azufre, azurita, baritina, beudantita, bismutinita, bismuto nativo, botriógeno, bournonita, braunita, calcanitita, calcita, calcopirita, calcosina, casiterita, cerusita, cinabrio, claudetita, clorargirita, cobaltina, cobre nativo, copiapita, coquimbita, covellina, cubanita, cuarzo, cuprita, dolomita, emplectita, esfalerita, estannina, ferricopiapita, freibergita, galena, galenobismutita, giessenita, glaucodot, goethita, goslarita, gratonita, halotriquitita, hausmannita, hematites, jarosita, jaspe, kobellita, kornelita, lepidocrocita, magnetita, malaquita, manganita, melanterita, menenghinita, metaalunógeno, niquelina, nuffieldita, oro, perroudita, pirita, pirolusita, piromorfita, pirrotina, plumbojarosita, psilomelana, rodocrosita, rodonita, roemerita, romboclasa, rozenita, safflorita, siderita, siderotilo, skutterudita, szomolnokita, tefroita, tennantita, tenorita, tetraedrita, tintinaita, velgeita, voltaita, wittichenita, yeso	Cobre dendrítico, botriógeno (I), goethita iridiscente, gratonita (I), voltaita (I)
Minas de La Unión (Murcia)		
Plomo, cinc	Adamita, anatasa, anglesita, ankerita, aragonito, auricalcita, azurita, bournonita, brookita, calcita, calcofanita, calcopirita, casiterita, celestina, cerusita, cobre nativo, coronadita, cronstedtita, cuarzo, cuprita, dolomita, ecandrewsita, esfalerita, fluorita, fosgenita, galena, goethita, greenalita, greenockita, hemimorfita, hidroheterolita, hidrocincita, jarosita, ludlamita, magnetita, malaquita, marcasita, minnesotaita, olivenita, ópalo, pirita, pirolusita, piromorfita, pirrotina, rodocrosita, romanechita, siderita, smithsonita, vivianita, witherita, yeso	Cronstedtita (I), ecandrewsita (I), esfalerita, hidroheterolita, magnetita, pirrotina, romanechita(I), vivianita (I), yeso
Minas de Linares (Jaén)		
Plomo	Anglesita, azufre, azurita, calcita, calcopirita, cerusita, crisocola, cuprita, barita, dolomita, galena, linarita, malaquita, pirita, piromorfita, yeso	Anglesita, barita, cerusita, cuprita, dolomita, linarita, piromorfita,
Minas de Ojos Negros (Teruel)		
Hierro.	Ankerita, aragonito, breunnerita, cuarzo, dolomita, goethita, grafito, hematites, limonita, marcasita, pirita, pirolusita	Aragonito, dolomita
Minas Victoria (Navajún, La Rioja)		
Pirita de colección	Pirita	Pirita (I)

Minas de Rodalquilar (Almería)		
Oro	Alunita, anglesita, arseniosiderita, harturita, atacamita, azurita, baritina, beaverita, bornita, brackebuschita, brochantita, calcantita, calcita, calcopirita, calderonita, cerusita, chenevixita, conicalcita, connellita, cornwallita, coronadita, cuarzo, digenita, escorodita, esfalerita, farmacosiderita, fluorapatito, galena, goethita, hidalgoita, jarosita, lavendulana, malaquita, manganita, metasideronatríta, mimetita, mottramita, olivenita, oro nativo, ortosa, osarizawaita, parnauita, pirita, piromorfita, plata nativa, plumbojarosita, smithsonita, teluro nativo, tennantita, tetraedrita, vanadinita, wulfenita, yeso.	Arturita, brackebuschita, farmacosiderita, malaquita, olivenita, rodalquilarita (I)
Río Narcea Gold Mines, S.A. (El Valle-Boinás, Asturias)		
Oro	Arsenopirita, babingtonita, baritina, bornita, calcita, calcopirita, calcosina, chamosita, chapmanita, cobre, conicalcita, crisocola, cuarzo, cuprita, dióxido, epidota, esfalerita, ferroactinolita, flogopita, fluorapofilita, forsterita, goethita, grafito, granate, hedenbergita, jamesonita, magnetita, malaquita, mercurio, molibdenita, oro, ortosa, pirita, pirrotina, plata, roxbyita, serpentina, siderita, tetraedrita, tremolita, vesubiana, wollastonita	Babingtonita, calcosina, chapmanita (I), cobre nativo, cuprita, dióxido, fluorapofilita, roxbyita, tetraedrita.

Tabla 4. Enclaves mineros de interés mineralógico.

3.6.2 Minerales en museos

Josep M. Mata-Perelló

Los museos de Mineralogía, y las secciones de mineralogía de los museos de Geología, constituyen, sin duda alguna, una interesante ventana al conocimiento de los minerales y de la mineralogía. Muchas de las especies mostradas proceden de actividades de explotaciones mineras. En este sentido, la minería ha constituido (y sigue constituyendo) un importante canal para el conocimiento, didáctica y difusión de la Mineralogía, a través de los museos. Es más, en no pocas ocasiones estas actividades han cesado y las explotaciones han sido completamente rehabilitadas, u ocupadas por otras actividades, por ejemplo, cabe recordar que había minas de cobre, bajo lo que ahora es la ciudad de Barcelona, quedando los minerales como recuerdo de esas actividades.

Sin duda alguna, existen importantes museos de Mineralogía (o secciones de los museos de Geología), donde pueden observarse algunas de las muestras extraídas.

Por otra parte, los museos de Mineralogía (o los de Geología) pueden ser un buen exponente de las actividades mineras. Así, en el Museo de Geología “Valentí Masachs” de la Universidad Politécnica de Cataluña (situado en la Escuela Superior Politécnica de Manresa), se exponen junto a los minerales los productos industriales obtenidos a partir de ellos. En este sentido, éste museo es pionero en España y contribuye a mostrar la utilidad de la minería en nuestra sociedad, hasta el punto que sin ella no serían posibles muchas de las actividades de nuestra propia sociedad.

3.7 Geofísica

Enrique Aracil Ávila y Pedro Martínez Pagán

Según se ha indicado anteriormente, la actividad minera ha proporcionado innumerables y excelentes puntos de observación geológica, en todos sus aspectos litológicos, mineralógicos, estructurales, etc., y esa observación directa de aspectos geológicos (fallas, capas, pliegues, contactos, etc.) constituye también un magnífico “banco

de pruebas” para ajustar, mejorar y precisar las herramientas de la prospección geofísica, tanto las realizadas en las etapas de investigación anterior a la apertura, como las ejecutadas con posterioridad a la misma.

Disponer de una capa determinada, con una disposición espacial precisa, y afectada por una estructura determinada, son datos muy valiosos para ajustar al máximo los resultados de campañas de prospección geofísica (llevadas a cabo con diferentes técnicas); determinar el mejor método y el mejor dispositivo; identificar la mejor anomalía correspondiente a un contacto; etc.

Pero, además de esos excelentes puntos de observación del medio geológico, la explotación minera también ha dado lugar, con frecuencia, a balsas de residuos de plantas de tratamiento de mineral que, en muchos casos, se encuentran actualmente abandonadas. En general su sustrato está formado por el propio terreno, sobre el que se ha realizado el depósito, al tiempo que muros o caballones lo contornean, para permitir el acúmulo de rellenos más o menos homogéneos, y con textura generalmente fina.

Estos almacenamientos pueden considerarse “bancos de prueba” para la interpretación de las mediciones obtenidas mediante el empleo de diferentes herramientas geofísicas: conociendo, con mayor o menor detalle, la morfología de las balsas y su relleno es relativamente fácil precisar, en las siempre difíciles interpretaciones de los resultados obtenidos y, con ello, mejorar la técnica.

En este sentido nos vamos a referir a investigaciones realizadas en antiguas balsas de residuos mineros, de la Sierra Minera de Cartagena - La Unión.

Para los que lo desconozcan conviene recordar que, aquí, los primeros avances en el empleo de los metales se remontan a hace 7.000 años, con el uso del cobre. Posteriormente llegarían los Argares, con sistemas de explotación limitados a escoger las menas de superficie. La posterior llegada de fenicios y griegos, en busca de plata, dio lugar al beneficio de minerales de fácil fusión. Con el arribo de los cartagineses se llega a una minería completa y bastante elaborada, prestando especial atención al viejo problema del agua en las labores mineras.

Es en pleno siglo XIX cuando se reavivan las ansias por la plata del Sureste de la Península Ibérica, a lo que se suma, a mediados de siglo, la fuerte demanda de plomo en Europa, por lo que la práctica totalidad del mineral producido en la Sierra se exportaba. En 1840 se produce la primera fiebre de la minería cartagenera, que da lugar a la apertura de numerosas minas por toda la Sierra Minera, y a la creación de numerosos escoriales y terreras.

En el siglo XX la recuperación de la minería estuvo relacionada con el uso de las nuevas técnicas de beneficio de minerales. Pero la bonanza económica inicia su declive en la década de los ochenta, con la caída de los precios de los minerales, y el agotamiento de los recursos mineros, acabando con la milenaria minería de la zona a principios de los noventa.

Esta minería produce las denominadas “colas” (“tailings” en la literatura anglosajona), tanto a partir del procesamiento de minerales para extraer metales o sus compuestos (plantas de flotación de sulfuros), como de los procesos de lavado, para eliminar materiales arcillosos o lamas (lavado de arenas). Estos procesos dan lugar a productos con tamaño de partícula muy pequeño, como resultado de la trituración y molienda, depositándose estas colas en presas o balsas mineras.

Estos diferentes depósitos de residuos de lavaderos de concentración, de la Sierra Minera, se pueden clasificar atendiendo a varios criterios: constitución del muro exterior, método del recrecimiento o implantación en el terreno. Según el método de recrecimiento se pueden presentar depósitos de recrecimientos “agua arriba”, levantando diques sucesivos ligeramente retranqueados respecto al anterior y manteniendo un resguardo sobre el nivel de lodos. El depósito de estériles denominado El Lirio, del que aquí se van a exponer una serie

de resultados de la prospección geofísica, pertenece a esta clasificación.

Están también los depósitos con recrecimiento “aguas abajo” donde los nuevos diques se van extendiendo con recubrimiento del talud de los anteriores. Y, por último, hay otra variedad de depósitos en los que el recrecimiento es central, sobre el dique existente, combinando los dos métodos citados anteriormente.

Teniendo en cuenta la implantación del depósito, en el terreno, existen los depósitos denominados en “exentas”, donde se ejecuta un muro perimetral, levantado sobre el terreno o rellenando una excavación; los depósitos “de valle”, que son análogos a las presas convencionales (el depósito denominado El Lirio pertenece a esta categoría); y los depósitos “de ladera”, situados a media ladera (el depósito denominado Brunita pertenece a esta categoría).

En la mayoría de los depósitos de la Sierra Minera el vertido se realizaba junto al dique, opción más favorable desde el punto de vista de estabilidad de la estructura, al crearse una playa de arena relativamente uniforme, que daba consistencia al dique. En los depósitos de estériles mineros de la Sierra Minera el vertido del lodo se realizaba a través de múltiples salidas, dispuestas a lo largo del dique, próximas a su coronación. El sistema de vertido múltiple consistía en instalar una canaleta de madera, soportada por una serie de redondos de madera. Cuando se colmataba la balsa se recrecía con un nuevo dique, y se creaba otro nuevo sistema de vertido, formado por redondos de madera y canaletas.

Para la evacuación del agua embalsada, y su recuperación, se empleaban chimeneas centrales de decantación, conectadas en su base a un conducto o tubería de salida, que atravesaba la base del dique. Estas chimeneas eran recrecidas periódicamente, con ladrillos, a medida que el nivel del lodo amenazaba con llegar al rebosadero.

El terreno donde se ubican las balsas inventariadas de la Sierra Minera de Cartagena-La Unión no está impermeabilizado. El dique se formaba a partir del propio lodo, que caía de las canaletas de vertido, y servía para darle pendiente a los lodos hacia el interior de la balsa desde su coronación. Un operario se encargaba manualmente de crearlo con el empleo de una pala. En el caso de depósitos en exenta, al comienzo de su construcción, se creaba un cordón de tierra a lo largo de su perímetro, o en la base en el tipo ladera. A partir de este momento se realizaba el vertido puntual de los lodos a través de una tubería situada dentro de la balsa. El agua evacuada por gravedad se recogía en pocetas o balsas para su recuperación mediante bombeo.

A continuación se detalla el depósito denominado El Lirio, en el que se han realizado investigaciones geofísicas que han permitido desarrollar la técnica y, sobre todo, avanzar en el proceso de interpretación de los resultados obtenidos.

El depósito de estériles El Lirio se encuentra emplazado en la zona denominada Coto Ponce, al Sureste de la mina también denominada Coto Ponce. Está situado en una vaguada, cuyas escorrentías van a parar a la Rambla Carrasquilla.

La construcción de este depósito se llevó a cabo sin ningún tipo de impermeabilización del lecho, descansando los estériles sobre materiales del Mioceno (limolitas calcáreas, alternando con areniscas con algunas intercalaciones de conglomerados). La forma del depósito de lodos es alargada en dirección NW-SE, siguiendo la forma y orientación de la vaguada sobre la que está construido, cuya dirección, a su vez, está condicionada por fracturas de dirección N130°E. El perfil topográfico transversal del valle es ligeramente asimétrico.

El proceso de producción de concentrado de mineral a partir de flotación diferencial, así como la producción de residuos de tipo fango (lutíticos), tiene sus orígenes en el año 1940 y su consolidación como depósito de lodos finaliza en 1981.

Aprovechando el conocimiento aproximado de la morfología de estos y otros depósitos mineros abandonados, a partir de datos de inventario y de mapas topográficos

antiguos, se han realizado diversos trabajos de investigación, así como una Tesis Doctoral (Martínez Pagán, 2006), con los siguientes objetivos:

- ↪ Desarrollar la técnica de prospección geofísica mediante perfiles de tomografía eléctrica, para determinar el mejor dispositivo de medida para diferenciar los depósitos mineros abandonados de la roca que forma el sustrato correspondiente.
- ↪ Mejorar la interpretación de la posición del contacto entre depósitos de relleno y sustrato, de acuerdo con la forma y valores de las anomalías de resistividad obtenidas.
- ↪ Mejorar la interpretación de diferentes tipos de depósito, según los valores de resistividad obtenidos.
- ↪ Mejorar la interpretación e identificación de posibles zonas contaminadas.
- ↪ Mejorar el procesado tridimensional, para calcular mejor la estimación del volumen de los depósitos que constituyen el relleno de cada balsa.

Todas estas mejoras se han ido obteniendo tanto mediante la comparación con los datos documentados de informes, inventarios y mapas, como mediante el contraste con datos de nuevos sondeos realizados dentro de las balsas.

Tras estas mejoras y desarrollos de la técnica indicada, aumenta la precisión en la interpretación en materiales y esquemas geofísicamente similares, tales como las balsas de relleno y desecación de purines, balsas de riego, etc.

Este desarrollo también se ha extendido hasta el conocimiento del “ambiente geofísico” de las escasas plantas autóctonas que, de forma espontánea, se han ido desarrollando sobre las balsas. Estos datos aportan información sobre la conductividad del medio en que se encuentran, lo cual permite señalar balsas o sectores de balsas con características geofísicas parecidas, que podrían comportarse (caso de tener una mineralogía parecida) como óptimas receptoras de plantas similares, para acelerar su colonización y su futura integración en el paisaje.

En el depósito de estériles de El Lirio se realizaron nueve perfiles de tomografía eléctrica 2D (septiembre de 2003 a febrero de 2004). El dispositivo de medida empleado fue el Schlumberger-Wenner, un dispositivo mixto que complementa las bondades de ambos dispositivos diferenciados. Excepto el perfil número 9, el resto de los perfiles se orientó perpendicularmente a la dirección de la máxima longitud de la balsa, con el fin de calibrar la respuesta de la tomografía eléctrica en el punto de contacto del relleno con la roca, es decir, en los bordes de la balsa.

Los materiales del Mioceno, que constituyen el sustrato rocoso sobre el que se asienta la balsa, se perforaron a partir de los 10 metros lo cual corrobora la interpretación dada por esta seudosección, a la hora de identificar y situar el contacto entre la unidad conductora (los lodos mineros) y la unidad resistiva (sustrato rocoso).

La identificación de un contacto entre dos unidades, en los perfiles de tomografía eléctrica, no se presenta como tarea muy compleja, pero sí debe confirmarse en numerosas ocasiones y la mejor manera es mediante un sondeo o una cata. Cuando no se dispone de esos elementos de contraste, y las condiciones lo permiten, se recurre a la morfología del terreno. Las balsas mineras, como ejemplo de un modelo de dos capas (unidad conductora, en este caso de lodos mineros, emplazada sobre unidad resistiva, en este caso el sustrato rocoso), constituyen un elemento natural muy adecuado para analizar las bondades del método ya que, aparte de disponer en ocasiones de algún sondeo, se dispone de datos morfológicos antiguos del terreno, que permiten contrastar suficientemente los datos geofísicos.

Las seudosecciones geoelectricas, realizadas e interpretadas en esta balsa minera de El Lirio, han servido también de base para obtener un modelo 3D, del contacto entre el sustrato rocoso del Mioceno y el material procedente del vertido minero. El modelo 3D

obtenido representa las profundidades del contacto desde la superficie del terreno.

En el modelo 3D se observa que el mayor volumen de material depositado está localizado en la parte central de los perfiles geoeléctricos 3 y 4 coincidiendo con el fondo de la vaguada original del terreno (espesores superiores a 38 metros, que pueden llegar a 50 metros en puntos centrales de la vaguada). Estos espesores disminuyen hacia los laterales de los perfiles, hasta alcanzar el valor 0, donde comienzan a aflorar los materiales naturales de la zona.

En este modelo 3D se observa que el mayor volumen de material depositado está localizado en la parte central de los perfiles geoeléctricos 3 y 4 coincidiendo con el fondo de la vaguada original del terreno (espesores superiores a 38 metros, que pueden llegar a 50 metros en puntos centrales de la vaguada). Estos espesores disminuyen hacia los laterales de los perfiles, hasta alcanzar el valor 0, donde comienzan a aflorar los materiales naturales de la zona.

Estos depósitos mineros han servido para mejorar y precisar la interpretación de los datos. Para ello se realizó una campaña de tomografía eléctrica 3D, mediante perfiles paralelos.

Los datos obtenidos, una vez procesados, se representan tridimensionalmente identificando el material del depósito con características más resistivas, que se localiza en la región más superficial y más occidental del depósito. La elevada resistividad es debida a la mayor granulometría de este material, constituido por arenas clasificadas por densidad durante el vertido.

Según los datos disponibles del sistema de vertido, éste se realizaba desde la coronación del talud y desde la parte occidental del depósito, hacia el interior; de ahí que la región resistiva en superficie se extienda desde la parte suroccidental del depósito hacia la zona más nororiental.

La comparación de la cubicación de los estériles mineros realizada a partir de datos geofísicos y de datos topográficos antiguos indica una gran similitud (941.000 m³ frente a 963.753 m³, respectivamente) lo cual evidencia que la información aportada por la tomografía eléctrica es bastante fiable y, consecuentemente, lo son las interpretaciones que se hacen con esta técnica.

3.8 Paleontología

Las excavaciones mineras, especialmente las realizadas a cielo abierto, dan oportunidad al descubrimiento de fauna y flora fósil, de indudable interés.

José Ignacio Manteca Martínez

Es así que muchos hallazgos realizados en minas, canteras y graveras han contribuido, en numerosas ocasiones, al conocimiento paleontológico, con hallazgos que, de no ser así, hubieran permanecido ocultos.

El desarrollo de la Paleontología Vegetal en particular, ha estado directamente vinculado a la minería del carbón, dado que el estudio de los vegetales fósiles es de gran interés para la investigación de las cuencas carboníferas. De manera similar la exploración petrolífera ha sido la que ha promovido principalmente el enorme desarrollo alcanzado por la Micropaleontología, ya que esta rama de la Paleontología es básica para identificar las facies sedimentarias productivas, establecer las correlaciones estratigráficas y determinar, con precisión, la estratigrafía de las muestras de terreno cortadas por los sondeos.

Ángel Luís Alonso Prieto

Un caso destacable lo constituye la **mina Emma** (Puertollano, Ciudad Real), explotación de carbón a cielo abierto de Encasur (sociedad perteneciente a Endesa), que viene colaborando activamente al enriquecimiento del patrimonio paleontológico de la cuenca de Puertollano, con distintas instituciones, entre otras el Centro Paleobotánico del Jardín Botánico de Córdoba, y el Departamento de Paleontología (Facultad de Ciencias Geológicas) de la Universidad Complutense de Madrid. Para ello, anualmente, y a petición de estas instituciones, suelen excavar, con equipos mineros, superficies de los niveles en los que aparecen restos fosilizados de interés.

El mayor estudioso de la numerosa flora presente en esta cuenca ha sido el prestigioso profesor Roberto H. Wagner, Responsable del Museo de Paleobotánica del citado Jardín Botánico, y especialista mundial en la flora del Carbonífero. Este profesor ha podido deducir que la cuenca tiene características excepcionales para la presencia y conservación de los restos vegetales.

Se debe a que en la marisma, en que se inició la génesis del carbón, instalada al borde del mar a finales del Carbonífero (hace unos 295 millones de años), se produjeron diversos episodios volcánicos de tipo explosivo, con importantes emisiones de cenizas, que cayeron como lluvia sobre la misma y que, por sus características, han preservado excepcionalmente los restos paleontológicos sobre los que se depositaron. Estudiando estos restos, que aparecen en las tobas en que se convirtieron las cenizas volcánicas, se ha podido conocer la flora de ese ambiente especializado.

Por ello este profesor denomina uno de los episodios de la cuenca como “La Pompeya Paleobotánica”, que recibe atención especial en el citado Museo de Paleobotánica, con una animación sobre la formación del carbón, y con una reproducción de la planta más destacada de la flora de la marisma.

Se trata de la licópsida isoetal llamada *Omphalophloios puertollanense* característica de la cuenca de Puertollano, con porte de árbol pequeño, con altura de dos a seis metros, que se agrupaba en bosquecillos en los bordes de la marisma y contaba con una excepcional capacidad reproductora. La abundante presencia de restos, y su excelente preservación, ha permitido al Museo hacer una reconstrucción de esta planta, en resina, a tamaño real, que al ser de 4,5 m de altura irrumpe en el piso superior.

Según este profesor, los bosquecillos de esta licofita gigante estaban acompañados por helechos arbóreos, de los que se conservan fragmentos de frondes (Scolecópteres, Pecópteres) y, bordeando los cursos de agua, se desarrollaban equisetos gigantes, de los que aparecen restos de troncos y ramas (Calamites).

En cuanto a fauna, en algunos nivelillos de pizarras bituminosas, presentes en la explotación, se encuentran numerosos restos de vertebrados e invertebrados, que han sido estudiados principalmente por Rodrigo Soler Gijón, paleontólogo ligado al Departamento de Paleontología de la Universidad Complutense de Madrid, en la actualidad en el Museo de Ciencias Naturales de Berlín.

La rica fauna de peces presentes incluye tiburones xenacántidos (*Orthacanthus meridionalis*, especie descrita por primera vez en la cuenca de Puertollano) y lonchiidos (*Lissodus cf. Zideki*), acantódidos (*Acanthodes sp.*) y diversos peces óseos paleonisciformes. Los restos más frecuentes son huesos, espinas, dientes y coprolitos. Esta fauna, tradicionalmente considerada como dulciacuícola es actualmente interpretada como eurihalina, es decir, capaz de soportar cierto nivel salino en su medio.

Pero los hallazgos de mayor relevancia son los restos de vertebrados, destacando concretamente el anfibio temnospóndilo *Iberospondylus schultzei*, un taxón también descrito por primera vez en Puertollano y que representa el estegocéfalo más antiguo de la Península Ibérica. Los restos encontrados son únicos y de gran valor, pues son vitales para entender la evolución y paleoecología de otros tetrápodos primitivos encontrados en cuencas Permo-carboníferas de Europa y Norteamérica. *Iberospondylus* (*temnospóndilo* de Iberia) era un animal semiacuático de

mediano tamaño (alrededor de un metro de longitud), con aspecto de una gran salamandra, que pasaría la mayor parte del tiempo en el agua. El cráneo era grande, alargado (tipo cocodrilo) y aplanado con los ojos en la parte superior (podían observar a sus presas desde el agua sin ser detectados). Además poseían numerosos dientes adaptados a la captura de peces y otros pequeños tetrápodos. La conservación excepcional de los restos ha permitido el estudio detallado del oído de estos animales. El estribo (hueso del oído medio) era masivo, lo que sugiere que estos animales sólo podían captar vibraciones de baja frecuencia, suficiente para la vida semiacuática.

Además de restos esqueléticos de vertebrados, se han encontrado icnitas, rastros y huellas de peces y tetrápodos. Los rastros de peces corresponden a las icnoespecies *Undichna britannica* y *Undichna unisulca* y fueron producidas por el roce de las aletas ventrales y caudal de los tiburones xenacántidos nadando muy cerca del fondo.

Las huellas de tetrápodo corresponden al nuevo taxón *Puertollanopus microdactylus*. El término genérico del nombre (*Puertollanopus*) se refiere a Puertollano, mientras que el término específico (*microdactylus*) hace referencia al pequeño tamaño de las marcas de los dedos. Aún no se han encontrado restos óseos del productor de las huellas llamadas *Puertollanopus* pero las características de las icnitas estudiadas indican a un animal terrestre relativamente pequeño (no más de 30 cm de longitud), muy activo, posiblemente un anfibio leospóndilo o un pequeño reptil. Estas huellas fueron impresas por el animal en limo fresco, del área intermareal de la marisma que se recubrió posteriormente con material más fino, volcánico, permitiendo así su preservación hasta nuestros días.

Finalmente la fauna de invertebrados está representada por crustáceos branquiópodos de los géneros *Euestheria* y *Leaia* y ostrácodos del género *Carbonita*.

Rafael Fernández Rubio

De sumo interés es el hallazgo realizado en las **minas de Berga (Barcelona)**, explotaciones de lignito localizadas a unos 20 km al Norte de dicha localidad, que han puesto a descubierto una serie de estratos con icnitas, correspondientes a la parte inferior de la facies continental Garumniense (Le Loeuff y Martínez, 1997).

El nivel principal de pisadas es una capa de calizas detríticas, con fragmentos vegetales, situada en la base de la serie carbonosa; los niveles inmediatamente superiores contienen fragmentos de huevos y de huesos de dinosaurios. Este nivel, de dirección N20°, presenta fuerte buzamiento (60°-70° hacia el Sur), y puede seguirse durante varios kilómetros. Contiene varios miles de huellas de pisadas de dinosaurios, repartidas en numerosas pistas diferentes.

De la publicación de Le Loeuff y Martínez (1997) extractamos lo siguiente: *El sector... está situado en la parte meridional de la cantera, en donde las huellas están expuestas en una superficie de unos 50.000 metros cuadrados. El extremo septentrional de esta gran pared, ha sido cartografiado en 1996. En esta parte se observan al menos cuatro pistas diferentes. Todas las huellas (manos y pies) corresponden a grandes dinosaurios cuadrúpedos del grupo de los saurópodos, y más precisamente por los Titanosauridae, que son los únicos saurópodos conocidos en Cretácico Superior de Europa (Le Loeuff, 1993)*.

La pista más larga mide más de 50 m y contiene 38 huellas de pie y 14 de mano. Las huellas mejor conservadas son las de pies, miden unos sesenta centímetros y presentan marcas de cuatro uñas, siendo la más grande la del dedo I. Esto es una precisión importante sobre esta parte poco conocida de la anatomía de los titanosauros (cf. Powell, 1992). La zancada media es de unos 2,5m. Según las estimaciones de Thulborn (1990), la pista ha sido producida por un dinosaurio que tenía el acetabulum situado a unos 3,5 - 4m del suelo, y con una longitud total de cerca de los 20 m. Al sur de la pista principal, dos pistas paralelas de una decena de metros, una de ellas desplazada por una falla normal, pueden poner de manifiesto un comportamiento social (dos animales que se desplazan el uno al lado del otro). Es interesante remarcar que ninguna de

las pistas analizadas en Fumanya, muestran trazas de cola, esto confirma que los Titanosauridae se desplazaban manteniendo la cola por encima del suelo.

Se ha podido identificar un segundo nivel de huellas en la cantera de Fumanya. Este nivel, más reciente que el principal, ha sido generalmente más destruido que el principal, durante las excavaciones del lignito. En una pequeña superficie, se han preservado 9 huellas de pie de un dinosaurio cuadrúpedo de pequeño tamaño. Las huellas miden entre los 17 y 23 cm de longitud (la media es de 19,8 cm) y entre los 12 y 18 cm de ancho (la media es de 14,8 cm). La distancia entre los pies derechos o izquierdos varía entre 70 y 80 cm, y la distancia entre los pies derechos e izquierdos varía entre 40 y 50 cm. Según las estimaciones de Thulborn (1990), se deduce que el animal que produjo dichas huellas tenía unos 120 cm de alto a nivel del acetabulum. Provisionalmente, se ha interpretado que dichas huellas pertenecen a un titanosauo joven (longitud aproximada unos 5 m).

El interés de este descubrimiento es evidente, por lo que ha sido catalogado como el afloramiento de icnitas más importante del Cretácico Superior europeo, y el primero en el mundo con huellas de pisadas de Titanosauridae (Le Loeuff y Martínez, 1997), lo que justifica que se haya declarado "Espai d'interés natural S^a d'Ensiya-Peguera".

De acuerdo con los autores citados (Le Loeuff y Martínez, 1997), los estudios realizados han permitido constatar que estos grandes saúridos no se desplazaban sistemáticamente en manadas, lo hacían lentamente, manteniendo la cola levantada por encima del suelo (dato que había sido sugerido por el estudio osteológico). El estudio detallado de este afloramiento, aportará nuevos datos para entender mejor a esta familia mal conocida.

En el contexto de este trabajo hay que destacar la preservación del mismo por la empresa minera (Minas de Berga, S.A.), y su valiosa contribución al estudio realizado por la Universidad de Ámsterdam y la Generalitat de Catalunya.

También debemos resaltar que, en la explotación de graveras aluviales, son frecuentes los hallazgos paleontológicos, especialmente de fauna del Pleistoceno, que habitó en las proximidades de esos ríos.

Así por ejemplo, en el Museo Nacional de Ciencias Naturales, de Madrid, se encuentran restos de diferentes especies de *Elephas meridionales Nestí*, encontrados en las **graveras de Fuensanta (Láchar, Granada)** (Aguirre, 1963), relacionadas con el antiguo aluvial del río Genil, y en cuya excavación participamos (RFR).

También en las explotaciones de la **turbera de El Padul (Granada)**, fueron descubiertos restos de dos mamut del Pleistoceno, consistentes en tres defensas, dos mandíbulas, húmeros, fémures, costillas y vértebras, cuya excavación estuvo a cargo de Mendoza y González, en el año 1983, del Museo Arqueológico de Granada. Probablemente estos animales murieron ahogados en la zona lacustre de la turbera.

Josep M. Mata-Perelló

En el Museo de Geología "Valentí Masachs" de la UPC, están expuestos dos colmillos de elefante, extraídos de dos graveras cercanas (. Una situada en la propia ciudad de Manresa, ya cerrada y cubierta de edificaciones. La otra en la población de Balsareny, todavía en activo.

En el mismo Museo se exhiben restos de fauna fósil extraídos de la vieja cantera de Rubies (en el Montsec), donde, gracias a las actividades mineras del pasado siglo, fue posible la localización de importantes restos fósiles del Jurásico.

Gonzalo García García

Otro caso bien documentado se refiere a la excavación de los hallazgos paleontológicos en la mina de sepiolita del Cerro de los Batallones (Zona Sur de Madrid), de la empresa Tolsa,

S.A. (García García, 2004).

En julio de 1991, se detectaron, de forma casual, indicios de vertebrados fósiles en esta mina, iniciándose un estudio por parte de expertos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, que llevó al descubrimiento de un excepcional yacimiento paleontológico, en cuanto a su grado de conservación, con variedad de fósiles de carnívoros y un elenco de restos de especies diversas. Recibió el nombre "BAT-1", y fue excavado de forma parcial, produciendo cerca de 10.000 ejemplares de restos fósiles (Morales, 2000).

Desde aquella fecha, y tras un lapso en la actividad minera, en que tampoco hubo avances en la investigación, se han efectuado campañas de investigación parcialmente subvencionadas por Tolsa, S.A., que han conducido al descubrimiento de nuevos yacimientos con restos de fósiles. Así, en marzo de 2000 se localizó el yacimiento "BAT-2" con fósiles de mastodonte, rinoceronte, peces y tortugas, que se comenzó a excavar en julio de ese año, una vez obtenidos los permisos de intervención por parte de la Administración.

Mientras se esperaban los permisos, se descubrieron otros dos yacimientos, "BAT-3", prácticamente aflorante sobre la ladera del cerro, con fósiles de carnívoros, muy alterados por la proximidad a la superficie y "BAT-4", con los restos de una jirafa. Ambos se excavaron parcialmente, y permanecen a la espera de futuras actuaciones. En el verano de 2001 se reactivó la excavación de "BAT-1", y pocos meses después, en un lugar poco esperable, se descubrió el yacimiento "BAT-5", en las proximidades del vértice geodésico del Cerro de los Batallones (Fraile Gracia, 2000).

Los ejemplares recuperados han sido trasladados a las dependencias del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, en el Museo de Ciencias Naturales de Madrid, donde se exhiben parcialmente.

Una vez más, es preciso subrayar que la producción normal de la mina ha sido compatible con los trabajos de recuperación de fósiles, participando además los equipos de desmonte de la empresa, cuando han sido requeridos por los expertos, para tareas concretas de la investigación: remoción de recubrimientos, calicatas, etc..

En el año 2001, el área del yacimiento fue declarada Bien de Interés Cultural y, a propuesta de la Comunidad de Madrid, el Ministerio de Fomento modificó el trazado de la radial IV para no afectar esa zona. Como corolario, el 6 de marzo de 2001 se firmó un Convenio específico, entre Tolsa, S.A. y el Museo Nacional de Ciencias Naturales, para la realización de investigaciones paleontológicas en el Cerro de los Batallones, con importante dotación económica. A su amparo se viene compatibilizando la actividad minera, en perfecta armonía con la investigación y conservación de los restos que, eventualmente, pudieran aparecer. A raíz de estos hallazgos e investigaciones, los trabajos de extracción y restauración de Tolsa, S.A., son objeto de visita por alumnos de diversas universidades.

3.9 Antropología

Rafael Fernández Rubio y Julio Verdejo Serrano

De extraordinario interés ha sido el descubrimiento de los yacimientos arqueopaleontológicos más importantes del mundo, del Pleistoceno Medio e Inferior, en la trinchera de un ferrocarril minero, que atraviesa la sierra de Atapuerca, descubrimiento que no se hubiera realizado sin la realización de esta actividad minera.

Esta sierra de Atapuerca, es un pequeño conjunto montañoso, situado en la provincia de Burgos, en el entronque de la Cordillera Cantábrica y el Sistema Ibérico. Está limitada al Sur por el río Arlanzón, al Este por la sierra de la Demanda y al Norte por el río Vera, integrándose en el denominado "Corredor de La Bureba", importante e histórico paso entre el valle del Ebro y la cuenca del Duero.

A finales del siglo XIX, la compañía The Sierra Company Limited, construyó una línea férrea minera, de vía estrecha, desde Monterrubio de la Demanda a Villafría, cerca de Burgos, con el objetivo de transportar mineral de hierro y carbón desde la Sierra de la Demanda hasta el enlace con la línea Burgos-Bilbao, y de allí

a las siderurgias vascas. La obra, difícil y costosa, de 65 kilómetros de longitud, se construyó entre los años 1896 y 1901.

El trazado atravesaba la peña de Atapuerca, en profunda trinchera, de más un kilómetro de longitud y profundidad máxima que supera los 20 m. Trinchera que atravesó numerosas cuevas con rellenos pleistocenos, exponiéndolos a la observación y mostrando claramente su estratificación.

Hacia 1910 la línea férrea dejó de funcionar, y en 1917 la sociedad Vasco-Castellana, heredera de The Sierra Limited Company, quebró y desapareció definitivamente, aunque se conservan puentes, taludes, túneles y estaciones de aquel ferrocarril. En 1950 se aprovecha la trinchera del ferrocarril como cantera, afectando negativamente a los yacimientos y destruyendo parte de ellos.

Como antecedente del conocimiento de la cueva es interesante destacar que, en 1868, ya aparece la "Descripción con Planos de la Cueva llamada de Atapuerca", de los ingenieros de minas Pedro Sampayo y Mariano Zuaznávar, y con grabados de Isidro Gil.

La cueva se ubica en calizas del Cretácico Superior, cubiertas por importantes masas de encinares, quejigales y, sobre todo, monte bajo de aulaga, romero, espliego, tomillo y salvia. Por su extraordinario valor arqueológico ha sido declarada Espacio de Interés Natural, Bien de Interés Cultural y Patrimonio de la Humanidad (UNESCO, 2000), y el equipo investigador ha recibido el Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica (1997).

Sobre ella es mucho lo que se ha escrito si bien aquí vamos a presentar un resumen muy somero, basado principalmente en Carbonell *et al.*, 1995 y Aguirre *et al.*, 1987.

En primer lugar conviene destacar que en esta sierra se ha desarrollado un complejo kárstico con numerosas cuevas y simas, en las que se acumulan: rocas, arcilla de descalcificación, polvo, concreciones carbonatadas, restos óseos, excrementos, polen,... a los que se suman colapsos de techo, que provocan simas por las que caen individuos y animales (en ocasiones empujados por los cazadores), y aportan bloques de derrumbes, que las colmatan en muchos casos, pero conservando un tesoro muy valioso en su interior.

En el devenir de la historia humana este corredor de la Bureba se ha utilizado como acceso hacia el interior de la península Ibérica desde Europa, con ocupación humana continuada desde hace más de 800.000 años. También lo ha utilizado la fauna y la flora.

Los hallazgos realizados permiten afirmar que aquí se localizan los yacimientos prehistóricos más importantes de Europa, y de los más relevantes del mundo, con hallazgos que han cambiado la historia registrada de la humanidad.

Los yacimientos son excepcionales por su abundancia, buena conservación e importancia científica, con cronología muy amplia que abarca el Pleistoceno Inferior y el Pleistoceno Medio, es decir, entre 1.200.000 y 200.000 años.

Los útiles que se han encontrado abarcan todos los estadios tecnológicos, desde las formas más primitivas del tallado de piedra hasta la edad del bronce y, con la propia trinchera, hasta la aparición del hombre moderno.

En cuanto a la fauna se ha hallado una nueva especie de oso de las cavernas, bautizado como *Ursus dolinensis*, pero el hallazgo más importante es el de los restos humanos. Los hay en varios yacimientos, algo que no suele ser habitual. Entre ellos se han encontrado los restos del antepasado más antiguo de Europa, el *Homo antecesor*, hasta entonces desconocido, último ancestro común del linaje que dio lugar a los neandertales por un lado, y que culminó con nuestra especie, los *Homo sapiens*, y los del pre-neandertal *Homo heidelbergensis*, estos últimos restos representan más del 90 % de los fósiles humanos recuperados para el Pleistoceno Medio de todo el mundo.

José Ignacio Manteca Martínez

En zonas de yacimientos minerales asociados a rocas carbonatadas se suelen dar hallazgos paleontológicos, especialmente de vertebrados superiores y homínidos, en relación con cavidades kársticas puestas al descubierto por los trabajos mineros. Esta relación entre cavernas

y minas metálicas es bastante frecuente, dado el importante papel que suelen jugar los procesos kársticos en las concentraciones epigenéticas de diversas sustancias minerales, como ocurre en los casos de las bauxitas, óxidos de hierro y de manganeso, carbonatos de cinc y de plomo, etc. Por ello es frecuente el caso de galerías mineras que avanzan linealmente explotando un filón, y que, al irrumpir en una cavidad kárstica, parcial o totalmente fosilizada, encuentran rellenos mineralizados, que son aprovechados mediante la correspondiente excavación minera.

En el sur de la Región de Murcia existen dos casos muy importantes que hay que citar a este respecto. Uno de ellos es el de Cueva Victoria, en el Cabezo de San Ginés de la Jara, término municipal de Cartagena y el otro el de la sima de las Palomas, en el Cabezo Gordo, término municipal de Torre-Pacheco.

La Cueva Victoria, es una cueva-mina de hierro y manganeso, que forma parte de la **mina Victoria**, que fue explotada desde finales del siglo XIX hasta la primera guerra mundial. En dicha mina se explotaban filones y bolsadas de pirolusita y goethita, dentro de calizas del Trías del Complejo Alpujarride. La explotación de estos minerales llevó al descubrimiento de una gran caverna, rellena completamente por sedimentos detríticos y mineralizaciones de manganeso de origen kárstico. El posterior vaciado de la cueva realizado por los mineros para recuperar el mineral, puso en evidencia la existencia de enorme cantidad de restos fósiles, que formaban parte del relleno detrítico de la misma.

Actualmente la Cueva Victoria es un importante referente de la presencia de fauna africana (hipopótamo, elefante, jirafa, babuino, tigre sable, hiena, etc.) en el sureste peninsular, así como de los restos de homínidos más antiguos de España, junto con el llamado hombre de Orce, en la provincia de Granada, datados en 1.300.000 años, correspondiente al Plio-Pleistoceno. El estudio paleontológico de la Cueva Victoria fue llevado a cargo principalmente por el doctor Josep Gibert Clois, del Museo Paleontológico de Sabadell. Para este investigador, la situación geográfica y la edad de los restos, apoyan la posibilidad de que en esta época se diera un cierre parcial del Estrecho de Gibraltar y la emersión de puentes intercontinentales entre África y España, que pudieron permitir el paso de fauna, incluidos los homínidos, hacia el sureste de la península. En la actualidad continúan las excavaciones en este yacimiento.

La Sima de las Palomas es igualmente una cavidad kárstica, desarrollada en la vertical, que se encuentra en el Cabezo Gordo, importante relieve constituido por mármoles triásicos del Complejo Nevado-Filábride, que destaca en medio de la llanura del Mar Menor, cerca de Torre Pacheco, a escasos 20 kilómetros al norte de la Cueva Victoria. En el Cabezo Gordo existen mineralizaciones de hierro, fundamentalmente hematites y magnetita, que fueron explotadas a finales del XIX y principios del XX. Uno de los minados, excavado para la extracción del mineral, irrumpió en esta sima, parcialmente rellena, poniendo de manifiesto su existencia.

El enorme interés paleontológico de los sedimentos que rellenaban esa cavidad no fue puesto en evidencia hasta recientemente, en 1991. Este interés se basa en la gran abundancia de restos de vertebrados, y sobre todo de fósiles de homínidos, pre-neanderthales y neanderthales de una abundancia y riqueza, sólo superados en España por el yacimiento de Atapuerca. El intervalo estratigráfico de fósiles de la sima abarca entre hace 30.000 y 130.000 años. Actualmente continúan las excavaciones y estudios, dirigidos por el Doctor Walker, de la Universidad de Murcia.

Valgan estos ejemplos, correspondientes a una zona geográfica muy concreta y pequeña, como es el distrito minero de Cartagena, en la región de Murcia, para deducir la gran importancia que, a nivel nacional y mundial, ha desempeñado y seguirá desempeñando la minería en el descubrimiento del patrimonio paleontológico y antropológico oculto en el subsuelo, que de otra manera, sin duda, habría permanecido sin conocerse.

3.10 Arqueología

Rafael Fernández Rubio y David Lorca Fernández

Las explotaciones mineras se realizan, con relativa frecuencia, en lugares donde tuvo lugar, en tiempos más o menos remotos, alguna actividad minera, cuyos vestigios hoy constituyen restos arqueológicos de indudable interés. Por otra parte, el ineludible estudio arqueológico, previo a cualquier proyecto minero, en el marco del Estudio de Impacto Ambiental, da pie a la realización de prospecciones arqueológicas detalladas, sobre toda la extensión en la que va a realizarse alguna actividad minera.

Es así que, por una u otra causa, las explotaciones mineras conllevan, frecuentemente, estudios arqueológicos, acompañados por investigaciones y excavaciones, que contribuyen, de forma muy notoria, a un mejor conocimiento de nuestros ancestros, con toda la información referente a sus hábitos. Este enriquecimiento cultural no se hubiese producido si, en lugar de esa actividad, hubiese sido otra la que tuviese implantación en el mismo territorio: agrícola, ganadera, forestal, etc.

Gobain Ovejero Zapino

La gran mayoría de nuevos hallazgos arqueológicos de importancia se suceden en zonas urbanas, a raíz de la obra civil de viviendas e infraestructuras. En zona rural, son los inventarios arqueológicos y las excavaciones preventivas, asociadas a actuaciones mineras, las que aportan frecuentemente hallazgos excepcionales.

Un caso reciente es el asociado al yacimiento cuprífero de Las Cruces, en la campiña sevillana, donde se desarrollan los trabajos mineros de Cobre Las Cruces, S.A. El inventario de campo inicial, sobre una superficie de 36 km², detectó 49 indicios prehistóricos, romanos e islámicos, donde antes estaban sólo inventariados una docena de indicios (FRASA, 2001). En principio se trataba de yacimientos sin interés destacable, si bien integrados aportaban datos referentes a diversos aspectos de la ocupación humana en este territorio.

Las excavaciones realizadas a continuación han localizado una extraordinaria necrópolis de la Edad del Bronce Pleno (1.600 a 1.800 a.C.), con cerca de 40 enterramientos, perfectamente conservados, con ajuares sencillos (cerámica, punzones de cobre, conchas marinas).

En otros casos, la prospección minera conduce al hallazgo de antiguas labores mineras, prehistóricas y romanas, que contribuyen al conocimiento arqueológico e histórico del entorno. Un caso típico es el de la ciudad minera romana de Manigua (provincia de Sevilla), en Sierra Morena, que administró la producción de cobre filoniano y magnetita de skarns durante los siglos I y II d.C.

Rafael Fernández Rubio

En la colección de fondos arqueológicos del Museo Histórico Minero D. Felipe de Borbón y Grecia, instalado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid (ETSI de Minas, 2004), existen numerosos objetos de valor relacionados con la minería española, procedentes en buena parte de donaciones privadas. De entre todos ellos vamos a destacar algunos, por su singularidad, recogiendo información publicada por la Escuela de Minas (ETSIM, 2001).

En primer lugar destacaríamos el cráneo y mandíbula mineralizada de dos individuos de la **mina prehistórica del Milagro en Valdelamesa** (Onís, Asturias). Se trata de piezas que llegaron a la Escuela por la intersección de dos grandes figuras de la geología de España: Guillermo Schulz y Casiano del Prado Vallo, procedentes de esta mina de cobre (azurita y malaquita), considerada como una de las primeras manifestaciones de minería metálica del norte de España, descubierta a través de nuevas labores mineras en la zona (1850 a 1860).

Estos trabajos pusieron al descubierto, al desescombrar las antiguas labores, no sólo una serie de restos humanos, sino también instrumental minero, como astas de ciervo retrabajadas y mazos de piedra de diversos tamaños. Por otra parte, se puso en evidencia que estos mineros utilizaban el método de torrefacción aplicada a suelos, paredes y techos para

mediante aplicación de fuego y enfriamiento rápido con agua, resquebrajar la roca y arrancar bloques con mena de mineral.

Estos restos tienen una cronología de 2.000 a. C. y es especialmente interesante su color verde, consecuencia de estar mineralizados por la impregnación de sales de cobre. Pero no son estos los únicos restos humanos de esta mina, se han encontrado, al menos, otros tres individuos: uno se encuentra en el Museo Arqueológico Nacional de Madrid, y otros dos en el Museo Arqueológico de Oviedo. Al parecer hay otros dos, que recalaron en manos privadas, y están en paradero desconocido.

Por su parte en la mina del Aramo (Asturias) han sido mucho más numerosos los restos humanos encontrados, y su estudio arqueológico descarta la posibilidad de una muerte laboral, reforzando la evidencia de que determinados lugares de estos minados fueron seleccionados para enterramiento.

Es interesante destacar la hipótesis del arqueólogo Miguel Ángel de Blas Cortina, que excavó la mina del Aramo, en el sentido de que este ámbito mortuario minero era una forma de restituir con sus cuerpos, a modo de ofrenda, las energías y bienes expropiados a la tierra. También es de destacar la presencia de individuos del sexo femenino, lo que constituiría un exponente si no de mujeres mineras, si de grupos sociales de hombres, mujeres y niños, que formarían parte de una comunidad minera especializada e involucrada en la minería.

En el Museo de la Escuela de Minas de Madrid, procedente de estas minas prehistóricas, se exhibe, también, instrumental minero, consistente en cuernas de ciervo convertidas en picos-martillos, picos-palanca y mazos percutores-trituradores del mineral, sin olvidar el empleo de puntas de astas como cuñas. Algunas cornamentas fueron ahuecadas para insertar punterolas pétreas, para hacer más efectivo el trabajo con ellas.

De esta Mina del Milagro existe, también, evidencia de actividad metalúrgica de la edad del Bronce pleno, en el Museo de la Escuela de Minas de Madrid, con un hacha plana. De localidades asturianas son igualmente un hacha de talón, también de cobre (otros hallazgos se encuentran en el Museo Arqueológico de Oviedo, y en colecciones privadas). Por su práctica funcionalidad, estos elementos arcaicos, ligados al inicio de la metalurgia, perdurarán en la Península durante un largo periodo de tiempo, que sobrepasa los límites de la Edad del Bronce.

Se sabe también de la existencia de dos crisoles (uno de ellos de forma esférica y relleno de material fundido), que están en paradero desconocido.

Pero no son sólo estos hallazgos arqueológicos, ligados a la minería más primitiva, los que podríamos destacar del Museo de la Escuela de Minas de Madrid. Existen, también, un mazo de piedra, procedente al parecer de una mina de hierro cercana a un castro prerromano de la provincia de Salamanca (de la Edad del Hierro II), o un kilix del siglo IV a.C. del Sur de España (Río Tinto o Murcia), de los que se sugiere que marcaban las vías de acceso y comercialización a los enclaves mineros que buscaban los comerciantes griegos en Hispania.

Posiblemente uno de los objetos arqueológicos más llamativos en el cesto minero romano, con cronología entre los siglos I a.C. al II d.C., de las **minas romanas de Mazarrón** (Murcia), donde la galena argentífera proporcionaba plata y plomo a los romanos y a sus predecesores cartagineses. Es una obra de espartería muy utilizada en la zona (conocida como *Campus spartario*), donde se construían con esparto cordajes, sogas, esportones y los cestos necesarios, así como gran parte de la indumentaria del minero. Piezas similares pueden ver en museos de Madrid, Barcelona, Oviedo, Murcia y Cartagena.

Las lucernas utilizadas para iluminar los trabajos en las minas subterráneas, antes de que lo hicieran las lámparas mineras, son igualmente vestigios encontrados en ámbitos mineros, de edad romana republicana, altoimperial o tardoromana. Todas ellas tienen un depósito para el combustible (normalmente aceite) y un pico o boquilla para sustentar la mecha. Muchas de las utilizadas en las minas del levante y sur peninsular son de barro, con factura muy tosca, poco decoradas.

De las minas de Río Tinto (Huelva) son los candiles medievales, que podemos considerar como una evolución técnica de los prototipos romanos, ahora con una piqueta larga que sustituye al pico de las lucernas romanas y con un asa de mayor tamaño. Era éste el elemento fundamental de iluminación de las minas subterráneas, formando parte del equipo individual de iluminación en los tajos, y del colectivo para alumbramiento de galerías, pozos y lugares de paso. Los existentes en este Museo, procedentes de las minas de Río Tinto (Huelva), son de edad Protocalifal (año 930 d.C.), Omeya (primer cuarto del siglo XI), Almorávide (1120-1130) y Almohade (1170-1190).

Fernando Jesús Galve Juan y Jesús Blasco Galve

Otro ejemplo a citar es el de la explotación minera de lignito negro "Barrabasa" de Endesa, que, en su avance hacia el Este, se encontraba en 1998 próxima a afectar al yacimiento arqueológico de El Cabo, asentado en el último tramo de la explotación, en un relieve estructural monoclinal o cuesta, en el término municipal de Andorra (Teruel).

Por dicha razón, Endesa llegó a un acuerdo con la Dirección General de Patrimonio del Gobierno de Aragón, por medio del cual la empresa financiaría la excavación completa del poblado y todos los trabajos necesarios para el estudio completo del yacimiento, y el Gobierno de Aragón concedería los permisos oportunos para la continuación de los trabajos de la explotación minera en esa zona concreta.

Al finalizar las excavaciones, y dado el interés, estado de conservación e importancia, de los restos arqueológicos que se fueron poniendo de manifiesto, el Ayuntamiento de Andorra llegó a un acuerdo con Endesa, previa autorización de la Dirección General de Patrimonio del Gobierno de Aragón, para que los restos arqueológicos más significativos y los elementos singulares que conformaban las antiguas estructuras del poblado ibérico, fueran desmontados y trasladados al monte San Macario. Cerro accesible e inmediato a Andorra, de especial significado para todos los andorranos, que ya disponía de ciertas infraestructuras turísticas, que podían verse realizadas por la reconstrucción en el mismo de dicho poblado ibérico.

La excavación arqueológica, llevada a cabo entre Diciembre de 1998 y julio de 1999, con la dirección de dos arqueólogos, ha sido única en Aragón: por ser completa y sistemática (para dejar totalmente libre la zona afectada por la corta); por disponer de todo tipo de avances tecnológicos (se realizaron multitud de análisis); y por haber contado con los mejores especialistas de cada ramo.

La plantilla de trabajo llegó a estar formada hasta por treinta personas, entre operarios y técnicos, distribuidos en diferentes equipos. Se realizaron trabajos de topografía y planimetría, dibujos en planta y alzados de muros, registro minucioso de todas las estructuras aparecidas mediante dibujos a escala 1:50, fotografías, diapositivas y grabaciones en vídeo profesional. Y, simultáneamente, todos los trabajos pertinentes de laboratorio, como lavado, siglado, e inventariado de materiales.

La excavación ha permitido delimitar y definir la configuración de este poblado y datarlo. Tiene una superficie de 1.200 metros cuadrados, y ha sido datado, mediante pruebas de C-14, en el siglo V a.C. (Ibérico Antiguo). Se adaptaba a la cuesta en que estaba situado, mediante dos aterrazamientos, presentando disposición de calle central en espolón, con 51 espacios; sendos torreones en sus extremos Este y Oeste y una muralla que protegía su flanco Sur. Se encontraron más de 40.000 restos arqueológicos, en su gran mayoría cerámicos. También se hallaron restos óseos y metálicos, casi todos ellos de bronce, como hebillas, fíbulas, agujas de coser, puntas de flecha, colgantes, anillos, pulseras, etc.

El proceso de traslado de las estructuras que componían el poblado se llevó a cabo, a cargo de Endesa, durante todo el mes de agosto de 1999, con la supervisión de arqueólogo director para garantizar la seguridad de todos los elementos arqueológicos. Todas las piezas líticas de interés (apoyos de poste, gorroneas, brancales, paredes, lajas de acceso etc.) fueron

convenientemente sigladas y embaladas.

La reconstrucción, llevada a cabo por el Ayuntamiento, se ha realizado de manera que el poblado conserve todas y cada una de las características principales del auténtico yacimiento, reproduciendo las dimensiones exactas y haciendo, que todas las piezas líticas de interés, se encuentren situadas y orientadas de igual manera que en su emplazamiento original. No obstante se han introducido mejoras ocultas, como cimentaciones de hormigón, drenajes, y conducciones eléctricas (para musealización).

En la actualidad, el poblado se encuentra totalmente reconstruido en planta, en la ladera del monte San Macario, y cuatro de sus espacios lo han sido también en alzado, ya que con toda la información recogida y la multitud de análisis realizados: polínicos, cerámicos, metalográficos, zoológicos, paleocarpológicos, etc., se han podido deducir los diferentes módulos de sus adobes (que así se han utilizado en la reconstrucción), sus techumbres (que se han realizado con maderos de pino de la zona, tallados toscamente con entrelazados de ramas de pino y enebro), sus entradas, sus cimentaciones etc.

Para completar el conjunto, se está construyendo, también con ayuda de Endesa, un Centro de Visitantes, que albergará los restos arqueológicos de valor encontrados en la excavación y el contenido museográfico, referido tanto al propio poblado como a los trabajos realizados para su excavación y reconstrucción.

De esta manera, la minería ha permitido realizar un proyecto de conservación único y nunca antes efectuado en España: la excavación, traslado y reconstrucción, en un emplazamiento diferente al original, de un poblado ibérico, para convertirse en un activo cultural, histórico y turístico de gran importancia, además de punto de estudio para especialistas en Protohistoria Peninsular.

Río Narcea Gold Mines, S.A.

Un buen ejemplo de aportación de la minería al mejor conocimiento arqueológico lo ofrecen las explotaciones mineras de Río Narcea Gold Mines, S.A., en Asturias y, de manera concreta, en un área de 200 Ha, definida por el polígono que, de forma aproximada, determinan, al Norte, el cauce del Reguero del Puente del Cura, próximo a la población de Begega; al Sur los núcleos de Boinás y Ferredal; al Este el Alto de la Cueva y al Oeste el arroyo Caúxa.

Dentro de este entorno se consideró zona de intervención arqueológica la que pudiera verse afectada por la puesta en marcha del proyecto minero, siendo objeto de estudio todos los bienes del patrimonio histórico, de acuerdo con la legislación vigente al inicio del proyecto (art.40.1 de la Ley 16/85 de Patrimonio Histórico Español), así como los considerados como Bienes Culturales en la legislación específica aprobada por el Principado de Asturias (Ley 1/2001 del Patrimonio Cultural).

En este contexto se ha intervenido en todas las construcciones que, por su especial interés etnográfico e histórico, se encuentran bajo protección de la Ley (hórreos y paneras), así como cuantas manifestaciones de la arquitectura popular pudiesen resultar afectadas por la ejecución del proyecto. Para ellas se recopiló cuanta documentación antigua inédita pudo ser obtenida, referente a la propiedad e intercambio histórico de fincas, inmuebles y bienes de distinta naturaleza. Encontrándose en elaboración el inventario arquitectónico, dentro del cual serán incluidas todas las construcciones que, por una u otra razón, pudiesen verse afectadas por la ejecución del proyecto minero.

En lo referente a inventario etnográfico, y siguiendo la recomendación de la Consejería de Cultura, Río Narcea Gold Mines inició la realización de un riguroso y detallado inventario de las construcciones anteriormente señaladas, en las zonas más intensamente afectadas por la probable puesta en explotación de las minas. El resultado fue un trabajo en el que se da cuenta de las nueve construcciones de este tipo existentes, entre el caserío de El Valle y Las Caolinas, entregado en la Consejería de Cultura en 1995.

Acompañando a este inventario, fue entregada la solicitud de desmonte y traslado de las construcciones, con el fin de disponer de plazos adecuados, que permitiesen seleccionar el destino idóneo para cada una de ellas, y garantizar, al tiempo, su adecuada y correcta manipulación.

Una vez finalizado el inventario-catálogo de hórreos y paneras, de las poblaciones de El Valle y Las Caolinas, la empresa consideró apropiado completar, el estudio y documentación de las construcciones existentes, con un inventario completo del resto de las que pudiesen verse afectadas por la puesta en marcha de la mina.

A partir de entonces se han documentado las construcciones existentes en la zona, realizando un extenso reportaje gráfico y elaborando una detallada planimetría de todos y cada uno de los edificios, en la que se representan las plantas y alzados más representativos.

En relación con el inventario arqueológico se han identificado diversos parajes, con evidencias de actividad extractiva de época romana, restos de infraestructura hidráulica auxiliar para el laboreo, y un centro de transformación metalúrgica. De forma sumaria se puede resaltar que el conjunto minero de Boinás comprende varias labores mineras antiguas, localizadas entre esta población y la de Begega en su límite septentrional. Los trabajos se extienden sobre una superficie aproximada de 100 Ha, comprendiendo tres núcleos principales de explotación, un centro metalúrgico y un pequeño castro, vinculado probablemente con el beneficio de la mina.

Inventario de elementos arqueológicos

Los frentes de explotación

Las tareas extractivas se distribuyen, básicamente, en torno a tres núcleos: El Valle, Boinás Oeste y Boinás Este, denominación también utilizada para designar los yacimientos auríferos explotados en la actualidad por Río Narcea Gold Mines, y entre los que se produce una significativa superposición.

En El Valle el beneficio minero se concentró de forma particular en torno al tramo inicial del valle, en el nacimiento del arroyo del Regueral, bajo el arranque de la hombrera donde se asienta el pueblo de Begega. A lo largo de unos 500 m., distribuidos entre las cotas 525 y 625, pueden observarse, especialmente sobre la ladera oriental y fondo de valle, los efectos que la excavación y arrastre de tierras originaron sobre su topografía original.

En Boinás Oeste las evidencias de laboreo minero antiguo presentan morfología sencilla, de suave depresión modelada a modo de concha, y repetida varias veces sobre la ladera, entre las cotas 325 y 525. Se han observado también trabajos de reexcavación y ensanche, sobre el cauce del arroyo conocido como La Cárcaba.

En Boinás Este los trabajos reconocidos se localizan al pie de los acantilados de caliza, situados al NW del pueblo del Ferredal. Se trata, básicamente, de un reducido número de amplias zanjas-canal (3 o tal vez 4), de perfiles muy suaves, que discurren al pie de las paredes calizas y "barren" su base hasta alcanzar el fondo de valle, bajo los escarpes de Peña Aguda.

Los datos disponibles referentes al laboreo subterráneo, aunque relativamente frecuentes, son mucho más imprecisos: galerías de corto desarrollo y vaciados muy localizados. En todo caso informaciones siempre referidas a pequeñas labores, de extensión muy limitada y cronología incierta.

Red hidráulica auxiliar

El caudal de agua exigido, en el antiguo laboreo de las minas, representaba un factor fundamental en el desarrollo adecuado de las tareas de desmonte, arrastre y lavado de los materiales extraídos. Para asegurar el suministro suficiente, los romanos diseñaron una compleja red hidráulica auxiliar, con captación de recursos en las cotas más elevadas, excavación de depósitos (*piscinae* o *stagna*), canales de distribución (*corrugi*) y canales de explotación (*emissaria*).

Las minas de Boinás fueron abastecidas a partir de tres puntos de captación diferentes, con los que se estableció, en función de la proximidad y capacidad de suministro, un grado de dependencia variable. El resultado fue la definición de una red hidráulica jerarquizada que contaba, en el paraje conocido por Alto de la Cueva, con el principal complejo de contención y distribución hidráulica del conjunto minero. En este lugar se localizó el depósito principal, del que se nutrieron las canalizaciones básicas de distribución, a las cuales se subordinaba el resto de conducciones catalogadas. El reconocimiento de estos elementos tan sólo ha podido ser realizado de forma muy fragmentaria.

Mucho más complicado ha resultado intentar reconstruir el trazado del abastecimiento de agua en los sectores Boinás Este y Boinás Oeste. Ambos comparten con El Valle su dependencia del agua procedente del Alto de la Cueva, canalizado mediante sendas conducciones, que salvan el espolón bajo el cual se abren las explotaciones, rodeando su cumbre por las vertientes septentrionales. Es posible que existiesen aportes menores, procedentes de la Sierra del Arcello, canalizaciones recurrentemente citadas en la bibliografía, aunque de tan incierto trazado como de discutible relevancia en el conjunto de las minas.

Depósitos de capacidad muy variable recogían, sobre los frentes mineros, las aguas procedentes de la montaña, reconduciendo el caudal hacia los frentes de laboreo. Indicios de, al menos, dos de estas estructuras han sido reconocidos en el sector occidental de Boinás.

El seguimiento y excavación de los tramos considerados más significativos, de las canalizaciones afectadas por la explotación moderna, ha ofrecido resultados muy similares en la totalidad de intervenciones. Su estratigrafía, simple y monótona, ha mostrado estructuras de factura muy sencilla, consistentes en la excavación sobre materiales terciarios de una pequeña cubeta, con sección semicircular, ligeramente cubierta en su base de material arcilloso y colmatada de tierra vegetal, hasta su nivelación con el resto del terreno.

Centro metalúrgico

En el centro geográfico del conjunto minero se extienden las fincas denominadas Las Escorias. Sobre la superficie, algo inferior a 1 hectárea, afloran llamativamente restos de fundición que justifican su topónimo. Aunque por el momento tan sólo se han realizado algunos sondeos muy localizados, su exploración ha aportado ya datos de gran interés.

El equipo de arqueólogos ha excavado unos 100 m², donde han podido ser reconocidas algunas paredes, potentes niveles de escorias sobre superficies sometidas a la intensa acción del fuego, y canalizaciones asociadas. Si bien es cierto que las reducidas dimensiones, del espacio descubierto, no permiten alcanzar una comprensión fiable del establecimiento, esta carencia se ve compensada con la aparición de materiales que, aunque recuperados en número muy reducido, poseen gran significación arqueológica.

Poblados

Varias referencias toponímicas sugerían, al inicio de las actividades arqueológicas en el proyecto Boinás, la posible existencia de núcleos de población asociados a la explotación de las minas en época antigua. Eran estos los lugares de Peña Aguda y El Castiello, ambos en Boinás y el barrio de El Castro, en el pueblo de El Valle. Los sondeos abiertos sobre el Castiello y El Castro pusieron de manifiesto la inexistencia de restos arqueológicos en ninguno de los dos parajes. Por tanto, las evidencias de poblados quedan limitadas, en términos de máxima proximidad, al asentamiento de Peña Aguda, pequeño castro del que, por el momento, no se posee referencia arqueológica alguna.

Estado de conservación previo al inicio del proyecto

Al inicio del proyecto tanto los frentes de explotación minera, como los diferentes elementos identificados de la red hidráulica auxiliar, construidos para su laboreo, se encontraban seriamente alterados, resultando, por lo general, de muy difícil reconocimiento. Los depósitos fueron arrasados con el amansamiento de las fincas, restando tan sólo leves indicios de su presencia, perceptibles en cambios estacionales del color de la vegetación cubriente. Los canales

ofrecen un estado aún más precario. Su recorrido ha sido reconocido de forma fragmentaria, conservando, en los casos mejor documentados, una profundidad nunca inferior a los 30 cm. Fueron también muy afectados por la roturación secular de los terrenos, y la superposición del viario tradicional. Los trabajos de extracción y exploración minera se han visto afectados, en la mayor parte de los casos, por los mismos factores arriba expuestos.

En síntesis se puede afirmar que el conjunto minero representa un paisaje residual de la actividad minera romana, irremediadamente alterado por la actuación antrópica tradicional en la zona.

Impacto sobre los bienes arqueológicos y medidas correctoras

Con independencia del resultado administrativo que arrojen los estudios medioambientales, en proceso de tramitación, fundamentalmente el que aborda la construcción de la escombrera Norte en El Valle, la puesta en marcha del complejo minero afecta, en diferente grado, a varios de los elementos descritos anteriormente. Pudiéndose decir que, con excepción del sector de El Valle, donde la explotación se extiende al Sur del principal núcleo minero romano, el resto de elementos correspondientes al laboreo antiguo están comprendidos dentro del área de afección, manteniéndose fuera del perímetro de actividad minera el poblado fortificado de Peña Aguda.

Por ello se han implementado una serie de medidas correctoras, con el fin de minimizar los efectos negativos que la ejecución de proyecto minero (inicialmente en su fase de sondeos y posteriormente durante la explotación), pudiese suponer sobre los bienes del patrimonio cultural de Asturias, dispersos en el área de afección. Para ello se definió, en coordinación con el Servicio de Patrimonio Histórico de la Consejería de Cultura del Principado de Asturias, un plan de intervención con los siguientes objetivos generales:

- ↳ Catalogar el Patrimonio Cultural existente, con el fin de minimizar los efectos que la campaña de sondeos y, posteriormente, la explotación minera pudiesen originar.
- ↳ Estudiar, excavar y, en su caso, restaurar y trasladar los restos que pudiesen verse directamente afectados por la ejecución del proyecto, incluyendo los frentes de explotación de época romana e infraestructura hidráulica auxiliar.
- ↳ Rescatar cuantos elementos pudiesen ser susceptibles de traslado y/o reutilización (hórreos y paneras, palacio, retablo del siglo XVIII, diverso material etnográfico cedido a museos, etc.)
- ↳ Documentar con mucho detalle cuantas actividades e intervenciones se realicen.
- ↳ Promocionar e informar acerca del proyecto así como de los resultados obtenidos, en publicaciones especializadas.
- ↳ Promocionar y difundir la zona mediante creación de un museo, dedicado a la minería del oro, cuyo discurso podría verse completado con la puesta en valor (señalización, limpieza, excavación y, tal vez, reutilización) del patrimonio arqueológico minero existente.

Todo ello se ha encuadrado en una estrategia general de intervención, dando prioridad absoluta, desde el comienzo, a evitar que la actividad minera pudiese significar la destrucción o alteración de elementos del patrimonio cultural, sin su previo estudio y documentación. A tal fin se definió un modelo de actuación que permitiese intervenir al equipo arqueológico, con suficiente antelación, evitando actuaciones arqueológicas condicionadas por el calendario de la actividad industrial.

Finalmente, el procedimiento general de seguimiento y vigilancia, en orden cronológico, se puede resumir en las siguientes actuaciones:

- ↳ Inventario arqueológico.
- ↳ Inventario de hórreos y paneras.
- ↳ Gestión de los permisos necesarios para el traslado de hórreos y paneras.
- ↳ Inventario arquitectónico.

- ↪ Seguimiento y asesoramiento arqueológico durante la campaña de investigación geológica y sondeos.
- ↪ Vaciado y copia de la documentación particular disponible entre los vecinos del área de implantación minera.
- ↪ Traslado y donación, a diversas entidades museísticas, de los bienes de interés susceptibles de ser rescatados.
- ↪ Control de los trabajos de derribo de construcciones, con selección de materiales de interés para su posible reutilización.
- ↪ Realización de sondeos y excavaciones arqueológicas, para comprobar el potencial arqueológico de diversos puntos del complejo minero.
- ↪ Excavación de toda estructura arqueológica afectada por la puesta en marcha de la mina.
- ↪ Elaboración de los anexos requeridos acerca del patrimonio cultural, para los Estudios de Impacto Ambiental necesarios en la ampliación del área de actividad minera.

Gonzalo García García

Un buen ejemplo de aportación arqueológica lo podemos encontrar también en las explotaciones de bentonita, que realiza la empresa minera Tolsa, S.A. en Cabañas de la Sagra (Toledo), en el paraje "Los Pozuelos", donde en julio de 1997 se descubrieron los restos de una necrópolis medieval o tardo-romana (García García, 2004).

Paralizados inicialmente los trabajos de extracción, para facilitar la caracterización arqueológica del descubrimiento, se inició el estudio y excavación por parte de un equipo de arqueólogos y, en agosto de 1997, se reanudaron los trabajos bajo un Proyecto de Control Arqueológico, compaginado con las labores mineras, con la aprobación de la Consejería de Cultura de la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha.

En este entorno, la intensa actividad agrícola de la zona ha degradado mucho cualquier posible resto arqueológico, siendo común la presencia de restos cerámicos en toda la superficie (García Zamorano, 1997 y 2002). Sin embargo, la remoción del suelo vegetal en las áreas para explotar, puso de manifiesto la presencia de hasta 30 estructuras, que fueron investigadas, una por una, con todo detalle, durante los veranos de 1997 y 1998.

Las estructuras son de dos tipos, enterramientos (necrópolis) y fondos de silos o ceniceros, con desigual estado de conservación y abundancia de restos. Todas ellas están construidas por encima de la capa aprovechable de bentonita, en un horizonte calcáreo y con profundidad variable. Se documentó cada una de las estructuras, con los equipos de la mina a disposición de los arqueólogos, compatibilizando de nuevo la actividad minera con la preservación del Patrimonio.

Juan Luis Delgado Fernández

Otro ejemplo, entre muchos, que corresponde a esos parámetros indicados, es el que se ha producido en relación con la explotación del yacimiento de lignito pardo, que realiza Lignitos de Meirama S. A., desde el año 1980, en el valle de Meirama, perteneciente al ayuntamiento de Cerceda, a unos 25 Km al sur de la ciudad de La Coruña.

Los taludes de la explotación, especialmente el NO, excavado en granito, evidenciaron casi desde el comienzo serios problemas de estabilidad (rotura por vuelco de grandes bloques), apareciendo los primeros deslizamientos importante en el año 1986, continuando hasta la fecha, si bien se han aminorado de manera muy importante, gracias al relleno de una zona de la corta y a la eficacia de la red perimetral de sondeos de drenaje, de más de 200 m de profundidad, que rebajaron el nivel freático, disminuyendo la presión hidrostática sobre los taludes.

Esta inestabilidad ha dado lugar a importantes actuaciones en la geometría del yacimiento, acometidas durante varios años, realizándose sucesivos retranqueos de la corta, para disminuir el ángulo de inclinación general del talud.

Estos retranqueos sucesivos fueron ampliando el contorno de la corta, que se aproximó muy preocupantemente a la aldea de Gontón, afectándola de manera drástica, ya que se llegó a encontrar prácticamente en el borde de este talud y afectada de importantes daños en los edificios.

La consecuencia de esta afección a la aldea fue el necesario traslado de la población a las vecinas localidades de Carral, Cerceda, Órdenes,... tras indemnización y compra de las viviendas.

Una de las actividades desarrolladas fue el traslado de la Iglesia de San Román de Encorvas, en el centro de la citada aldea de Montón, junto con otro edificio próximo, recogidos ambos en el Inventario histórico-artístico de la Xunta de Galicia.

Lignitos de Meirama, S.A., propietaria del yacimiento, acometió el traslado de dichos edificios y, dada la importancia de la Iglesia, encargó un completo estudio arqueológico de todo el asentamiento donde se ubicaba.

Podemos destacar que se trata de una iglesia de una sola nave y ábside rectangular, cuya fábrica original se sitúa a finales del siglo XII, siendo objeto de reformas en 1720 en las que se produce un aumento de las dimensiones de la planta primitiva. En el 1949-1950 se data otro momento de reformas, que afectaron fundamentalmente a la fachada Oeste, aumentando la longitud total de la iglesia, así como a la cubrición del edificio, cuya bóveda de cañón, ya en ruinas, fue sustituida por otra de ladrillo.

La excavación de la base de las estructuras románicas, de la cabecera de la iglesia, supuso el descubrimiento de un nivel de tumbas antropomórficas, excavadas en la roca, dispuestas bajo los restos del antiguo ábside semicircular.

El estudio de la cimentación de la Iglesia dejó al descubierto múltiples tumbas, excavadas en la roca, alguna de las cuales presentaban factura antropomorfa, destacando por conservación una tumba cubierta por tégulas, dispuesta frente al presbiterio románico.

El entorno de la iglesia, utilizado como necrópolis asociada al edificio, presentaba una ocupación funeraria exhaustiva, no presentando prácticamente ninguna zona libre de enterramientos.

Por debajo de un nivel de inhumaciones post-barrocas (siglos XVIII al XX), realizadas mediante fosas abiertas en la tierra, aparece la necrópolis medieval, atribuible a las fases románica y gótica del edificio.

Como consecuencia del alto nivel de ocupación, ya comentado, son frecuentes las intrusiones de unas tumbas en otras más antiguas, así como reutilizaciones (.

Este estudio es un ejemplo más de la preocupación de las empresas mineras por el entorno que les rodea, que da lugar a una inmersión en la realidad social de la comarca, abarcando aspectos muy dispares como, en este caso, el aporte al conocimiento de la historia de la comarca, merced a este completo estudio arqueológico.

3.11 Etnología

La conservación de reliquias del pasado minero tiene muchas veces interés etnológico, en tanto en cuanto permite estudiar las razones de las costumbres y tradiciones de los pueblos.

Katia Hueso Kortekaas

3.12 Espeleología

Rafael Fernández Rubio

Con mayor frecuencia de la que el ciudadano conoce, la minería ha permitido el descubrimiento de cavidades subterráneas naturales, interceptadas por las labores mineras.

Así, por ejemplo, Fernández Ortega y Valls Uriol (2004), al abordar las minas y cavernas del Macizo Oriental de Picos de Europa (Cantabria), presentan varios hallazgos de cavidades a través de explotaciones mineras: *“a unos pocos metros del casetón (se refieren a la denominada Casa Blanca) se abren sendos sistemas subterráneos importantes: Mazarrasa (-318 m) y Ramazosa (-313 m). Un poco más al suroeste, en las Vegas de Andara, varias entradas a las minas, ... nos llevan a otras tantas cavidades de desarrollo predominantemente vertical”*. Para decir a continuación: *“Las bocaminas de Sara nos trasladan a un complejo laberinto de galerías artificiales, desarrolladas a varios niveles, que han intersectado en diversos puntos a un inmenso abismo, pozo de los Culebrones de 281 m de caída y de esta manera a la cavidad natural, de 4.000 metros de desarrollo horizontal y 591 de profundidad.”*

Igualmente se refieren a la intercepción de cavidades naturales en las minas de Udías (Cantabria), destacando la cueva del Rescaño y *“el gigantesco cavernamiento al que se accede por la mítica mina Dolores.”*

Pero, por encima de todas las cavidades descubiertas a través de la minería, los máximos honores corresponden a la cueva de El Soplao (Cantabria), cuya descripción dejamos en la pluma de quienes mejor la han sabido dar a conocer: Fernández Ortega y Valls Uriol.

Francisco Fernández Ortega y María del Carmen Valls Uriol

El Cretácico Inferior de la cordillera Cantábrica está formado por una extraordinaria acumulación de bancos de calizas arrecifales y dolomías, que alternan con margas, areniscas y arcillas. Las dolomías son de origen secundario, es decir, formadas a partir de sustituciones de iones Ca^{++} por iones Mg^{++} , en el sedimento carbonatado original. El fondo marino, en el que se produjo este intercambio, debía ser rico en magnesio, seguramente procedente de rocas del Triásico, y concretamente del Keuper.

Esta sustitución implica la creación de huecos en la roca (hasta un 4,5% de volumen), ya que el magnesio es un elemento de radio menor que el calcio. Esta circunstancia posibilitó la circulación de fluidos hidrotermales ricos en zinc y plomo, a través de las dolomías, que depositaron en los espacios vacíos su carga metálica, en forma de sulfuros, dando lugar a importantes yacimientos de blenda y galena.

Desde 1856 el hombre se benefició de estos criaderos, dando lugar a una de las mayores minas de Europa, la **mina de Reocín**. Pero aquí nos interesa destacar otras explotaciones menores del entorno, como es el caso de las **minas de La Florida y Udías** (todas ellas en Cantabria), donde las labores mineras permitieron descubrir extraordinarias cavidades naturales.

En este contexto es de destacar que, cuando se produce la intercepción de una cavidad natural por una galería minera, se establece una fuerte corriente de aire fresco sobre las labores (termocirculación), lo que en el argot minero se denomina *“soplao”*.

La primera referencia de labores en las minas de La Florida data del 11 de noviembre de 1857, ya que se conserva un documento en el que la reina Doña Isabel II concede la explotación de la mina de La Isidra a la Compagnie des Mines et Fonderies de la Provincia de Santander que, además, tenía otros permisos de explotación en las cercanas Udías y Comillas (Venta La Vega).

La Real Compañía Asturiana de Minas, de origen belga, que beneficiaba en sus

proximidades al mayor de los yacimientos: la mina de Reocín, absorbió en 1885 a la primera sociedad que trabajó en La Florida. Y fue a principios del siglo XX cuando en las **minas de La Florida** se descubrió una extraordinaria cavidad, hermética e inaccesible hasta entonces, que con posterioridad sería bautizada como **El Soplao**. Algunos tramos de la cavidad natural fueron utilizados como galerías de transporte, o para unir diferentes poblados mineros en el exterior. En 1932, coincidiendo con la gran crisis económica mundial, cerraron estas minas, que permanecerían inactivas hasta 1948, fecha en la que se dio un enorme impulso a su explotación hasta su clausura definitiva, en 1978.

En el año 2003 el Gobierno de Cantabria, a través de su Consejería de Cultura Turismo y Deporte, tras un periodo de abandonado de mina y cueva, decidió acondicionar, con fines turísticos, esta zona del subsuelo de Cantabria, efectuando obras en algunas de las antiguas galerías mineras y, sobre todo, en 1.500 metros, de los casi 13.000 de la cueva de El Soplao. El 1 de julio de 2005 se inauguraron las obras que hoy permiten conocer, a todos, una de las obras más maravillosas que la Naturaleza nos ha regalado: la cueva que es considerada como la más bella del mundo. Cavidad que no se hubiera descubierto si no hubiese sido por la minería.

Pero, además, hay que resaltar que, en contra de lo que pudiera imaginarse, las labores mineras que afectaron a la cueva, no afearon la cavidad natural. Por el contrario, es asombroso y digno de destacar que los mineros cuidaron con esmero este mundo misterioso, respetando la cavidad, de tal manera que, a tan solo centímetros de los caminos que el hombre labró, en la caverna, es posible contemplar hoy sus maravillosas y delicadas formaciones.

El cierre hermético en el que se conservó esta caverna, con una atmósfera estable, a lo largo de largos periodos geológicos, se ha visto enriquecido por la mina, que ha propiciado la generación masiva de excéntricas de gran belleza

Es así que El Soplao, cavidad atípica, desarrollada casi en su totalidad en areniscas, es ahora una cueva segura, desde el punto de vista de su conservación medioambiental, y es un auténtico laboratorio natural que servirá, además de para deleitarnos con sus maravillas, para estudiar las condiciones que propician la génesis de tantos y tan variados espeleotemas.

Aunque la cueva de El Soplao goza en la actualidad de una merecida fama, en Cantabria existe otro gran cavernamiento natural descubierto a partir de labores mineras. Las laderas orientales del polje de Udías están hendidas por galerías mineras que han intersectado en varios puntos a la cueva del Rescaño, con más de 15 kilómetros de galerías naturales.

En este caso el descubrimiento de la cueva tiene una fecha concreta: el 1 de febrero de 1912 el capataz de la Real Compañía Asturiana de Minas, Rafael Lecuna, trabajando en la **mina de Seldelhaya**, localizó una sima con fuerte corriente de aire. Una vez descendido el pozo, mediante un torno, se constató la existencia de una gran galería, por la que circulaba un río. Lecuna enseñó el descubrimiento al geólogo francés L. Menguad, quien describió el hallazgo en su libro "*Recherches Geologiques dans la Region Cantabrique*", editado en París en 1920. Con posterioridad se han encontrado dos bocas naturales de acceso a esta cavidad, una de ellas, en el año 2006, en forma de sima (torca de la Luna Llena) y la otra el sumidero (cueva del Rescaño). En este último desaparece el arroyo de Suvia, que circula por el fondo del polje de Udías hasta que se introduce en la montaña, para reconducir sus aguas hacia el mar (un polje es una depresión kárstica cerrada, subhorizontal, de considerables dimensiones).

Es así que la cueva del Rescaño constituye el eje del drenaje de estas aguas, que surgen en la cueva de La Presa, próxima a Novales, donde un sencillo estanque artificial sirve para tomar el agua que, una vez depurada, se consume en esta población. No obstante, la entrada a la cueva del Rescaño por las bocas naturales es compleja, bien por hacerse necesario el uso de la cuerda para salvar verticales, o por tener que utilizar el bote neumático para circular por el río. De manera que las cómodas entradas por mina permiten al espeleólogo descubrir la belleza de esta magnífica cavidad que, como El Soplao, aparece maravillosamente concrecionada en muchos puntos.

Pero no son estas las únicas cavidades descubiertas por la minería del zinc-plomo. En el límite occidental de Vizcaya, en el valle de Carranza, existen al menos otras dos de estas asociaciones. En la **mina Txomin** las labores mineras descubrieron numerosos “soplaos”, en forma de profundos abismos, que descienden incluso por debajo de los 300 metros de profundidad. Entre todas estas simas destaca la catalogada como Txomin IV, en cuyo fondo se encuentra la sala Blanca, magníficamente concrecionada.

La **mina Ángela**, recientemente habilitada por el ayuntamiento de Carranza, para su visita turística, también permitió el descubrimiento de varios “soplaos”, de muy sencillo acceso y, como no, preciosamente adornados por multitud de formaciones.

3.13 Biología

Gobain Ovejero Zapino

Las minas subterráneas abandonadas suelen ofrecer biotopos especiales para ciertas especies con la ventaja de que, al contrario que las cuevas naturales, exploradas por los espeleólogos, las labores mineras no suelen recibir visitas humanas, o estas son muy selectivas. Además hay que destacar que algunos de estos huecos y pasadizos subterráneos son centenarios o milenarios, y han ofrecido condiciones estables y seguras para una fauna diversa.

María Pilar Orche Amaré, Sergio García-Dils de la Vega y Enrique Orche García

En este sentido hay que hacer una referencia especial a los murciélagos, que forman el grupo de mamíferos más diverso de la Península Ibérica, contando con 25 especies.

En su ciclo vital los murciélagos pasan anualmente por un período de hibernación, que generalmente se realiza en cavidades naturales o artificiales, en las que la temperatura permanece constante y la humedad muy alta. Cuando llegan los rigores del invierno y el alimento escasea, estos mamíferos se refugian en dichos lugares, entrando en un estado de letargo. Al hibernar, su temperatura corporal, su frecuencia cardíaca y su ritmo de respiración disminuyen drásticamente, por lo que la actividad metabólica desciende a niveles muy bajos, y el consumo energético se reduce al mínimo. A pesar de que el letargo es regulado por el propio animal, que tiene la capacidad de despertarse ante la amenaza de un peligro, o un cambio en las condiciones meteorológicas, se trata de una etapa crítica en su ciclo vital. La hibernación, por tanto, no tiene por qué ser ininterrumpida; los murciélagos pueden dejar de dormir, y dirigirse a otro lugar dentro del mismo habitáculo en que hibernan, o moverse hacia otro emplazamiento. Sin embargo, el hecho de despertarse supone un incremento de su metabolismo que, a su vez, conlleva mayor consumo de reservas energéticas, las cuales podrían agotarse antes de la llegada de la primavera, provocándoles la muerte por inanición.

Por tanto, debido a que ese estado de letargo les hace muy sensibles, vulnerables y exigentes con las condiciones microclimáticas de sus refugios, no es de extrañar que gran número de especies de quirópteros opte por cobijarse en cuevas y minas subterráneas abandonadas, para pasar su etapa de letargo anual, hasta el punto de ser denominadas genéricamente cavernícolas. En lo que respecta específicamente a las minas, los murciélagos han encontrado en su interior las condiciones idóneas para la hibernación (de noviembre a marzo) y, por ello, tradicionalmente han sido ocupadas por colonias formadas por numerosos individuos.

Es así que la conservación de los murciélagos cavernícolas depende de diversos factores, frente a los que son extremadamente sensibles. En particular, los quirópteros se caracterizan por lo siguiente:

- ↳ Sus parámetros demográficos son muy desfavorables, ya que tienen una baja tasa de natalidad (una sola cría al año) y una prolongada longevidad (algunas especies tienen una esperanza de vida de 10 a 20 años).

- ↪ Dependen fuertemente de la existencia de refugios diurnos, hasta el punto que la presencia y abundancia de estas especies está limitada por la disponibilidad de estos refugios. A esto hay que unir que los refugios subterráneos son un recurso limitado y no renovable, que hasta hace poco estaban vetados a los hombres, pero que ahora están sometidos a una creciente presión humana.
- ↪ Apenas toleran las molestias producidas por los humanos, especialmente durante la reproducción y la hibernación; de producirse dichas molestias, con frecuencia repercuten en una elevada mortandad.
- ↪ Son muy gregarios, agrupándose en colonias que constan de decenas a varios millares de individuos, dependiendo de las especies.

Al tener los murciélagos unos condicionantes vitales tan estrictos, queda patente la extrema importancia, para su supervivencia, de la disponibilidad de lugares que les sirvan como refugio, durante las distintas fases de su ciclo vital, así como las negativas repercusiones, de cualquier alteración de dichos refugios, en los individuos de la colonia.

En el interior de las cuevas, y de las minas subterráneas abandonadas, estos mamíferos encuentran las condiciones óptimas para hibernar ya que, por lo general, son lugares tranquilos y de difícil acceso; con condiciones ambientales favorables, que les protegen ante los depredadores. Además, poseen un microclima estable, a lo largo de todas las estaciones del año, caracterizado por temperatura constante y elevada humedad relativa. Por ello, estos ambientes subterráneos han sido tradicionalmente colonizados por los quirópteros, que llegan a congregarse en infinidad de individuos en ellos.

En las últimas décadas se han detectado descensos poblacionales, generalizados, en las colonias europeas de murciélagos, algunos de carácter catastrófico, sobre todo en las de hábitos cavernícolas. Por este motivo, no es de extrañar que, en todos los países europeos, los murciélagos estén legalmente protegidos y que esta preocupación se encuentre recogida en numerosas normativas internacionales. Así, en la Directiva de Hábitats (Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres), la Unión Europea recomienda designar zonas especiales de conservación para 41 especies de mamíferos españoles, 11 de las cuales son murciélagos. De éstas, 9 son estrictamente cavernícolas y las otras dos utilizan las cavidades subterráneas frecuentemente. Asimismo, por lo que respecta a España, desde la publicación del Real Decreto 439/1990, de 30 de marzo, por el que se regula el catálogo nacional de especies amenazadas, que a su vez emana de la Ley 4/1989, de 27 de marzo, de conservación de los espacios naturales y de la flora y fauna silvestres, las 27 especies diferentes de quirópteros, que viven en España, han estado incluidas en la categoría "de interés especial", que contempla a aquellas especies que, sin estar clasificadas como "en peligro de extinción", sean merecedoras de una atención particular, en función de su valor científico, ecológico y/o cultural.

Los expertos han estudiado las causas de esta elevada mortandad. Sus conclusiones han sido unánimes, y se pueden resumir en:

- ↪ persecución directa por el hombre,
- ↪ perturbaciones producidas por intrusos en los lugares en que se cobijan (cuevas y minas),
- ↪ pérdida de su hábitat, especialmente de sus refugios de cría e hibernación, y
- ↪ empleo de biocidas en la lucha química contra los insectos.

Por consiguiente, una de las causas de mortandad es la pérdida de sus refugios, entendida bien como la destrucción de los mismos, bien como la influencia desfavorable en las condiciones que afectan al asentamiento de los murciélagos en ellos. Los quirópteros dependen mucho de la existencia de dichos refugios, hasta el punto de que la presencia y abundancia de estas especies está condicionada por la disponibilidad de aquellos. Así pues, una de las principales actividades a realizar, para asegurar la supervivencia de estos enigmáticos mamíferos, es la conservación de los refugios existentes y la creación de otros nuevos.

La mayoría de las especies de murciélagos que pueblan la Península Ibérica viven en cuevas. Sin embargo, en aquellas regiones en que escasean las rocas carbonatadas, en las que predominantemente se forman las cavernas, como ocurre en Galicia, las minas subterráneas abandonadas constituyen su refugio principal. Al menos para 13, de las 19 especies de tales mamíferos presentes en dicha Comunidad Autónoma, estos refugios sustitutivos resultan imprescindibles, y de importancia vital para su supervivencia: Es así que ocupan las labores mineras subterráneas abandonadas, en distintos periodos del año, aunque muy especialmente en invierno, su época más vulnerable, para pasar su hibernación anual (de noviembre a marzo).

A título ilustrativo en la Tabla 5 se presenta la relación de las trece especies de murciélagos cavernícolas que habitan en Galicia, indicando el porcentaje de sus refugios conocidos que se encuentra en minas abandonadas.

Especie de murciélago cavernícola gallego	Refugios conocidos en minas subterráneas abandonadas en Galicia
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	80 % de sus refugios de invernada
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Casi 100 % de sus refugios de invernada
<i>Rhinolophus euryale</i>	80 % de sus refugios de invernada
<i>Myotis daubentonii</i>	Al menos 50 % de sus refugios
<i>Myotis nattereri</i>	80 % de sus refugios de invernada
<i>Myotis bechsteinii</i>	Único refugio en una galería subterránea
<i>Myotis myotis</i>	90 % de sus refugios de cópula
<i>Plecotus austriacus</i>	50 % de sus refugios
<i>Myotis blythi</i>	Únicamente localizado en una mina
<i>Myotis emarginatus</i>	Sin datos cuantificados
<i>Plecotus auritus</i>	En invierno busca refugio en las grietas de cuevas y minas que ocupa regularmente
<i>Barbastella barbastellus</i>	Muy fiel a sus refugios invernales en cuevas y minas
<i>Miniopterus schreibersi</i>	Sin datos cuantificados Muy fiel a sus refugios invernales en cuevas y minas

Tabla 5. Porcentaje de refugios conocidos de los murciélagos cavernícolas que habitan en Galicia.

A la vista de estos porcentajes, se deduce que la dependencia de los murciélagos de Galicia, de las minas subterráneas, es crítica para la conservación de este mamífero, cumpliendo estos huecos una impagable misión protectora de dicha fauna, más allá de su potencial importancia como elemento patrimonial técnico, cultural o natural. De la conservación futura de las minas abandonadas va a depender, en gran medida, la supervivencia de los murciélagos, aunque ciertamente deben mantenerse en condiciones compatibles con el hábitat de éstos.

Varios peligros se ciernen sobre esta relación tan beneficiosa para los murciélagos. En primer lugar, el sellado de las labores mineras, por motivos de seguridad pública, está destruyendo rápidamente sus refugios, sobre todo de aquellos quirópteros que, como los que habitan en Galicia, apenas tienen opciones para encontrar huecos alternativos. Las paredes de obra, que se construyen como barrera para las personas, impiden también la entrada o salida de los murciélagos en la mina. De esta forma, la mayoría de estos mamíferos muere, al quedar atrapados dentro de la labor minera, o por no poder entrar a sus antiguos refugios y no disponer de otros adecuados.

Un segundo problema está causado por la cada vez mayor presencia humana, en minas subterráneas abandonadas, por: turismo, buscadores de minerales, reconocimientos que complementan la docencia impartida en las aulas, etc. Lamentablemente, si la mina alberga una colonia de murciélagos, la entrada de grupos de personas en ella producirá continuas molestias a los animales, interfiriendo en su ritmo de vida, lo que puede llegar a hacerles desaparecer de los refugios que ocupan.

Así pues, la presencia de los murciélagos en Galicia depende de esa minería subterránea abandonada; y su supervivencia futura está condicionada, en gran medida, por la conservación de las minas subterráneas. Todo ello incrementa el valor de estos lugares, que forman parte del patrimonio minero subterráneo, sin olvidar que se trata de un recurso limitado y no renovable. Es por tanto necesario conservar estas minas abandonadas, evitando su cierre al tránsito de los murciélagos, y preservando en ellas determinados espacios para que las personas puedan disfrutarlas.

En este sentido cabe, por una parte, en las labores mineras subterráneas con claro interés patrimonial, que vayan a ser abiertas al público, habilitar sectores para el turismo, reservando otros sólo para los murciélagos, como ya se ha hecho en algunas cuevas turísticas.

Por otra parte, las minas carentes de interés y de todo uso, una vez clausuradas, pueden tener aprovechamiento muy beneficioso para los murciélagos y a muy bajo coste. Así, se pueden acometer las operaciones que se consideren necesarias para la seguridad del entorno y, a la hora de impedir el acceso, utilizar una puerta de barrotes, permeable al paso de los murciélagos, pero controlada para el acceso a las personas.

Katia Hueso Kortekaas

El hábitat de las salinas

Interesantes son también, como hábitat derivado de la minería, las salinas que constituyen una minería clásica que aporta ese elemento esencial para la supervivencia y único mineral comestible., que es la sal.

Antes de describir este hábitat conviene recordar que, si bien todos los organismos precisamos de cierta cantidad de sodio, potasio o cloro, para mantener corrientes eléctricas en el metabolismo, el corazón, etc., la presencia de sal en concentraciones elevadas, en el medio, impone en los seres vivos condiciones fisiológicas extremas, que requieren de adaptaciones específicas para la supervivencia. Un organismo que vive en altas concentraciones de sal deberá mantener el exceso de la misma fuera de sus células para sobrevivir. Si no lo hace, las altas

concentraciones de sal, en el exterior de las células, obligan a igualar el equilibrio osmótico dentro de ellas, haciéndolas perder su contenido en agua, pudiendo llegar a secarse.

A pesar de estas dificultades, las salinas son hábitat biológicamente diversos y su riqueza no sólo está en la abundancia de especies, sino en su rareza y fragilidad. El entorno salino hace que estas especies dediquen muchos de sus recursos a sobrevivir en condiciones de hipersalinidad, por lo que son menos competitivas con especies generalistas, en condiciones de salinidad normal. Además, se da la circunstancia de que los organismos especializados en salinas son morfológicamente muy similares entre sí, ya se encuentren en la costa o en el interior. Por esta razón, muchos ambientes salinos de interior recuerdan a marismas en miniatura.

A aquellos organismos capaces de sobrevivir en condiciones extremas de salinidad (o de acidez, temperatura, falta de oxígeno, etc.) se les llama “extremófilos”, y estas condiciones extremas se dan también en otros planetas, por lo que su estudio puede dar pistas sobre la posibilidad de encontrar vida fuera de la Tierra. Los extremófilos salinos, o “halófilos”, han encontrado estrategias diversas para sobrevivir en un ambiente aparentemente tan hostil. A continuación se presentan algunas especies típicas de estos ambientes (Arrieta, 1997; Hueso & Carrasco, 2006; Margalef, 1983; Petanidou, 1997).

Bacterias halófilas

Son bacterias “amantes de la sal”, viven en ambientes sobresaturados de sal. Estos hábitat suelen ser pobres en oxígeno y nutrientes, por lo que no podrían llevar a cabo la fotosíntesis. El mecanismo de obtención de energía, de estos microorganismos, consiste en un complejo de membrana proteica, que le permite hacerlo directamente a partir de la luz. De hecho, esta proteína es similar a la rodopsina, que juega un papel importante en el mecanismo por el cual nuestros ojos captan la luz. Como son de color violeta, a estas bacterias se les conoce también como “bacterias púrpura”.

Algas (*Dunaliella salina*, diatomeas)

La *Dunaliella* también es capaz de obtener energía a partir de la luz, pero de manera muy diferente a las halobacterias, pues es un alga verde. Para aguantar las condiciones de hipersalinidad de su hábitat (vive en ambientes con salinidad superior a 180 g/l), emplea el glicerol. El glicerol, más conocido por sus propiedades como anticongelante, permite expulsar el exceso de sal de las células de un organismo. Cuando el glicerol se usa con este fin, disminuye entonces su capacidad como anticongelante. Sin embargo, en condiciones de baja salinidad, el punto de congelación de estas algas podría bajar hasta -70°C . Por esta razón, muchos lagos salinos del ártico canadiense no se congelan.

Zooplankton (*Artemia* sp.)

La *Artemia* es un invertebrado parecido a una gamba y se encuentra en todo el mundo. Bajo condiciones adecuadas de salinidad y temperatura puede alcanzar concentraciones de cientos de miles de individuos por metro cúbico de agua. Tolera casi cualquier grado de salinidad, pero es en aguas hipersalinas donde se encuentra más a gusto, debido a la falta de predadores, ya que es un nadador lento.

La *Artemia* debe lidiar con grandes oscilaciones de salinidad, a lo largo de su ciclo vital. Para ello se comporta como “osmorregulador”, porque usa sus tejidos para bombear la sal fuera del organismo. Sin embargo, a partir de determinada concentración, esta estrategia no es válida y debe variar su salinidad interna en función de las concentraciones externas. Esta estrategia es conocida como “osmoconformista”. Además, al igual que la *Dunaliella*, la *Artemia* tiene la capacidad de producir glicerol (entre otros solutos), lo cual le permite, mediante determinadas reacciones moleculares, alcanzar un equilibrio osmótico entre el agua de sus células y la del exterior, como se ha explicado antes.

La *Artemia* sí es sensible a los cambios de temperatura, por no soportar bien el frío. Durante el invierno la *Artemia* se convierte en quistes, que aguantan la sequedad y el frío extremos, hasta que se dan de nuevo las condiciones favorables para su supervivencia y

entonces eclosionan. Debido a la gran rapidez de sucesión de sus fases vitales, puede alcanzar las grandes concentraciones antes mencionadas. La *Artemia* tiene gran valor económico como alimento de peces de acuario y en acuicultura.

Escarabajo acuático (*Ochtebius glaber*)

Es un coleóptero de pequeño tamaño, con una longitud de aproximadamente 2 mm. La forma del cuerpo es estrecha y alargada. Es de color negro brillante, con palpos, antenas y ojos pardos. Es uno de los pocos organismos que puede vivir en ambientes hipersalinos, capaces de soportar valores superiores a los 300 g de sal por litro. Vive en arroyos muy someros, aunque también se han encontrado ejemplares en salinas interiores. Es un endemismo del sudeste español.

Flamencos (*Phoenicopterus ruber*) y otras aves

Las salinas, en general, son un hábitat ideal para las aves, sobre todo las coloniales. Las estructuras de canalización y los bordes de los estanques proveen a las aves de buenas zonas de nidificación, libres de predadores terrestres (las aguas menos profundas suelen ser precisamente las más salinas, lo que molesta a los predadores terrestres) y de molestias por el hombre. La diversidad y abundancia de microorganismos y de invertebrados, en las diferentes balsas de las salinas, permite que las aves especializadas en distinto tipo de alimento (herbívoras, piscívoras, insectívoras, etc.) puedan convivir en la misma. El paso de aves migratorias por las salinas del Mediterráneo, en el centro de la ruta Atlántica oriental, hace que estos hábitat sean de gran importancia.

Un ave emblemática de las salinas del litoral mediterráneo son los flamencos. Se alimentan por filtración: mediante su pico, provisto de un sistema de filtro, barren el agua a poca profundidad y se llevan consigo los microorganismos e invertebrados que en ella viven. Puesto que estos microorganismos e invertebrados son ricos en rodopsina (de color violeta) y beta-caroteno (el pigmento que tiñe a las zanahorias) las plumas de estas aves se ven de color rosado.

Las salinas de interior, por su escaso tamaño y gran dispersión geográfica, albergan poblaciones muy pequeñas de aves, pero constituyen importantes áreas de alimentación en paso migratorio. Como curiosidad, cabe mencionar que en la Salada de Chiprana (Zaragoza) vivió un flamenco aislado durante un par de años.

Vegetación halófila (*Salicornia sp.*, *Suaeda sp.*)

La vegetación halófila crece en comunidades que suelen formar un gradiente de especies entre las zonas de mayor salinidad (pocas especies, muy especializadas) a zonas de menor salinidad (mayor número de especies, menor grado de especialización). Estos gradientes son más fácilmente visibles en salinas de interior, debido a que la fuente de salinidad suele estar muy localizada en un pozo o manantial, mientras que los alrededores pierden salinidad a poca distancia.

En el entorno de las salinas costeras se encuentran plantas halófilas en todo el entorno, pues el mar y el aire salino crean condiciones ya suficientemente salinas para su existencia.

Las quenopodiáceas como la *Salicornia* son capaces de sobrevivir a los ambientes hipersalinos, porque tienen la capacidad de secuestrar la sal en un aparato celular llamado vacuola. Para equiparar la salinidad de la vacuola con la del resto de la célula, éstas segregan un tipo de solutos que permiten alcanzar un equilibrio osmótico. Esto le hace posible, asimismo, aumentar su resistencia a las heladas en unos 20 grados, si el ambiente está saturado de sal, razón por la cual se encuentra *Salicornia* no sólo en ambientes costeros sino a más de 1.000 m de altitud, en la meseta central. Sin embargo, esta estrategia no es tan eficaz como la del glicerol, pues la sal pierde solubilidad a medida que baja la temperatura, y se pueden formar cristales que pueden dañar las células de la planta. Algunas especies de esta familia lo resuelven por el método de ser plantas anuales y el invierno pasarlo en forma de semilla.

Taray (*Tamarix sp.*)

El taray es un árbol típico de zonas desérticas y de costas cálidas, como el Mediterráneo. También se encuentra en zonas salinas del interior de la Península Ibérica, Asia, América y Australia. Tiene por estrategia exudar grandes cantidades de agua, una vez que sus raíces han alcanzado el agua en el subsuelo. De esta manera, el nivel freático baja más allá del alcance de otras plantas, y consiguen concentrar las sales en las aguas superficiales cercanas.

El ciclo de vida en una salina

El agua salada es rica en vida. En función de su salinidad, se encontrarán algas, bacterias, invertebrados, peces, etc. en un equilibrio dinámico. En aguas hipersalinas, más particulares de las salinas, predominan las bacterias púrpura, diatomeas y otras algas, que sirven de alimento a los crustáceos e invertebrados. Estos, a su vez, sirven de alimento a los peces y las aves. En la salina hay pocos predadores naturales (algunas rapaces, gaviotas, charranes, etc.) que se alimentan a su vez de los peces y de otras aves. En pocos casos aparecen predadores terrestres, debido a la dificultad de acceso a las áreas de nidificación de las aves: son aguas demasiado profundas para caminar y demasiado saladas para nadar. El ciclo biológico se cierra con los excrementos y cadáveres de los vertebrados, cuya descomposición provee de nutrientes a los microorganismos y a los invertebrados en el agua. Este equilibrio resulta beneficioso para el salinero, ya que con las aguas teñidas de rojo, por la presencia de las bacterias púrpura, se acelera el proceso de evaporación de la salmuera y por tanto obtiene más rápidamente la sal.

Un caso curioso, dentro de este ciclo, es la *Artemia*, invertebrado típico de salinas que se alimenta sobre todo de bacterias púrpura. En condiciones adecuadas de salinidad y temperatura, crece exponencialmente. La gran abundancia de *Artemia* en primavera-verano, hace que constituya el alimento principal de los flamencos que allí crían, otras aves se alimentan de plantas, insectos, crustáceos, peces, etc. que viven en las aguas mesosalinas de la salina.

Sin esta producción minera de la sal, muchas de estas especies no podrían sobrevivir en aguas menos salinas o colmatadas y, además, serían desplazadas por especies más generalistas. Muchos lugares adecuados para una nidificación segura (diques, muros) desaparecerían y el alimento para las aves no sería tan abundante, obligándolas a migrar a otros humedales.

Sergio García-Dils de la Vega, María Pilar Orche Amaré y Enrique Orche García

Miguel Colomo Gómez y Juan Gualberto Apodaca Carro

En las inmediaciones de Puertollano (Ciudad Real) se encuentra la explotación a cielo abierto de hulla sub-bituminosa de la Empresa Carbonífera del Sur Encasur S.A., sociedad perteneciente a Endesa.

En los trabajos de rehabilitación, que desde hace años se vienen realizando, simultáneamente con los de explotación, uno de los objetivos que se persigue es conseguir el mayor valor ecológico posible, en algunas de las áreas restauradas, por lo que en dichas zonas, además de una primera cubierta herbácea, se implanta vegetación arbustiva y arbórea autóctona del territorio.

El objetivo es conseguir, con el tiempo, lograr también la colonización de dichos terrenos por la fauna autóctona de la zona, lo que se favorece además con medidas complementarias de apoyo, para que esta fauna encuentre, en los propios terrenos rehabilitados, todos los elementos necesarios. Así, para que tengan refugio, se construyen setos vegetales; para que tengan agua, se construyen hondonadas en las que se formen charcas con las escorrentías; y para que haya alimentos, se cultivan cereales y se plantan determinados

arbustos.

Estos trabajos de restauración del espacio natural parecen haber tenido un buen fin, ya que una pareja de aves de elanio azul, ave escasa cuya presencia no había sido detectada en la zona, se ha asentado y ha criado en los terrenos rehabilitados. El elanio común o elanio azul (*Elanus Caeruleus*) es un ave rapaz como un pequeño halcón, de colores muy claros, blancos en la parte inferior y grises en la superior, que se tornan gris azulado en cabeza y dorso, y con hombros negros.

Se trata de un ave catalogada como “de interés especial” en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas de 1990, y en la categoría de “casi amenazada” en el Libro Rojo de las Aves de España de 2002, del Ministerio de Medio Ambiente y la Sociedad Española de Ornitología, consecuencia de su escasa población, que se sitúa en el centro-oeste interior peninsular, fundamentalmente en Extremadura, pero sobre la que no existen estimaciones cuantitativas.

Su hábitat normal es el de cultivos de cereales de secano, con arbolado disperso de encina u otras quercíneas. Anida en estos árboles y se alimenta, básicamente, de pequeños roedores que proliferan en los citados cultivos, cazando fundamentalmente mediante vuelo cernido o a veces al acecho desde posaderos.

El miembro de la Sociedad Española de Ornitología y fotógrafo naturalista Rafael Palomo, ha hecho un paciente e intensivo seguimiento, durante más de cuatro años, del ciclo de vida anual de esta pareja, observando, entre otros muchos detalles, que con cada periodo de cría cambia de nido. La pareja ha criado anualmente y con suma facilidad nidadas de tres y cuatro pollos, pero además pudo constatar el hecho excepcional, no conocido hasta ahora, de que en uno de los citados años, la misma pareja realizó cuatro crías sucesivamente.

Según este naturalista, teniendo en cuenta que esta ave había sido detectada, únicamente, en el oeste de la provincia de Ciudad Real, el afincamiento del elanio, y muchas de las conductas que ha podido observar, son la mejor prueba de que los terrenos rehabilitados de esta explotación, en los que hay zonas de vegetación natural pero también otras de cultivos de cereal, han alcanzado una elevada calidad ambiental y un gran valor natural.

Debe indicarse que el elanio es el ave de mayor valor ecológico que ha sido observada en los terrenos rehabilitados de la mina Emma pero, además, hay una población importante de perdiz, que ha dado origen al establecimiento de un Coto de Caza llamado “Mina restaurada”, muchas paseriformes y también son muy frecuentes las aves de humedales en las charcas de agua presentes en dichos terrenos.

4 APORTACIÓN DE LA MINERÍA AL DESARROLLO SOCIO-ECONÓMICO Y CULTURAL

4.1 Gestión del espacio minero

La actividad minera requiere cierta ocupación del territorio, no sólo para la explotación en si (subterránea o a cielo abierto), sino también para la ubicación de todas las instalaciones industriales anexas, así como para el almacenamiento temporal o definitivo de los estériles mineros, y los residuos de tratamiento del mineral.

Esta ocupación tiene que realizarse en un contexto de ordenación del territorio, teniendo presentes todos los condicionantes que un buen uso y gestión del suelo imponen y, de manera especial, considerando que se trata de una actividad transitoria, más o menos larga en el tiempo, que requiere prever anticipadamente las posibles ocupaciones posteriores de dicho espacio.

Gobain Ovejero Zapino

En este sentido, la gestión y planificación del espacio minero ha de tener presente el principio director de la máxima y mejor reutilización del suelo, una vez clausurada la operación minera. Por ello, la rehabilitación del ámbito minero tiene que basarse en un profundo análisis de los posibles nuevos usos a los que puede destinarse el territorio.

Esta planificación es más fácil cuando se trata de proyectos nuevos, que no hereden un pasivo ambiental complejo. Un ejemplo reciente lo constituye el proyecto minero-hidrometalúrgico Las Cruces ubicado en un área rural carente de minería previa. En el Estudio de Impacto Ambiental (elaborado por FRASA Ingenieros Consultores), se planificó la actuación ambiental a lo largo de toda la vida del proyecto (pre-operación; construcción, producción, clausura y post-clausura), teniendo presente la prevención de los impactos, su corrección, y especialmente la rehabilitación y reutilización del ámbito minero.

Es así que esta gestión tomó en consideración las siguientes particularidades:

- ☞ La ubicación y morfología de los depósitos de estériles, que se han diseñado con contornos naturalizados, pendientes muy suaves y alturas bajas, para minimizar el impacto visual, facilitando de esta manera su integración en el paisaje y favoreciendo así su posterior uso.
- ☞ La rehabilitación de los depósitos, que se ha abordado desde el mismo inicio de la operación, de forma progresiva y simultánea al movimiento de tierras.
- ☞ La naturalización de los arroyos, que deben ser desviados para desarrollar la actividad minera, que se ha planteado restableciendo y mejorando los hábitat ecológicos alterados.
- ☞ La aplicación de minería de transferencia, implicando el relleno parcial de la corta con parte de los terrenos inertes del recubrimiento (margas), que se ha proyectado con la consiguiente reducción del espacio a ocupar, al disminuir el área requerida por los depósitos en superficie.
- ☞ La rehabilitación planificada desde el inicio, anticipándola en tanto en cuanto es posible y teniendo en cuenta, al final de la fase de clausura, el desmantelamiento de instalaciones. Ciertas zonas se recuperarán para su uso agrícola, otras quedarán como espacios naturales y otras como actividades industriales. El uso final del hueco de corta se ha planteado como depósito de residuos inertes de construcción y demolición.

4.2 Poblamiento

La implantación de los proyectos mineros, por regla general, trae consigo un periodo de desarrollo, relacionado con la actividad minera, y otro, tras la clausura, que puede ser de depresión económica, pero también de desarrollo sostenible si se aprovechan las infraestructuras creadas y, especialmente, si se han previsto las actividades posibles y se han arbitrado los medios para su implementación.

En este sentido y dependiendo de la ubicación del yacimiento, el cual es inamovible de su emplazamiento geográfico, caben dos opciones:

- ↪ Creación de núcleos urbanos en el entorno inmediato a la mina, muy frecuente antiguamente, cuando los medios de comunicación eran poco apropiados para el desplazamiento de todo el conjunto de trabajadores, y actualmente todavía obligada cuando la mina se encuentra en lugares aislados y remotos.
- ↪ Aprovechamiento de los núcleos urbanos existentes a distancias razonables, para mejorar sus infraestructuras y desarrollar las sinergias de la nueva actividad con la ya existente en ellos, favoreciendo la utilización de mano de obra local, así como de los recursos de estas localidades, con las nuevas oportunidades que ofrece la minería.

En el primer caso, una vez concluida la actividad minera, cabe la opción de dismantelar el núcleo poblacional en su totalidad, restaurando el entorno a sus condiciones primitivas, o cabe la opción de aprovechar todas las infraestructuras creadas para nuevos e interesantes desarrollos, diferentes de los originales.

En el segundo caso lo importante es plantear, desde el inicio, posibilidades de generar empleo y trabajo con actividades que puedan aprovechar las mejoras de la población, introducidas al calor de la minería, así como la formación y especialización del personal, desarrollando nuevas actividades de negocio, que permitan una transición no traumática, desde la nueva situación post-mina.

José Luis Alperí Jove (INFIDE)

Ejemplos del primer supuesto los encontramos en Asturias, Comunidad Autónoma de 10.564 km² de extensión, integrada por 78 concejos, donde su mayor población se concentra en la zona centro, con las tres ciudades de mayor número de habitantes: Oviedo, Gijón y Avilés, siguiéndolas en importancia las Cuencas Mineras del Nalón y del Caudal.

Es destacable que, tras la capital de la provincia, y los dos puertos marítimos asturianos más importantes, se sitúen los concejos donde se comenzó a desarrollar la actividad minera más intensa, allá por el siglo XIX, amén del "boom" industrial surgido en dichas localidades con la aparición de fábricas, ferrocarriles e instalaciones ligadas a la minería. Es evidente que esta intensa actividad económica requería de gran cantidad de mano de obra, y que tal capital humano necesario no se encontraba en la zona.

Esta situación la describe perfectamente Faustino Suárez Antuña, profesor del Departamento de Geografía de la Universidad de Oviedo, en su artículo "*La organización de los espacios mineros de la hulla en Asturias*", publicado por la revista "*Geo Crítica/Scripta Nova*", revista electrónica de geografía y ciencias sociales de la Universidad de Barcelona (15/12/2005). En este artículo, que forma parte de la tesis doctoral del autor, defendida en el Departamento de Geografía de la Universidad de Oviedo (septiembre de 2004), se dice: "*Dos cuencas fluviales concentran la explotación del carbón en Asturias: por un lado, en el occidente interior, la minería de la antracita del Río Narcea. El tipo de minería de esta cuenca no llega a formar grandes espacios de producción y se limita a pequeñas y medianas explotaciones de montaña que, no obstante, tienen vital importancia económica. Así, la concentración de las explotaciones antraciteras en Cangas del Narcea (3) y, sobre todo, en torno a su capital, Cangas, explica el gran desarrollo urbano de esta villa que ejerce como cabecera de todo el área. Sin embargo, la minería también tiene importancia en los concejos de Tineo, Allande, Ibias y Degaña donde ha hecho irrupción el último estadio de la minería del carbón: las cortas a cielo abierto...*" "Por otro

lado, en el centro de la región, la Cuenca Hullera Central de los ríos Nalón y Caudal. La **temprana industrialización** que experimentó esta zona por la existencia de la hulla ha dado como resultado **un área fuertemente urbanizada** cuyo espacio central coincide con los municipios de Langreo (7), San Martín del Rey Aurelio (9) y Mieres (11). No obstante, la continuidad del yacimiento hizo que el desarrollo minero afectara a toda una franja de municipios periféricos de este área central donde destacan los concejos de Siero (4), Laviana (12) y Aller (17)".

Volviendo al tema que nos ocupa, ¿qué huellas existen en Asturias sobre la aportación de la minería al desarrollo socioeconómico y al poblamiento? Entre las muchas situaciones que se podrían describir, en respuesta a esta pregunta, en primer lugar destacaremos dos que son realmente curiosas y singulares, dada su carga y riqueza histórica: el poblado minero de Bustiello y el centro urbano de Solvay en Lieres (concejo de Siero).

Poblado minero de Bustiello

El poblado minero de Bustiello (Aller-Asturias), nace y se desarrolla bajo la tutela de la Sociedad Hullera Española (SHE), entre los años 1890-1925.

La SHE era propiedad del Marqués de Comillas, y fue una de las más importantes empresas mineras de la época. En realidad, fue Claudio López Brú (1853-1925), II Marqués de Comillas desde 1883, quien, al morir su padre, impulsa la actividad minera, a la vez que ejerce un control sobre sus obreros, tanto dentro como fuera de sus explotaciones. Apareció el "*paternalismo industrial*", que ha sido objeto de gran cantidad de estudios y debates, aunque nosotros nos quedaremos con su intención de poner a disposición de sus trabajadores viviendas, escuelas, atención sanitaria, etc...., con el propósito, "entre otros", de crear un gran concejo minero.

Para ello, se fueron construyendo los distintos edificios que conformarían el poblado, comenzando por la iglesia (1890-1894), levantada por personal de la empresa, con su sacristía y la casa del capellán. El Círculo Obrero Católico, inaugurado en 1895, que era el espacio donde los trabajadores tenían hueco para el ocio, con actividades dirigidas por los Hermanos de la Salle; la escuela de niños, además de un sanatorio, escuela de niñas y farmacia que fueron construidos posteriormente.

Evidentemente, a todas estas construcciones debemos añadir la parte principal del poblado, como son las viviendas para los trabajadores (1891). Estas viviendas eran todas iguales, aunque estaban en distintos niveles: un nivel más alto, y más alejado del río, para el personal más cualificado; un nivel intermedio, por decirlo de alguna manera, conformando el núcleo principal del poblado, y finalmente otro grupo más próximo al río.

Cuando se constituyó la empresa estatal Hunosa, el poblado minero pasó a formar parte de su patrimonio. Posteriormente, tras la creación de la Fundación para el Desarrollo de las Comarcas Mineras (FUCOMI), dicha institución, junto con el Ayuntamiento de Mieres, establecieron una colaboración en pos de la recuperación, restauración y rehabilitación del poblado.

La FUCOMI, mediante su programa de Escuelas Taller, está encargada de realizar cursos de aprendizaje de los distintos oficios (fontanería, albañilería, jardinería, etc.), destinados a jóvenes desempleados de las comarcas mineras, para que puedan aprender una profesión que mejore sus perspectivas laborales. Las prácticas son reales y, en el caso concreto de la Escuela Taller de Arqueología Industrial III y de la Escuela Taller Recuperación Turística de Comarcas Mineras, consiguieron recuperar una parte muy importante del patrimonio de Bustiello, rehabilitando edificios, realizando ajardinamientos y mejorando medioambientalmente el entorno.

Finalmente, es importante destacar, para mejor percepción de esta realidad, que el poblado de Bustiello, ha sido declarado Bien de Interés Cultural (BIC).

Centro Urbano de Solvay-Lieres

Minas de Lieres comenzó su actividad en 1892. Hasta 1903 fue la Sociedad Especial

Minera La Fraternidad la encargada de la explotación, pasando las minas, a partir de dicha fecha, a ser propiedad de la sociedad belga Solvay, que requería suministrar hulla a su planta de Torrelavega en Cantabria.

La actuación realizada por Solvay en Lieres (parroquia situada en el concejo de Siero, a diez kilómetros de Oviedo, hace aproximadamente unos cien años, es más desconocida que el ejemplo anterior de Bustiello.

La empresa minera proyectó en Lieres la construcción de viviendas para sus trabajadores, en dos fases: una anterior a la Guerra Civil, y otra en la posguerra. No sólo se construyeron viviendas, sino también escuelas, iglesia, hospital, economato, casino-cine. Nuevamente aparece el denominado “*paternalismo industrial*”, ya que la empresa cedía activos a sus empleados, y a cambio controlaba su alimentación, salud (mediante los servicios sanitarios), ocio (a través de premios, cine, fiestas), etc., así como la educación de sus futuros empleados.

Al mismo tiempo Solvay, preparó el ferrocarril para interligar todo el complejo y, principalmente, para enviar sus productos mineros hacia Torrelavega (Cantabria), pero también construyó otros ramales de gran importancia para el entorno.

Las barriadas mineras, o polígonos de vivienda obrera (como también se les denomina), son pequeños barrios de casas de trabajadores, que nacen bajo la inercia de la gran actividad minera e industrial existente.

Los concejos de Langreo, San Martín del Rey Aurelio (Cuenca del Nalón) y Mieres (Cuenca del Caudal), fueron las áreas donde la urbanización se hizo más notable. Por ejemplo, en la zona del Nalón, en Asturias, hay localizadas más de una treintena de barriadas ocupadas actualmente, y que son el hogar de muchas familias. Podemos destacar las barriadas de San Juan (El Serrallo), en Sotrondio; la de Santa María, en Blimea, y la de El Coto, La Vega, El Japón, y San Vicente, en El Entrego, todas ellas en el concejo de San Martín del Rey Aurelio; los barrios de Candín, San José y La Nalona en Langreo; las barriadas de San Luis de Rubiés, Murias; el barrio de San Pedro, en Mieres; el poblado de La Camocha, en Gijón, etc.

Estos lugares de residencia siguen estando ocupados y, en una gran mayoría de ellos, se han ejecutado, se están ejecutando o se ejecutarán obras de recuperación urbanística y ambiental, con actuaciones que incluyen: instalación de fibra óptica, mejora de saneamientos, urbanización del entorno, mejoras medioambientales, etc..

4.3 Arquitectura civil minera

José Lorenzo Agudo

Además de incontables ejemplos de arquitectura industrial, la minería nos ha dejado también un importante legado en forma de numerosos edificios de uso civil, de todo tipo y tamaño, y de edificios de carácter público o privado (sin olvidar a la arquitectura ligada a las aguas minero-medicinales).

Algunos de estos son **edificios singulares**, de indudable interés arquitectónico, histórico o ambos. Otros son simplemente edificios que podríamos denominar utilitarios de uso social (por las sociedades mineras o por sus trabajadores), que a veces son edificios desperdigados, pero que con frecuencia constituyen completos **poblados mineros**, a los que el paso del tiempo ha dotado de valor. Por último, no podrían dejar de citarse aquí aquellos **pueblos mineros** genuinos, ya que su existencia o configuración actual se debe a la presencia de las minas.

4.3.1 Edificios singulares

A continuación se citan algunos ejemplos representativos de edificios singulares, en uso y buen estado de conservación, tras rehabilitaciones más o menos intensas, e incluso sin ellas.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid

Calle Ríos Rosas, 21 (esquina con calle Alenza).

Protegido en 1985 como Bien de Interés Cultural, en la categoría de Monumento (antes Monumento Histórico Artístico Nacional).

El edificio está en la línea de las realizaciones coetáneas del arquitecto Velázquez Bosco: el Palacio de Cristal y el Palacio de Velázquez (que se describe seguidamente), ambos en El Retiro, y dentro de lo que se ha denominado como “eclecticismo enfático”.

Se trata de una joya arquitectónica que alberga a la Escuela de Minas desde 1896, después de que ésta se crease en 1777 como Academia de Minas en Almadén, y se trasladase a Madrid en 1835, inicialmente a un edificio situado en la actual calle Fernanflor, esquina a la plaza de las Cortes, y después a la plaza del Conde de Barajas.

Tras el éxito de la Exposición Nacional de Minería, celebrada entre mayo y noviembre de 1893, cuyo pabellón central fue un edificio construido al efecto, y que hoy es conocido como Palacio de Velázquez, la Escuela alcanzó un gran prestigio. Por ello se pensó en trasladarla a un edificio más moderno y capaz, que estaría situado en la calle Ríos Rosas y que sería diseñado y construido por el mismo arquitecto, Ricardo Velázquez Bosco, y el mismo decorador, Daniel Zuloaga, autores del citado pabellón de la exposición.

Con proyecto de 1884, concebido minuciosamente por el arquitecto para dar el mejor servicio de docencia teórica y práctica, a profesores y alumnos, fue construido entre 1886 y 1893. Se trata de un edificio de planta rectangular (48 x 33 metros), con cuatro crujías perimetrales en torno a un patio central, y con torreones de esquina rematados por cúpulas de estilo francés. El patio central se configura en dos plantas, con arquerías montadas sobre finas columnas de fundición, con profusa utilización del hierro en las barandillas y en la cubierta acristalada. Las fachadas laterales ciegas, que corresponden a la biblioteca y al museo, están decoradas con grandes paneles cerámicos de temas alusivos a las ciencias físicas y a la minería, realizadas por Daniel Zuloaga, sobre cartones del pintor Manuel Domínguez y el escultor Vicente Oms. La fachada norte trasera, correspondiente actualmente a la biblioteca de alumnos, está cerrada por una sorprendente columnata jónica de fundición, con entrepaños acristalados. Además del hierro y el cristal, los otros materiales utilizados en el cerramiento son granito, mármol y ladrillo.

En su momento este edificio albergó todas las necesidades docentes y administrativas de la Escuela de Minas. En la actualidad, y debido al crecimiento de la misma, alberga fundamentalmente a la sede administrativa de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, y a algunas de sus instalaciones, como la Biblioteca y el Museo Histórico Minero D. Felipe de Borbón y Grecia, así como bibliotecas y diferentes salas de reuniones.

Palacio de Velázquez de Madrid

Jardines del Buen Retiro (Parque del Retiro).

Protegido como Bien de Interés Cultural en la categoría de monumento, con expediente incoado en 1977.

Dentro de su estilo neorrenacentista monumental, tiene las particularidades de ser uno de los primeros ejemplos de la arquitectura de exposiciones en España, y de los edificios que utilizaron a gran escala dos nuevos materiales constructivos nuevos, hierro y cristal, a lo que se añade, además, la utilización de cerámica como revestimiento pictórico y decorativo, permitiendo así ensayar avanzadas técnicas arquitectónicas, que después habrían de ser utilizadas en las demás edificaciones.

Se trata de un edificio con origen minero, diseñado en 1881 y construido entre 1881 y 1883 como pabellón principal de la Exposición Nacional de Minería, Artes Metalúrgicas, Cerámica, Cristalería y Aguas Minerales, que se celebró en Madrid entre mayo y noviembre de 1883, inaugurada por el Rey Alfonso XII.

En su construcción, encargada por el Ministerio de Fomento, trabajó un equipo compuesto por el ingeniero Alberto del Palacio, el ceramista Daniel Zuloaga y el arquitecto Ricardo Velázquez Bosco, coordinador del proyecto, y de quien el edificio ha tomado el nombre. Es el mismo arquitecto que construyó el Palacio de Cristal (también en el Retiro, y muy próximo), y que posteriormente construiría la Escuela de Minas.

El arquitecto siguió el modelo del Crystal Palace de Londres; esto es, un edificio amplio de planta rectangular (74 x por 29 metros) doblemente simétrico, al que dotó con torreones avanzados en las esquinas y una nave central transversal con bóveda que sobresale en altura, realizada con elegante estructura de hierro y cristal para dotar a sus salas de iluminación natural. Los muros están realizados con ladrillo de dos tonos, cuidadosamente utilizados, sobre los que destaca la decoración ornamental con azulejos, obra de los hermanos Germán y Daniel Zuloaga, que fueron cocidos en la escuela de cerámica de la Moncloa, única heredera de la Fábrica de Porcelana del Buen Retiro.

Destaca sobre todo la fachada principal, a la que se accede por una escalinata de mármol blanco. Dispone de un pórtico triple de entrada en el cuerpo central, que se une a los torreones laterales con galerías ligeras de arcos similares a los de la entrada. Además de los azulejos, está decorada con dos relieves en estuco, que representan a la minería y a las bellas artes, y una hilera de medallones entre los que destacan los dedicados a Fausto de Elhuyar y a Diego de Velázquez.

Acabada la exposición, el gobierno decidió conservar el edificio destinándolo a Museo de Ultramar. Después albergó exposiciones de todo tipo. En la actualidad pertenece al Ministerio de Cultura, que lo ha dedicado a sala de exposiciones temporales del Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía.

Instituto Geológico y Minero de España (Madrid)

Calle Ríos Rosas, 23.

Protegido en 1988 como Bien de Interés Cultural en la categoría de Monumento (antes Monumento Histórico Artístico Nacional).

De este edificio destacan los memorables espacios interiores de su escalera y de la sala de exposición del Museo, perfectamente conservada hasta en su mobiliario original.

El proyecto arquitectónico del edificio del Instituto Geológico y Minero de España, como sede oficial de esta organismo, es de diciembre de 1918, y se debe a Francisco Javier de Luque, profesor de la Escuela de Arquitectura de Madrid, aunque parece que se inspiró en planos del arquitecto Ricardo Velázquez Bosco, autor de los dos edificios que han sido anteriormente descritos. En el proyecto inicial de Luque se pueden encontrar elementos característicos de dichos edificios, como son las cúpulas amansardadas de las esquinas (que, como otros elementos, no se llegaron a construir), y las cristaleras artísticas de los accesos a la planta primera, de los ventanales del pasillo y del Museo.

La construcción se inició en 1921, aunque el mayor impulso de las obras tuvo lugar entre 1925 y 1927, no siendo concluido hasta mediados de la década de 1940.

Su fachada principal es sencilla pero de monumental escala, presentando más acierto compositivo la fachada trasera, con grandes cristaleras de hierro de doble planta entre pilastras jónicas. Dispone de una deslumbrante escalera imperial, bordeada por parejas de columnas de piedra artificial, que soportan una luminosa bóveda acristalada. Tras ella se sitúa la sala de exposición del Museo Geominero: impresionante espacio diáfano rectangular, a modo de patio de cuatro plantas, rodeado de galerías en voladizo, con barandas metálicas, que le dan sensación de ligereza, cerrada por un techo totalmente acristalado, que da luz natural a las cuatro plantas, con vidrieras policromas que incluyen los emblemas heráldicos de los diferentes distritos mineros.

Desde 1926 es sede del Instituto Geológico y Minero de España, y del Museo Geominero.

Edificio de la Real Compañía Asturiana de Minas (Madrid)

Plaza de España, 8 (esquina con calle Bailén)

Protegido como Bien de Interés Cultural en la categoría de Monumento, con expediente incoado en 1977.

Son destacables la gran nave de la zona trasera a la calle del Río, gran ejemplo de arquitectura de hierro y cristal, y unas magníficas vidrieras clasicistas en la zona de la entrada.

El proyecto de la sede de la Real Compañía Asturiana de Minas, compañía de capital mayoritario belga, es de 1895 y fue realizado por el arquitecto Manuel Martínez Ángel, profesor de la Escuela de Arquitectura y, además, delegado de dicha compañía en Madrid. Fue construido entre 1896 y 1899.

Realizado en estilo ecléctico monumental, el edificio conjuga perfectamente la funcionalidad con la elegancia. Su planta baja, destinada a almacén, se proyecta a las fachadas exteriores mediante estructura en piedra de cantería, compuesta por una serie de arcos de medio punto, ornamentados con rica rejería. Sobre ésta, se sitúa el cuerpo superior, formado por tres pisos destinados a viviendas y oficinas, y en los que se combina la piedra y el ladrillo en los dos primeros, y las buhardillas con mansardas de pizarra en el tercero. La fachada se remata en sus tres esquinas por torreones, más elevado el central, cubiertos con cúpulas de casco, que muestran un gusto relacionado con la arquitectura francesa. Las magníficas vidrieras citadas, que adornan el portal y la escalera, están firmadas por Maumejean, en 1899. La gran nave de hierro y cristal, de su parte posterior, está adosada al edificio principal.

En la actualidad alberga a la sede de la Consejería de las Artes de la Comunidad de Madrid, y como tal viene acogiendo interesantes exposiciones.

Real Hospital de Mineros de San Rafael (Almadén, Ciudad Real)

Plaza del Doctor López de Haro, 1

Protegido como Bien de Interés Cultural en la categoría de Monumento desde 1992.

Es de traza sencilla y responde a criterios estrictamente funcionales y de economía constructiva, llevada a sus últimas consecuencias, pero puede considerarse un logro de los ideales del movimiento sanitario ilustrado, siendo uno de los primeros hospitales españoles en contar con estructura asistencial profesionalizada. Tiene más interés histórico que arquitectónico.

En 1752 el Superintendente de las Minas de Almadén, Francisco Javier de Villegas, propone la Fundación del Real Hospital de Mineros para hacer frente a las frecuentes epidemias y alta mortandad de la población, trabajadores y “forzados” de las minas, y para mejorar la asistencia a los mineros afectados por la insalubridad de las minas, que producían el mal del azogue.

Fue construido entre 1753 y 1757, pero tuvo su mayor impulso (como también la construcción de la Nueva Plaza de Toros) entre los años 1755 y 1757, años en los que las obras se agilizan, por el paro forzoso de obreros, a causa del incendio que afectó a las minas y que duró dos años y medio. Adecuándose arquitectónicamente a las sucesivas necesidades asistenciales sufrió varias reformas, la más importante hacia 1920.

El edificio tiene planta de L de traza sencilla, con dos plantas y semisótano, y el único elemento representativo lo constituye la portada de la fachada principal, de ladrillo visto con balcón y espadaña, y un nicho con imagen del arcángel San Rafael, patrón de los médicos.

Mantuvo su actividad hasta mediados del siglo XX, quedando posteriormente en una situación de abandono. El peso histórico del edificio, junto con la simbología del mismo y su relación con otras edificaciones singulares de Almadén, han inducido a la joven Fundación Almadén – Francisco Javier de Villegas a su rehabilitación, que ha sido llevada a cabo con gran acierto.

El edificio tendrá una utilización múltiple. Por una parte será el lugar en donde podrán consultarse los fondos documentales propiedad de Minas de Almadén y Arrayanes, S.A. y, además, todos aquellos que, relacionados con la historia de la Mina, se encuentran dispersos en diversas instituciones archivísticas y en los que se está llevando a cabo, desde hace tiempo, una minuciosa tarea de recopilación.

Por otra parte será base permanente de un Museo Hospitalario y de un Museo del Minero, así como sede de aquellas exposiciones temporales que se juzgue interesantes, y servirá para albergar las dependencias de la Fundación Almadén - Francisco Javier de Villegas, que trabaja por el desarrollo sociocultural en el entorno de la Mina.

Nueva Plaza de Toros de Almadén (Ciudad Real)

Plaza de Waldo Ferrer

Protegido como Bien de Interés Cultural en la categoría de Monumento, desde 1985 (Monumento Histórico Artístico Nacional en 1979).

Aunque se trata de uno de los primeros edificios de España, y del mundo, construido expresamente para celebrar fiestas de toros, que llegó a tener un aforo de hasta 4.000 localidades, esta plaza de toros de Almadén, que fue llamada "Plaza Nueva", es mucho más que un coso taurino convencional. Constituye un conjunto arquitectónico único en el mundo por su forma y por su contenido. Se trata de todo un elemento urbano originalísimo, en forma de manzana hexagonal, de dos pisos de altura, integrada por veinticuatro viviendas al exterior, que conforman en su interior la plaza propiamente dicha, para celebración de festejos taurinos y lugar de reunión para la población en general.

Esta nueva plaza de toros, completamente vinculada a las Minas de Almadén, y especialmente al Hospital Real de Mineros ya descrito, fue construida por el mismo Superintendente de las Minas, Francisco Javier de Villegas que fundó el Hospital, y por los mismos operarios, su carácter mixto intentaba aliviar la falta de viviendas de trabajadores de las minas, al tiempo que creaba un nuevo espacio cívico útil; con ambos usos se pretendía precisamente conseguir fondos para la construcción del Hospital. Y otro probable vínculo y motivo de construcción pudo ser la afección de las labores mineras a la zona donde se celebraban las anteriores fiestas taurinas.

Las viviendas tendrían una triple finalidad: aumentar la disponibilidad de alojamiento, para evitar el hacinamiento de vecinos en las casas de la localidad (4 ó 5 familias por casa); disminuir así el riesgo de epidemias, y aportar dinero, con el alquiler de las mismas, para la construcción del Hospital de Mineros. A este mismo objetivo se dedicarían los ingresos obtenidos en los festejos a celebrar en la plaza.

La construcción comenzó en 1752, mismo año de la fundación del Hospital, con créditos concedidos por muchos oficiales de minas y algunos otros vecinos, pero tuvo su mayor impulso (como también la construcción del Hospital) entre los años 1755 y 1757, por el paro forzoso de obreros a causa del incendio que afectó a las minas, y que duró dos años y medio. Las obras de la plaza finalizaron totalmente en 1765.

Presenta cubierta a dos aguas a excepción del espacio de entrada, está blanqueado al exterior, y en el interior existen dos galerías de graderíos, precedida la inferior por arcos semielípticos, y acompañada por palco de presidencia, callejón, barreras, burladeros, etc., que rodean un coso también hexagonal, inscrito en una circunferencia de 43 metros de diámetro. Dispone de todos los elementos auxiliares de una plaza de toros, como corrales, toriles, enfermería, capilla, desolladero, etc..

Presenta en su entrada principal amplio balcón con voladizo, que corresponde al palco presidencial, dotado en su fachada interior de un esbelto frontón con guarniciones neoclásicas, siendo los graderíos de sólida obra de mampostería. Forma un conjunto de gran pureza arquitectónica perfectamente armónica en estética y en volumen.

El inmueble es reflejo de cómo se realizaban las obras en las minas en la mitad del siglo XVIII, no en vano tanto los ingenieros que lo diseñaron como los operarios que lo construyeron, fueron mineros. Esta cualidad se aprecia tanto en los materiales: piedra, madera, ladrillo y forja, como en multitud de detalles y soluciones constructivas: la amplitud y vano de los arcos de su graderío, la distribución de los muros y las cargas, la carpintería y, o el rebuscado equilibrio de las vigas.

Este edificio pasó por situaciones de abandono, casi de ruina, y durante más de cien años no se celebraron corridas de toros. Tras cuatro años y medio de obras de rehabilitación y remodelación, llevadas a cabo con exquisito detalle, manteniendo los materiales originales, e incorporando un sistema de iluminación que realza su belleza durante la noche, el año 2004 fue inaugurada la rehabilitación y remodelación de esta Plaza, que recuperó su vitalidad, convertida ahora en un complejo hotelero, turístico, cultural y de espectáculos. La original construcción dispone actualmente de un moderno hotel con todas las comodidades y una cuidada decoración, que realza el valor histórico del edificio; un restaurante que ofrece gastronomía de primer nivel; y entre ambos la posibilidad de celebración de eventos tan singulares como su propio marco. Además dispone de dos museos, uno taurino y otro etnológico; oficinas de turismo; sala de exposiciones; y del propio coso taurino, que también ha sido adaptado para realizar otro tipo de espectáculos.

Casa Academia de Minas de Almadén (Ciudad Real)

Calle Mayor de San Juan (casco antiguo de la población)

Iniciada su construcción en 1782, en plena época neoclásica, las obras terminaron probablemente en 1795.

Albergó la primera Escuela de Ingenieros de Minas de España y cuarta del mundo, creada en 1777 por Real Orden de Carlos III. Se situó en Almadén por el interés del azogue para la extracción de la plata de la América hispana. En 1835 la Escuela se trasladó a Madrid y en Almadén se quedaron los estudios prácticos. El edificio albergó hasta 1973, cuando se trasladó a la nueva Escuela Universitaria Politécnica, la enseñanza de la minería desde los antiguos Capataces, Facultativos y Peritos hasta los actuales Ingenieros Técnicos de Minas. Tiene más interés histórico que arquitectónico.

El edificio es de dos plantas con dos sótanos, gracias a la inclinación del terreno en la parte posterior. Lo mejor del mismo es la portada con columnas y balcón en la parte superior, y un remate con un pequeño balcón bajo y un escudo, todo ello en piedra. El resto de la fachada tiene ventanas en la planta inferior y balcones en la superior, y está enfoscado y pintado con dibujos de almohadillado.

El Estado, propietario actual, está dispuesto a cederlo al pueblo de Almadén para su restauración y utilización, ligada a las actividades de la Escuela Universitaria Politécnica de este municipio.

Conjunto arquitectónico de origen minero en Cartagena (Murcia)

Casco urbano actual de la ciudad de Cartagena.

Se trata de un conjunto de edificios, de carácter público o privado, y de arquitectura ecléctica o modernista, construidos a final del siglo XIX y principios del XX, que contribuyen fundamentalmente a dar su actual fisonomía y personalidad a la ciudad de Cartagena. Algunos de ellos han sido declarados Bienes de Interés Cultural. Varios de ellos fueron proyectados por el arquitecto Víctor Beltrí, discípulo de Gaudí.

Estos edificios son testimonio del desarrollo urbanístico y arquitectónico que vivió la ciudad en los años citados, impulsada por la gran riqueza procedente del auge de la minería de su sierra.

Algunos de los edificios son propiamente mineros, por constituir la residencia de acaudalados propietarios de minas. Entre ellos puede citarse el Palacio Aguirre (1901, con elegante torre con cúpula de escamas; Bien de Interés Cultural); Casa Zapata (1910, chalet con evocaciones medievales rodeado por elegante muro de reja modernista); Casa Maestre (1906, inspirada en la Casa Calvet de Gaudí); Casa Cervantes (1900, de bellos miradores y balcones modernistas); o Casa Clares (numerosos detalles modernistas en la fachada). Otros son de carácter público, pero fueron construidos por ese fuerte impulso minero, que arrastró también a la industria y al comercio, como el Palacio Consistorial (1907, Bien de Interés Cultural); Estación de Ferrocarril (1906); Gran Hotel (1916, Bien de Interés Cultural); Mercado Público, etc.

Todos estos edificios están en buen estado de conservación y en uso, en algunos casos

con utilización diferente a la primitiva.

Conjunto arquitectónico de origen minero en La Unión (Murcia)

Casco urbano actual de La Unión y de su pedanía Portmán

Se trata también, como en el caso de Cartagena, de un conjunto de edificios que tienen el mismo carácter, origen y estilo, muchos de ellos construidos por los mismos arquitectos, y también en el mismo periodo.

Entre los edificios propiedad de acaudalados mineros destacan la Casa del Piñón (1899, muestra del eclecticismo arquitectónico local, con cúpula diseñada por Gustave Eiffel según algunas referencias; Bien de Interés Cultural), la Casa García Cabezos, la Casa Zapata Maestre y la Casa Zapata o del Tío Lobo en Portmán (1913, amplia construcción modernista; Bien de Interés Cultural).

Entre los edificios públicos del mismo periodo de auge minero puede citarse el edificio “El Progreso” o “La Cooperativa” (1880, centro de reunión de la burguesía unionense, de ladrillo, hoy Casa Consistorial), el Antiguo Hospital de Caridad de Portmán (fundado para atender a los heridos de la actividad minera, hoy Museo Arqueológico; Bien de Interés Cultural) o el Liceo del Obrero de La Unión (1901, hoy Museo Minero). Mención aparte merece el Antiguo Mercado de Abastos de La Unión (1907, joya arquitectónica, Bien de Interés Cultural), emblemático edificio modernista elegante y luminoso, de piedra, hierro y cristal, y también de gran interés minero, ya que actualmente además de albergar las oficinas de turismo, es la sede del Festival Internacional del Cante de las Minas.

4.3.2 Edificios sueltos y poblados mineros

Son muy numerosos, a lo largo y ancho de la geografía española, los edificios de uso civil construidos por las sociedades mineras, para sus necesidades específicas o las de sus trabajadores, que, en la actualidad, o bien se encuentran en buenas condiciones y uso, o bien están en rehabilitación, o los proyectos de rehabilitación están pendientes de ser llevados a cabo.

Tanto por el cierre de minas como por el cambio vivido por la sociedad, en cuanto a disponibilidades urbanas de vivienda, infraestructuras y servicios públicos, muchos de los edificios de uso común han pasado a ser públicos y, en gran parte, dicho uso ha cambiado con la rehabilitación, habiéndose creado hoteles, restaurantes, espacios comerciales, mercados públicos, etc. Por las mismas razones, la mayoría de las viviendas han pasado a ser de propiedad privada.

Por su parte, algunos de los poblados mineros fueron, y se conservan todavía, extraordinariamente completos, con viviendas de diferentes tipos, plaza, escuelas, economato, hospital, iglesia, casino, instalaciones deportivas o de ocio, etc. En otros casos se trata solamente de edificios dispersos creados para necesidades específicas.

Como muestra de la extensión y variedad de estos **edificios o poblados**, distribuidos por numerosos puntos de la geografía española, a continuación se mencionan algunos de ellos:

- ↳ Barrios de viviendas mineras de diverso tipo que forman el actual municipio de Minas de Río Tinto (Huelva), como los de El Valle, la Mesa de los Pinos, Atalaya, La Dehesa, etc. (minería de cobre y metales preciosos de la Riotinto Company Limited). Se aprecia en ellos una estructura urbanística organizada jerárquicamente. Forma parte de la Zona Minera Río Tinto-Nerva, declarada Bien de Interés cultural como Sitio Histórico.
- ↳ Barrio inglés de Bella Vista, Río Tinto (Huelva), de arquitectura victoriana con viviendas, Casa Consejo, Capilla Anglicana y Club inglés (minería de cobre y metales preciosos de la Riotinto Company Limited). Forma parte del Sitio Histórico anteriormente citado. Bajo los auspicios de la Fundación Riotinto, la casa número 21 de este barrio, de tres plantas y dos jardines, ha sido restaurada y amueblada como si estuviera en uso y expone información sobre este barrio inglés y la vida en el mismo. La casa número 34 ha sido rehabilitada por un particular para alojamiento como Casa Rural.
- ↳ Barrio Reina Victoria o Barrio Obrero de Huelva de 274 viviendas en 88 edificios de diversa tipología, de características arquitectónicas y urbanísticas singulares (minería

- metálica de la provincia, Compañía Minera de Río Tinto), declarado Bien de Interés Cultural en la categoría de Conjunto Histórico.
- ↪ Poblados mineros incluidos en el Conjunto Histórico de las Minas de la Reunión, Villanueva del Río y Minas (Sevilla), de diversa tipología y estilo arquitectónico, declaradas Bien de Interés Cultural (minería del carbón de varias compañías).
- ↪ Edificio de Dirección, Casas de los franceses y otros edificios en Peñarroya-Pueblonuevo (Córdoba) (minería del carbón y otras industrias de la Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya España, de capital francés).
- ↪ Poblado Minero de Rodalquilar (Almería), fundamentalmente viviendas (minería de oro).
- ↪ Poblado minero El Centenillo, Baños de la Encina (Jaén), de traza inglesa y edificios de distinto tipo (minería del plomo y plata de la sociedad New Centenillo Silver Lead Mines Company Limited).
- ↪ Casa del Ingeniero y otras del Poblado Minero Puerto de La Laja, El Granado (Huelva) en paisaje privilegiado del río Guadiana (minería de manganeso de Santa Catalina y metálicos de Las Herrerías).
- ↪ Poblado minero Las Menas en Serón (Almería), recuperación en curso con parte ya completada (minería de hierro, compañías de capital belga, escocés y holandés).
- ↪ Conjunto minero urbano de Utrillas (Teruel), formado por Barriadas mineras, edificio ajardinado de uso múltiple (oficinas, economato y viviendas de empleados), chalets de ingenieros, Casa de Dirección, Hospital Minero, Colegio y Convento (minería del carbón de la sociedad Minas y Ferrocarril de Utrillas). Todos estos edificios están con uno u otro uso; el Colegio se ha rehabilitado para Archivo Histórico de MFU y el Convento se está organizando como Museo Minero.
- ↪ Conjunto minero urbano de Sabero (León) con edificios de muy diversa tipología (minería del carbón de Hulleras de Sabero y Anexas).
- ↪ Poblado minero de Bustiello, Mieres (Asturias), muy completo y de interesante arquitectura (minería del carbón de la Sociedad Hullera Española). Ya mencionado anteriormente.
- ↪ Poblado minero de La Camocha, Gijón (Asturias) (minería del carbón).
- ↪ Poblado minero de Arnao, Castrillón (Asturias), con numerosos edificios de uso social y viviendas de muy diversa tipología. Está integrado en el Conjunto Histórico Industrial de Arnao, para el que se ha incoado en 2006 expediente de inclusión en el inventario del Patrimonio Cultural de Asturias (minería del carbón y beneficio del zinc de la Real Compañía Asturiana de Minas).
- ↪ Poblado minero de Lieres, Siero (Asturias), de calidad técnica, estética y paisajista, que forma parte de un Conjunto Histórico Industrial minero completo (minería del carbón de la sociedad Solvay).
- ↪ Poblado Encaso en Puertollano (Ciudad Real), de gran dimensión y que siguió el modelo anglosajón de ciudad-jardín (minería y destilación de pizarras bituminosas de la Empresa Nacional Calvo Sotelo).
- ↪ Colonia minera de Sant Corneli, Cercs (Barcelona), creada con el modelo arraigado en Cataluña de las colonias textiles del Llobregat (minería del carbón de la sociedad Carbones de Berga).
- ↪ Colonia minera y Casa de las Minas de Bellmunt del Priorat (Tarragona), majestuoso edificio modernista de tres plantas que albergó las oficinas, la residencia de la Dirección y el laboratorio mMinería del plomo de la Compañía Minas del Priorato).
- ↪ Poblado minero de Fontao, Vila de Cruces (Pontevedra), con las viviendas rehabilitadas por la Xunta de Galicia (minería del wolframio de Estaños de Silleda).
- ↪ Poblado minero de La Arboleda, Trapagarán (Vizcaya) con viviendas muy originales y al que se puede acceder en funicular minero, calificado en 2003 como Bien Cultural en la categoría de Conjunto monumental (minería del hierro de varias compañías).
- ↪ Barrios mineros de Puentes de García Rodríguez (Coruña) y Andorra (Teruel) (minería de

lignitos pardos y lignitos negros respectivamente, de las sociedades Empresa Nacional Calvo Sotelo y después Empresa Nacional de Electricidad).

- ↪ Antiguo Hospital de empleados mineros en el barrio El Valle de Minas de Río Tinto (Huelva), diseñado por un arquitecto británico (minería de sulfuros complejos de la Río Tinto Company Limited). Ahora alberga el Museo Minero, centro de interpretación del Parque Minero de Río Tinto, gestionado por la anteriormente citada Fundación Riotinto para el estudio de la Minería y la Metalurgia de la zona.
- ↪ Vieja Escuela de Capataces de Minas de Mieres (Asturias), más tarde Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Minera, y actualmente Casa de Cultura.
- ↪ La Casa del Inglés, Zerain (Guipúzcoa) (minería de hierro de la Cerain Iron Ore Company).
- ↪ Viejo Almacén de los Fúcares de Almagro (Ciudad Real), erróneamente conocido como Palacio de los Fúcares (los banqueros-comerciantes alemanes Fugger), edificio que utilizaron como almacén y centro administrativo, desde el que administraban las Minas de mercurio de Almadén. Hoy día alberga dependencias municipales.
- ↪ Palacio de La Marina, Mojacar (Almería), rehabilitado como hotel de lujo y centro de un complejo urbanístico del mismo nombre (palacete neo-árabe del marqués de Chávarri propietario de la sociedad Chávarri, Lecoq y Cía., minería del hierro).
- ↪ Palacio de Almazora, Cantoría-Cuevas de Almazora (Almería), palacio-vivienda neoclásico de Ventura Rodríguez incluido en el Catálogo del Patrimonio Histórico Andaluz (Palacio-vivienda del Primer Marqués de Almazora importante accionista de la minería del hierro de la zona).

4.3.3 Pueblos genuinamente mineros

Por último, no puede dejarse de resaltar que muchas **aldeas o pueblos** de España tienen un **origen o desarrollo genuinamente mineros**, que han nacido o crecido a pie de mina, y han vivido por y para las minas, y hoy día están consolidados, aunque la minería que les dio origen haya sido cerrada.

Algunos de los ejemplos que pueden citarse son: Aldea Moret (Cáceres, fosforitas), Almadén (Ciudad Real, mercurio), Almadén de la Plata (Sevilla, plata y cobre), Almadenejos (Ciudad Real, mercurio), Alquife (Granada, hierro), Alumbres (Murcia, alumbre), Bellmunt del Priorat (Tarragona, plomo), El Centenillo (Baños de la Encina-Jaén, plomo), El Porvenir de la Industria (Fuente Obejuna-Córdoba, carbón), La Unión (Murcia, plomo-plata), Macael (Almería, mármol), Portmán (La Unión-Murcia, plata), Pueblo Nuevo del Terrible (hoy integrado en Peñarroya-Pueblonuevo, Córdoba, carbón), Río Tinto (Huelva, sulfuros complejos), Salinas de Medinaceli (Soria, sal), Sotiel Coronada (Calañas-Huelva, sulfuros complejos), Tharsis (Huelva, sulfuros complejos), etc.

4.4 Patrimonio histórico minero

Rafael Fernández Rubio

Capítulo aparte merece el patrimonio histórico derivado de la minería, dado el inmenso e incalculable valor del acervo cultural y científico de esta actividad. Se trata, por una parte, de documentación en archivos de empresas e instituciones mineras, y se trata, también, del patrimonio construido, en relación con la minería y metalurgia, disperso por las diferentes cuencas mineras.

En este ámbito la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (SEDPGYM), está realizando un benemérito esfuerzo de defensa y divulgación de este valiosísimo patrimonio, consecuencia de una minería, como la española, de tan larga trayectoria.

Esta Sociedad, que actualmente cuenta con más de 400 socios, surgió de una idea

nacida en la Escuela de Minas de Madrid, orientada hacia España y los países de Iberoamérica, que se concretó en las conclusiones del IX Congreso Internacional de Minería y Metalurgia, organizado por el Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas, en León, en mayo de 1994. En sus conclusiones se acordó que: *"Es necesaria una actuación urgente por parte de las diversas administraciones para la protección y revalorización del importante Patrimonio Minero-Metalúrgico español"*. En todo caso es de justicia resaltar que, en España, ya se habían publicado trabajos en revistas y congresos, y realizado actuaciones conservacionistas concretas, como los primeros museos mineros. Todo ello pone en evidencia el hecho de que cada día existe más conciencia, en nuestro país, por la conservación de este rico patrimonio. Esta concienciación toma cuerpo tanto en las cuencas mineras históricas, como en el ámbito universitario, lo que lleva a la creación de esta sociedad.

Los primeros movimientos se realizaron a caballo entre Manresa y Madrid (como suma y aporte de esfuerzos procedentes de toda España), naciendo finalmente esta asociación en la Fundación Gómez Pardo, adscrita a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, y con sede en su Departamento de Ingeniería Geológica. Su Asamblea Constituyente tuvo lugar en 1995.

Rápidamente se aúnan los esfuerzos de otras Escuelas de Minas de nuestra geografía: Manresa, Almadén, Cartagena, Mieres, Huelva, Vigo, Belmés y Linares, junto a colectivos procedentes de todo el país (ingenieros de minas, arqueólogos, geólogos,...) y a la adscripción de Facultades, Departamentos Universitarios, Museos, Parques, Fundaciones, Ayuntamientos, etc.). Así, lo que nació en el seno de las Escuelas de Minas, se ha consolidado, constituyendo hoy un poderoso movimiento conservacionista, que ha adquirido gran dimensión popular, en pro de la defensa del patrimonio geológico y minero.

Su labor es encomiable, a través de congresos, simposios, jornadas, seminarios, excursiones, manifiestos, exposiciones, etc. Igualmente ha producido un número muy importante de publicaciones y actas, sin cuya lectura no se puede estar al día en el conocimiento de este patrimonio (recientemente las publicaciones se realizan prioritariamente por el Instituto Geológico y Minero de España). Igualmente es de destacar la participación muy activa como co-organizadores de eventos que, de manera directa o indirecta, están relacionados con su actividad (ver página web de la SEDPGYM).

Hay que destacar la vocación ibérica de esta Sociedad, de la que son miembros muchos portugueses, pero también iberoamericana (igualmente con innumerables socios), lo mismo que de los países europeos más próximos.

Enrique Orche García

Abundando en lo se acaba de exponer, hay que destacar que, Cuando una mina finaliza su actividad, siempre permanece como relicto un patrimonio geológico-minero. Hasta no hace mucho tiempo, predominaba la idea de que la mejor manera de actuar en un espacio minero, tras la clausura de su actividad, era devolver el lugar a su configuración morfológica y recuperar la vegetación original, enterrando o sellando las labores. Esta posibilidad puede ser la más acertada en determinadas ocasiones; sin embargo, en otras muchas, los elementos que la minería ha sacado a la luz o ha creado, y que quedan accesibles tras su clausura, tienen un valor patrimonial indiscutible y, por ello, cada vez es más importante el colectivo de personas, e instituciones, que defiende que su conservación es más lógica y defendible que su destrucción.

Una manera de hacer viable la recuperación y valorización de estos elementos, de forma que puedan ser conocidos, utilizados y disfrutados por la población en general, es protegiéndolos *in situ*, en el interior de parques mineros creados para tal fin (Orche, 2004).

Estos recintos, además de cumplir la misión indicada, y la de conservar dicho patrimonio geológico-minero, aportan información a la sociedad del muchas veces desconocido pero imprescindible papel que ha jugado, juega e inevitablemente jugará la minería, como

suministradora de materias primas que son imprescindibles para nuestra forma y calidad de vida (Orche, 2003a).

Allí donde se han implantado, los parques mineros tienen gran aceptación social, en aparente contradicción con la negativa valoración que el trabajo minero tiene hoy día para la sociedad. Con ellos se genera empleo y riqueza, en la zona en que se ubican y, por tanto, contribuyen al desarrollo sostenible de la misma, paliando parcialmente el trauma socio-económico y laboral que puede producir la clausura de la actividad minera (Orche, 2003b).

En Europa, desde hace años, tienen muy clara la situación y, por ello, existen no menos de 700 parques y museos mineros. Un caso paradigmático es el de la antigua mina polaca de sal de Wieliczka, declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, que recibe 800.000 visitantes anuales y constituye un polo de atracción de primer orden, que genera por sí mismo una riqueza nada desdeñable utilizada, en parte, para mantener la actividad minera de algunos sectores de la propia mina, que sigue activa desde el siglo XI (Podlecki, 1998).

España sigue esta tendencia que se aprecia en Europa, y todos los años se inaugura alguna instalación nueva, relacionada con la minería. La casuística, sin embargo, es muy variada, como se refleja en otros capítulos de este libro, ya que existen espacios mineros recuperados, que se consideran como naturales siendo, en realidad, producto de la actividad minera (Cabárceno); museos con labores mineras visitables (Riotinto, Cercs, Cardona, Escucha, etc.); museos con minas reproducidas o mina imagen (El Entrego, Asturias); minas de épocas remotas (Gavá, Las Médulas); cavernas kársticas asociadas a minas (El Soplado); ferrerías (Legazpia); ferrocarriles mineros (Ponferrada); etc.

En lo que respecta a la rehabilitación de minas, instalaciones mineras e industrias con ellas relacionadas, la Tabla 6 recoge una relación no exhaustiva de ellas.

Mina museo o instalación recuperada	Mina museo o instalación recuperada
Mina y museo de la E.T.S.I de Minas (Madrid)	Museo de la minería del oro (Belmonte de Miranda, Asturias)
Museo Etnográfico (Ripio, Gerona)	Centro de interpretación de las minas romanas de Las Cávenes (El Cavaco, Salamanca)
Las Médulas (Carucedo, León)	Tejera (Cubells, Lérida)
Ferrería de la Mirándola (Legazpia, Guipúzcoa)	Salinas (Gerri de la Sal, Lérida)
Conjunto etnográfico de Teixois (Taramundi, Asturias)	Salinas (Cambrils, Barcelona)
Museo histórico minero Francisco Pablo Holgado (Almadén, Ciudad Real)	Centro de información del macizo de Pedraforca. Minas de Saldes (Saldes, Barcelona)
Museo minero (La Unión, Murcia)	Ruta de la cal (Tarrés, Barcelona)
Museo de la pizarra (San Pedro de Trones, León)	Minas de Cabo de Creus (Gerona)
Parque minero de Riotinto (Riotinto, Huelva)	Mina Victoria (Arres, Lérida)
Minas Neolíticas de Can Tintorer (Gavá, Barcelona)	Herrería (Compludo, León)
Museo municipal (Puertollano, Ciudad Real)	Museo de las minas (Bellmunt del Priorat, Tarragona)
Museo de la Minería y la Industria (El Entrego, Asturias)	Museo del cemento asland (Castellas de n'Hug, Barcelona)
Museo de la forja (La Caridad-El Franco, Asturias)	Museo minero (Escucha, Teruel)
Museo del mar y de la sal (Torrevieja, Alicante)	Museo de la minería del País Vasco (Gallarta, Vizcaya)
Parque cultural de la montaña de la sal (Cardona, Barcelona)	Parque minero (Almadén, Ciudad Real)
Parque cultural (Zerain, Guipúzcoa)	Museo del Hospital de mineros (Almadén, Ciudad Real)
Minas de la Jayona (Fuente del Arco, Badajoz)	Museo de la minería (Puertollano, Ciudad Real)
Centro de interpretación de la minería (Barruelo de Santullán, Palencia)	Cuevas del Soplao-Minas de la Florida (Valdáliga y Rionansa, Cantabria)
Museo nacional de la minería de Cataluña (Cercs, Barcelona)	Mina de petróleo de Ruitort (Guardiola, Barcelona)

Ecomuseo de la sal (Leintz-Gatzaga, Guipúzcoa)	Mina de Torrent (Palafrugell, Gerona)
Museo del ferrocarril (Ponferrada, León)	Mina Solita (Peramea, Lérida)
Martinete (Navafría, Segovia)	Ferrería de Bogo (Pontenova, Lugo)
Vía verde del FFCC minero de Villaodríz a Ribadeo (Lugo)	Mina aurífera romana de Montefurado (Quiroga, Lugo)
Ferrería de Seoane do Courel (O Courel, Lugo)	Cargadero de mineral (Ribadeo, Lugo)
Ferrería de Penacova (Bóveda, Lugo)	Cargadero de mineral y minas de hierro (Viveiro, Lugo)

Tabla 6. Minas, instalaciones mineras e industrias relacionadas con ellas que están rehabilitadas o preparadas para ser visitadas.

En algunas de esas instalaciones se han publicado datos concretos sobre el año en que iniciaron su actividad, la afluencia de visitantes y la inversión realizada o por realizar (Puche Riart, 2006a), que se incluyen en la Tabla 7.

Mina museo con labores mineras visitables	Inicio actividad	Visitantes (2003)	Inversión ¹ (10 ⁶ euros)
Parque Minero de Riotinto (Huelva)	1992	50.000	
Minas Neolíticas de Can Tintorer (Gavá, Barcelona)	1993	20.000	5,409
Museo de la Minería y la Industria (El Entrego, Asturias) ²	1994	90.000	
Las Médulas (León)	1997	47.000	
Parque cultural de la Montaña de la Sal (Cardona, Barcelona)	1997	70.000	2,404
Minas de La Jayona (Fuente del Arco, Badajoz)	1997	14.000	
Museo nacional de la Minería de Cataluña (Cercs, Barcelona)	1999	39.000	3,485
Minas de Bellmunt del Priorat (Tarragona)	2002	8.000	
Museo Minero de Escucha (Teruel)	2003	33.000	0,592
Parque Minero de Almadén (Ciudad Real)	2004	4.000 ³	
Cueva de El Soplao-Minas de la Florida (Cantabria) ³	2004	4.000 ³	15,000

¹. Realizada y por realizar. ². Mina imagen (artificial). ³. Datos de 2004.

Tabla 7. Datos de diversos parques temáticos y minas museo.

De acuerdo con los datos de este autor, que corresponden a 2003, los visitantes de los museos y parques mineros más importantes de España, en dicho año, fueron 530.000. La inversión realizada en ellos alcanzó 42 millones de euros. El empleo medio, propio y directo en estos centros era de 5 personas/instalación, a los que habría que añadir el personal de contrata. Tan sólo cinco centros superaban las 15 personas de personal directo. No obstante, teniendo en cuenta los grandes proyectos en estudio y las actuaciones en curso, en poco tiempo estas cifras van a verse espectacularmente aumentadas.

Actualmente existen anteproyectos de parques mineros muy interesantes, con labores visitables, que no han sido puestos en marcha (Orche y García, 1997), o en los que se está procediendo a realizar estudios de mayor detalle con muy buenas perspectivas (Orche *et al.*, 2001). Dos grandes yacimientos mineros contarán con importantes centros museísticos: el Parque Minero de Almadén objeto de una importantísima ampliación, que finalizará en 2007, mientras que a más corto plazo, el Parque Minero de Puertollano acaba de inaugurar un museo al que incorpora el emblemático Pozo Norte.

De llevarse a la práctica (actualmente está en fase de estudio), el Parque Minero de la Minería de Galicia, en Fontao (Pontevedra), supondrá la implantación en España de un nuevo concepto de parque minero, que combinará la visita a explotaciones subterráneas y a cielo abierto con una oferta museística y lúdica, muy completa, en un espacio natural excepcional, en gran parte también de origen minero (Orche, 2002).

Julio Verdejo Serrano

Además de estos parques mineros y museos, en algunas ciudades importantes españolas se integran otras “huellas de la minería”, que nos recuerdan la importancia que tuvo como soporte de la economía y motor de desarrollo en tiempos no tan lejanos. Algunos ejemplos de este patrimonio histórico se pueden contemplar en los cargaderos de mineral, complejas obras de ingeniería cuya misión era servir como medio de transporte, almacenaje y embarque del mineral, procedente de explotaciones de interior en puertos de primer orden del litoral peninsular.

Un ejemplo de conservación admirable es el cargadero de mineral, en Almería, llamado popularmente “El Cable Inglés”, inaugurado el 27 de abril de 1904 por el rey Don Alfonso XIII, para transportar el mineral procedente de las minas de hierro de Alquife en Granada.

El proyecto fue redactado por el ingeniero escocés John Ernest Harrison (Glasgow 1860-1947), y firmado por el ingeniero español Andrés Moche.

Este cargadero, construido por la compañía británica “The Alquife Mines and Railway Company” en la playa de las Almadrabillas de Almería, permaneció en operación hasta 1970, bajo la titularidad de la citada compañía. En noviembre de 1970 la titularidad pasó a la empresa “Agrupación Minera” con sede en Bilbao, hasta que en 1980, se decretó la caducidad de la concesión. Pese a estar obligada la empresa a la demolición de las estructuras inservibles, en 1984 se paralizaron los trabajos, debido al inicio del expediente de Declaración de Monumento Histórico Artístico a favor del muelle.

Hoy, sin duda alguna, esta antigua estructura minera es ornato de la ciudad de Almería, y está integrada entre los atractivos de la ciudad.

Emilio Manuel Romero Macías

Pero no es éste el único cargadero de mineral que hoy es valioso patrimonio en España. Las compañías mineras británicas, que explotaron durante el siglo XIX las principales minas metálicas y de carbón, construyeron otros gigantescos cargaderos de mineral en nuestras costas, como los de Tharsis y Riotinto en Huelva y el de El Hornillo en Murcia, construidos a imagen y semejanza de otros de Gran Bretaña. De ellos el más importante es el de Riotinto, construido en Huelva, en 1874, por la compañía inglesa que explotaba las minas de este nombre.

En su primer viaje de inspección y estudio a Huelva, Hugh Matheson, financiero británico fundador de la Riotinto Company (RTC), se hizo acompañar del ingeniero inglés Sir Barclay Bruce, a quien encargó los proyectos del ferrocarril Riotinto-Huelva, y del muelle embarcadero de mineral en la ría del Odiel, conocido como muelle de Riotinto, por embarcar el mineral de estas minas. Bruce fue el diseñador y creador de la idea, mientras que Thomas Gibson fue el ingeniero a pie de obra, vigilante de los trabajos.

Este muelle, proyectado con pilotes de fundición y roscas helicoidales, con columnas de fundición y vigas de hierro forjado, y vigería y entablado de madera, se puso en operación en marzo de 1876 y se cerró en mayo de 1975, casi un siglo después, embarcándose por el aproximadamente 130 millones de toneladas de mineral.

Ensayos efectuados hace unos diez años, en las maderas de las plataformas de cimentación, dieron como resultado que se encontraban en magnífico estado y que seguían

cumpliendo a la perfección su misión resistente. No obstante, las plataformas de madera, que descansaban en el fondo del río, encerraban un peligro, que no fue advertido por los ingenieros ingleses en sus críticas a la obra: imposibilidad de dragar en sus alrededores, para no debilitar la cimentación, lo que acarrearía una progresiva disminución del calado. En efecto, en las últimas décadas de funcionamiento del muelle, era frecuente que algunos grandes barcos quedaran embarrancados en marea baja, por fortuna apoyados en el blando lodazal.

En los años 70 del pasado siglo, y para ejecutar el paseo marítimo de la ría de Huelva, se desmontó un tramo de 50 metros aproximadamente, dejando desconectados los dos sectores de la obra, el realizado en tierra y el que se eleva sobre el río Odiel.

Pero lo más importante, para el futuro del muelle, ha sido sin duda la toma de conciencia del valor de este embarcadero, por parte de la ciudad de Huelva como monumento histórico, declarado Bien de Interés Cultural, expresión máxima de la arqueología industrial británica del XIX.

Consecuencia de ello, han sido los dos proyectos de rehabilitación del muelle, uno de ellos realizado en el sector que se adentra en la ría, y otro en el tramo de tierra adentro, que han permitido recuperar buena parte de la estructura de este equipamiento minero-industrial. En el primero se ha rehabilitado la estructura metálica y se encuentran a la espera del montaje las viguerías y plataformas de madera. El tramo terrestre se encuentra totalmente terminado, a excepción de su arranque, ejecutado en madera, lo que hace posible pasear hoy por encima de la gran estructura, en espera de la unión de sus dos partes, para poder adentrarse paseando sobre la ría onubense, a bordo de este gran barco varado, que nos retrotrae a los tiempos nostálgicos de la tecnología británica del siglo XIX, y al esplendor de aquellos embarcaderos de mineral que, una vez finalizada su actividad industrial, pueden iniciar una segunda etapa de vida, como lugar de ocio y recreo, para orgullo de los que supieron conservarlo y legarlo a la posteridad.

Por su parte el Muelle de Tharsis, abierto al tráfico el 6 de febrero de 1871, se enmarca dentro de un conjunto de obras de ingeniería, acometidas a finales del siglo XIX en la provincia de Huelva, para facilitar el transporte del mineral extraído en distintos puntos de la Cuenca Minera onubense.

Su realización se hizo conjuntamente con el ferrocarril, según proyecto de los ingenieros británicos Moore y Pring. Estas instalaciones llegaron a resultar insuficientes, de forma que en 1916 la empresa decidió ampliar sus instalaciones portuarias, realizando un nuevo embarcadero, quedando el primitivo destinado al desembarco de mercancías. Este segundo ramal sería proyectado por el ingeniero escocés William Arrol, y ejecutado por su compañía Arrol & Company Limited.

Con esta reforma, realizada entre 1919 y 1923, el muelle tomó la forma que presentaba hasta los años sesenta del siglo XX, cuando se desmanteló el muelle primitivo. Este nuevo brazo, que enganchaba a 300 metros del extremo del primitivo, está situado más hacia tierra, y es el que aún se conserva.

El muelle de la compañía de Tharsis comenzaba por un tramo curvo, enlazado a otro rectilíneo que curvándose de nuevo, llevaban la vía hasta la plataforma o cabeza del muelle, alcanzando en total una longitud aproximada de 900 m, desde la orilla, con lo que se pretendía llegar a la zona del río con mayor calado. Hasta muy cerca del embarcadero, existía una sola vía sobre pilotes pareados y, antes de entrar en el embarcadero, la vía se bifurcaba en tres, que continuaban hasta el final del mismo.

Esta zona final del muelle sería desmantelada en los años setenta del siglo XX, con autorización del Ministerio de Industria y complacencia del Puerto Autónomo de Huelva. De esta forma la parte que hoy podemos observar es la levantada como ampliación entre 1919 y 1923.

En Marzo de 1993 se realizaban obras de desmantelamiento del Muelle de Tharsis, para su venta como chatarra, ante las que la Delegación Provincial de Cultura en Huelva, elevó el correspondiente informe a la Dirección General de Bienes Culturales, al objeto de solicitar la

inmediata paralización de las obras, dado el interés patrimonial.

Al mismo tiempo se comunicaba a la "Compañía Española de Minas de Tharsis", propietaria del inmueble, la resolución de la Dirección General de Bienes Culturales, por la que se acordaba la paralización de las actividades de desmantelamiento del Muelle. En dicha resolución se encomendaba a la Delegación Provincial de la Consejería de Cultura en Huelva, la realización de los estudios pertinentes para decidir la continuidad de los trabajos, o la incoación del oportuno expediente para la protección del bien.

Catorce meses más tarde se enviaba, a la Dirección General de Bienes Culturales, expediente de declaración de Bien de Interés Cultural, Categoría Monumento, del Muelle de Tharsis, incoando su inscripción en el Catálogo General del Patrimonio Histórico Andaluz (Septiembre de 1995), apareciendo en el Boletín Oficial de la Junta de Andalucía en Marzo de 1996.

Katia Hueso Kortekaas

En términos de patrimonio podríamos destacar el derivado de la riqueza salinera de España, que se refleja en el elevado número de explotaciones de sal abiertas al turismo, de manera más o menos organizada. Esta cifra es sólo comparable a los eco-museos temáticos de sal que se encuentran en Francia y Alemania.

El dato interesante es que existen, en España, en términos absolutos, muchos más museos asociados a explotaciones de evaporación solar, lo cual amplía las posibilidades de crear centros al aire libre o, incluso, museos vivos. También cabe destacar el número de proyectos en curso, para abrir museos o iniciativas de interpretación del paisaje de la sal, lo cual es indicador del creciente interés, público y privado, por el patrimonio tecnológico minero e industrial (Hueso y Carrasco, 2004).

Museos de la sal en España	Lugar	Tipo de centro
Sal gema		
Museo de la Sal Josep Arnau	Cardona (Barcelona)	Museo tradicional
Parc Cultural Muntanya de Sal	Cardona (Barcelona)	Parque temático
Sal marina		
Museo de la Sal	Santa Pola (Alicante)	Museo tradicional
Museo del Mar y de la Sal	Torreveja (Alicante)	Museo tradicional
Centro Int. Parque de los Arenales y Salinas	San Pedro del Pinatar (Murcia)	Centro de interpretación
Centro Int. Parque Natural Bahía de Cádiz	San Fernando (Cádiz)	Centro de interpretación
Centro Int. Ajaque y Rambla Salada	Fortuna (Murcia)	Centro de interpretación
Museo Etnográfico de la Sal*	La Antigua (Gran Canaria)	Centro de interpretación
Casa Museo de la Sal*	Janubio (Gran Canaria)	Museo tradicional
		Museo tradicional
Sal de manantial (interior)		
Salinas de Añana	Salinas de Añana (Álava)	Recorrido guiado
Centro de Interpretación de las Salinas	Poza de la Sal (Burgos)	Centro de interpretación
Ecomuseo de la Sal	Leinz-Gatzaga (Guipúzcoa)	Centro de interpretación
Museo Municipal	Salinas del Manzano (Cuenca)	Centro de interpretación
Salinas Espartinas*		

Museo de la Sal*	Ciempozuelos (Madrid)	Museo tradicional
Museo de la Sal*	Naval (Huesca)	Centro de interpretación
Visitas a Gerri de la Sal	Saelices de la Sal (Guadalajara)	Museo tradicional
Visitas a las Salinas de Imón	Gerri de la Sal (Lérida)	Museo tradicional
	Imón (Guadalajara)	Recorrido guiado
		Recorrido guiado

Tabla 8. Museos de la sal en España, según el tipo de explotación.

Fuente: Hueso y Carrasco, 2004, datos actualizados a fecha 10/2006.

*En fase de proyecto

Otro indicador interesante, del patrimonio minero de la sal, es la cantidad de explotaciones que han sido reconocidas mediante algún tipo de figura de protección, bien de carácter ambiental (espacio natural protegido de cualquier tipo; humedal de importancia internacional de la lista Ramsar), bien de tipo cultural (Bien de Interés Cultural, con independencia de la categoría). Cabe destacar, además, que en ningún caso coinciden las figuras de protección sobre una misma salina, de manera que se detecta cómo las administraciones, responsables de la declaración de la protección de este patrimonio, actúan de manera independiente (Tabla 9).

Figura de protección	Número de salinas
Espacio Natural Protegido	9
Sitio RAMSAR (humedales)	15
Bien de Interés Cultural	17

Tabla 9. Reconocimiento oficial de los valores naturales y culturales de salinas en España.

Fuente: Katia Hueso, sin publicar.

El caso más flagrante es la Salina de Imón, en Guadalajara. Está protegida como Bien de Interés Cultural con categoría de Monumento, y está perfectamente rodeada por la Microrreserva Valle y Salinas del Salado, espacio que, a su vez, pertenece a la Red Natura 2000 como Lugar de Importancia Comunitaria.

4.5 Industrialización

José Lorenzo Agudo

En curso de elaboración

HERENCIA INDUSTRIAL VIVA Y PERDURABLE QUE HAN DEJADO ANTIGUAS ACTIVIDADES MINERAS YA EXTINTAS.

Es de todos conocido que muchas de las actividades mineras españolas, que tuvieron un desarrollo muy importante al final del siglo XIX y en la primera mitad del siglo XX, se han ido extinguiendo desde entonces. Y si solemos prestar atención al patrimonio histórico industrial que dichas actividades nos han legado en forma de instalaciones y edificios, no deberíamos dejar de tener siempre presente, y considerar, y valorar, la extraordinaria herencia industrial viva (patrimonio vivo) que en muchos casos nos han dejado

Nos estamos refiriendo a industrias utilizadoras o transformadoras de minerales, como la siderurgia y la metalurgia en el caso de los minerales metálicos, industrias que están funcionando en la actualidad, a pesar de que la minería que le dio origen haya cerrado.

Su importancia socio-económica para el país es fundamental, tanto a nivel de PIB, como de empleo directo y asociado, productos comercializados, servicios prestados,

colaboración al desarrollo regional, participación en la exportación, etc. Y mayor sería esta importancia si se considerasen las industrias secundarias que se derivaron de sus productos, como la construcción naval, la construcción mecánica, los ferrocarriles, motores, etc., o actividades asociadas a las materias primas y productos, como los transportes por ferrocarril y barco.

Probablemente se podría afirmar sin gran error, y de una manera general, que toda la industria siderúrgica o metalúrgica de cabecera y la industria transformadora aguas abajo de las mismas, existentes en nuestro país hoy día, se deban inicialmente a la presencia y explotación de minerales metálicos, y de carbón en algunos casos. Pero con el ánimo de mostrar que, (cuando menos), hay una serie de ejemplos muy claros de grandes activos industriales, que indubitadamente tienen su origen muy directo y próximo en actividades mineras hoy ya extintas, a continuación se van a presentar diferentes ejemplos. En primer lugar se identifica el activo, y después se ha intentado reflejar su origen y evolución hasta la situación actual (tanto en instalaciones como societariamente) en forma de pinceladas resumidas, aún a riesgo de cometer alguna imprecisión.

Los seis primeros ejemplos se refieren precisamente al campo ya citado y más reiterado en España de industrias de siderurgia y metalurgia que tienen que ver con la minería metálica, mientras que los dos segundos se salen de este campo, razón por la que se desarrollan con un poco más de extensión, y se refieren a las pizarras bituminosas y al lignito pardo. Se da la particularidad de que el último ejemplo se refiere precisamente a un caso que está en trance de producirse, una actividad minera todavía viva pero que cerrará en Diciembre de 2007, y que va a dejar también un activo industrial de una gran importancia.

Debemos decir también, de una manera general, que si bien en el pasado algunas de estas industrias fueron puntos (focos) de contaminación, en el momento actual están modernizadas medioambientalmente (alguna lo terminará de hacer con las renovaciones en curso), cumplen en exceso en cuanto a sus emisiones la normativa nacional y comunitaria, optimizan el consumo de materias primas y recursos así como la generación de residuos, y utilizan las Mejores Técnicas Disponibles, desde el punto de vista medioambiental.

En razón a todo lo comentado puede por tanto concluirse que, las actividades industriales derivadas de antiguas explotaciones mineras que vamos a describir seguidamente, son actividades sostenibles, y tanto desde los puntos de vista social, como económico, como medio ambiental.

FACTORÍAS SIDERÚRGICAS ASTURIANAS Y FÁBRICA DE FERTILIZANTES DE AVILÉS

Activo industrial actual

Asturias dispone de dos importantes y modernas factorías siderúrgicas, una en Gijón (cabecera siderúrgica) con los dos únicos altos hornos existentes actualmente en toda España (uno recientemente modernizado, el otro pendiente de hacerlo) y otra en del concejo de Gozón (Luanco, Avilés) (siderurgia transformadora). Ambas instalaciones básicas, así como otras sociedades e instalaciones complementarias, pertenecen al Grupo Aceralia Corporación Siderúrgica SA. Y a ellas debe añadirse las instalaciones de Arcelor Packaging Internacional España SL (chapa para botes y latas). Ambas sociedades han quedado integradas recientemente en el conglomerado Arcelor Mittal.

Así mismo dispone de una Fábrica de fertilizantes en Trasona (Corvera, Avilés) dotada de terminal de entrada de amoniaco, que atiende la demanda de fertilizantes del noroeste (ácido nítrico, nitratos amónico-cálcicos y abonos complejos), que pertenece a Fertiberia SA del Grupo Villar Mir.

Origen y evolución del activo

Todas estas factorías son el resultado actual de la evolución de la siderurgia asturiana, que tuvo su origen en los carbones y los minerales de hierro presentes en Asturias, los primeros

muy extendidos y los segundos presentes también en numerosos puntos pero no de una gran importancia, razón probable por la que son menos conocidos.

Como ejemplo de minerales de hierro, pueden citarse los de Quirós y Teverga, donde se construyeron fábricas siderúrgicas, pero después se dio salida a los minerales por ferrocarril (dos ramales que se unían en Caranga), que recogía también en su ruta los de Castañeda del Monte hasta la fábrica siderúrgica y de armas de Trubia en zonas más bajas, ferrocarril que funcionaría desde 1884 a 1963. (Sería la segunda etapa de desarrollo de Trubia).

El despegue siderúrgico en esta Comunidad se inicia en 1848 con la puesta en marcha de la Fábrica de Mieres y más tarde otras en La Felguera, entre las que destaca la de Duro y Compañía en 1859, sociedad que posteriormente y mediante fusiones se convirtió en la Sociedad Metalúrgica Duro Felguera S.A., principal productora siderúrgica.

Podemos ahora citar más ejemplos de minería del hierro ligados a estas dos instalaciones. Para la Fábrica de Mieres trabajaría, por ejemplo, la mina de hierro del Naranco (Oviedo). Y la Sociedad Metalúrgica Duro Felguera explotó la mina de hierro de Llaímo (Sobrescobio, Río seco) entre 1922 y 1967 transportando el mineral con camiones hasta Río seco y desde allí en ferrocarril hasta La Felguera. Y la misma sociedad tuvo al borde del mar la mina Llumeres (Gozón, Luanco) que como la anterior cerró también en 1967.

Las dos sociedades citadas constituirían, con Fábrica Siderúrgica Moreda-Gijón, en 1961, la potente Unión de Siderúrgicas Asturianas SA (Uninsa), que construiría su factoría en Veriña y aledaños (Gijón), puesta en marcha en 1971, que abandonaba las localizaciones interiores iniciales buscando la conexión exterior por vía marítima para la llegada fácil de los minerales de hierro tanto españoles (Vizcaya, Teruel, Almería, Granada) como extranjeros y buen carbón coquizable para mezclas con el nacional, y para la salida de los productos obtenidos.

Por otra parte y ante la escasez de productos siderúrgicos, el Estado había creado ya en 1950 la Empresa Nacional Siderúrgica (Ensidesa), que por la presencia del carbón asturiano, la tradición siderúrgica de la zona (y en una primera intención para utilizar hasta el 75% de minerales de hierro pobres de la zona, más que los privados / después cambió la orientación) y las mismas razones que después utilizó Uninsa (párrafo anterior), situó su factoría en Avilés, poniendo en marcha su primer horno alto en 1957 y desarrollándose a partir de esta fecha. Tras sucesivos pasos de toma de participación, en 1973 terminó por absorber a Uninsa. Años más tarde, en 1994, Ensidesa se fusiona también con Altos Hornos de Vizcaya formando la Corporación Siderúrgica Integral que dio lugar en 1997 a la corporación privada Aceralia Corporación Siderúrgica, que en 2002 se integraría con Arbed y Usinor en la multinacional Arcelor, y recientemente en la corporación Arcelor-Mittal.

Simultáneamente a esta evolución societaria las instalaciones fueron sufriendo grandes transformaciones hasta la configuración actual.

Cerradas hace años (desde 1967) todas las minas de hierro, la cabecera se alimenta hoy con minerales de hierro de importación, ..(y parcialmente con carbón coquizable..)....

Debe añadirse por otro lado que, integrada en la factoría de Ensidesa, y para aprovechar los gases de los hornos de coque, ricos en hidrógeno y adecuados para sintetizar amoniaco con nitrógeno, se construyó una Fábrica de abonos para producción de fertilizantes. Esta fábrica ha ido evolucionando también de manera muy importante, dejando de producir amoniaco por antieconómico en 1988 para recibirlo como materia prima por vía marítima.

Desde el punto de vista societario las vicisitudes de esta fábrica han sido también complicadas. En primer lugar, en 1974, las instalaciones de abonos de Ensidesa, Encaso y Repesa se agruparon en Enfersa (Empresa Nacional de Fertilizantes SA), que en 1989 se uniría con Fesa Fertilizantes Españoles SA (segregación de los activos fertilizantes de Ercros, unión de Explosivos Río Tinto y SA Cros) formando Fesa-Enfersa (propiedad de Ercros). Tras un grave problema de suspensión de pagos en 1992, pudo reflatarse la sociedad con ayudas estatales creándose la filial sin deuda Fertiberia SL. En 1995 toma Villar Mir el control del conjunto haciéndose más tarde la fusión de Fesa-Enfersa y Fertiberia SL para dar lugar a Fertiberia SA, en

la que el grupo Villar Mir aumenta su participación.

FACTORÍA SIDERÚRGICA DE VIZCAYA

Activo industrial actual

Vizcaya dispone una moderna factoría en Sestao, primera en Europa en utilizar colada continua de planchón delgado, de la sociedad ACB Acería Compacta de Bizkaia SA – Sestao (bobina de acero laminada en caliente), de la factoría Acb Acr Decapado Aie – Sestao (bobina decapada de óxidos), y de la unidad de Etxebarri de Arcelor Packaging Internacional España SL (chapa para botes y latas), y de otras muchas fábricas e industrias integradas en el grupo, que hoy día forman parte del conglomerado Arcelor Mittal.

Dispone también de una fábrica de fertilizantes en Lutxana (Baracaldo, Vizcaya) con terminal de amoniaco en el puerto de Bilbao, que produce nitrato amónico-cálcico, nitrosulfato amónico y ácido nítrico, de la sociedad Sefanitro, del Grupo Fertiberia.

Origen y evolución del activo

Esta factoría y (fábrica de fertilizantes) es el resultado actual de la siderurgia vasca, que tuvo su origen en la extracción de los buenos minerales de hierro del país vasco, fundamentalmente de Vizcaya. La zona más importante fue el valle de Somorrostro, con explotaciones en Muskiz, Ciérvana (Zierbana?), Abantos, Gallarta (últimas explotaciones de Agruminsa), Ortuella y Trapagarán, o en otras zonas, como Sopuerta y Galdames unida esta última con Sestao por un ferrocarril minero. A ello se uniría la facilidad para recibir carbón o coque por vía marítima

La moderna siderurgia comenzó a despegar desde 1841 con varias sociedades que pusieron en marcha altos hornos, y sobre todo a partir de 1880 con presencia y desarrollo de un gran número de sociedades que ante la gran competencia buscaban su especialización. En 1902 se creó en Sestao, cerca de los yacimientos de hierro, la siderurgia integral Altos Hornos de Vizcaya mediante la fusión de tres sociedades (“Altos Hornos de Bilbao”, “La Vizcaya” y “La Iberia”). Tras sus importantes inversiones en la década de los años 20 fue empresa hegemónica y líder del sector siderúrgico durante muchos años.

Realizó importantes ampliaciones y modernizaciones en sus instalaciones de Sestao y Barakaldo en la segunda mitad de los años 50, que continuaron en la década de los años 60 (en 1967 construyó el mayor horno alto de España), comenzando su declive a mediados de los setenta. Dentro del paquete de medidas de reconversión de la siderurgia integral de 1981, pasó a recibir importantes ayudas del Estado para mejorar su situación financiera y llevar a cabo en la primera mitad de los años 80 un proceso de reconversión. Pero este no fue suficiente, y hubo de sufrir otra reconversión más radical, dentro de la que sus activos se integraron en 1994 con los de Ensidesa al crearse la Corporación Siderúrgica Integral (CSI) y remodelándose con ella. Esta reconversión conduciría al cierre de todas las instalaciones de cabecera (hornos de coque, hornos altos) y del tren de bandas en caliente, cierre que concluyó en 1996.

Paralelamente a este cierre, en 1994 se constituyó la empresa Acería Compacta de Bizkaia (con CSI como socio principal) que montó sus instalaciones en Sestao obteniendo su primera colada de acero y bobina laminada en caliente en 1996. Societariamente evolucionó como se ha indicado para el caso de Asturias.

Algo antes del cierre de la cabecera, en 1993, ya cesó la producción de minerales de hierro en Vizcaya al cerrar Agruminsa la última explotación viva a cielo abierto de Bodovalle (Vizcaya). Desde su entrada en funcionamiento, la acería compacta se alimenta de chatarras, arrabio y prerreducidos.

FACTORÍA SIDERÚRGICA DE VALENCIA Y FÁBRICA DE FERTILIZANTES

Activo industrial actual

La actual factoría siderúrgica del Puerto de Sagunto con las fábricas de las sociedades

Siderúrgica del Mediterráneo SA (producción de lámina de acero en frío) y de Arcelor Planos Sagunto SL (bandas de acero galvanizadas en frío para la industria del automóvil), integradas en la actualidad en el Grupo Arcelor Mittal. Y adicionalmente la fábrica de la sociedad ThyssenKrupp Galmed SA (chapa galvanizada en caliente), del Grupo ThyssenKrupp.

Una moderna y eficiente Fábrica de fertilizantes nitrogenados de Fertiberia, del Grupo Villar Mir (ácido nítrico como producto intermedio y nitratos amónicos fundamentalmente).

Origen y evolución del activo

Esta factoría y fábrica de fertilizantes es el resultado actual de la explotación de los hierros de Ojos Negros (Teruel) por la Compañía Minera de Sierra Menera, que tras la construcción de su ferrocarril minero y embarcadero, empezaron a llegar al puerto de Sagunto desde 1907 para salir por vía marítima.

En efecto, para aprovechar estos minerales y el puerto (para entrada del carbón y salida de productos) se creó la Compañía Siderúrgica del Mediterráneo, cuyos altos hornos comenzaron a funcionar en 1923, y que tras una fuerte crisis de mercado en la primera mitad de los años 30 y tras la guerra civil, fue absorbida en 1940 por Altos Hornos de Vizcaya (AHV). Entre 1940 y 1945 esta compañía hizo un fuerte desarrollo de muchos servicios y entre los años 1955 y 1965 llevó a cabo grandes inversiones de ampliación y modernización de la factoría. En los años 60 había tres hornos altos, baterías de coque, hornos de acero, laminación, etc. Y en la segunda mitad de los años 60 siguieron las modernizaciones.

En 1970 se decide construir en Puerto de Sagunto la IV Planta Siderúrgica Integral, por la proximidad de las grandes reservas de hierro de Ojos Negros con ferrocarril propio (de nuevo el mineral de hierro de Ojos Negros), su completa red de comunicaciones con el exterior y el interior (puerto, ferrocarriles, carreteras), su buena infraestructura urbana y de servicios, y la disponibilidad de empresas auxiliares con mano de obra especializada. (Ojo, la nueva planta utilizaría como materia prima chatarra y arrabios)

En 1971 y tras someterlo a concurso público entre la iniciativa privada, se adjudica dicha Planta a la sociedad Altos Hornos del Mediterráneo SA (AHM) constituida al efecto con capital mayoritario de AHV y participación de la United States Steel Company. En 1972 se toma la decisión de parar el ferrocarril minero por dificultad para alcanzar los volúmenes de transporte previstos, pasando a ser realizado el mismo por líneas y trenes de Renfe. La nueva sociedad AHM absorbió en 1974 la acería de Sagunto de AHV en momento record de producción de acero, y en 1976 puso en marcha el tren de bandas en frío, que sería la 1ª y única fase de la IV Planta, que ya no se desarrollaría en sus siguientes fases aguas arriba del proceso.

En efecto, la recesión industrial tras la crisis de 1973 obligó a frenar el proyecto, viéndose obligado el Gobierno a nacionalizar AHM en 1978 (lo que supuso un alivio temporal para AHV). Pero el problema siguió por lo que dentro del plan de medidas de reconversión de la siderurgia integral, en 1983 se decide dismantelar las instalaciones integrales existentes. En 1985 se constituyó, con los activos y pasivos afectos a la planta de laminación en frío, la sociedad Siderúrgica del Mediterráneo SA (Sidmed) en la que entró el grupo Usinor en 1991, pasando la participación nacional a Corporación Siderúrgica Integral en 1994, y en 1997 a Aceralia Corporación Siderúrgica. En 1998 Usinor aumenta su participación, y en 2001 con la integración de Aceralia con Arbed y Usinor la sociedad Siderúrgica del Mediterráneo se integra en Arcelor y recientemente en el grupo Arcelor Mittal.

La explotación minera de Ojos Negros cerró definitivamente en 1987. Hoy día estas factorías se suministran con bobinas calientes que reciben de las plantas de Asturias o Marsella del propio grupo.

Por otra parte, prescindiendo de los antecedentes, al cerrar la cabecera de AHM y como compromiso con parte de los excedentes de la plantilla, la sociedad Enfersa instaló una Planta de Fertilizantes nitrogenados operativa desde 1988 y que desde entonces ha venido diversificando su producción. La evolución societaria de Enfersa a partir de ese momento quedó

ya indicada al describir la planta de Asturias.

La materia prima fundamental básica es el amoniaco que recibe por vía marítima.

FUNDICIÓN DE COBRE Y FÁBRICA DE FERTILIZANTES DE HUELVA

Activo industrial actual

Huelva dispone de una Fundición y Refinería (electrolítica) de cobre, que es la mayor fundición de cobre de Europa, de la sociedad Atlantic Copper del Grupo Freeport-McMoRan Copper & Gold, Inc. Produce ánodos y cátodos de cobre, ácido sulfúrico y varios subproductos.

Dispone también de una Fábrica de abonos de Fertiberia que es el mayor complejo de la Unión Europea productor de ácido fosfórico y fosfatos amónicos, y uno de los más importantes de abonos complejos.

Origen y evolución del activo

La fundición tuvo su origen en el complejo minero-metalúrgico creado inicialmente por la compañía Río Tinto Company Ltd., para explotar y beneficiar los minerales cupríferos de Río Tinto, que situó las primeras fundiciones en la zona de la mina. En 1954 la empresa fue adquirida por capital español, tomando el nombre de Compañía Española de Minas de Río Tinto SA, que continuó desarrollando estos proyectos. En 1969 se fusiona con Unión Española de Explosivos para constituir Unión Explosivos Río Tinto, y en 1970 se pone en funcionamiento la nueva Fundición y Refinería de Cobre de Huelva. En 1977 la compañía asume el nombre de Río Tinto Minera SA. Tras la intervención en el grupo, en la segunda mitad de los años 80, de Kio y Cros, en 1993 Freeport-McMoRan adquirió todo el negocio del cobre, tomando rápidamente la decisión de modernizar y ampliar la fábrica, lo que pudo hacer con éxito ya que en el año 1996 consiguió duplicar su capacidad.

Con producciones bajas de concentrados de cobre en la última etapa de la minería de la zona, y ya sin producción desde 2001, hoy día esta fundición compra y trata concentrados de los cinco continentes y también chatarra y escorias de cobre. Tras su cierre total, la minería del suroeste se reiniciará con el desarrollo del proyecto de Las Cruces.

La Fábrica de fertilizantes tuvo su origen en las plantas de ácido sulfúrico que se construyeron aprovechando la abundancia de las piritas de la provincia, la primera de las cuales fue construida en 1965 por Unión Española de Explosivos, aunque más tarde se instalaron otras tres empresas. Con el ácido sulfúrico se tratan los fosfatos cálcicos (traídos desde fuera) obteniéndose ácido fosfórico, materia prima para los abonos fosfatados y otros muchos usos.

En la vertiente societaria, en 1969 se fusionó Unión Española de Explosivos con Minas de Río Tinto para dar origen a Unión de Explosivos Río Tinto (ERT). Y en 1989, al constituirse Ercros, se segregaron estos activos junto con el resto de activos de fertilizantes de Explosivos Río Tinto y de SA Cros en la sociedad Fesa dependiente de Ercros, que se uniría con Enfersa para constituir Fesa-Enfersa. Desde entonces sigue la evolución que ha sido ya indicada al describir la factoría de Avilés.

La producción de piritas en la zona sufrió una fuerte caída y concluyó también en 2001. En la actualidad, el azufre, en lugar de proceder de las piritas, llega como azufre elemental desde la refinería de petróleo de Cepsa en Palos de la Frontera (desulfuración de combustibles líquidos), o como ácido sulfúrico desde Atlantic Copper.

INDUSTRIAS DEL ZINC EN ASTURIAS Y CANTABRIA

Activo industrial actual

El Complejo Industrial de San Juan de Nieva, Castrillón (inmediaciones del puerto de Avilés, Asturias) (lingotes de zinc y aleaciones y otros productos químicos), que es la planta de producción de zinc electrolítico de mayor capacidad y de menor coste del mundo (y que utiliza tecnología propia en muchos de los procesos), de la sociedad Asturiana del Zinc S.A. (AZSA). Esta sociedad es actualmente la cabecera de la unidad de negocio Xstrata Zinc Bussines,

segundo productor de zinc mundial y uno de los mayores productores de concentrados, del Grupo Xstrata AG.

También las plantas de Arnao (Castrillón, Asturias) (óxidos de zinc, laminados e hilo de zinc) y de Hinojedo (Torrelavega, Cantabria) (óxido de zinc)) de elaborados o compuestos de zinc.

Origen y evolución del activo

Tuvieron su origen en la Real Compañía Asturiana de Minas, sociedad creada en 1833 para dedicarse a la siderurgia del hierro, pero que derivó su interés hacia el zinc porque su carbón no era adecuado para la metalurgia del hierro y sí para la del zinc. Tras comprar varias minas de cinc en Cantabria y Guipúzcoa, se constituyó en 1853 la "Real Compañía Asturiana de Minas, Sociedad para la producción de zinc en España", cuya fundición en Arnao comenzó a funcionar en 1855. Esta sociedad derivó finalmente en Asturias del Zinc, que se constituyó en 1957 para obtener zinc por métodos electrolíticos.

La planta actual comenzó a funcionar en 1960 y hasta 2001 se amplió en sucesivas ocasiones multiplicándose por 30 su capacidad.

El año 2003 cesó la producción propia española de concentrados de zinc y plomo, al paralizarse su explotación de Reocín (Cantabria).

Hoy día los concentrados se traen desde minas de todo el mundo, siendo una parte significativa de producciones propias del grupo en Australia.

INDUSTRIA DEL ZINC EN MURCIA

Activo industrial actual

Cartagena dispone de una Fábrica de producción de zinc electrolítico de la sociedad Española del Zinc SA, que produce cátodos de zinc, lingotes de zinc y aleaciones. La sociedad atraviesa un momento de crisis y está pendiente de reubicar sus instalaciones productivas, modernizando y duplicando la capacidad, en algún área industrial de Cartagena.

Origen y evolución del activo

Tuvo su origen con la constitución de la Sociedad en 1956, y con la entrada en funcionamiento de la fábrica en 1960 (como la de Asturiana..), para beneficiar fundamentalmente los concentrados que se producían en la zona minera de La Unión, así como otros que pudieran llegar de la zona de sulfuros complejos del suroeste español o del exterior.

En aquella época sólo una cuarta parte de los concentrados se trataban en España, perdiéndose el valor añadido de los mismos, ya que finalmente había que importar el zinc metal. Pero además se trataba de una alternativa a los procesos de fusión que a pequeña escala existían en la zona y que no conseguían gran calidad (fundición Santa Lucía de la SMMP? Zincasa?), para obtener un zinc de alta pureza.

Con sucesivas reformas la capacidad de la fábrica llegó a duplicarse.

Tras paralizarse la actividad minera en la zona (Portmán Golf SA, que compró las explotaciones a la SMMP en 1988, terminó cerrando en 1990), los concentrados se compran en todo el mundo y llegan a Cartagena por vía marítima.

COMPLEJO PETROQUÍMICO DE PUERTOLLANO Y FÁBRICA DE FERTILIZANTES

Activo industrial actual

Puertollano es el núcleo industrial más importante de Castilla La Mancha debido al complejo petroquímico de que dispone, uno de los más desarrollados a nivel europeo, con tecnología puntera, y con futuro, por su situación muy favorable desde el punto de vista energético, al estar cerca y conectado mediante oleoducto con Madrid, lo que le permite cubrir un área con el 20 % del consumo nacional de combustibles.

El complejo, perteneciente a Repsol YPF, tiene actividades de refino con producción de combustibles (líquidos y gaseosos, incluso sólidos) y lubricantes, actividades petroquímicas con productos de base para plásticos y derivados, actividades logísticas, y otras auxiliares, siendo una de las refinerías más sofisticadas del territorio español en la que se obtiene toda la gama de productos derivados del petróleo.

Desde el año 2000 está conectada con el puerto de Cartagena, que se amplió con una nueva terminal para buques tanque, con un nuevo oleoducto de una capacidad de 7,5 millones de toneladas anuales de crudo, que sustituyó al primitivo con cabecera en Málaga, ante el crecimiento de dicha ciudad en el entorno de esta cabecera.

En el mismo complejo se sitúa una fábrica de fertilizantes de Fertiberia que produce productos nitrogenados intermedios o terminados y abonos nitrogenados (amoníaco, ácido nítrico, urea, nitratos y soluciones nitrogenadas).

La Comunidad de Madrid y todo el centro de la geografía española se benefician hoy día con el complejo de Puertollano, un foco vital y próximo de abastecimiento de combustibles líquidos y gaseosos, productos básicos del plástico, compuestos nitrogenados, fertilizantes y diversos derivados y subproductos.

Origen y evolución del activo

Como vamos a ver a continuación con algún detalle, todo este complejo tiene su origen en las pizarras bituminosas de la cuenca de Puertollano.

En efecto, tras muchos años de explotación del carbón, que se inició en 1873 y continúa en la actualidad, transcurriendo el año 1916, y en el curso de unas labores de reconocimiento, se descubrió una primera capa de las pizarras bituminosas por parte de la Sociedad Minero y Metalúrgica de Peñarroya (SMMP).

Esta importante sociedad puso en marcha la explotación de estas pizarras construyendo para su aprovechamiento la "Destilería Calatrava" en la que producía combustibles líquidos, parafinas y otros, y que funcionó entre 1918 y 1955.

Para hacer un aprovechamiento a mayor escala de estas pizarras, en 1942, en plena etapa de autarquía, el Instituto Nacional de Industria (INI) constituye la Empresa Nacional Calvo Sotelo (Encaso), que debería extraer y tratar las pizarras.

Se llegaron a poner en marcha hasta tres pozos muy mecanizados y se construyó un importante Complejo químico, con unidades de destilación, de hidrogenación a presión (que incluía una instalación de gasificación con vapor de agua y oxígeno, que a su vez era producido en otra instalación), de refino y de desparafinado.

Además de estas instalaciones básicas, hubo que construir toda una serie de infraestructuras y servicios, como carreteras, ferrocarriles, un pantano, una instalación de bombeo de agua, una conducción con túnel, una central térmica de carbón en que se producía energía eléctrica y vapor, líneas eléctricas, un poblado completo, talleres, almacenes, laboratorios, oficinas, etc.

El complejo fue inaugurado en 1952 y funcionaría hasta 1966 con extracción y tratamiento de pizarras de hasta casi 800.000 t anuales en su etapa de régimen, y con obtención de combustibles, lubricantes, parafinas y otros subproductos.

Por otro lado, e integrada en el complejo petroquímico, se construyó también una fábrica de productos nitrogenados y fertilizantes, que entró en funcionamiento en 1958 con síntesis de amoníaco, y producción de ácido nítrico y sales nitrogenadas.

Cuando el bloqueo internacional llegó a su fin y el crudo de petróleo podía llegar de manera fácil, la factoría dejó de tener interés.

Ante la alternativa de montar una refinería en la costa, Puertollano tenía las ventajas de contar ya con todas las infraestructuras y servicios necesarios que habían sido construidos para

las pizarras bituminosas, con algunas instalaciones que podrían adaptarse, con una plantilla organizada, preparada y adecuadamente instalada, y con la ventaja de tener muy cerca los mercados del centro peninsular.

Por todo ello, en 1961 se autorizó la ampliación de las instalaciones de Puertollano con una Refinería de petróleo y una fábrica anexa de olefinas (base de la industria petroquímica), alimentada desde la costa mediante el oleoducto Málaga-Puertollano, instalaciones que se ponen en marcha plenamente en 1966, momento en que se abandona la instalación de pizarras bituminosas.

Entre los años 1966 y 1973, y con la participación de Encaso, se crearon las sociedades Alcudia, Calatrava, Paular, y Montoro, que pusieron en marcha en el complejo instalaciones petroquímicas para producir productos básicos para la industria del plástico.

Todas estas instalaciones, tanto de la refinería como de la petroquímica y de los fertilizantes, no han parado desde entonces de crecer en capacidad de producción, en capacidad logística, completarse y modernizarse. En 1975 se construyó el oleoducto directo Puertollano-Loeches y años más tarde Loeches-Villaverde.

Un proceso similar de crecimiento y modernización ha seguido la factoría de fertilizantes, cuya materia prima fundamental en la actualidad es el gas natural.

Desde el punto de vista societario, en 1974 se constituye la “Empresa Nacional del Petróleo”, Enpetrol, en la que se integra la refinería de Puertollano y las de Escombreras y Tarragona. Tras la integración de Petroliber (Coruña) se integran también las petroquímicas participadas, dando lugar a EMP, que da paso en 1986 a Repsol Petróleo, que se privatiza entre 1989 y 1997, y que da lugar a partir de 1999 a Repsol-YPF.

El mismo año, y simultáneamente a Repsol, se creó Enfersa con las instalaciones de abonos de Encaso, Ensidesa y Repesa. (Desde el punto de vista societario) también vivió numerosas vicisitudes (...contarlo...), perteneciendo en la actualidad a Fertiberia del Grupo Villar Mir.

La factoría de fertilizantes ya no trabaja tampoco como al principio con subproductos de la refinería, sino que lo hace con gas natural.

COMPLEJO DE GENERACIÓN TÉRMICA Y PARQUES INDUSTRIALES EN AS PONTES DE GARCÍA RODRIGUEZ (LA CORUÑA).

Activo industrial (actual) a inicio de 2008

As Pontes dispondrá a inicio de 2008 de un importante complejo de generación térmico, propiedad de la sociedad Endesa Generación S.A. del Grupo Endesa, formado por una Central Térmica para quemar carbón de importación y una Central de ciclo combinado de gas natural.

La Central Térmica de carbón dispone de 4 grupos con un total de 1400 MW, ha venido aprovechando los lignitos del yacimiento, pero desde enero de 2008 consumirá únicamente carbón de importación. Como instalación complementaria dispone de un muelle carbonero que se trasladará al nuevo puerto exterior de El Ferrol.

La Central de ciclo combinado de gas, de una potencia de 800 MW está en avanzado estado de construcción y entrará en operación en Mayo de 2007.

Adicionalmente, As Pontes dispone de dos parques empresariales, Os Airíos y Penapurreira, en cuyo desarrollo ha participado de manera muy importante la sociedad Endesa, y que acogen a un total de 47 empresas de actividad muy variada.

Origen y evolución del activo

Este complejo debe su presencia a la existencia de un yacimiento de lignito pardo que como veremos seguidamente quedará prácticamente agotado y cerrará su explotación en Diciembre de 2007.

El yacimiento, conocido desde antiguo y formado por alternancias de lignito pardo y arcillas del Mioceno, fue adquirido por la Empresa Nacional Calvo Sotelo (Encaso) que puso en marcha una primera explotación en 1948, una central de 32 MW y una fábrica de nitrato amónico.

El yacimiento fue adquirido en 1972 por la Empresa Nacional de Electricidad (Endesa), que tras las nuevas campañas de investigación cubrió 303 millones de toneladas de lignitos in situ.

En concordancia con esta elevada cifra de reservas, se construyó una Central Térmica de 1400 MW (4 grupos de 350) y se puso en marcha en 1976 conjuntamente con el primer grupo, una moderna y gran explotación a cielo abierto, con una capacidad de 12 millones de toneladas anuales, realizada con excavadoras de rodete para la extracción del lignito y las arcillas, cintas transportadoras para el transporte, y apiladoras para el escombrado.

Entre 1993 y 1997, y con objeto de reducir las emisiones de la C. Térmica, se redujo a la mitad la capacidad de extracción de la mina y se adaptó la C. Térmica para quemar un 50% de carbón de importación.

Tras ... años de explotación, próximas al agotamiento las reservas, y dentro del plan de reducción de emisiones de las grandes instalaciones de combustión (Directiva 2001/80/CE), se inició enla transformación de los grupos para quemar exclusivamente carbón de importación, operación que concluirá en 2008, de manera que desde el inicio a partir de enero de 2008 solamente se quemará carbón de importación, pero la C. Térmica seguirá en pleno funcionamiento.

Por otra parte y aprovechando las infraestructuras de la C. Térmica actual, como la captación de agua, la subestación de evacuación de energía producida, o la planta de tratamiento de efluentes, y conectada mediante gasoducto con la Planta de Regasificación de GNL de Mugaros (A Coruña), en la que participa Endesa, se decidió construir una Central de ciclo combinado de gas natural, que ya está en avanzado estado de construcción.

Por último, y para paliar en lo posible el efecto del cierre de la explotación minera de lignitos se han puesto en marcha en los últimos años dos polígonos industriales, Os Airíos y Penapurreira, que se desarrollaron (con una importante participación de Endesa) para paliar los efectos de la primera reducción de producción de la mina y de la segunda reducción y cierre, lo que se recoge con más detalle en otro punto de este trabajo. Por tanto también estos polígonos tienen su origen en los lignitos de As Pontes.

4.6 Herencia industrial viva de antiguas actividades mineras ya extintas

José Lorenzo Agudo

Es de todos conocido que muchas de las actividades mineras españolas, que tuvieron un desarrollo muy importante, incluso esplendoroso en algunos casos, al final del siglo XIX y en la primera mitad del siglo XX, se han ido extinguiendo desde entonces. Y si solemos prestar atención al patrimonio histórico industrial que dichas actividades mineras nos han legado en forma de instalaciones y edificios, no deberíamos dejar de tener siempre presente, y considerar, y valorar, la extraordinaria herencia industrial en funcionamiento, o patrimonio vivo, que también nos han dejado en muchos casos.

Nos estamos refiriendo a industrias utilizadoras o transformadoras de minerales, como la siderurgia y la metalurgia en el caso de los minerales metálicos, industrias que están funcionando en la actualidad, a pesar de que la minería que le dio origen haya cerrado hace ya tiempo.

Su importancia socio-económica para el país es fundamental, tanto a nivel de PIB, como de empleo directo y asociado, productos comercializados, servicios prestados, colaboración al desarrollo regional, participación en la exportación, etc. Y mayor sería esta importancia si se considerasen también las industrias secundarias que se derivaron de sus productos, como las fábricas transformadoras, la construcción naval, la

mecánica, la de material ferroviario, la de motores, etc. Y también tendrían que considerarse las actividades asociadas a las materias primas y productos, como son las de transporte por ferrocarril y por barco.

Probablemente se podría afirmar sin gran error, y de una manera general, que toda la industria siderúrgica y metalúrgica de cabecera, así como la industria transformadora aguas abajo de las mismas, existentes en nuestro país hoy día, deben su existencia a la inicial presencia y explotación de minerales metálicos, y de carbón en algunos casos. Y con el ánimo de mostrar precisamente que, cuando menos, hay una serie de ejemplos concretos muy claros de grandes activos industriales, que indubitablemente tienen su origen muy directo y próximo en actividades mineras, aunque hoy ya extintas, a continuación se van a presentar diferentes ejemplos. En primer lugar se identifica el activo, y después se refleja su origen y evolución hasta la situación actual, tanto en instalaciones como societariamente, en forma de pinceladas resumidas, aún a riesgo de cometer alguna imprecisión.

Los seis primeros ejemplos se refieren precisamente al campo ya citado y más frecuente en España de industrias de siderurgia y metalurgia que tienen que ver con la minería metálica, mientras que el último se sale de este campo al referirse a pizarras bituminosas. Y al estar asociadas a casi todas ellas, como ya veremos, ha sido obligado incluir también a la mayoría de las factorías de fertilizantes actuales.

Debemos decir también, que todas estas industrias han venido realizando desde hace años fuertes inversiones para modernizarse medioambientalmente (alguna lo terminará de hacer con las renovaciones en curso). Fruto de ello es que no solamente cumplen en exceso en cuanto a sus emisiones y residuos la normativa nacional y comunitaria, sino que optimizan el consumo de materias primas y recursos, minimizan la generación de productos secundarios, y además utilizan las Mejores Técnicas Disponibles desde el punto de vista medioambiental.

La permanencia en el tiempo de estas actividades industriales derivadas de antiguas explotaciones mineras, su continua modernización, su adaptación al mercado, su esfuerzo medio ambiental (que acabamos de comentar), y otros aspectos, acreditan a estas actividades como sostenibles, y tanto desde los puntos de vista social, como económico y medio ambiental.

FACTORÍAS SIDERÚRGICAS Y FÁBRICA DE FERTILIZANTES DE ASTURIAS

Activo industrial actual

Asturias dispone de **dos importantes y modernas factorías siderúrgicas**: Una en **Gijón** que es **cabecera siderúrgica**, con los dos únicos hornos altos existentes actualmente en toda España, uno recientemente modernizado y el otro pendiente de hacerlo, y que es productora de arrabio. La otra en **Avilés** (concejos de Gozón, Corvera y Avilés) de **siderurgia transformadora** que produce productos planos y largos. Ambas instalaciones básicas, así como otras sociedades e instalaciones complementarias, pertenecen al grupo Aceralia Corporación Siderúrgica SA - Gozón. Y a ellas debe añadirse otra **fábrica de aceros para embalajes**, la de Arcelor Packaging Internacional España SL – Gozón, que produce chapa para botes y latas. Las dos sociedades citadas han quedado integradas recientemente en el conglomerado euro-indio Arcelor Mittal, líder de la siderurgia mundial.

Así mismo dispone de una **Fábrica de fertilizantes** en Trasona (Corvera, Avilés) dotada de terminal portuaria de entrada de amoníaco, que pertenece a Fertiberia SA, del Grupo Villar Mir, y que atiende la demanda de fertilizantes del noroeste. Esta fábrica produce ácido nítrico (como producto intermedio), nitratos amónico-cálcicos, abonos complejos (NPK) y abonos solubles (nitrato magnésico principalmente). Este centro de producción, junto con otros cuatro que se van a citar más adelante, hacen de Fertiberia SA el primer productor nacional de fertilizantes y uno de los primeros de la Unión Europea.

Origen y evolución del activo

Todas estas factorías son el resultado actual de la evolución de la **siderurgia asturiana**, que tuvo su origen en los carbones y los minerales de hierro presentes en Asturias, los primeros muy extendidos y los segundos presentes también en numerosos puntos pero no de una gran importancia y calidad, razón probable por la que son menos conocidos.

Como ejemplo de minerales de hierro, pueden citarse los de Quirós y Teverga, donde inicialmente se construyeron fábricas siderúrgicas, pero después se dio salida a los mismos por ferrocarril (dos ramales que se unían en Caranga), que recogía también en su ruta los de Castañeda del Monte, hasta la fábrica siderúrgica y de armas de Trubia en

zonas más bajas, ferrocarril que funcionaría desde 1884 a 1963. (Sería la segunda etapa de desarrollo de Trubia).

El despegue siderúrgico en esta Comunidad se inicia en 1848 con la puesta en marcha de la Fábrica de Mieres y más tarde otras en La Felguera, entre las que destaca la de Duro y Compañía en 1859, sociedad que posteriormente y mediante fusiones se convirtió en la Sociedad Metalúrgica Duro Felguera S.A., principal productora siderúrgica.

Podemos ahora citar más ejemplos de minería del hierro ligados a estas dos sociedades o instalaciones. Para la Fábrica de Mieres trabajaría, por ejemplo, la mina de hierro del Naranco (Oviedo). Y la Sociedad Metalúrgica Duro Felguera explotó la mina de hierro de Llaímo (Sobrescobio, Río seco) entre 1922 y 1967, transportando el mineral con camiones hasta Río seco y desde allí en ferrocarril hasta La Felguera. Y la misma sociedad tuvo al borde del mar la mina Llumeres (Gozón, Luanco) que como la anterior cerró también en 1967.

Las dos sociedades citadas en el párrafo anterior constituirían, con Fábrica Siderúrgica Moreda-Gijón, en 1961, la potente Unión de Siderúrgicas Asturianas SA (Uninsa), que construiría su factoría en Veriña y aledaños (Gijón), puesta en marcha en 1971. Se abandonaban así las localizaciones interiores iniciales, buscando ahora la conexión exterior por vía marítima, para la llegada fácil de los minerales de hierro, tanto españoles (Vizcaya, Teruel, Almería, Granada) como extranjeros, y del carbón coquizable (para mezclas con el nacional), así como para dar salida a los productos obtenidos.

Fábrica de Avilés de Aceralia Corporación Siderúrgica SA (fabricación de productos planos y largos)

Por otra parte y ante la escasez de productos siderúrgicos, el Estado había creado ya en 1950 y también en Asturias, la Empresa Nacional Siderúrgica (Ensidesa), por la presencia del carbón asturiano, una primera intención de utilizar hasta un 75 % de minerales de hierro pobres del territorio (que se abandonó pronto), y por la tradición siderúrgica de la zona. Por las mismas razones que después utilizó Uninsa (párrafo anterior), Ensidesa situó su factoría en Avilés, poniendo en marcha su primer horno alto en 1957 y desarrollándose a partir de esta fecha en diferentes etapas. Tras sucesivos pasos de toma de participación, en 1973 terminó por absorber a Uninsa. Años más tarde, en 1994, Ensidesa se fusiona también con Altos Hornos de Vizcaya formando la Corporación Siderúrgica Integral (CSI) que dio lugar en 1997 a la corporación privada Aceralia Corporación Siderúrgica, que en 2002 se integraría con Arbed SA (Luxemburgo) y Usinor SA (Francia) en la multinacional Arcelor, y que recientemente quedó integrada en la corporación Arcelor-Mittal.

Simultáneamente a esta evolución societaria las instalaciones fueron sufriendo grandes transformaciones hasta la configuración actual.

Cerradas hace años (desde 1967) todas las minas de hierro, la cabecera siderúrgica se alimenta hoy con minerales de hierro de importación, y parcialmente también con carbón coquizable de importación.

Debe añadirse por otro lado que, integrada en la primitiva factoría de Ensidesa, y para aprovechar los gases de los hornos de coque, ricos en hidrógeno y adecuados para sintetizar amoniaco con nitrógeno del aire, se construyó una primera **Fábrica de abonos** para producción de fertilizantes. Esta fábrica ha ido evolucionando también de manera muy importante, siendo la actual del año 1970.

Desde el punto de vista societario las vicisitudes de esta fábrica han sido también complicadas. En primer lugar, en 1974, las instalaciones de abonos de Ensidesa, Encaso y Repesa se agruparon en Enfersa (Empresa Nacional de Fertilizantes SA), que en 1989 se uniría con Fesa Fertilizantes Españoles SA (segregación de los activos fertilizantes de Ercros, unión de Explosivos Río Tinto y SA Cros) formando Fesa-Enfersa (propiedad de Ercros). Tras un grave problema de suspensión de pagos en 1992, pudo reflotarse la sociedad con ayudas estatales, creándose con los activos viables la filial sin deuda Fertiberia SL. En 1995 toma Villar Mir el control del conjunto haciéndose más tarde la fusión de Fesa-Enfersa y Fertiberia SL para dar lugar a Fertiberia SA, en la que el grupo Villar Mir seguiría aumentando su participación.

Esta fábrica de abonos abandonó finalmente su producción de amoniaco ligada a la siderurgia por antieconómica en 1988, para recibirlo desde entonces como materia prima por vía marítima (de la fábrica de Palos-Huelva del mismo Grupo, o del Norte de Europa). También recibe por vía marítima fosfatos, ácido fosfórico (de la otra planta del Grupo en Huelva) y cloruro potásico, para la fabricación de los abonos complejos.

FACTORÍA SIDERÚRGICA DE VIZCAYA

Activo industrial actual

Aunque sin siderurgia integral, Vizcaya dispone en la actualidad de **varias fábricas siderúrgicas**: Una moderna **acería en Sestao** (margen izquierda del Nervión) dotada de fusión eléctrica, colada, y laminación, todas ellas en continuo (siendo la primera en Europa en utilizar colada continua de planchón

delgado), de la sociedad ACB Acería Compacta de Bizkaia SA – Sestao, que produce hasta 1,8 millones de toneladas año de bobina de acero laminada en caliente (tanto al carbono como microaleado para múltiples usos). Una **fábrica** anexa de **chapa decapada**, la factoría de Acb Acr Decapado Aie – Sestao, que produce bobina decapada de óxidos. Además, la **fábrica de aceros para embalajes** de **Etxebarri** de Arcelor Packaging Internacional España SL, que produce chapa para botes y latas. Y otras varias fábricas e industrias más pequeñas integradas en el grupo, que hoy día forman parte del conglomerado euro-indio Arcelor Mittal, primer productor mundial de acero.

Moderna Acería de fusión, colada y laminación continuas, de la sociedad ACB Acería Compacta de Bizkaia SA en Sestao (margen izquierda del Nervión)

Origen y evolución del activo

Este conjunto de factorías es el resultado actual de la **siderurgia vasca**, que tuvo su origen en la extracción de los buenos minerales de hierro del país vasco, fundamentalmente de Vizcaya. La zona más importante fue el valle de Somorrostro, con explotaciones en Muskiz, Abanto y Ciérbana Gallarta (últimas explotaciones de Agruminsa), Ortuella y Trapagarán, o en otras zonas, como Güeñes o Sopuerta y Galdames, unida esta última con Sestao por un ferrocarril minero. Y sin olvidar los hierros de la vecina Cantabria (Cabárceno). A ello se uniría la facilidad para recibir carbón inglés o coque por vía marítima.

La historia de la explotación, transformación y comercialización del hierro en el País Vasco es también la historia del propio país y de su sociedad. La explotación del hierro en Bizkaia y Gipuzkoa es anterior a la época romana, se desarrolló con gran pujanza a lo largo de toda la Edad Media y alcanzó su culminación en el siglo XIX. La moderna siderurgia comenzó a despegar desde 1841 con varias sociedades que pusieron en marcha hornos altos, y sobre todo hacia 1880 con la industrialización de las minas y la presencia y desarrollo de un gran número de sociedades, que ante la gran competencia buscaron su especialización. En 1902 se creó en Sestao, cerca de los yacimientos de hierro, la siderurgia integral Altos Hornos de Vizcaya mediante la fusión de tres sociedades (“Altos Hornos de Bilbao”, “La Vizcaya” y “La Iberia”). Tras hacer importantes inversiones en la década de los años 20 fue empresa hegemónica y líder del sector siderúrgico durante muchos años.

Realizó importantes ampliaciones y modernizaciones en sus instalaciones de Sestao y Barakaldo en la segunda mitad de los años 50, que continuaron en la década de los años 60 (en 1967 construyó el mayor horno alto de España), pero a mediados de los setenta comenzó a declinar. Dentro del paquete de medidas de reconversión de la siderurgia integral de 1981, pasó a recibir importantes ayudas del Estado para mejorar su situación financiera y llevar a cabo en la primera mitad de los años 80 un proceso de reconversión. Pero este no fue suficiente, y hubo de sufrir otra reconversión más radical, dentro de la que sus activos se integraron en 1994 con los de Ensidesa, creándose la Corporación Siderúrgica Integral (CSI) y remodelándose con ella. Esta reconversión conduciría al cierre de todas las instalaciones de cabecera (hornos de coque y hornos altos) y del tren de bandas en caliente, cierre que concluyó en 1996.

Paralelamente a este cierre, en 1994 se constituyó la empresa Acería Compacta de Bizkaia (con CSI como socio principal) que montó unas modernas instalaciones en Sestao, obteniendo su primera colada de acero y bobina caliente en 1996. Societariamente CSI evolucionó como se ha indicado para el caso de Asturias.

Algo antes del cierre de la cabecera ya cesó la producción de minerales de hierro en Vizcaya, al cerrar Agruminsa (empresa minera de AHV) en 1993 su última explotación subterránea, después de que ya en 1985 hubiese cerrado la explotación a cielo abierto, ambas en el yacimiento Bodovalle - Concha II (Gallarta, Bizkaia). Y entre ambas fechas, en 1989, la misma sociedad había clausurado también su explotación de Cabárceno en Cantabria. Desde su entrada en funcionamiento, la nueva acería compacta de Bizkaia se alimenta de chatarras, arrabio y prerreducidos de hierro.

FACTORÍA SIDERÚRGICA Y FÁBRICA DE FERTILIZANTES DE VALENCIA

Activo industrial actual

Valencia dispone de una **factoría siderúrgica** en el Puerto de Sagunto con dos sociedades y **tres fábricas**: La sociedad Arcelor Planos Sagunto SL, integrada en la actualidad en el Grupo euro-indio Arcelor Mittal, tiene dos fábricas; por una parte la fábrica de la **anterior Sidmed**, que produce bandas de chapa de acero laminada en frío, así como chapa electrocincada, ambas fundamentalmente para la industria del

automóvil (la última es un producto estrella de alta calidad para vehículos de gama alta); por otra parte la fábrica de la **anterior Solmed**, que recibe la chapa laminada en frío y produce bandas de acero galvanizado en caliente para la industria del automóvil; La otra sociedad es la **anterior Galmed**, ahora ThyssenKrupp Galmed SA, del Grupo ThyssenKrupp, que también produce chapa galvanizada por inmersión en caliente, en una planta muy similar a la de Solmed, aunque algo anterior.

Así mismo, dispone de una moderna y eficiente **Fábrica de fertilizantes** nitrogenados en la Zona Sur del Polígono Químico de Puerto de Sagunto, perteneciente a Fertiberia SA, del Grupo Villar Mir, que produce ácido nítrico (como producto intermedio), nitratos amónico-cálcicos, solución nitrogenada y solución de nitrato cálcico.

Origen y evolución del activo

Todas estas fábricas son el resultado actual de la **explotación de los hierros** de Ojos Negros (Teruel) por la Compañía Minera de Sierra Menera, que tras la construcción de su ferrocarril minero y embarcadero, empezaron a llegar como concentrados al puerto de Sagunto desde 1907 para salir por vía marítima, pero que más adelante se aprovecharían en Sagunto gracias al desarrollo de la **industria siderúrgica** en este municipio.

En efecto, para aprovechar estos minerales así como también el puerto (para entrada del carbón y salida de productos), se creó la Compañía Siderúrgica del Mediterráneo, cuyos hornos altos comenzaron a funcionar en 1923, y que tras una fuerte crisis de mercado en la primera mitad de los años 30 y tras la guerra civil, fue absorbida en 1940 por Altos Hornos de Vizcaya (AHV). Entre 1940 y 1945 esta compañía hizo un fuerte desarrollo de muchos servicios, y entre los años 1955 y 1965 llevó a cabo grandes inversiones de ampliación y modernización de la factoría. Al final de la década de los 50 había en Sagunto tres hornos altos, baterías de coque, hornos de acero, laminación, etc. Y en la segunda mitad de los años 60 siguieron las modernizaciones.

En 1970 se decide construir en Puerto de Sagunto la IV Planta Siderúrgica Integral, por la proximidad de las grandes reservas de hierro de Ojos Negros con ferrocarril propio (de nuevo el mineral de hierro de Ojos Negros, aunque reforzado por el de otras cuencas, como Bezas, Checa y Tierga), su completa red de comunicaciones con el exterior y el interior (puerto, ferrocarriles, carreteras), su buena infraestructura urbana y de servicios, y la disponibilidad de empresas auxiliares con mano de obra especializada.

Entre 1971 y 1972 se somete dicha Planta a concurso público entre la iniciativa privada, y se adjudica a la sociedad Altos Hornos del Mediterráneo SA (AHM) constituida al efecto con capital mayoritario de AHV y participación de la United States Steel Company, que decide iniciar su inversión con una planta de laminación en frío (que a partir de desbastes planos abundantes en el mercado internacional produciría chapa para la cercana industria del automóvil). En 1972 se toma la decisión de parar el ferrocarril minero por dificultad para alcanzar los volúmenes de transporte previstos, pasando a ser realizado el mismo por líneas y trenes de Renfe. La nueva sociedad AHM absorbió en 1974 la acería de Sagunto de AHV en momento record de producción de acero, y en 1976 puso en marcha su planta de laminación de bandas en frío, que sería la primera y única fase de la IV Planta, que ya no se desarrollaría en sus siguientes fases aguas arriba del proceso.

En efecto, la recesión industrial tras la crisis de 1973 obligó a frenar el proyecto, viéndose obligado el Gobierno a nacionalizar AHM en 1978 (lo que supuso un alivio temporal para AHV). Pero el problema siguió, por lo que dentro del plan de medidas de reconversión de la siderurgia integral, en 1983 se decide dismantelar las instalaciones integrales existentes.

En 1985 se constituyó, con los activos y pasivos afectos a la planta de laminación en frío, la sociedad Siderúrgica del Mediterráneo SA (Sidmed) para fabricar chapa laminada en frío y chapa electrocincada, en la que entró el grupo Usinor (Francia) en 1991, pasando la participación nacional a Corporación Siderúrgica Integral en 1994, y en 1997 a Aceralia Corporación Siderúrgica. Tras la entrada del citado grupo francés se abrió el camino para la creación entre Aceralia, Sollac y Thyssen, de la sociedad Galvanizaciones del Mediterráneo SA (Galmed), para fabricación de chapa galvanizada en caliente. Y ante la gran demanda de este producto, las dos primeras sociedades, Sollac y Aceralia deciden crear la sociedad Solmed Galvanizados SL (Solmed) con otra unidad de fabricación de chapa galvanizada en caliente (que entró en producción en 1999).

En 1998 Usinor aumenta su participación en Sidmed, y en 2001 se produce la integración de Aceralia CSI SA con Arbed SA (Luxemburgo) y Usinor SA, para dar lugar a Arcelor, por lo que Sidmed y Solmed quedan integradas en esta nueva sociedad, que por problemas de concentración debe desprenderse de Galmed, que pasó en 2003 al grupo Thyssen. En 2003 Sidmed y Solmed quedan integradas como filiales en Arcelor Sagunto, más tarde Arcelor Planos Sagunto SL, y este mismo año se produce la absorción de Solmed por Sidmed. En 2004 Sidmed aumenta su producción de acero laminado en frío hasta 1,6 millones de toneladas año. En 2006 Arcelor Planos Sagunto SL absorbe a su filial Sidmed (que se extingue) y además queda integrada en el grupo euro-indio Arcelor Mittal.

La explotación minera de Ojos Negros cerró definitivamente en 1987. Hoy día estas factorías de Sagunto se suministran con bobinas laminadas en caliente que reciben de las plantas de Asturias o Marsella del propio Grupo.

Por otra parte, y prescindiendo de antecedentes, al cerrar la cabecera de AHM y como compromiso de la Administración con parte de los excedentes de la plantilla, la sociedad Enfersa instaló una **Planta de Fertilizantes** nitrogenados, operativa desde 1988, y que desde entonces ha venido diversificando su producción hasta la situación actual antes descrita. La materia prima fundamental es el amoniaco, que recibe por vía marítima y almacena a baja temperatura.

La evolución societaria de Enfersa tras la instalación de la Planta quedó ya indicada al describir la fábrica de fertilizantes de Avilés.

FUNDICIÓN DE COBRE Y FÁBRICAS DE FERTILIZANTES Y QUÍMICAS DE HUELVA

Activo industrial actual

Huelva dispone de una **Fundición y Refinería** (electrolítica) **de cobre**, que es la mayor fundición de cobre de Europa, de la sociedad Atlantic Copper, perteneciente al 100 % a Freeport-McMoRan Copper & Gold, Inc. Está situada en el Polígono Industrial de la Punta del Sebo (margen izquierda de la Ría del Odiel), al Sur de la ciudad de Huelva, aunque sus instalaciones portuarias están en Palos de la Frontera (salida del sulfúrico) y en el puerto exterior de Huelva (recepción de concentrados). Funde aproximadamente un millón de toneladas al año de concentrados de cobre, produciendo ánodos fundidos (que en su mayoría se refinan electrolíticamente a cátodos) y cátodos de gran pureza y calidad con más del 99,99 % en cobre. Además, partiendo del SO₂ de la fundición de los concentrados, es el primer productor español (y segundo europeo) de ácido sulfúrico comercial (para fertilizantes e industria química) y obtiene también varios subproductos utilizables, incluidos algunos con metales preciosos recuperables.

También dispone Huelva de **dos Fábricas de abonos** de Fertiberia, del Grupo Villar Mir. Una de ellas situada también en el Polígono Industrial de la Punta del Sebo de **Huelva**, que es la mayor factoría de la unión Europea en producción de ácido fosfórico y fosfatos amónicos, y una de las mayores de abonos complejos. Además de producir ácido sulfúrico, ácido fosfórico y fosfatos amónicos (como productos intermedios), produce fosfato diamónico, abonos complejos (con distintas formulaciones en NPK), y fosfatos solubles. La otra fábrica en el Polígono Industrial Nuevo Puerto de **Palos de la Frontera** (al Sur de este municipio), que es el complejo industrial español mayor productor de amoniaco (producto intermedio que también suministra a otras fábricas del grupo) y de urea, que fabrica como "urea prill" pero pudiendo obtener una parte como "urea cristal".

Y hay que considerar también, a estos efectos, **otras dos fábricas químicas** situadas también en el mismo Polígono Industrial. Una de ellas perteneciente a la sociedad FMC Foret, integrada en el Grupo de Productos Químicos Industriales de la multinacional FMC Corporation (USA), que produce fundamentalmente tripolifosfato sódico para detergentes y fosfato bicálcico para alimentación animal, así como otros derivados fosfóricos especiales para múltiples aplicaciones. La otra está siendo transferida del Grupo químico francés Rhodia al ugandés Madhvani Group, y produce fundamentalmente tripolifosfatos de sodio para los sectores industriales del detergente y la alimentación.

Origen y evolución del activo

La fundición tuvo su origen en el **complejo minero-metalúrgico** creado inicialmente por la compañía Río Tinto Company Ltd. (constituida en 1873), para explotar y beneficiar los minerales cupríferos de Río Tinto.

Dicha compañía situó las primeras fundiciones en la zona de la mina. En 1954 la empresa fue adquirida por capital español, tomando el nombre de Compañía Española de Minas de Río Tinto SA, que continuó desarrollando estos proyectos. En 1969 se fusiona con Unión Española de Explosivos para constituir Unión Explosivos Río Tinto, y en 1970 se pone en funcionamiento la nueva Fundición y Refinería de Cobre de Huelva. En 1977 la compañía toma el nombre de Río Tinto Minera SA. Tras la intervención en la segunda mitad de los años 80, del grupo Ercros, en 1993 Freeport-McMoRan Copper & Gold Inc. adquirió todo el negocio del cobre, aunque se concentró en la obtención de cobre primario, tomando la decisión de modernizar y ampliar la fundición, lo que pudo hacer con éxito y rapidez ya que en el año 1996 consiguió duplicar su capacidad.

Con producciones bajas de concentrados de cobre en la última etapa de la minería de la zona, y ya

sin producción desde 2001, hoy día esta fundición compra y trata concentrados de los cinco continentes y también chatarra y escorias de cobre. No obstante, tras su cierre total, la minería del suroeste ve un nuevo resurgir, al reiniciarse una nueva etapa productiva con los proyectos de Agua Blanca (níquel, cobre y afines en Monesterio, Badajoz), Las Cruces (cobre y afines en Gerena y otros, Sevilla), y Aguas Teñidas (zinc, cobre y afines en Almonaster la Real, Huelva).

La industria de fertilizantes tuvo su origen en las **plantas** de ácido sulfúrico que se construyeron para **aprovechamiento de las piritas** tan abundantes en la provincia, la primera de las cuales fue construida en 1965 por Unión Española de Explosivos, aunque más tarde se instalaron otras tres empresas. Con el ácido sulfúrico se tratan los fosfatos cálcicos (traídos desde el exterior, fundamentalmente desde Marruecos) obteniéndose ácido fosfórico, materia prima para los abonos fosfatados y otros muchos usos.

En la vertiente societaria, en 1969 se fusionó Unión Española de Explosivos con Minas de Río Tinto para dar origen a Unión de Explosivos Río Tinto (ERT). Y en 1989, al constituirse Ercros, se segregaron estos activos, junto con el resto de activos de fertilizantes de Explosivos Río Tinto y de SA Cros, en la sociedad Fesa dependiente de Ercros, que más tarde se uniría con Enfersa para constituir Fesa-Enfersa. Desde entonces esta sociedad siguió la evolución que ha sido ya indicada al describir la factoría de Avilés.

La producción de piritas en la zona sufrió una fuerte caída y concluyó también en 2001, como la producción de otros concentrados metálicos. Por ello en la actualidad, el ácido sulfúrico para la fábrica de fertilizantes de Huelva, en lugar de proceder de las piritas, debe producirse a partir de azufre elemental que llega en camiones desde la vecina refinera de petróleo de Cepsa en Palos de la Frontera (desulfuración de combustibles líquidos), y fundamentalmente desde el exterior mediante barcos a granel de distintas procedencias. En la fábrica de Palos el amoniaco (producto intermedio) se obtiene a partir de gas natural que recibe desde el puerto de Huelva o desde el gasoducto del Magreb.

Finalmente, la presencia de las dos últimas fábricas químicas citadas, de FMC Foret y de Rhodia, ligadas al ácido fosfórico (procedente a su vez del sulfúrico), se debe también, como lógicamente puede suponerse, a la **explotación**, en el pasado, **de los sulfuros** de la zona.

Foret, que desde su origen fue independiente de ERT (y por tanto de Fertiberia), fabricaba inicialmente ácido sulfúrico a partir de piritas, para obtener después ácido fosfórico. En la actualidad compra el sulfúrico a Atlantic Copper. En cambio, Rhodia estuvo asociada a ERT en su etapa como Río Ródano, y aunque deriva de las piritas, nunca fabricó ácidos, sino que siempre se ha abastecido directamente de fosfórico, ahora de Fertiberia y anteriormente de los predecesores de esta sociedad.

INDUSTRIAS DEL ZINC EN ASTURIAS Y CANTABRIA

Activo industrial actual

Entre Asturias y Cantabria, fundamentalmente en la primera, se sitúa un **complejo industrial del sector del zinc** de importancia mundial.

En el municipio de San Juan de Nieva (Castrillón, Asturias), en las inmediaciones del puerto de Avilés, se sitúa una importante **Fábrica de Zinc Electrolítico** que, utilizando tecnología propia en muchos de sus procesos, produce lingotes de zinc, lingotes de distintas aleaciones de zinc para múltiples aplicaciones, productos químicos como ácido sulfúrico, polvo de zinc, óxido de germanio, etc., y otros subproductos útiles. Se trata de la planta de producción de zinc electrolítico de mayor capacidad y de menor coste del mundo, de la sociedad Asturiana del Zinc SA (Azsa). Esta sociedad es actualmente la cabecera de la unidad de negocio Xstrata Zinc Bussines, segundo productor de zinc mundial y uno de los mayores productores de concentrados de zinc, perteneciente a la multinacional suiza Grupo Xstrata AG, participada mayoritariamente a su vez por otra multinacional también helvética, Glencore International.

También pertenecen a este Grupo, la **Fábrica de Transformados de zinc** de Arnao (Castrillón, Asturias), que produce óxidos y polvo de zinc (anteriormente también chapa e hilo de zinc) y la **Fábrica de tostación** de Hinojedo (Torrelavega, Cantabria) que produce blendas tostadas (que se utilizan como materia prima en otras fábricas del grupo) y anhídrido sulfuroso líquido.

Origen y evolución del activo

Estas fábricas son el resultado actual del proceso que tuvo su origen lejano con la constitución de la Real Compañía Asturiana de Minas, sociedad creada en 1833 con capital dominante español para dedicarse a

la siderurgia del hierro, pero que se vio obligada a derivar su interés hacia los **minerales de zinc** de la zona y **su metalurgia**, porque sus carbones no eran muy adecuados para la metalurgia del hierro y sí lo eran en cambio más para la del zinc.

Con este condicionante, la citada sociedad, tras comprar varias minas de cinc en Cantabria y Guipúzcoa, derivó en la constitución, en 1853, de la “Compagnie Royale Asturienne des Mines, Société pour la production du Zinc en Espagne”, con sede en Bruselas y capital predominantemente extranjero, cuya fundición en Arnao comenzó su producción en 1855. Tras muchos avatares, en 1957 se constituyó la sociedad española Asturiana del Zinc SA (Azsa), para obtener zinc electrolítico a partir de minerales tanto de la compañía belga como de otras procedencias. La evolución positiva de la compañía española y negativa de la belga hizo que, tras varias transferencias de activos, finalmente Azsa terminara por absorber en 1983 los activos españoles de la vieja compañía belga.

La planta actual de San Juan de Nieva comenzó a funcionar en 1960 y hasta 2001 se amplió y modernizó en sucesivas ocasiones hasta alcanzar una capacidad de producción de 505 kt anuales, consumiendo tanto concentrados propios como de importación. La planta de Arnao (a 4 km de la anterior) pertenece a Azsa desde 1980. Y también se incorporó a la sociedad española la planta de Hinojedo.

Desde el punto de vista societario, en 1997, Glencore International, el mayor grupo comercializador de materias primas del mundo, adquirió el 44 % del capital de Azsa, y en 2001, Xstrata AG, sociedad participada por Glencore, adquiere el 100 % de las acciones de Azsa, creando la ya citada unidad de negocio Xstrata Zinc Business, de la que Azsa es cabecera. En 2002 Azsa adquiere la fábrica de zinc electrolítico de Nordenham (Alemania). Y Xstrata siguió creciendo al adquirir, en 2003, el holding australiano MIM con activos mineros y metalúrgicos de zinc y plomo en Australia y Reino Unido, y en 2006, el grupo canadiense Falconbridge con activos mineros y metalúrgicos de zinc y plomo.

El año 2003 cesó la producción propia española de concentrados de zinc y plomo, al paralizarse la explotación de Reocín (Cantabria) de Azsa. No obstante, la fábrica siguió trabajando con normalidad con concentrados de importación. Hoy día, estos concentrados se traen desde minas de todo el mundo, procediendo una parte importante de los mismos de producciones propias del Grupo en Australia.

FÁBRICA DE ZINC EN MURCIA

Activo industrial actual

Cartagena dispone de una **Fábrica de producción de zinc electrolítico** de la sociedad Española del Zinc SA, que produce cátodos de zinc, y lingotes de zinc y de aleaciones de zinc. La sociedad está pendiente de reubicar sus instalaciones productivas en alguna nueva área industrial de Cartagena, ocasión que aprovechará para modernizar y duplicar la capacidad productiva de las mismas, utilizando un nuevo proceso propio y patentado, para la obtención de Zinc electrolítico de alta pureza (99,995 %) a partir de óxidos de acería, poniendo en valor estos productos que, aunque en parte se transforman (proceso Waelz), en parte deben inertizarse y almacenarse. Este proceso permite así, solucionar un problema medio ambiental, y al mismo tiempo partir de una materia prima más barata que los concentrados convencionales.

Origen y evolución del activo

Este activo metalúrgico tuvo su origen en la constitución de la sociedad Española del Zinc SA en 1956, y en la entrada en funcionamiento de su fábrica en 1960, con el objeto de **beneficiar** fundamentalmente **los concentrados de blenda** que se producían en la zona minera de La Unión, así como otros que pudieran llegar, bien de la zona de sulfuros complejos del suroeste español, o bien del exterior.

En efecto, tras el resurgimiento de los años 40 de la minería metálica en la sierra de Cartagena, de la mano de las buenas cotizaciones y de la flotación diferencial, en la primera mitad de los años 50, las numerosas minas y lavaderos de la zona alcanzaban ya a producir y tratar unas 4000 t/día de minerales, de los que se obtenían concentrados de piritas de hierro, blenda y galena.

El periodo de construcción de esta fábrica de zinc coincidió precisamente con el desarrollo de la minería a cielo abierto del mayor productor, la Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya (que inició su producción en esta modalidad en 1957), al mismo tiempo que empezaba el declive de la producción subterránea, de esta y otras muchas sociedades.

En aquella época sólo una cuarta parte de los concentrados de zinc se trataban en España, perdiéndose el valor añadido de los mismos, ya que finalmente había que importar el zinc metal. Pero además con esta fábrica se buscaba una alternativa a los procesos de fusión, que no conseguían gran calidad, para obtener un zinc de alta pureza. Tras su puesta en funcionamiento, la fábrica fue sometida a sucesivas reformas y modernizaciones con las que llegó a duplicar su capacidad.

Después de un crecimiento continuo hasta el inicio de la década de los 80, la actividad minera de la zona comenzó a decrecer y terminó por paralizarse completamente en 1990, cuando la sociedad Portmán Golf SA cerró definitivamente las explotaciones mineras que había comprado en 1988 a la Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya.

Acceso a la Fábrica de Zinc electrolítico de Española del Zinc en Cartagena (Murcia)

Tras el cierre de las minas de la sierra de Cartagena, la fábrica de zinc siguió funcionando sin ningún problema, aunque con concentrados comprados en diversas partes del mundo, que llegan a Cartagena por vía marítima.

La sociedad ha atravesado una grave crisis entre 2005 y 2006 producida por los muy bajos precios internacionales del zinc, que le obligaron a suspender sus operaciones productivas, pero que ya pudo reanudar con éxito después de casi dos años de inactividad. La crisis se ha superado con acuerdo de todas las partes y la firma de un convenio urbanístico con el Ayuntamiento de Cartagena para la reubicación de la factoría en otra zona del municipio. Como ya se indicó, esta nueva factoría tratará óxidos de Zinc de acería en lugar de concentrados mineros de Zinc (sulfuros), y utilizará para ello un nuevo proceso propio.

COMPLEJO PETROQUÍMICO Y FÁBRICA DE FERTILIZANTES DE PUERTOLLANO

Activo industrial actual

Puertollano (Ciudad Real) es el núcleo industrial más importante de Castilla La Mancha debido al **Complejo petroquímico** de que dispone, uno de los más desarrollados a nivel europeo, con tecnología puntera, y con futuro, por su situación muy favorable desde el punto de vista energético, al estar cerca y conectado mediante oleoducto con Madrid, lo que le permite cubrir un área con el 20 % del consumo nacional de combustibles.

El complejo, perteneciente a Repsol YPF, tiene actividades de refino con producción de combustibles (líquidos y gaseosos, incluso sólidos) y lubricantes; actividades petroquímicas con producción de productos de base para plásticos y derivados (polietilenos de baja y alta densidad, polipropileno, estireno, polioles, glicoles, etc.); actividades logísticas de almacenamiento y distribución así como otras auxiliares; todo ello hace que sea una de las refinerías más sofisticadas del territorio español y en la que se obtiene toda la gama de productos derivados del petróleo.

Dentro de su proceso continuo de mejora cabe destacar la entrada en funcionamiento en 2005, tras una fuerte inversión, de la Planta de Mild Hydrocracker, con la que ha mejorado su posición como primera refinería nacional en cuanto a producción de combustibles limpios (gasolinas y gasóleos de muy bajo contenido en azufre).

Desde el año 2000 está conectada con el puerto de Cartagena, que se amplió con una nueva terminal para buques tanque, mediante un nuevo oleoducto de una capacidad de 7,5 millones de toneladas anuales de crudo, que sustituyó al primitivo con cabecera en Málaga, ante el crecimiento de dicha ciudad en el entorno de esta cabecera.

En el mismo complejo se sitúa una **Fábrica de fertilizantes** nitrogenados de Fertiberia, del Grupo Villar Mir, que produce amoníaco y ácido nítrico (como productos intermedios o terminados), urea, nitratos amónicos y soluciones nitrogenadas.

La Comunidad de Madrid y todo el centro de la geografía española se benefician hoy día con este complejo de Puertollano, un foco vital y próximo de abastecimiento de combustibles líquidos y gaseosos, productos básicos del plástico, compuestos nitrogenados, fertilizantes y diversos derivados y subproductos.

Origen y evolución del activo

Como vamos a ver a continuación con algún detalle, todo este complejo tiene su origen en las **pizarras bituminosas** de la cuenca de Puertollano.

En efecto, tras muchos años de explotación del carbón, que se inició en 1873 (y que todavía continúa en la actualidad), transcurriendo el año 1916, y en el curso de unas labores de reconocimiento, se descubrió una primera capa de pizarras bituminosas por parte de la Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya (SMMP).

Esta importante sociedad puso en marcha la explotación de estas pizarras construyendo para su aprovechamiento la "Destilería Calatrava" de una capacidad de unas 55.000 t anuales, y en la que se producían aceites industriales, creosota, gasolina, brea, parafinas, gasóleo, lubricantes y otros. Funcionó entre 1918 y 1955, momento de la puesta en marcha de las instalaciones equivalentes de Calvo Sotelo (que se ve seguidamente), con quien había firmado un acuerdo.

Para hacer un aprovechamiento a mayor escala de estas pizarras, en 1942, en plena etapa de autarquía, el Instituto Nacional de Industria (INI) constituye la Empresa Nacional Calvo Sotelo (Encaso), también con la doble función de extraer y tratar dichas pizarras.

Se llegaron a poner en marcha hasta tres pozos muy mecanizados ("Inclinado", "Calvo Sotelo" y "Este nº 1") y se construyó un importante Complejo químico, con unidades de destilación, de hidrogenación a presión, de refinado y de desparafinado. La unidad de hidrogenación (la más importante) incluía una instalación de gasificación de carbón con vapor de agua y oxígeno (que a su vez era producido en una instalación de fraccionamiento de aire) para producir "gas de síntesis" rico en hidrógeno. Y estaban acompañadas por numerosas instalaciones auxiliares así como de almacenamiento y envasado de productos.

Además de estas instalaciones básicas, hubo que construir toda una serie de infraestructuras y servicios, como carreteras, ferrocarriles, un pantano, una instalación de bombeo de agua, una conducción con túnel, una central térmica de carbón en que se producía energía eléctrica y vapor, líneas eléctricas, un poblado completo, talleres, almacenes, laboratorios, oficinas, etc.

El complejo fue inaugurado en 1952 y funcionaría hasta 1966 con extracción y tratamiento de pizarras de hasta casi 800.000 t anuales en su etapa de régimen, y con obtención de combustibles, lubricantes, parafinas y otros subproductos.

Por otro lado, e integrada en el complejo petroquímico de tratamiento de las pizarras bituminosas, se construyó también una fábrica de productos nitrogenados y fertilizantes (para aprovechar el nitrógeno que se producía en la planta de fraccionamiento de aire), que entró en funcionamiento en 1958 con síntesis de amoníaco, y producción de ácido nítrico y sales nitrogenadas.

Cuando el bloqueo internacional llegó a su fin y el crudo de petróleo podía llegar de manera fácil, la factoría dejó de tener interés. Pero ante la alternativa de montar una refinería en la costa, Puertollano tenía las ventajas de contar ya con todas las infraestructuras y servicios necesarios, que habían sido construidos para las pizarras bituminosas, con algunas instalaciones que podrían adaptarse, con una plantilla organizada, preparada y adecuadamente instalada, y con la ventaja de tener muy cerca los mercados del centro peninsular.

Por todo ello, en 1961 se autorizó la ampliación de las instalaciones de Puertollano con una **Refinería de petróleo y una fábrica anexa de olefinas** (base de la industria petroquímica), que se alimentaría desde la costa mediante un oleoducto Málaga-Puertollano, instalaciones que se ponen en marcha plenamente en 1966, momento en que se abandona la destilación de pizarras bituminosas.

Entre los años 1966 y 1973, y con la participación de Encaso, se crearon las sociedades Alcudia, Calatrava, Paular, y Montoro, que pusieron en marcha en el complejo instalaciones petroquímicas para producir productos básicos para la industria del plástico.

Todas estas instalaciones, tanto de la refinería como de la petroquímica, no han parado desde entonces de crecer en capacidad de producción y en capacidad logística, además de completarse y modernizarse. En 1975 se construyó el oleoducto directo Puertollano-Loeches y años más tarde Loeches-Villaverde.

Desde el punto de vista societario, en 1974 se constituye la "Empresa Nacional del Petróleo", Enpetrol, en la que se integra la refinería de Puertollano y las de Escombreras y Tarragona. Tras la integración de Petroliber (Coruña) se integran también las petroquímicas participadas que se citaron anteriormente, dando lugar a EMP, que da paso en 1986 a Repsol Petróleo, que se privatiza entre 1989 y 1997, y que da lugar finalmente, a partir de 1999, a Repsol YPF.

Con la llegada del crudo a Puertollano, la **Fábrica de fertilizantes** debió seguir un proceso paralelo de conversión tecnológica, a la que con posterioridad siguieron procesos de crecimiento y modernización. En la actualidad, esta fábrica ya no trabaja tampoco como al principio con subproductos de la refinería, sino que lo

hace con gas natural, que recibe por tubería desde la Terminal de Regasificación del Puerto de Huelva o desde el gasoducto del Magreb.

En cuanto a la vertiente societaria de la Fábrica de fertilizantes, en 1974, y simultáneamente a la constitución de Enpetrol, se creó la sociedad Enfersa con las instalaciones de abonos de Encaso, Ensidesa y Repesa. Desde entonces Enfersa ha evolucionado, como se indicó al describir la Fábrica de Avilés, hasta la situación actual como Fertiberia SA del Grupo Villar Mir.

4.7 Desarrollo económico

Juan Carlos Baquero Úbeda

La minería contribuye, sin duda, al desarrollo socioeconómico durante las diferentes fases de desarrollo de la operación minera (construcción, operación, clausura y post-clausura). A modo de síntesis podríamos destacar aspectos como los siguientes:

- ↪ desarrollo socioeconómico (creación de empleo directo e indirecto, implantación de servicios sociales, inyección de capital circulante, etc.),
- ↪ abastecimiento de aguas (gestión adecuada del drenaje minero, reordenación de la escorrentía superficial, etc.),
- ↪ creación de infraestructuras asociadas (carreteras, abastecimiento eléctrico, telefonía, etc.),
- ↪ uso recreativo o turístico tras la clausura minera (creación de reservas y cotos de caza o pesca, viveros, deportes acuáticos, aulas de ecología, arqueología minera, etc.),
- ↪ uso agropecuario y mejora del suelo (desarrollo agrícola y ganadero, oportunidad de nuevos cultivos y usos del suelo, etc.),
- ↪ desarrollo formacional (formación profesional de los empleados, prácticas en empresa, etc.),
- ↪ adquisición de experiencia aplicable al desarrollo de nuevos proyectos, y
- ↪ creación de huecos susceptibles de almacenamiento diversos y otros usos (almacenamiento de gas, vertedero de inertes, confinamiento de residuos, almacenamiento de agua, espacio subterráneo para la construcción de instalaciones,...), etc.

Gobain Ovejero Zappino

Este desarrollo tecnológico, económico y social es especialmente sensible en las zonas rurales, siendo de desatacar que, al contrario de la mayoría de las industrias, que se ubican preferentemente en la periferia de los grandes núcleos urbanos, en las áreas portuarias o en el cruce de comunicaciones, la minería se ubica en zonas rurales, a veces aisladas o remotas. Esta peculiaridad ha provocado en ocasiones, y en ciertos momentos, un mayor desarrollo en estos centros mineros que en las propias capitales de sus provincias. Casos conocidos fueron los de los pujantes centros mineros del carbón, ya descritos de Puertollano y de Peñarroya - Pueblonuevo frente a las, entonces, provincianas capitales de Ciudad Real y Córdoba

Ricardo Castelló Montori

Como un ejemplo, entre muchos, vamos a sintetizar algunos aspectos económicos derivados de las explotaciones mineras de yeso en Almería.

En primer lugar debemos destacar que el mineral de yeso es una sustancia muy extendida, por toda la superficie del planeta, y existen explotaciones en casi todos los países del mundo. Aún así, existe demanda de este mineral en amplias zonas, como el Norte de Europa,

América del Norte y Central y África Oriental. Esta demanda está condicionada por la no existencia de materia prima, o por los elevados costes derivados del transporte desde los centros de producción a los de transformación y consumo.

En este contexto España es el segundo productor mundial de este mineral (detrás de Estados Unidos), en un panorama nacional donde el yeso está repartido por gran parte de la península. En todo caso es Andalucía la mayor productora nacional y, dentro de ella, es en Almería donde se concentran las mayores explotaciones y la mayor producción. Aquí, de una u otra forma, están presentes las mayores multinacionales europeas de la construcción, siendo la francesa Saint Gobain, a través de su filial Iberplaco, la de mayor producción.

En Almería existen, en la actualidad, cinco explotaciones en producción, siendo la concesión Los Yesares, la mina de yeso mayor de Europa y la tercera del mundo.

De Almería se extraen en la actualidad alrededor de 4 MT, lo que supone el 5% del yeso que se produce en el mundo, y aproximadamente la mitad del explotado en España. El destino de esta producción es íntegramente para la exportación, con una balanza comercial claramente positiva al contrario de lo que acontece con la mayoría de las sustancias minerales.

La evolución de la exportación, en los últimos nueve años, viene reflejada en la Tabla 10 (datos de junio de 2006).

Año	Producción (toneladas)
1998	2.768.690
1999	3.555.991
2000	3.102.346
2001	3.466.407
2002	3.505.876
2003	2.985.292
2004	3.022.299
2005	4.065.944
2006	2.156.819

Tabla 10. Producción de yeso en Almería.

Datos hasta junio de 2006.

Por países receptores, en 2005, destaca el Reino Unido (24% del total) y Estados Unidos (16% del total); países que se alternan en los puestos más altos desde mediados de los años 90. La exportación de yeso, a nivel provincial, ha supuesto, desde enero hasta mayo de 2006, casi un 9% del total.

Desde el punto de vista económico podemos resaltar que las explotaciones de yeso están situadas, sobre todo, en el término municipal de Sorbas (Almería), con una población censada de unos 2.840 habitantes (año 2005), una población activa de 1.281 habitantes, una tasa de paro del 6,6 %, y una renta familiar disponible por habitante: entre 8.300 y 9000 €.

Esta tasa de paro es inferior a la tasa provincial (9,73 %), distribuyéndose la mano de obra empleada directamente en el negocio del yeso de la siguiente forma: 270 empleos directos en canteras y transporte, 40 empleos en puerto y 1.000 empleos indirectos.

La facturación aproximada de exportación es de 30 M€ por venta de yeso crudo.

Igualmente se puede resaltar que en el año 2005, el 90% del volumen exportado salió por el puerto de Garrucha y el 10% restante por Almería, suponiendo para el primero que el 93% del volumen que se mueve por este puerto es yeso, con un número total de 338 barcos recibidos, de los que el 95% cargaron yeso, y sólo el 5% cargaron otras mercancías (caliza y barita).

Por este concepto la Junta de Andalucía, a través de la Empresa Pública de Puertos de Andalucía, ingresó en 2005 aproximadamente 2,86 M€, en concepto de utilización del puerto, tanto a las empresas exportadoras como a los buques mercantes, situándose como el puerto más rentable de los que gestiona la Junta. A estos datos hay que añadir los gastos de agencia, consignataria, prácticos, remolcadores, aprovisionamiento, servicios generales, etc. que se estiman en unos 3 M€.

La importancia de este sector, dentro de la provincia de Almería, estriba evidentemente en la riqueza que genera en una zona, pero también por su carácter estable en el tiempo, con posibilidades de seguir así durante mucho tiempo, ya que los costes de la materia prima están acordes con lo que el mercado internacional demanda.

Con respecto al emplazamiento concreto de esta actividad se puede destacar que, en su inicio, se trataba de incluir una actividad industrial donde sólo había agricultura de subsistencia, en terrenos improductivos. Más recientemente ha comenzado la actividad turística, como complemento de la industrial.

Por otra parte, la actividad generada no se focaliza únicamente donde están las explotaciones, sino que se extiende por la comarca, llegando hasta las zonas portuarias, como Garrucha, constituyéndose en el único motivo de existencia del puerto comercial, para revertir un dinero importante a la administración, es el embarque de mineral de yeso.

4.8 Arte y cultura

4.8.1 Paisajes culturales de la minería

Octavio Puche Riart es, sin duda, uno de los adalides en dar a conocer el fantástico patrimonio minero – cultural de nuestro país, siendo un referente para la documentación de este legado. En cuanto sigue, en este apartado, nos basamos en Puche Riart (2006b).

En primer lugar las referencias (y por tanto la atención al tema), parece que son muy recientes. Puche Riart (2006b) dice *“La primera referencia hispana al paisaje minero que conocemos data de 1993, cuando la Dirección General de Cultura, de la región de Murcia, propone al Paisaje Minero de la Sierra de Cartagena para la Lista Indicativa de Paisajes Culturales de la UNESCO.”* Pero esto parece normal ya que sólo un año antes la UNESCO, en su *Convención de Patrimonio Mundial*, había definido el término Paisajes Culturales, que representan la combinación de los trabajos de la naturaleza y el hombre.

En este cuadro cronológico destaca que, inmediatamente, el citado autor (Puche Riart *et al.* 1994), ya enarbola esa bandera: *“El resultado de laboreo de las minas, especialmente en el caso de la minería a cielo abierto, puede remodelar de tal manera el terreno que da lugar a morfologías de gran interés tanto paisajístico, como científico, cultural y recreativo”*.

En este sentido hay paisajes minero – culturales que son descritos en otros apartados de este libro, como es el caso de las minas de Las Médulas (León), las minas de Cabárceno (Cantabria), las de Linares (Jaén), las de la Sierra de Cartagena, las de Cerro del Hierro (Sevilla),... al tiempo que surgen instrumentos legales, catalogaciones, mesas redondas, Jornadas y Congresos para la defensa de este Patrimonio.

La protección requiere de una serie de pasos previos, que son detallados por Puche Riart (2006b):

- ☞ Identificación del paisaje, considerando sus características y delimitando su extensión.
- ☞ Inventario y calificación de paisajes según belleza, antigüedad, singularidad, posibilidades turísticas, peligro de desaparición, etc.
- ☞ Selección de los paisajes a proteger de acuerdo con sus valores culturales y naturales, así como con la evolución histórica.

- ✉ Propuestas de uso y gestión para fomentar su conservación y promover objetivos de calidad paisajística.

Aguirre Murúa *et al.* (2002, *in* Puche Riart 2006b) proponen los siguientes pasos para el desarrollo turístico y la posterior gestión paisajística:

- ✉ Desarrollo de infraestructuras (accesos, aparcamientos, sendas, redes de abastecimiento de agua, alojamientos, recogida de residuos, construcción rehabilitación de edificios, zonas ajardinadas, deportivas y de juego, merenderos, miradores, protecciones, vallas, etc.
- ✉ Conservación, restauración, reconstrucción de bienes y espacios, con todo lo que pueda suponer de demoliciones, remodelizaciones, repoblación, protección ambiental, etc.
- ✉ Creación de Centros de Interpretación, donde se explique las características y se canalicen los flujos de visitantes.
- ✉ Marcado y adecuación de itinerarios, diseñados por expertos, de acuerdo a un plan de ordenación, y teniendo presentes los criterios de seguridad. Los itinerarios deben aproximar al conocimiento histórico, social y cultural, incluyendo valores relacionados con la geología, botánica, zoología, medio ambiente, morfología, vistas panorámicas, etc.
- ✉ Elaboración de programas didácticos y culturales, que presenten los bienes patrimoniales y el paisaje que los integra, de acuerdo a una ordenación lógica, siguiendo a ser posible una secuencia histórica. Esta actuación se complementa con folletos, paneles y videos.
- ✉ Captación de visitantes, mediante la adecuada difusión mediática de información.

Katia Hueso Kortekaas

El paisaje de la sal es un tipo de paisaje cultural que se crea por la explotación de un recurso natural: la sal. Este entorno particular es el resultado de la interacción entre la naturaleza y la actividad humana, en la cual se combinan los valores naturales típicos de las salinas (hábitats halófilos, flora y fauna especializadas), junto a un patrimonio cultural tangible (edificios, infraestructuras) e intangible (técnicas de trabajo, tradiciones), de gran valor y singularidad. Y todo junto da lugar a una creación específica, porque es distinta a la suma de las dos; ninguno de estos valores existiría por sí mismo. Se ha producido una simbiosis, en la que una manifestación particular de fauna y flora, es consecuencia de una actividad humana, y la actividad se ha producido por las especiales características naturales del lugar.

Cabe matizar aquí que la sal se puede presentar en forma disuelta (mar, manantial) o en forma de roca (sal gema). Esta última se encuentra en el subsuelo, confinada en yacimientos que apenas influyen en la fisonomía del paisaje, ni en los ecosistemas que en él se encuentren. En las salinas costeras, además, se pueden encontrar algunos de los valores citados, sin necesidad de explotar el recurso salino, ya que existen gracias a la presencia de sal en el ambiente. Así, el paisaje de la sal, según se entiende aquí, suele estar más bien asociado a la presencia de sal disuelta o cerca de la superficie, y en las salinas de interior (Carrasco y Hueso, 2006b; Hueso, 2006; Hueso y Carrasco, 2006).

Rafael Fernández Rubio

Otro interesante paisaje cultural de la minería es el que hoy podemos gozar en la antigua **mina de Cerro del Hierro** (San Nicolás del Puerto, Sevilla), en la Sierra Norte de Sevilla. Se trata de lo que fue una explotación minera, fundamentalmente de oligisto, pero también de barita. La minería aquí se inició en tiempo de los romanos y tuvo continuación en época árabe; más recientemente una compañía inglesa de origen escocés (William Baird Mining and Co. Ltd) construye un ferrocarril hasta el puerto de Sevilla, para exportar el mineral y, a mediados del siglo XX, una compañía siderúrgica nacional (Nueva Montaña Quijano) se hace cargo de la explotación, y dirige la mayor parte del mineral hacia el Norte de España. Finalmente la mina

cierra en 1985 por el encarecimiento del transporte.

Esta actividad minera ha creado un paisaje excepcional, por su originalidad y belleza, configurado por la mano del hombre, y declarado en el año 2001 como Monumento Natural de Andalucía.

El mineral no es otra cosa que el relleno kárstico, de los productos insolubles de la disolución de calizas marmóreas del Cámbrico (zona de Osa Morena). Esta karstificación, que se produjo en condiciones tropicales (karst de mogotes), hoy es visible gracias a los trabajos de explotación, que la han exhumado, descubriendo una morfología soterrada kárstica de gran belleza, comunicando los espacios a través de túneles, que atraviesan los mogotes carbonatados, excavados por los mineros. Así se ofrecen hoy ejemplos muy notorios de toda la morfología kárstica: lapiaz, dolinas, simas, cuevas,...

Desde el punto de vista turístico el lugar ofrece hoy la práctica de varios deportes: escalada, "rappel", espeleología, senderismo y cicloturismo (a través de la Vía Verde), sin perder vista que aquí se encuentra la mayor concentración de robles melojos, y se puede observar a la esquiwa cigüeña negra.

4.8.2 Arte en la tierra

Rafael Fernández Rubio

La rehabilitación de áreas mineras es un desafío, siempre abierto a nuevas iniciativas, en el que, por supuesto, no se ha dicho la última palabra. Por ello, lo que hoy puede ser novedad mañana se podrá ver reflejado en múltiples actuaciones, en cada caso con sus peculiaridades y su adaptación a las condiciones específicas del entorno minero, pero también a la imaginación creativa.

En esta situación se encuentra lo que se ha dado en llamar "Land Earth" o "Land Art" que son actuaciones que realizan los artistas sobre el terreno y que aparecen en unidad con él (Puche Riart, 2006b), pero que también incluye la concepción de una mina a cielo abierto como una escultura o, mejor dicho, como la contra-escultura: el vaciado de esa escultura; sería como la "ante-pirámide de Egipto".

Esta concepción es y puede ser muy rica en ideas, porque la visión de artista es creativa, es muy diferente y es más profunda que la de un ciudadano de a pié.

Así, por ejemplo, nos puede servir de referencia las actividades que están naciendo en el entorno de las **minas de Ojos Negros** (Teruel y Guadalajara), donde la extracción de mineral finalizó en el año 1986, y donde durante más de una decena de años, fuimos responsables de la investigación geológico-minera y del drenaje.

De estas explotaciones, situadas a caballo de la divisoria administrativa entre Aragón (Teruel) y Castilla La Mancha (Guadalajara), y en la divisoria hidrográfica entre la cuenca mediterránea (río Ebro) y la atlántica (río Tajo), se ha extraído, durante ochenta y seis años, 45 millones de toneladas mineral de hierro (oligisto y hematites), en un metalotecto ubicado en materiales carbonatados del Silúrico. Pero lo que aquí vamos a destacar es un planteamiento, que nace del programa "Arte y Naturaleza", desarrollado por instituciones locales, con el decidido apoyo de los habitantes de Ojos Negros y Sierra Menera, y con la imaginación creativa de un conjunto de artistas plásticos, coordinados por el polifacético escultor y Licenciado en Bellas Artes que es Diego Arribas (2002a y 2006). Se puede decir así que es un programa del pueblo y para el pueblo.

Esta idea fresca y novedosa nace de la Asociación de Artistas y Artesanos del Jiloca (ARTEJILOCA), y de la Asociación para el Desarrollo Integral (IDRI), con una idea directriz: reactivar la vida en los que fueron núcleos mineros, que no quieren perder su memoria histórica minera. Bajo este paraguas se han realizado dos encuentros, con el lema de "Arte, industria y territorio", en las clausuradas Minas de Ojos Negros, en el 2000 y en 2005.

La idea de estos encuentros es sacar conclusiones sobre las posibilidades para el arte, el turismo y la cultura que ofrecen los espacios mineros clausurados, aprovechando sus infraestructuras civiles e industriales para la creación artística, lo que en este caso podría incluir: un ecomuseo; la recuperación del tren minero y la creación de una vía verde; el centro de estudios de medio ambiente y arqueología; las visitas guiadas por las antiguas explotaciones; la rehabilitación de edificios para alojamiento y salas de exposiciones; etc. Por este camino, en el año 2001, la Dirección General de Patrimonio Cultural, del Gobierno de Aragón, declara como Monumentos de Interés Local a las tolvas de clasificación del mineral y a la nave de clasificación y cribado, lo que comporta su inclusión en el Catálogo del Patrimonio Cultural Aragonés.

La idea se ha plasmado en encuentros de artistas y especialistas de diversos campos de la cultura, para debatir las posibilidades que se ofrecen tras el cierre de la actividad minera. Esta iniciativa puede estar en el fondo de lo que indica Arribas (2002b), de que *“La sociedad rural... aboga por una puesta en valor de su patrimonio natural y cultural para un desarrollo sostenible”*. En este caso un jurado seleccionó, entre cincuenta y ocho proyectos presentados, a cuatro de ellos, para que fuesen presentados durante el encuentro de abril de 2002, en las minas. Cada uno de ellos tuvo la singularidad creativa del artista, con enfoques que no compartimos en el detalle, pero cuya filosofía, entendemos interesante (Arribas, 2002a):

- ↪ Javier Tudela, Licenciado en Bellas Artes, Doctor en Filosofía y Profesor de la Facultad de Bellas Artes de Pontevedra realizó su instalación en el lago de la mina El Menerillo.
- ↪ Nexatenaus, colectivo de creación artística integrado por jóvenes licenciados y estudiantes de Bellas Artes, Arquitectura, Sociología y Filosofía, desarrollo su intervención en la antigua nave de mantenimiento de maquinaria pesada.
- ↪ Nel Amaro que practica poesía, arte, instalaciones y acciones, elaboró una presentación en dieciséis “estaciones” a lo largo del entorno minero.
- ↪ Ánxel Nava, pintor, escultor, escenógrafo, poeta y agrimensor desarrolló una actividad de arte contemporáneo al amanecer, en la mina Filomena.

La mentalidad prioritaria, en estas actuaciones, es la que hay paisajes con memoria, que tienen gran potencialidad creativa, especialmente si se salvaguarda su legado patrimonial. En este contexto el planteamiento de Arribas (2002b) nos lleva a reflexiones propias, desde el conocimiento del mundo minero en actividad y clausurado.

Entendemos así que esos espacios, “degradados” en su fisonomía por el movimiento de tierras (trabajos de extracción y de apile), y afectados en su cobertera de suelo edáfico y vegetación, ofrecen una indudable espectacularidad. Entendemos (como bien dice Arribas, 2002b), que no se trata de un *“paisaje lunar”* sino de un *“paisaje del hombre. Trágico, violento, pero deslumbrante por la rotunda plasticidad que transmiten las formas y los colores de la tierra que se abre en canal ante nosotros. Profundas simas escalonadas, desmontes, terraplenes cortos a plomo de frentes de cantera, nos muestran todos los tonos posibles de la Tierra: ocres, pardos, rojizos... una extensa paleta cromática que abarca desde el intenso azabache de las pizarras bituminosas, hasta las niveas formaciones de los cristales de cuarzo”*. Para decir más adelante: *“La explotación minera convirtió al paisaje natural en paisaje industrial y a éste, tras el cierre, en paisaje cultural”*. Esta idea se puede expresar con estas u otras palabras, pero nosotros las hacemos nuestras.

Y no me resisto a no traer aquí la concepción de este Licenciado en Bellas Artes y escultor, para quien *“La actividad industrial, una vez extinta, ha supuesto una mejora estética del territorio, gracias a la nueva morfología del paisaje. Hablamos de canteras y minas a cielo abierto. Lejos de resultar una degradación para el paisaje, suponen un enriquecimiento estético”*, para terminar diciendo que *“La conjunción de estos componentes ha pasado a formar parte de la historia del lugar, de su memoria y de la de quienes lo habitan.”* Pero es más, de este artista es el planteamiento de que ese territorio *“no vale la opción de dejarlo como está, y menos la de dejarlo como estaba, porque nunca volverá a “estar como estuvo”*.

La conclusión a la que se llega desde el artista, que entendemos es compartida por el técnico, es la de que *“La intervención sobre el paisaje consiste en corregir las malas actuaciones*

y saber potenciar las buenas, pero también en saber dar respuesta inmediata a las dinámicas de cambio”.

En este planteamiento entendemos que lo que es necesario, desde la luz del conocimiento pluridisciplinar, es aprovechar los múltiples valores de ese espacio geográfico, con aportaciones creativas. Y es así como Arribas (2002b) lo entiende al expresar que *“El paisaje de las Minas de Ojos Negros reúne todas las categorías de lo sublime. Su gran extensión, su caprichosa morfología y su rica historia forman un singular enclave que invita a adentrarse sin más brújula que la de nuestra fascinación”.* Por ello, más adelante se expresa así: *“Nunca quedará claro quien descubrió a quién: si el artista al lugar o si, por el contrario, fue el lugar el que atrapó al artista.”*

Con su sensibilidad artística, el escultor expresa sus sentimientos al adentrarse en las explotaciones a cielo abierto y deambular por ellas en solitario, para recorrer el velo y mirar de frente *“aún a riesgo de ser conquistados por la belleza de su desnudez y perecer devorados por la jauría de nuestras imaginaciones.”* Sus palabras son duras, pero reconfortantes para quien lleva gravada la imagen indeleble de esta geografía en lo más profundo del alma: *“Miseria, desolación, tierra quemada, arrasada, desdeñada, maldita, ignorada, escondida, silenciada, mancillada, y a pesar de ello –o quizás gracias a todo ello-, tan bella.”* De ahí nace su *“propuesta reacción creadora fuera de las salas convencionales... como una oportunidad de disponer de otros soportes y formatos distintos, en un medio distinto”.*

Para quien trabajo, y mucho, en la geología de estas montañas, y ha tenido oportunidad de volver a hollar sus suelos, estas actuaciones son altamente reconfortantes.

4.8.3 La minería en la literatura

Rafael Fernández Rubio

Sin duda ha sido muy cuantiosa la aportación que la minería española ha hecho a la literatura, y serían incontables las citas que aquí podrían traerse.

Un ejemplo realmente significativo, por quien es su autor, y por la descripción que presenta, lo podemos extraer del magníficamente editado libro *“cueva el soplar”*, del que son autores Francisco Fernández Ortega y M^a del Carmen Valls Uriol (2006). En esta obra se incluye la descripción que sale de la pluma de D. Benito Pérez Galdós (1843-1920), en su obra *Marianela*, ambientada en 1878, en la zona minera de Cartes (Cantabria), articulada en el antiguo Camino Real que unía Santander con la meseta castellana. Sin quitar ni poner una coma o un acento, Pérez Galdós escribía así:

“También afuera las mulas habían sido enganchadas a los largos trenes de vagonetas: veíaselas pasar arrastrando tierra inútil para verterla en los taludes o mineral para conducirlo al lavadero. Cruzábanse unos con otros aquellos largos reptiles, sin chocar nunca. Entraban por la boca de las galerías, siendo entonces perfecta su semejanza con los resbaladizos habitantes de las húmedas grietas; y cuando en la oscuridad del túnel relinchaba la indócil mula, creeríase que los saurios disputaban chillando. Allá en las remotas cañadas, centenares de hombres golpeaban con picos la tierra para arrancarle, pedazo a pedazo, su tesoro. Eran los escultores de aquellas caprichosas e ingentes figuras que permanecían en pie, atentas, con gravedad silenciosa, a la invasión del hombre en las misteriosas esferas geológicas. Los mineros derrumbaban aquí, horadaban allá, cavaban más lejos, rasguñaban en otra parte, rompían la roca cretácea, desbarataban las graciosas láminas de pizarra samnita y esquistosa, despreciaban la caliza arcillosa, apartaban la limonita y el oligisto, destrozaban la preciosa dolomía, revolviendo incesantemente hasta dar con el silicato de cinc, esa plata de Europa que, no por ser la materia de que se hacen las cacerolas, deja de ser grandiosa fuente de bienestar y civilización”.

Un minero no habría sabido describir mejor ese entorno, y ese trabajo y ese interés de la minería, como lo supo hacer este autor del realismo y la franqueza.

Como aportación literaria de la minería a la literatura o al revés: de la literatura a la

minería, se podría citar también a la trilogía de dicada a la **mina de El Centenillo** (Jaén), de la pluma de Luis García Sánchez-Bellever. En esta secuencia que, bajo el título general de El Centenillo, y como subtítulos: “Un pueblo andaluz y minero”, “Historia de las explotaciones mineras”, y Documentos y estampas de un coto minero” el autor hace un viaje literario, histórico y documental de estas minas subterráneas que tuve oportunidad de recorrer, cuando estaban en plena actividad, con la grata compañía de quienes han sido mis grandes maestros: Ismael Rosso de Luna y José María Fontboté Mussolas.

En estas obras afloran anécdotas y circunstancias del devenir de sus habitantes, apoyadas en documentos inéditos, que permiten seguir la historia de estas explotaciones de plomo, cuya actividad se remonta a la época romana: Es así como se reviven en el entorno de este mítico El Centenillo, cuna de civilizaciones y asiento de sucesivas colonias de ingenieros ingleses y franceses que dirigieron sus minas. Las cenizas del autor fueron aventadas por su familia cerca de el pozo minero El Mirador, por expreso deseo suyo.

4.8.4 La minería en la música

Rafael Fernández Rubio

En España la canción minera, por antonomasia, es “Santa Bárbara bendita”, que es entonada en toda reunión de mineros, y cuya cuna es asturiana, si bien ha sobrepasado las fronteras, cantándose con la misma música y letra muy parecida en el Baixo Alentejo (Portugal).

Santa Bárbara bendita trailarailairá trailairá (Bis)

Patrona de los mineros,
mirai, mirai Maruxina, mirai
mirai como vengo yo (Bis)

Traigo la camisa roja trailarailairá trailairá (Bis)

de sangre de un compañero
mirai, mirai Maruxina, mirai
mirai como vengo yo (Bis)

Traigo la cabeza rota trailarailairá trailairá (Bis)

que me la rompió un costeru,
mirai, mirai Maruxina, mirai
mirai como vengo yo (Bis)

En el Pozo María Luisa trailarailairá trailairá (Bis)

murieron cuatro mineros
mirai, mirai Maruxina, mirai
mirai como vengo yo (Bis)

Ayer tarde fue el entierro trailarailairá trailairá (Bis)

de estos pobres compañeros

mirai, mirai Maruxina, mirai
mirai como vengo yo (Bis)

Santa Bárbara bendita trailarailairá trailairá (Bis)
Patrona de los mineros,
mirai, mirai Maruxina, mirai
mirai como vengo yo (Bis)

Es indudable que si bien el folclore minero tiene manifestaciones más o menos intensas en diferentes regiones españolas (Asturias, Huelva,...), donde mayor desarrollo ha alcanzado es en Andalucía y el Levante Español, a través del cante y del baile. Tarantas, cartageneras y mineras... son cantes y toques que surgen del corazón y del alma de las zonas mineras.

Lo que aquí se extracta es parte de la documentación presentada por su autor en las fiestas de Santa Bárbara, en el 2002, en el marco de la celebración del 225 Aniversario de la Enseñanza de la Minería en España, y de la Reunión de la Asociación Iberoamericana de Enseñanza Superior de la Minería (AIESMIN), pero también incluye documentación acumulada a lo largo de muchos años, con respecto al cancionero minero.

Es un arte que sigue las corrientes migratorias mineras y que va adaptándose a las nuevas tierras. Por ello aquel folclore de las minas de plomo de la Sierra de Gádor, cuando entra en crisis la minería almeriense, en las primeras décadas del siglo XIX, se traslada con las riadas de mineros que fluyen hacia el levante murciano y hacia la cuenca minera de Jaén, en el interior peninsular. Eran tiempos de valorización de la minería metálica, principalmente del plomo, de la plata y del zinc, con grandes yacimientos, que daban trabajo a quienes arribaban con tradiciones y ensueños en sus zurroneos, en una fiebre minera que se mantiene durante décadas.

Se mezcla así sangre y arte de foráneos y nativos, y los cantes y toques se hacen la expresión más profunda de los sentimientos. El sentimiento de melancolía y nostalgia es común, junto al arrebatado de una queja y hasta la súplica lastimera.

La primitiva taranta almeriense se une, en maridaje, con los fandangos locales, en ambientes taberneros, donde el minero ahoga en vino dolores y quebrantos, y nacen así nuevos palos. Mina, cante y taberna dan lugar a un mestizaje cultural y humano, con raíces nacidas del fondo del alma y forjadas en lo profundo de la tierra.

Es así que aquellos emigrantes de la Sierra de Gádor (Almería), en el levante andaluz, se desplazan a nuevas comarcas mineras en busca de trabajo, y surgen concentraciones demográficas en Linares y La Carolina (Jaén), y en la Sierra de Cartagena y de La Unión (Murcia), donde nacen los cantes de levante, por aflamencamiento de los fandangos locales, y de las murcianas y del cante de la madrugá (cante propio de los antiguos mineros que se quebraba en sus gargantas cuando, de madrugada, se dirigían a trabajar a las minas).

Esos masivos flujos migratorios, durante todo el siglo XIX, desplazan a hombres vigorosos y de sentimientos profundos, en busca de ganarse el sustento; son hombres que llevan cantes y toques flamencos, son hombres que asumen cantes locales, para parir a los cantes de las minas y, todo ello, en migraciones de ida y vuelta.

Y en ese ir y venir de los mineros, la difusión de estos cantes consigue, en el día a día, mayor elaboración, con la incorporación de cantaores cada día más profundos y estilistas.

Ese folclore, en el alma del sureste español, donde tiene su cuna un cante profundo y triste, con melancolías y dolores, que se va a ver deslumbrado por cantos de sirena, que buscan el brillo de la plata, que atrajo a miles de andaluces, ávidos de mejor fortuna. Es un cante que va a resaltar los aspectos más duros de la vida de estos efímeros dioses de alpargata, con el estómago vacío, que buscan con el pico estrellas perdidas en la roca, y caen en la desesperanza:

su único refugio, donde ocultar con rabia su ambición, lo encuentran en ese cante que rasga las tinieblas como un rayo. Rabias y desesperanzas que surgen en forma de “quejíos” atronadores, como vetas de plomo, en un flamenco que huele a dinamita y masca mineral.

Y así es la *taranta*, que constituye la base de todos los cantes de las minas, y que nace de un engrandecimiento del fandango de Almería el cual, al trasladarse a las zonas mineras, adquiere fisonomía propia. En general la taranta no se baila: es esencialmente un cante para escuchar. Es un cante de estrofa compuesta por una cuarteta octosílaba o una quintilla, de los que se repite el primero o el segundo. Se acompaña con toque de guitarra en tono alto de mi (“por arriba” en el argot flamenco), y su interpretación es sin un compás externo estricto, lo que da pie a un cante largo, difícil, duro, sobrio y viril, que se presta a grandes exhibiciones vocales, pudiendo recrearse el cantaor en algunas de ellas, según sus cualidades e iniciativa personal. Pero su dificultad hace que sean pocos los cantaores que se atreven a cantarla.

La inspiración la da la mina y es así como lo explica Lorenzo Martínez Aguilar, hijo de minero, y escritor y poeta de Linares (Jaén), en su pregón “Taranta, Voz y Verso de la Mina”, pronunciado en el Concurso Nacional de Tarantas de Linares: *“La taranta es la mina: Sí. El escaso jornal, un lamento del corazón, el sonido de la machota sobre la piedra, el lento deslizar del malacate, el roce de las vagonetas y su empuje con cuerpo de sudor...”*

Las letras de la taranta, revelan una gran concisión y efectividad poética, nacen de la entraña del hombre que escapa, cada jornada, al riesgo de la muerte. No olvidemos que estos cantes nacieron de las vivencias de los mineros, sentidas muy de cerca y dolidas en sus propias carnes. Encierran, por tanto, una honda evocación en su dramático desgarró, quejido lastimero, que surge de las entrañas de aquél que “amargamente / gana el dinero”, y en su mundo de trabajo, de quejas de vida azarosa y trágica, de penas y opresiones, hay motivos para parir lamentos mineros... y eriza la piel con un frío de sentimientos.

Como dijera el poeta linarense Martínez Aguilar, la taranta es un buen reflejo de *“esa soledad que aparentemente está revestida de juerga, de vino, de voz, pero que destila esa preciosa poesía que cala hasta el tuétano de los huesos. Porque la taranta expresa la soledad del minero...”*

Cuando la taranta pasa a ser baile se acompaña de un toque ajustado a compás de 4x4, y nace el *taranto* o *fandango de Almería*.

La *minera* aparece a mediados del siglo XIX, como derivación de los fandangos locales de la Sierra de la Unión. Es una modalidad de taranta, sobria y de difícil interpretación, casi siempre rígida y con inspiración dramática, centrada en la mina y en la vida de sus hombres.

La minera más clásica tiene una elevación en el tercio central, que le imprime gran valor y, al mismo tiempo, rompe la monotonía que pudiera haber en los demás tercios. Respecto al último de estos versos, la minera logra una auténtica grandeza cuando el cantaor, al terminar de vocalizar las palabras finales de la estrofa, lo hace todo de un tirón sin respirar.

La *cartagenera*, que data del último tercio del siglo XIX, es un cante urbano, en el que el tema del minero casi no aparece en sus coplas, al ser creada por cantaores profesionales, sin contacto con la mina. Representa un cante muy estilizado y melódico, que se desarrolla por influencia de la taranta, sobre los fandangos tradicionales murcianos, como el cante de la madrugá.

Presenta dos variantes: *cartagenera grande* y *taranta-cartagenera* o *cartagenera chica*.

Si se quisiera hablar de los artistas hay que destacar, en el firmamento de los cantes mineros, a Antonio Chacón, que eleva estos cantes el grado máximo de perfección, con su técnica, armonía y majestuosidad impresionante. Pero no se puede olvidar a artistas tan profundos como Antonio Grau (El Rojo el Alpargatero), Frasquito Segura (Ciego de la Playa), Manuel Escacena, Antonio Piñana, Pencho Cros, Encarnación Fernández, Pedro el Morato, la Trini, el Canario, Manuel Vallejo, Cojo de Málaga, Pastora Pavón (Niña de los Peines), Niño de Cabra, José Cepero, Pepe Marchena, Guerrita, El Pena, Bernardo el de los Lobitos, el Pechinela,

el Peluca, el Nolasco, el Tonto Linares, el Cabrerillo, José el de la Luz, Basilio, Jacinto Almadén, Canaleja de Puerto Real, Juanito Valderrama, y tantos otros que hacen historia en esta antología.

En el baile Carmen Amaya, esa gran bailarina catalana (Barcelona 1913 – Bagur (Gerona) 1963), dio carta de naturaleza al taranto, entre los bailes flamencos, aunque a su creación también contribuyó, de manera decisiva, la inolvidable Rosario, Antonio, Flor Albaicín y Fernando Romero.

Hoy este “activo minero” no se ha perdido, sino que se mantiene vivo y pujante, especialmente por la existencia de peñas y asociaciones, donde se vive todo este arte, y de concursos y festivales que le prestan gran difusión. Así ocurre, por ejemplo, con el Concurso Nacional de Tarantas de Linares (Jaén).

Con seguridad el mayor prestigio lo tiene el Festival del Cante de Las Minas, que se celebra cada año en La Unión, el núcleo más importante de la Sierra de Cartagena (Murcia), y que el año 2006 ha celebrado su 46 edición. Es de destacar que, por resolución del 24 de octubre de 2006, la Secretaría General de Turismo, ha concedido el título de Fiesta de Interés Turístico Internacional a este Festival. La resolución se ha publicado en el BOE 283, de 27 de noviembre de 2006, el mismo día que se presentaba el avance de este libro en el 8 Congreso Nacional del Medio Ambiente.

Aquí se celebran las veladas de cante jondo, cada mes de agosto, en el antiguo mercado de abastos de la ciudad minera, con cantaores y cantoras que cantan por derecho, junto a los cantes mineros, los palos del flamenco más puros: fandangos, bulerías, rondeñas, soleás, siguiiriyas, bulerías, peteneras,... El máximo galardón es la lámpara minera, ese carburero tan familiar en la antigua minería metálica.

Las letras de estos cantes darían para escribir una antología interminable, en todo caso aquí se presentan algunos ejemplos.

De las minas no me quejo,
porque nunca me fue mal,
pero ahora me las dejo,
porque quiero descansar,
que ya me encuentro muy viejo.

Donde andará el capataz,
de la mina en que yo trabajo.
Donde andará el capataz,
que ayer le dije en el tajo
que me subiera el jornal,
y si no a la mina yo no bajo.

El minero va a la mina,
a buscar piedras preciosas,
y yo voy buscando en ti
palabritas cariñosas,
para no tanto sufrir.

Sombra y desgarró flamenco,
suena la copla en la mina,
como un profundo lamento,

minera de plata fina,
vas del corazón al viento.

Entre los dolores grandes,
pon el dolor del minero,
que no hay nada que lo pague...
¡y lo pagan con dinero!

Pa ser minerico güeno,
se pone esta condición:
pulmones de acero puro,
un corazón de león,
y no apagar el carburo.

La plata no hace canción,
mirad su fría belleza,
su brillo es pura ilusión,
la verdadera grandeza,
es el cante de La Unión.

De Cartagena a Linares
van cantando los mineros.
Unos, por los olivares;
otros, por los limoneros.

Las tarantas de Linares
nadie las sabe cantar,
que las cantan los mineros
cuando van a trabajar
a la mina del Romero.

Pá cantar bien por taranta,
tres cosas son menester:
una mina en la garganta,
que a uno le mine un querer,
y ser minero el que canta.

Vive juntito a la mina
la patrona de Linares;
quien a la mina camina,
al pasar por sus umbrales,
se detiene y se presina.

Las estrellas del cielo
las cuento y no están cabales;
falta la tuya y la mía,
que son las dos principales.

No se asuste usted, señora,
que es un minero el que canta;
del humo de los barrenos
tengo rota la garganta.

¡Ay! que como la sal al guisao...
me está haciendo falta
tu querer, prima,
que como la sal al guisao,
como la ropa al que está en cueros
y como el agua a los sembraos,
¡ay! como a las minas los mineros.

Kirie eleison, Christe eleison,
Señor de los minerales.
Kirie eleison, Christe eleison,
si aquí somos tos iguales,
Kirie eleison, Christe eleison,
que nunca falten jornales

Gloria a Dios en las alturas
y paz a la buena gente,
Gloria a Dios omnipotente,
que en la mina más oscura
Dios es luz resplandeciente.

Un minero, por taranto,
en el castillete dijo:
antes de bajar, yo canto
Gloria al Padre, Gloria al Hijo
Gloria al Espíritu Santo.

Señor del Cielo y la Mina,
Santo, Santo, Santo Dios.
Bendito sea el que camina
en el nombre del Señor.

Su filón nunca termina

Os dejaré una "minera"
que la canten en La Unión
el día que yo me muera:
Se agotó mi corazón
como una mina cualquiera.

Vi un minero en la cantina
con muchos conocimientos,
que el que trabaja en la mina
conoce el mundo por dentro
y lo demás lo adivina.

Cuando vuelvo de la mina,
en la boca me da un beso
y el beso me sabe a gloria
revuelta con manganeso

Si oyes de noche cantar,
santiguete compañero,
que es la oración de un minero
que viene de trabajar
de las minas de Peñero.

Si quieres saber de hombría
de tragedia y de dolor,
baja tú a mi galería
y verás con qué sudor
gano el pan de cada día

A La Unión vente conmigo,
te cantaré una minera.
Pongo al cielo por testigo
que serás mi compañera
y yo tu mejor amigo.

La "minera" es oración,
es dolor y es alegría;
hay que cantarla en La Unión
abriendo una galería.

En el fondo de la mina
soy el rey de las "minerías".
Luego, cuando salgo afuera
el arte se me termina.
Canto como otro cualquiera.

El día que yo me muera
que me entierren en La Unión
y todo aquel que me quiera
no me rece una oración,
que me cante una "minera".

Minero, te necesita
el mundo y la soledad
y el alma de esta chiquita
que tu amor la trae loquita
por quererte de verdad

Si no volviera del tajo,
no me mandes a buscar:
puedes ahorrarte el trabajo
y el gasto del funeral,
que mi sitio está allí abajo.

Para poderla cantar
hace falta ser minero,
saber sufrir y llorar
y sentirse compañero
de todos al trabajar.

De los cantes de Levante,
ninguno con más solera,
ni tampoco más brillante,
como el cante por minera,
por su brío y su talante.

Para cortar la galena
en las minas de La Unión
hace falta una barrena,
un marro y un corazón
acostumbrado a la pena.

Cantaba un hombre en la mina:

“En cantarle me entretengo
al candil que me ilumina,
esta soledad que tengo
y que nunca se termina.”

Eres mujer de minero
y en la cara se te nota.
Cuando él baja al pozo negro
tú sigues mirando al cielo,
pero con el alma rota.

Cada grano de galena
lleva en su composición:
fragmentos d'un alma güena,
trocicos de corazón...
¡y coplas de amor y pena!

No pases fatigas.
Tranquilo minero.
Que se hunda la tierra que pisas,
si yo no te quiero

4.8.5 La minería en la pintura

Rafael Fernández Rubio

Las obras de arte, constituyen, sin duda, un valor patrimonial muy importante para sus propietarios pero, además, son un exponente cultural de la creación artística que sirve de disfrute de quien las posee y de quien las contempla.

La minería ha sido, sin duda, punto de mira de muchos pintores, especialmente de aquellos cuya vida se ha aproximado más a esta actividad, al tiempo que las propias empresas mineras han puesto interés en tener, en su patrimonio, cuadros inspirados en propias actividades.

Un buen ejemplo nos lo ofrece la Unión Española de Explosivos (UEE), hoy: Maxam, con una tradición centenaria en la edición de calendarios, en los que, de una manera u otra, aparecen reflejados los explosivos y la actividad minera.

Su objetivo fue bien simple: ofrecer un calendario, un soporte funcional y perdurable, que difundiera la actividad de la empresa, en base a imágenes que tuvieran la aceptación popular para llegar a hogares y lugares públicos. Así, en 1989, nacieron los que, con el tiempo, fueron conocidos popularmente como los “calendarios de explosivos”, con un ritmo de encargo de una obra por año, encomendada a un pintor de renombre, representativo del momento. Las únicas indicaciones eran las de realizar una obra figurativa y que, de alguna manera, hiciera referencia a la actividad de la empresa.

Las obras destinadas a ilustrar el almanaque debieran ser de temática popular y de calidad artística, conceptos que han evolucionado en diversas direcciones durante los más de

cien años de vida de la Colección, pero que le han dado seña de identidad propia y que seguirán haciéndolo en el futuro. El arte, la obra concebida por el artista, llegaba así a todos los rincones y era esperada, contemplada y conservada como si fuera el original.

Año a año, muchos fueron creando también su particular y paralela Colección UEE: el museo de los que nunca van a los museos. Esa es, también, la misión pedagógica que cumplen estas reproducciones: enseñar cómo los explosivos son necesarios para extraer de la tierra minerales y rocas que, transformados, forman parte de muchos elementos que nos rodean. También enseñaron que los explosivos que ayudan a horadar montañas.

El primer calendario es de Arturo Mérida (1990), bajo los cánones del art nouveau (Diana Cazadora), movimiento que, en aquellos momentos, daba forma por toda Europa al cartelismo, innovadora técnica publicitaria de finales del XIX y principios del XX. Este estilo pictórico, llamado en nuestro país modernismo, permitía dar a conocer los productos que la Compañía producía, distribuía y comercializaba. El cartel se convertía en calendario colocándole en su parte inferior un taco, una hoja por cada día del año; poco tiempo después se sustituiría por el faldón que se sigue manteniendo actualmente.

En 1901, el mismo Arturo Mérida -arquitecto, escultor y pintor- repetía algunos de los elementos que ya empleó el año anterior. Sin embargo, en esta ocasión, las pautas modernistas -aunque sin desaparecer del todo- dejan paso a un historicismo académico que, bajo la presidencia de Santa Bárbara (patrona de todos los que utilizan explosivos en sus trabajos: mineros, artilleros, artificieros y bomberos), remite a algunos de los hitos de la historia imperial española.

A partir de aquí las temáticas van a ser variadas: las mujeres de explosivos, el hombre solitario y la presencia de los explosivos. En la mayoría de los casos son figuras que interpelan al espectador, establecen con él un diálogo, una relación directa. Mediante el soporte del calendario entran en su casa convirtiéndose en parte de su entorno. Son varias las mujeres a las que vemos con armas de fuego, o disfrutando de los elementos pirotécnicos, con una estética y un imaginario colectivo de poses y situaciones que hicieron que, año a año, el calendario de UEE fuera más popular, y por ello altamente demandado y exhibido por todos los puntos de la geografía nacional. Sin lugar a dudas, el autor que mejor las representó fue Julio Romero de Torres. Sus cuatro aportaciones a la Colección UEE son cuatro obras marcadamente simbolistas, que nos sitúan frente a otras tantas mujeres atrevidas, retadoras y sensuales, que nos abstraen como espectadores a mundos de irrealidad.

Conviviendo con las mujeres estaban aquellos hombres introvertidos, poco comunicativos, dedicados a su destino y a su puesto en la vida, unos con resignación, otros con afán de cumplir la encomienda social que les había sido otorgada por sus circunstancias. Sujetos de un mundo en el que se convive y usan los explosivos, con toda su valía como medio de progreso y desarrollo, forma parte de muchas situaciones.

Pero en estas páginas hemos de destacar las pinturas que se refieren al mundo de la minería. Apenas iniciada la Colección, la minería, como sector primordial al que se dirigía la actividad de UEE, fue protagonista de la imagen que ilustró el año 1903. El Minero vasco creado por Eustasio Zarracoa y Uriarte sería uno de los tantos que en las cercanías de la factoría de Galdácano (en la que nació en 1872, la Sociedad Española de la Dinamita, fundada por Alfred Nobel, y origen de UEE), se dedicaría a la explotación de los yacimientos de hierro de los que era tan rica la provincia. Supongamos a este minero a caballo entre el valle de Trápaga y el cercano puerto de Portugalete controlando el ritmo de las voladuras a realizar en aquellas minas a cielo abierto para, una vez extraído, llevarlo al puerto de Sestao, para ser exportado a Reino Unido y Bélgica, o a partir de 1902 hasta los hornos altos de la naciente Sociedad Anónima de Altos Hornos de Vizcaya, en Sestao. Una vez allí el hierro se transformaría en acero, para aumentar la naciente red de ferrocarril en España, o para construir barcos en los cercanos astilleros.

Antes de que acabara la década serían dos parejas de barreneros los que protagonizarían el calendario, Dos barreneros en acto de trabajo en 1905 de la mano de Antonio García Mencía, y otros dos Descansando gracias a Manuel Benedito Vives en 1909. En ambos

casos la dureza y la tensión del trabajo, junto con el aire de regionalismo vasco, se aúnan en cantos épicos a la "raza", al orgullo del trabajo que marca la personalidad de los protagonistas, la causante de la musculatura de estos hombres, que trabajan tan duramente como sólo el laboreo de la mina supone hacerlo.

El apego a la tierra, tanto del trabajador, como de la empresa, está también en los Dinamiteros de 1928 de Elías Salaverría, que así eran conocidos entonces los artilleros encargados en las minas del uso de los explosivos. La imagen del calendario de este año bebe del regionalismo pictórico euskaldún: la tradicional txapela, las camisas blancas y la corpulencia del masculino genérico protagonista.

Los nuevos tiempos aconsejaban un espíritu más sosegado y más apegado al trabajo, como labor inherente del hombre y como muestra de cumplimiento del deber. Esa atmósfera oscura y profunda, de completa dedicación al trabajo, de entrega y dedicación, es la que recoge la desnudez de En la mina (1950, C. Delgado).

Y es en el 2005 que vuelve, de los pinceles de Sigfrido Martín Begué, la imagen de Santa Bárbara, en medio de un enigmático espacio plástico poblado de símbolos, una escena de realismo fantástico de dibujo preciso, de figuras inspiradas en las formas clásicas, y de colorido brillante, resplandeciente. La santa aparece ante el fuego de un volcán en erupción.

En 2007 es Rafael Canogar quien en la Voladura controlada refleja el momento en que el explosivo detona, mostrando cómo la energía expansiva rompe la roca y el mineral, para poner así a nuestro alcance aquello que será transformado en hilo de cobre con el que posibilitar las telecomunicaciones, o en los materiales para construir un viaducto que comunique zonas geográficas aisladas, o que permite horadar un macizo rocoso para construir un túnel...

Rafael Fernández Rubio

El Colegio Superior de Ingenieros de Minas del Noroeste de España organiza, con carácter bienal, el Certamen Nacional de Pintores Ingenieros de Minas, evento artístico que traduce la inquietud de sus responsables por sacar a la luz y poner a disposición del público una faceta menos conocida y esperada de los profesionales de la minería. La calidad de las obras, en los cinco certámenes ya celebrados, no desmerece a la de otros concursos de participación abierta y con presencia de artistas profesionales.

No se condiciona en la convocatoria ni la temática, ni la técnica, ni la edad de los participantes, y es un hecho habitual el que mayoritariamente la temática de los cuadros tenga poco que ver con el trabajo de los ingenieros de minas, si bien si se han presentado obras de inspiración relacionada con la minería.

En las distintas ediciones se presentaron obras de inspiración cubista, del realismo, pintura de acción, abstracción, naif, figuración, toda una panoplia de estilos, con logros, en ocasiones, realmente sobresalientes. La exposición de las obras al público se realiza en la Sala de Arte Café Español, en la capital de Asturias donde, a lo largo de un mes, son muy numerosas las visitas al tiempo que los medios de comunicación se hacen eco de esta exposición.

En la última edición se abrió el Certamen, también, a los alumnos de las Escuelas de Ingeniería de Minas.

El primer premio lo concede el Colegio de Ingenieros de Minas del Noroeste; el segundo el Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas; el tercero el Colegio de Ingenieros de Levante, y dos accésit concedidos por los Colegios de Ingenieros de Minas del Sur y del Norte.

4.8.6 La minería en el cine

El cine ha encontrado con frecuencia, en su búsqueda de temas y escenarios, un buen filón en la temática minera, en ambientes reales o ficticios, aunque no siempre este filón ha sido bien

explotado, regalando concesiones al catastrofismo, al melodrama sensiblero, a la leyenda negra,... exagerando tintes patéticos y sombríos, y haciendo flaco favor a esta actividad. En otros casos, por el contrario se ha contado con adecuado asesoramiento, dando lugar a documentos de extraordinario valor.

De la pluma de un buen entendido vamos a presentar una visión de la minería a través del cine español.

José Manuel Sanchis

El mundo minero, tan tenebroso como duro; el bronco carácter de sus hombres que, no obstante, hacen del compañerismo una religión; la peligrosidad del entorno y el siempre misterioso ambiente en que parecen estar envueltas las minas, ha sido, desde los comienzos de la cinematografía, tema elegido por muchos directores y guionistas para narrar sus historias. En contra de lo que generalmente se piensa, son muchos los títulos, más de 800, en los que, de un modo u otro, la mina ha tenido especial relevancia. Se han presentado argumentos estrictamente mineros y en otros la mina ha sido el paisaje de fondo, como un gigantesco decorado, para contar historias que guardaban poca o nula relación con la minería.

Casi todos los géneros cinematográficos, desde el melodrama a la comedia, pasando por el musical, el "western" (género cinematográfico que, inspirado en la fiebre del oro, más filmes "con mina" ha producido) y su variante europea, el "spaghetti-western"; la ciencia-ficción; el "thriller"; el cine de aventuras; el "peplum" (más conocido entre nosotros por "películas de romanos"); los dibujos animados; o incluso el erótico-pornográfico (curiosamente, el único film conocido de esta temática es español), han sido llevados a la pantalla, alcanzando algunos de ellos notables éxitos de taquilla y público, e incluso siendo galardonados con algún Oscar (cinco de ellos recibió la célebre película **¡Qué verde era mi valle!**).

Minas a cielo abierto, canteras, yacimientos de gemas, minería de interior, el siempre complejo mundo del petróleo, con sus "derricks" y sus plataformas marinas, o la epopeya de la fiebre del oro, tanto en el Oeste norteamericano como en los helados territorios de Alaska y Canadá, o las "nuevas fiebres" de África y Australia, son algunos de los aspectos recreados en el blanco lienzo. La minería del carbón ha sido siempre objeto de atención de los cineastas de todo el mundo, por su particular dureza y dramatismo, aunque también se han llevado a la pantalla minas de hierro, azufre, cobre, plata, oro, volframio, uranio, diamantes, estaño, etc. Igualmente, se nos ha permitido contemplar técnicas diversas de extracción, tales como la disgregación hidráulica, bateo, lavado de aluviones mediante mesas, uso de explosivos o, en títulos mucho más recientes, empleo de maquinaria tan compleja como minadores, tuneladoras o cepillos. El cine, incluso, se ha atrevido a adelantar cómo serán las máquinas y robots que extraerán los minerales de lejanos planetas, en un alarde de imaginación sin precedentes.

La grandeza y la miseria de los hombres que en las minas dejaron su sudor y en muchas ocasiones su propia vida también ha sido recogida por las cámaras con realismo y honestidad, siendo algunas de estas producciones auténticas obras maestras. Esclavitud, explotación, hambre, tiranía, represión, pero también conciencia de clase, lucha, rebelión, reivindicación de unos derechos generalmente negados. Profesión la de minero tratada a veces con afecto, alcanzando casi la categoría de mito. Otras, en cambio, presentados como seres conflictivos, viciosos, violentos e indómitos. Se retrata con frecuencia su entorno familiar, a los que sufren junto a él las penalidades del trabajo en las minas, y que nos permiten contemplar cómo eran sus ciudades, sus viviendas, dependiendo su carácter, obviamente, del género cinematográfico que las trate. Alegres y ruidosas unas, grises, tristes y sucias otras (las más).

El cine español, modesto en su trayectoria por el condicionante económico y sujeto hasta hace pocos años a las imposiciones políticas, supo recoger, de desigual manera, algunas historias mineras que, a pesar del tinte melodramático o folklórico que marcaba una época, tuvieron cierto impacto en el público, alcanzando incluso alguna de ellas reconocimiento internacional.

4.8.6.1 El cine español y sus minas

El primer título del que tenemos referencia es “**Venganza isleña**”, película que fue dirigida entre 1923 y 1924 por Manuel Noriega, y estrenada, con carácter de prueba, en el mes de Marzo de este último año. Para este film, su director eligió como marco natural para narrar una historia que nada tenía que ver con la minería, las minas de Alaró y L’Alcudia, y las salinas de Santany, en la isla de Mallorca. Dado lo escabroso de su argumento, ya que trataba de amores prohibidos, adulterio, venganzas y muerte, posiblemente fue prohibido por la censura y jamás llegó a estrenarse comercialmente, a pesar de que en 1925 se publicó la noticia de que el conocido director Florián Rey estaba remodelándola.

También en 1924, Telesforo Gil del Espinar dirigió la película “**Edurne, modista bilbaína**”, primer largometraje de ficción que se realizaba en el País Vasco. En sus 465 metros, se narraba en clave de melodrama dividido en siete partes la historia de amor de un ingeniero de minas, un minero y una sencilla modistilla. Como escenarios naturales se eligieron las minas de Gallarta, Ortuella y Somorrostro, y en ella intervenían como actores el propio director, Telesforo Gil, Félix González y sus hermanas Nieves y Teresa, entre otros. La película, con un tono excesivamente sensiblero, fue estrenada en el cine Olímpia de Bilbao el 29 de Diciembre de 1924.

El 7 de Diciembre de 1925, se estrenó en el cine Royalty de Madrid la película de José Buchs “**El abuelo**”. Con una duración de 60 minutos (1.666 metros), la conocida obra de Benito Pérez Galdós era llevada hasta la pantalla para contarnos en imágenes la historia de Rodrigo Arias, conde de Albrit, papel que interpretó Modesto Rivas. Se trataba de un drama rural en el que el personaje central se había enriquecido explotando una mina de plata peruana, siendo esta la única referencia que la película hace al mundo minero. Años más tarde (1.972) se rodaría una nueva versión a cargo de Rafael Gil, cuyo protagonista fue en esta ocasión el actor Fernando Rey, titulada “**La duda**”, y en 1998 sería José Luis Garci el encargado de rodar la hasta ahora última versión del célebre drama galdosiano, siendo elegido para esta ocasión el actor Fernando Fernán Gómez.

“**Mieres del Camino**” fue dirigida en 1926 por Juan Díaz Quesada, e interpretada por Josefina Gutiérrez, José Menéndez y “distinguidas familias de Mieres”, según reza la ficha técnica. Con un modesto tomavistas adquirido en Miami, el realizador nos cuenta la consabida historia de amor entre un minero y una muchacha de buena familia, en los tiempos previos a la caída de la dictadura de Primo de Rivera. Algunas de sus escenas fueron rodadas en minas de Fábrica de Mieres, localidad dónde fue estrenada el día 30 de Enero de 1928, concretamente en el Teatro Pombo.

El film “**Por un milagro de amor**” (1926) nuevamente nos aproximaría al entorno minero, en esta ocasión a Cartagena y La Unión. Basada en una obra del poeta Leopoldo López de Saa, fue dirigida por Luís R. Alonso y en ella, su protagonista, Fernando Díaz de Mendoza encarna a César Mairena, ingeniero de minas que trabaja en la conocida zona minera murciana. Hubiese podido ser una buena película, de no haber sido por la pésima actuación de su protagonista femenina, Josefina Tapias, actriz de teatro que para el cine no poseía cualidad alguna. Este melodrama, uno de los últimos del cine mudo español, se estrenó en el cine Novedades de Barcelona el 28 de Junio de 1928.

Unos meses más tarde, era presentado en el Teatro del Príncipe de San Sebastián otro film de carácter melodramático en el que un minero enriquecido aparece en él de forma circunstancial. Hablamos de la película de Mauro Azkona “**El mayorazgo de Basterretxe**”. Estaba basada en la novela del jesuita vasco-francés Pierre Lhande titulada Mirentxu, y sus exteriores recogían algunas imágenes de minas de hierro de las cercanías de Bilbao, como las de Ciérvana. Con “**La copla andaluza**” (1929) se cerraría el ciclo de cine mudo español con entorno minero. En esta película de Ernesto González, típico drama rural con tintes folklóricos, su protagonista, Javier de Rivera, encontraría refugio en un campamento gitano enclavado en las

minas de Río Tinto.

Nuestra trágica Guerra Civil paralizaría casi toda la actividad cinematográfica, con alguna excepción, como **“Hogueras en la noche”**, drama bélico y social rodado en 1937 por Arthur Porchet, ambientado y filmado en las minas de carbón de Figols (Barcelona), o **“Santa Rogelia”**, coproducción entre la España franquista y la Italia de Mussolini rodada en 1939, recién finalizada la contienda, estando basada en una novela de Armando Palacio Valdés. La producción se realizó íntegramente en Italia, dada la imposibilidad de hacerlo en nuestro país. Se trata de un melodrama donde el protagonista, un minero, es encarcelado por atacar al hombre que corteja a su mujer.

Hasta 1940 no volvería a llevarse a las pantallas película alguna de corte minero. Sería entonces cuando Benito Perojo dirigiría **“Marianela”**, basada en la obra de Pérez Galdós del mismo título. En esta época pareció desatarse en España una especie de fiebre cultural en la que se llevaron hasta la pantalla numerosos clásicos de la literatura española, siendo Galdós uno de los preferidos por los guionistas y directores.. Interpretada por Julio Peña, con Mary Carrillo en el papel de una ingenua y fea muchacha convertida en lazarillo del propietario de una mina ciego de nacimiento, refleja con admirable realismo toda la tristeza producida por las penurias del mundo minero. Con este mismo título, Rocío Durcal interpretaría en 1972 una nueva versión de **“Marianela”** que dirigió Angelino Fons, y cuyos resultados quedaron muy lejanos respecto a la película de Perojo, que fue premiada en la Mostra de Venecia de 1941. Ambas estaban ambientadas en las minas de cinc cántabras.

1943 será el año en que Adolfo Aznar lleve a la pantalla **“Con los ojos del alma”**, drama minero ambientado en una explotación carbonífera de Aragón en el que se cuenta la rivalidad amorosa entre un minero y su capataz (Manuel Luna), cuya maldad le llevará hasta el intento de asesinato del honesto minero. Al final, el malvado pagará sus culpas con la vida y el protagonista (F. Fernández de Córdoba), como no podía ser de otra manera, aparecerá postrado ante la Virgen del Pilar agradeciendo su salvación junto a su amada, papel que interpretó Matilde Vázquez.

Esta película, en la que por vez primera se mostró el interior de una mina auténtica, y cuyas escenas fueron rodadas en el ya desaparecido pozo Antolín, de Peñarroya-Pueblonuevo, fue estrenada en el Palacio del Cine de Madrid, en Noviembre de 1943.

Un año más tarde, en 1944, llegaría a nuestras pantallas la película de Antonio de Obregón **“Tarjeta de visita”**, y que nos contaría en clave de aventura la amistad de dos hombres surgida en una mina africana, constituyendo un drama lacrimógeno muy al estilo de la época.

Pero sería en 1945 cuando se filmaría uno de los filmes más importantes de tema minero, basado en la obra de Armando Palacio Valdés **“La aldea perdida”**. Nos referimos a **“Las aguas bajan negras”**, dirigida por J. Luís Saenz de Heredia e interpretada por Adriano Rimoldi y Charito Granados. Se trata de un título de gran prestigio entre la intensa producción de Saenz de Heredia, y que nos lleva a la Asturias de 1839, cuando las primeras explotaciones de carbón irrumpen con fuerza en el paisaje rural asturiano. Magníficamente ambientada, posee escenas mineras de interior plasmadas con increíble intensidad plástica, quedando reflejada con gran precisión la problemática de los mineros y sus enfrentamientos con la empresa que los explota de modo inhumano. Al mismo tiempo, se plantea el conflicto entre campesinos y mineros por la industrialización del pueblo. La venta de campos a las empresas mineras provoca enfrentamientos entre los que apoyan a la nueva industria y los que defienden los tradicionales medios de vida campesina.

Se cambió el título original de la novela para evitar confusiones con el film de Florián Rey **“La aldea maldita”**, y no por la similitud con la película de Hugo del Carril **“Las aguas bajan turbias”**.

Fue estrenada en Madrid en Octubre de 1948, habiendo sido galardonada con el 5º premio del Sindicato Nacional del Espectáculo.

El mismo año en que se rodó esta película, se había filmado otra, basada en una obra dramática de los Padres Salesianos titulada El Misionero, pero que para el cine se adoptó el título de **"Viento de siglos"**, y en la que se contaba como dos delincuentes roban a un sacerdote el dinero legado por un minero fallecido. Intervenían en el film, entre otros, Ana Mariscal, Rafael Calvo y Guillermo Marín.

Arturo Ruiz Castillo debutaría como director cinematográfico en 1946, llevando al cine una obra de Pío Baroja, titulada **"Las inquietudes de Santhi-Andía"**, en la que se nos narra las aventuras de un marino al que un minero entregará, poco antes de morir, un sobre que contiene las claves de la historia. Como curiosidad a destacar, la actuación en el film del mismísimo Pío Baroja, junto a Jorge Mistral y Josita Hernán.

En el año 1948, José Luis Sáenz de Heredia llevaría al cine la historia de un joven misionero destinado a un poblado minero hindú, dónde el dueño de la explotación emplea como esclavos a los nativos. **"La mies es mucha"** estuvo interpretada por dos jovencísimos actores : Fernando Fernán Gómez y Sara Montiel. Dado el mensaje moralizante que el filme transmitía, fue declarado por la autoridades de la época como de "Interés Nacional".

En 1950, Manuel Mur Oti inició el rodaje de una película que no concluiría jamás, por razones que desconocemos. Estaba basada en la explotación casi clandestina del volframio en España y los intereses que las grandes potencias tenían en este mineral, y ostentó el título provisional de **"Wolfram"**.

Una típica producción CIFESA llegaría a los cines en 1953. Dirigida por Rafael Gil con guión de Vicente Escrivá, **"La guerra de Dios"** sería un claro exponente del cine catolicista muy en boga en estos años. Fue rodada íntegramente en los Estudios CEA de Madrid, siendo el autor de la música el célebre compositor Joaquín Rodrigo y sus principales intérpretes Claude Laydu, Francisco Rabal y Fernando Sancho.

La película cuenta la mediación de un sacerdote entre patrono y mineros de una explotación que parece ser de carbón. Tras un accidente, el cura logra conciliar las encontradas posturas de ambos, haciendo ver a los mineros que el valor de la vida debe estar por encima de cualquier diferencia social. El falso mensaje que la película difunde hizo que algunos historiadores la considerasen como un "un verdadero panfleto inspirado en los sanos principios del socialismo católico" (Méndez Leite). No obstante, hay que reconocer que algunos aspectos de la película tales como las condiciones del trabajo en la mina, las huelgas o los accidentes laborales eran inéditos en el cine de la época. Y para tener una idea más clara de lo que ocurría en España en aquel tiempo, baste recordar que esta película estuvo prohibida durante cierto tiempo por presiones del Colegio de Médicos, quién consideraba poco ejemplar el personaje de un médico poco escrupuloso que en ella aparecía. No obstante, los valores del film fueron reconocidos fuera de nuestras fronteras, recibiendo el Gran Premio de la Bienal de Venecia.

Como nota curiosa, reseñaremos la gran cantidad de carbureros que en ella aparecen, a diferencia de **"Las aguas bajan negras"**, dónde todas las lámparas que allí se usan son Adaro, de seguridad, lo que no deja de constituir un imperdonable error de "atrezzo", ya que estos modelos no serían construidos por la firma asturiana hasta comienzos de los años 40, muchos años después, por tanto, de la época que en la película se refleja.

En el año 1955 se filmaría la que posiblemente haya sido la película minera más popular de todas, debido más a una canción de su protagonista que al tema minero en sí. Se trata, naturalmente, de **"Esta voz es una mina"**, protagonizada por popular cantante Antonio Molina y dirigida por Luis Lucia. Fue rodada en los estudios Chamartín, y solo aparece en ella una escena exterior en la que se contempla un castillete, no identificado pero que suponemos se trata de alguno de los que en Linares había.

Típico producto folclórico de los años 50, pensado única y exclusivamente en el lucimiento del cantante, cuyo tema principal, "Soy minero", se ha convertido con el paso de los años en melodía obligada para cualquier referencia a la mina.

En el interior de una mina (de genuino cartón-piedra) llamada “La Confianza Carbonífera”, el conocido cantante lleva a cabo su trabajo entre tonadilla y tonadilla, rodeado de unos mineros casi angelicales y de un patrón, catalán, que es pan bendito. Junto a sus compañeros, irá hasta Madrid para participar en un concurso de Coros Laborales, en dónde encontrará el éxito y la fama, y a los que renunciará para regresar junto a su esposa, paralítica.

Este film, de marcado carácter popular y técnicamente correcto en todo momento, constituye una obra amable, sencilla y amena que alcanzó gran éxito de público dadas las simpatías que Antonio Molina siempre despertó.

José María Forqué dirigió a Paco Rabal en un film que obtendría el Oso de Plata del Festival de Berlín. Se trata de “**Amanecer en puerta oscura**” (1957), y en ella se relatan los avatares por los que atraviesan un minero español acusado de haber dado muerte a un capataz inglés, en una mina del sur de España, y su defensor, potentado minero al que la mayoría extranjera tiene postergado, y que también cometerá un homicidio al intentar defender a su amigo. Ambos huirán a la sierra, dónde encontrarán ayuda en un bandolero, para terminar por ser capturados y condenados a muerte. Siguiendo la tradición malagueña, son llevados ante la imagen de Cristo, quien otorgará el perdón al bandolero, muriendo ahorcados los dos amigos.

Las escenas mineras en dónde se inicia la acción de este film, fueron rodadas en las minas de Herrerías, en la provincia de Huelva.

“**El reflejo del alma**” fue un film dirigido en 1957 por Máximo Alviani, con un plantel de actores y actrices prácticamente desconocidos (Armando Moreno, María Piazzai, etc.), por lo que pasó totalmente desapercibida. En clave de folletín, se cuenta la historia de un ingeniero de minas (profesión esta que parece gozar de cierta predilección cinematográfica) que abandona a su novia para marchar a trabajar en una mina lejana y en donde sufrirá un terrible accidente que le dejará completamente desfigurado, negándose a regresar a los brazos de su amada por temor al rechazo. La película, que tardó varios años en estrenarse, quedó inmediatamente condenada a su exhibición en cines de barriada.

Siguiendo la moda de los niños prodigio, surgió en 1961 un curioso personaje que intento, sin ningún éxito, alcanzar la fama de Joselito, Pablito Calvo o Marisol. Se trataba de Ángel Gómez, que en las carteleras aparecía como Pachín, prestando su nombre al film de Arturo Ruiz Castillo. “**Pachín**” es un producto sensiblero y ramplón en el que se narran las desventuras de un huérfano de minero que se gana la vida recogiendo el carbón que cae de los ferrocarriles, padeciendo con incomprensible alegría los maltratos de su tío, guardabarreras en un trazado de tren minero, a juzgar por las innumerables canciones que la criatura interpreta. Los exteriores mineros fueron filmados en las cercanías de Mieres

En 1965 se estrenó en el cine Avenida de Madrid la película que había rodado un año antes Julio Coll, titulada “**Jandro**”. Se trata, posiblemente, del mejor film minero realizado en nuestro país, cuya calidad fue reconocida tanto en España como en el extranjero, siendo galardonada con el Primer Premio del Sindicato Nacional del Espectáculo, el Gran Premio del Festival Internacional de Acapulco o el Premio del Círculo de Escritores Cinematográficos, entre otros.

Su argumento plantea las vivencias de una familia minera, los Ordieres, en la Asturias de 1912. El sueño del padre, fallecido en un derrumbe, de encontrar una rica capa de carbón bajo el mar se verá cumplido gracias al tesón de los hijos, aunque la tragedia pondrá el punto final a la historia, en la que su protagonista, encarnado por Arturo Fernández, muere al producirse una explosión de dinamita, sonriente y feliz por haber hecho realidad el sueño del padre. Al conocidísimo actor asturiano le acompañaron en el reparto, entre otros, Jorge Rigaud, María Mahor y Alfredo Alcón.

Para el rodaje se construyó un hermoso castillete próximo al mar, recreándose en cierta manera el mito de la mina La Camocha, en Gijón, y de la cual se dice que sus galerías profundizan bajo el mar, pudiendo escuchar los marineros las detonaciones de los explosivos.

La conocida familia minera Felgueroso inició la producción de esta película, pero al no estar conformes con los resultados, exigieron que desapareciera cualquier referencia biográfica a ellos, mostrándose además muy críticos con el film.

Se trata, sin duda, del mayor éxito comercial y de crítica de toda la filmografía minera española.

En el mismo año del estreno de Jandro, 1965, se rodaron un par de películas donde la mina y lo minero volvían a estar presentes. La primera de ellas sería "**Adiós, cordera**", film dirigido por Pedro María Herrero, quién llevo hasta la pantalla una obra de Leopoldo Alas "Clarín", ambientada en el mundo rural asturiano y cuya única referencia a la minería es la obsesión del propietario de un chigre (José María Prada) por encontrar oro en las montañas cercanas. La segunda de ellas, "**El hombre de Marrakech**", la reseñaremos en el capítulo dedicado al cine de aventuras.

Otra típica tendencia del cine nacional fue llevar hasta la pantalla las biografías noveladas de toreros famosos, aprovechando la popularidad que estos atravesaban en determinados momentos de su carrera. Tal es el caso de Palomo Linares, cuya vida fue llevada al cine por Pedro Lazaga en 1966. En "**Nuevo en esta plaza**" el diestro aparece ayudando a su padre, minero en Linares, siendo escasas las escenas de mina que en ella aparecen, rodadas en esta localidad minera jienense.

"**Que esperen los cuervos**" es una extraña coproducción hispano-francesa dirigida en 1979 por J. Pierre Desagnat, e interpretada por Michael Constantin, Julián Mateos y Senta Berger. Rodada en clave policíaca y de misterio, cuenta de que forma es asaltada por unos ladrones una oficina minera dónde los trabajadores de las cercanas explotaciones depositaban sus ganancias, llevándose a cabo una terrible matanza. Pasó sin pena ni gloria por las pantallas españolas.

Y siguiendo en 1979, una obra del popular escritor Fernando Vizcaíno Casas sería llevada a la pantalla por Rafael Gil con el título de "**La boda del señor cura**". Se trata de una descarada manipulación política puesta al servicio de una historia tan tópica como alucinante, en la que un sacerdote jesuita es trasladado a un pueblo minero al acabar su labor docente en un colegio. Allí tomará contacto con los sindicatos comunistas, involucrándose en la causa obrera, para terminar haciéndose marxista, abandonando los hábitos y casándose con una bailarina de "strep-tease".

Fue protagonizada por José Sancho, Juan Luís Galiardo, José Bódalo, Blanca Estrada y Gemma Cuervo, entre otros. Éxito taquillero para un público inmovilista y reaccionario.

En 1980 llegaría hasta las pantallas la película hispano-mexicana dirigida por Ramón Fernández e interpretada por Chuck Connors y María José Cantudo titulada "**Las mujeres de Jeremías**", cuyas aventuras transcurren en torno a un prostíbulo bajo el cual se encuentra una rica mina de cobre. Dos años más tarde se produciría "**Corre, gitano**", siendo en esta ocasión diversas minas granadinas el escenario elegido por su director, Nicolás Astiárraga, para ubicar la acción de este film de corte folclórico y musical, en la que intervinieron algunos "cantaores" de la época. De 1987 es la película "**Luna de lobos**", dirigida por Julio Sánchez Valdés, cuyo argumento se centra en las vicisitudes que atraviesan un grupo de "maquis" por las cuencas mineras leonesas, y que obtuvo un escaso éxito comercial. Su relación con la mina queda circunscrita al secuestro que llevan a cabo de un empresario minero, antiguo patrón de uno de los integrantes del grupo, cuyo desenlace acabará con su muerte, al presentarse a pagar el rescate un guardia civil disfrazado de mujer, con el consiguiente tiroteo. Estuvo interpretada por Santiago Ramos, Antonio Resines y Álvaro de Luna.

Curiosa comedia la que llevo al blanco lienzo Antonio Mercero en 1988 con el título de "**Espérame en el cielo**", basada en la hipotética existencia de un doble del General Franco, al que se recurría en situaciones delicadas o peligrosas.

Este supuesto "doble", encarnando a Franco (papel protagonizado por Pepe Soriano

junto a Chus Lampreave y José Sazotornil "Saza"), realiza una visita a un pozo minero asturiano, y para el rodaje se utilizaron las instalaciones del pozo Fondón que Hunosa tiene en Sama, siendo reales los mineros que en esa escena aparecen, agitando con poco entusiasmo enseññas nacionales, en particular un niño al que todos llaman Gerardín (en alusión a Gerardo Iglesias). En el interior de la mina se celebra una misa para honrar a Santa Bárbara, estando iluminado el altar con lámparas de seguridad.

Lo que en principio pudo haber sido una comedia de gran atractivo e interés popular, terminó por malograrse al no conseguir su director convencer al espectador, pese a su loable intento de no politizar el argumento.

"**Doblonos de a ocho**" es un título maldito de la cinematografía española, rodado en 1989 por Andrés Linares, que solo pudo ser visto en algunas pequeñas ciudades, pasando más tarde directamente a la televisión. Su planteamiento fue honesto y válido, pero no llegó a interesar al público.

El director, muy comprometido con la izquierda, intenta trasladarnos a la cuenca minera asturiana y a los particulares conflictos de un niño, hijo de un Teniente de la Guardia Civil, que entabla amistad con un minero revolucionario. Esta narrada en forma de capítulos, a semejanza de un libro de aventuras (La Isla del Tesoro).

Para su rodaje se utilizaron algunas instalaciones de la compañía Minero-Siderúrgica de Ponferrada y diversos paisajes mineros de Villablino o Caboalles de Abajo, siendo sus principales protagonistas Omero Antonutti, Fernando Guillén, Emma Penella, e Iciar Bollaín.

En 1990, Paco Periñán nos presentó su "ópera prima", "**Contra el viento**", film este de escasa repercusión comercial que terminó, como el anteriormente citado, en la pequeña pantalla, a pesar de contar como principal protagonista a Antonio Banderas.

Esta producción nos plantea un morbosa y dramática relación entre el trabajador de un cementerio nuclear instalado en una vieja mina y su hermana.

Fue rodada en Rodalquilar, Sorbas y Cabo de Gata, aprovechando el rico patrimonio minero que aún se conserva en esta zona, y para lo cual se contó con la colaboración de I. Tecnológico y Minero, la ETS de Ingenieros de Madrid y la Empresa Nacional Adaro.

"**Acción mutante**" es una película de ciencia-ficción rodada en 1992 por Alex de la Iglesia, y que nos sitúa en un lejano planeta, llamado Axturias, convertido en un desierto y poblado únicamente por mineros, deformes y mutantes. La película defrauda totalmente, a pesar de sus aciertos (escenografía, efectos especiales, vestuario, etc.). Para la escena final, en la que la Mina Perdida se derrumba, se emplearon más de dos toneladas de turba y arena, debiendo usar mascarillas tanto actores como técnicos, para evitar problemas respiratorios. Lo que pudo ser una interesante película terminó convirtiéndose en una comedia absolutamente desmadrada. Para recrear el paisaje desértico del planeta, los exteriores se rodaron en Las Bardenas Reales (Navarra), siendo sus principales intérpretes Antonio Resines y Alex Angulo.

En 1995, una nueva producción nos llevara hasta la mina, sin que en esta ocasión sea ella la protagonista principal. Adolfo Aristarain rodará con Aitana Sánchez-Gijón "**La ley de la frontera**", una historia de aventuras situada en la frontera hispano-lusa a comienzos del siglo XX, en la que dos jóvenes, uno de ellos minero, se dedican al bandidaje, a los que se une una periodista americana.

Asaltan las oficinas de la Cía. Minera Hispano-Alemana, a golpes de dinamita, llevándose como botín la nómina de los mineros. Lo que a continuación se relata nada tiene ya que ver con la minería o su entorno.

El rodaje de las escenas de mina se efectuó en una antigua explotación de estaño y volframio situada en Campomarzo, entre Bandeira y Silleda (Pontevedra).

Para terminar este capítulo, reseñaremos la que parece ser la última película de corte minero rodada en nuestro país. Se trata de "**Pídele cuentas al rey**", (1999) dirigida por J. Antonio

Quirós e interpretada por Antonio Resines y Adriana Ozores.

En clave de comedia se retrata el entorno de la minería asturiana y la crisis provocada por el cierre de la mina en un minero reivindicativo y luchador que no está de acuerdo con el programa de prejubilaciones, y que emprende un largo viaje a pie hasta Madrid, con la pretensión de presentarse en el Palacio de la Zarzuela para pedirle explicaciones al mismísimo Rey, al considerar que se está incumpliendo la Constitución.

Habíamos tenido noticias de que Joaquín Cortés estaba filmando con Pepe Sancho de protagonista una nueva película de ambiente minero, cuyo título provisional era "**La montaña de cristal**", pero hasta el momento de redactar estas líneas, no hemos podido obtener más información al respecto.

4.8.6.2 Oro negro

De los cinco títulos relativos a la extracción del petróleo producidos en España, dos de ellos deben enmarcarse en el apartado de cine del Oeste al estilo hispano-italiano, denominado "spaghetti-western", y del que nos ocuparemos más adelante. Nos estamos refiriendo a "**Dos pistolas gemelas**" (1966), interpretada nada más y nada menos que por las gemelas Pili y Mili, y "**Las petroleras**" (1971), con un reparto de lujo encabezado por Brigitte Bardot y Claudia Cardinale, película de la que los mitómanos aún recuerdan, emocionados, la pelea entre ambas, auténtico clímax de la cinta.

De los tres restantes, es "**Aquí hay petróleo**" el más conocido de ellos.

Fue dirigida esta película en 1955 por Rafael J. Salvia e interpretada por el inolvidable Manolo Morán. El argumento, en clave de comedia, gira en torno a las tribulaciones de los habitantes de un pequeño pueblo castellano, Castilviejo, al que llega una gran empresa petrolífera norteamericana para realizar prospecciones, y al empeño de los lugareños en localizar el crudo antes que los yanquis. Agua, y también el amor, será lo único que encuentren. El castillo de Turégano sirvió como escenario perfecto para esta divertida película.

El Desierto del Sahara será el escenario elegido por Carlos Arévalo para situar su película "**Misión en Marruecos**" (1960), en dónde unos aventureros pretenden localizar petróleo. La mediocridad de la producción no merece una mayor extensión en su comentario, pero sí merece destacarse la increíble exuberancia de su protagonista femenina, Silvia Morgan. Del film únicamente destaca la magnífica fotografía de Paniagua, recreándose en los magníficos paisajes de Tetuán, Tánger, Xauen y Ceuta.

En 1997, una coproducción entre España y USA titulada "**El aroma del copal**" nos aproxima nuevamente al entramado petrolífero, situando la acción en Costa Rica, dónde una compañía americana busca oro negro. Su director, Antonio Gonzalo, afirma que se trata de una historia de sentimientos, en dónde se entremezclan el amor y la violencia, la degradación y el odio, y la siempre eterna lucha de unos pocos soñadores que creen posible la libertad. Todo ello envuelto por el aroma del copal, sustancia que los nativos queman para rogar favores a sus dioses. Su principal protagonista era James Brolin.

4.8.6.3 Aventuras con fondo minero

Pese a ser este un género no muy prodigado en la cinematografía española, si existen algunas producciones en que las minas toman cierto protagonismo, y cuya característica común a todas ellas es la búsqueda de ocultas riquezas o de fabulosas minas de gemas o metales preciosos.

Comenzaremos por referenciar la película "**Tres hombres van a morir**", rodada en 1954 por Feliciano Catalán, en la versión española y R. Chanas para la francesa, en tierras africanas, y en las que se nos cuenta la aventura de un grupo de buscadores de fortuna que intentan localizar unas legendarias minas, y de la persecución de que son objeto por parte del

ejército francés que quiere evitar enfrentamientos con los tuaregs. La representación española en el reparto la ostentaron Emma Penella, Julio Peña y el más tarde conocido por sus papeles de mexicano harapiento del "spaghetti-western", Fernando Sancho.

"**Agente 003, operación Atlántida**" es una disparatada película de acción y aventuras rodada en el desierto de Almería en 1965 por Domenico Paoletta cuyo título no guarda relación alguna con su argumento : las maquinaciones de un grupo de malhechores para explotar un gigantesco yacimiento de uranio en el Atlas marroquí, y que un James Bond de pacotilla (John Ericson) se encargará de desbaratar. Menos mal que se trata de una coproducción italo-española que permite achacar las culpas de semejante esperpento a los italianos. Igualmente en 1965 se produjo "**El hombre de Marrakech**", coproducción hispano-italo-francesa dirigida por Jacques Daray en la que se nos muestran las aventuras de un conductor de camión, empleado en una mina, para robar unos valiosos diamantes obtenidos en la misma. En los principales papeles: George Hamilton y Claudine Auger.

Y siguiendo con las coproducciones, en 1966 nos encontramos con otra, de Colombia y España, titulada "**El secreto de las esmeraldas**", con la cual se intentó catapultar a la fama a Rosa Morena. Se trata de una especie de fotonovela mal interpretada con una descarada propaganda turística de algunas ciudades colombianas, sirviendo de hilo conductor una mina de esmeraldas heredada por la cantante de la que desean apoderarse un grupo de canallas. La cicatriz del "malo", auténtica cremallera facial, es uno de los detalles más cómicos de esta horrible cinta.

"**Rey de África**", coproducción hispano-italiana de 1967 dirigida por Sandy Howard, es un claro ejemplo del atrevimiento de la cinematografía española para acometer proyectos para los que no está preparada, quedándose por tanto en discretos intentos que generalmente rozan la estupidez.

En este film, la acción se desarrolla en torno a las minas sudafricanas de oro, donde fueron rodadas algunas escenas mineras, y los enfrentamientos existentes entre colonos, mineros y contrabandistas. Ty Hardin, Pier Angeli, Helga Liné y Jorge Rigaud fueron sus intérpretes más destacados?

De 1968 será el film de Dieter Müller rodado en coproducción entre España, Italia y Alemania titulado "**El Mercenario**". Clásica película de acción y aventuras en la que un hombre (Ray Danton) es contratado por el dueño de una mina brasileña para defenderla de los constantes ataques de un grupo rival. Intervenia también Jorge Rigaud.

El célebre personaje de Tarzán fue también llevado a la pantalla por realizadores españoles en dos ocasiones, ambas con trasfondo minero. En "**Tarzán y en la gruta del oro**" (1969) el protagonista es un musculoso individuo llamado Steve Hawkes, cuyo parecido con el mítico hombre-mono es nulo, y cuya misión principal será la de liberar a unos pobres mineros esclavizados por un salvaje sanguinario y cruel. Eso sí: para rodarla se trasladaron hasta el lejano Suriname, llevándose además a Jesús Puente y a Fernando Sancho.

En 1970, C. Carlietz rodó una producción hispano-francesa titulada "**Jaque Mate**", narrándose en ella el asalto que sufre un tren minero que transporta diamantes desde las minas donde han sido extraídos, siendo también un título para olvidar. Interveníen en este filme Jean Marais y Susan Scott (Nieves Navarro). Y ya en 1971 se llevaría hasta la pantalla una infantiloides y horrible película de aventuras titulada "**Los tres supermen en la selva**", y en la que estos tres "super-hombres" son contratados por los norteamericanos para arrebatarles a los rusos una mina de uranio que explotan en plena jungla. Los actores: tres perfectos desconocidos.

Igual de horrible que la anterior resultaría ser "**Tarzán en las minas del rey Salomón**", producción de 1973 que por méritos propios debería figurar en el Museo de los Horrores del cine patrio, motivo más que justificado para no extenderse más con ella. Baste recordar que la actriz que encarna a la compañera de Tarzán fue: ¡ Nadiuska ¡ Junto a ella, el mítico actor español del cine de terror, Paul Naschy (Jesús Franco), en su típico papel de malo.

En este mismo año de 1973, asomaron a las pantallas dos producciones de un subgénero del “western”, al que muchos han denominado “northern”, y cuyas aventuras transcurren en las heladas tierras de Alaska o Canadá, durante la fiebre del oro que llevó a aquellas tierras a infinidad de buscadores y aventureros.. Ambas estaban basadas en obras de Jack London siendo su principal protagonista un perro-lobo, conocido como Colmillo Blanco. La primera de ellas fue “**La selva blanca**”, una súper-producción de España, Italia, Alemania, Reino Unido, Noruega y Francia, en la que actores españoles como Sancho Gracia, Alfredo Mayo o Juan Luis Galiardo compartían pantalla con el afamado Charlton Heston. En la segunda, titulada “**Colmillo Blanco**”, sería Fernando Rey quien actuaría junto a Franco Nero y Virna Lisi, sirviendo los Alpes austriacos para recrear los hermosos paisajes del Gran Norte.

Hasta 1979 no nos volveremos a encontrar con películas de aventuras producidas en nuestro país cuyo tema sea, en todo o en parte, la mina y su entorno. Así sucedería con “**Sol sangriento**”, una coproducción hispano-francesa dirigida por Alfredo Sánchez Brell (Aldo Sambrell), quien también intervenía como actor, junto a Chris Mitchum y Claudine Auger. La acción se sitúa en una mina boliviana dónde domina un clima de depravación, sexo, violencia, miseria y esclavitud. El resultado, más que mediocre, apenas tuvo distribución comercial, habiéndose catalogado por algunos críticos como una “coproducción maldita”.

En 1981 se rodaría la que consideramos única película erótico-pornográfica de contexto minero, y de la que el cine español no debería sentirse orgullo precisamente. Tony Moore fue el director de esta coproducción hispano-italiana, en la que un grupo de mujeres cumplen condena trabajando como mineras en una explotación de esmeraldas, ubicada en plena selva. Allí son continuamente ultrajadas por sus guardianes, hasta que un grupo de guerrilleros las liberarán de un castigo que parece no importarles demasiado, a juzgar por las constantes orgías que en el campamento se organizan. Insólito aspecto minero dónde su protagonista, Ajita Wilson, muestra todos sus encantos y su salvaje sensualidad. Para los interesados en visionar semejante bodrio, reseñaremos su título: “**Orinoco, paraíso del sexo**”.

Por último, la película dirigida en 1983 por Jesús Franco (más conocido por el seudónimo artístico de Paul Naschy) titulada “**En busca del dragón dorado**” e interpretada por un elenco de perfectos desconocidos, tampoco logró alcanzar el mínimo nivel de calidad exigido a este tipo de producciones. La búsqueda de un yacimiento de oro de características fabulosas será en esta ocasión el pretexto elegido para desperdiciar 85 minutos de celuloide a todo color. Las escenas mineras fueron filmadas en Cartagena.

Evidentemente, el cine de aventuras no era lo nuestro.

4.8.6.4 El Lejano Oeste... de Almería

Entre 1960 a 1970, un subgénero del western hizo furor en las pantallas españolas, al que se bautizó como “spaghetti-western por ser producciones realizadas en conjunto por españoles e italianos. Nacido a la sombra de los grandes éxitos cosechados por Sergio Leone, descubridor del desierto almeriense como paisaje idóneo para sus películas, pronto el género alcanzaría una enorme popularidad en nuestro país. Su denominador común fue la baja calidad artística y el aún más bajo presupuesto para los rodajes. Decorados utilizados hasta la saciedad, actores desconocidos y extras no profesionales, argumentos repetitivos y un sinfín de tópicos fueron los ingredientes básicos con los que se elaboraron estas películas.

Muchos de ellos tuvieron como tema principal la fiebre del oro, convirtiendo las tierras de Almería en parajes californianos, en dónde poblados de ficción aparecían por doquier para ser escenario de disputas, cabalgadas, disparos y duelos al más puro estilo americano. En algunas producciones, se emplearon como escenarios naturales lugares “tan exóticos” como Colmenar Viejo y Hoyo de Manzanares, en las cercanías de Madrid, o Esplugas de Llobregat (a la que llamaban en la época Esplugas-City), en Barcelona.

La posesión de los ricos yacimientos auríferos o la codicia por apoderarse de los dorados frutos de estas minas constituyeron un inagotable filón que la cinematografía supo

explotar muy bien.

De 1963 data la primera película de este género, relacionada con la fiebre del oro. "**Gringo**" fue dirigida por Ricardo Blasco, y en ella, un buscador de oro es asesinado y robado, siendo su hijo el encargado de dar captura a los asesinos. Destaca en este film la insólita presencia de Mikaela, como actriz principal.

"**Por un puñado de dólares**" iniciaría la célebre trilogía de Sergio Leone en 1964, constituyendo un gran éxito comercial del denostado género del "spaghetti-western". El film estaba basado en la película de Akira Kurosawa "Yojimbo", por lo que el director italiano fue acusado de plagio. Contó con la presencia, por vez primera como protagonista, del célebre Clint Eastwood : "el hombre sin nombre". Una mina abandonada le servirá de refugio, dónde se recuperará de una brutal paliza infringida por sus rivales.

En 1965, y bajo la dirección de Tulio Demicheli, se rodó "**Desafío en Río Bravo**", en la que aparece una pequeña ciudad minera que es constantemente asaltada, robándose los envíos de plata que se hacen desde las minas próximas. Lentamente, los mineros van abandonando el territorio, vendiendo sus posesiones al cacique de turno. La película contó con la presencia del siempre harapiente Fernando Sancho, auténtico especialista en este tipo de producciones. También en este mismo año se filmó "**La ley del forastero**", que en los títulos de crédito aparecía como "**Regresa un pistolero**". Dirigida por un gran experto de Hollywood, Roy Rowland, se cuenta en ella el modo en que un abogado intenta arruinar a un rico minero.

Un año más tarde, esto es, en 1966, dos nuevas producciones llegaron hasta nuestras pantallas. La primera de ellas, "**Siete pistolas para Timoty**", estuvo dirigida por Rómulo Girolami, siendo su principal protagonista el hijo del desaparecido Errol Flynn. La masacre efectuada por unos bandidos en una mina será el punto de partida para la venganza del único superviviente. La segunda de ese mismo año sería "**El Yankee**". Su director, Tinto Brass, intento seguir las pautas marcadas en "La muerte tenía un precio", consiguiendo un film mediocre adornado con unos diálogos que figuran entre los más absurdos de la historia del western. Un cazador de recompensas asalta una mina en compañía de unos forajidos, para después acabar con ellos y quedarse con la recompensa ofrecida por sus cabezas.

"**Oro maldito**" es una de las más extrañas películas del género, dirigida por Giulio Questi en 1967. Se trata de la clásica historia de venganza, en la que se incorpora hasta una crucifixión. "**Llego, veo, disparo**" (1969) fue dirigida por Enzo Castellari, obteniendo un resultado sensiblemente mejor que todas sus predecesoras, y en la que el robo de un gran cargamento de oro será la trama del film.

José María Zabalza rodó a lo largo de 1970 varias películas en Almería. "**Plomo sobre Dallas**" fue una de ellas. Minas de oro, compra de terrenos para la construcción del ferrocarril y disputas entre colonos son los ingredientes de los que el director se sirve para confeccionar un guisado de difícil digestión. Como quiera que el director utilizaba los mismos actores y las tramas eran muy similares, solía entremezclar escenas de unas películas en otras sin que el espectador se percatase de ello.

Y para concluir, reseñaremos la película de Leopoldo Savona titulada "**Apocalipsis Joe**", filmada en 1970. Un joven que acababa de heredar una mina intenta recuperarla de las manos del bandido que la explota ilegalmente. El malvado de turno esta interpretado por Eduardo Fajardo, que demuestra en este film que como "malo" es... malísimo.

Hubieron muchos más filmes, todos ellos de similar calidad y entramado argumental, pero que poco o nada aportarían a este género. Reseñamos algunos de ellos, cuyos títulos son ya de por si muy significativos: "**Los profesionales del oro**", "**Odio por odio**", "**Comanche blanco**", "**Gentleman Joe**", "**Una cuerda al amanecer**", "**Condenados a vivir**", "**El más fabuloso golpe del Far-West**", "**Tedeum**", "**La colina de las botas**", "**Aventuras del Oeste**", "**Oeste sin fronteras**", "**Dinamita Joe**", "**Siete dólares al rojo vivo**", "**Más allá de la ley**", "**La venganza de Clark Harrison**", "**Dos pistoleros**", "**Viva Carrancho**", "**Winchester Bill**", "**Los rebeldes de Arizona**", "**Buen funeral, amigos...paga Sartana**", "**Tequila**" o "**Todos hermanos en el Oeste**".

entre otros.

Hasta aquí, la breve reseña de cuanto el cine español ha aportado al mundo minero. Excelentes películas unas, mediocres otras, pero todas con cierta información que transmitir, o, cuanto menos, con una visión de la minería dada desde una óptica tan distinta como mágica, la de la cinematografía, capaz de distorsionar la realidad hasta convertirla en sueño, o de potenciarla hasta convertirla en mito.

El cine siempre nos sorprendió, y ojala no deje de hacerlo nunca. Gracias a su magia hemos podido contemplar lo que jamás vimos, y lo que posiblemente nunca volveremos a ver.

Gobain Ovejero Zappino

En ese interés del séptimo arte por la minería se pueden destacar películas como “Las Minas del Rey Salomón”, “El Tesoro de Sierra Madre”, “La Quimera del Oro” o “Qué verde era mi valle”, ejemplos de filmes clásicos, que han tratado el filón de la aventura, la codicia, la tenacidad, el compañerismo o los dramas y conquistas sociales y laborales asociados a la minería.

4.8.7 La minería en la filatelia española

José Manuel Sanchis

4.8.7.1 Introducción

Alguien definió muy acertadamente a la filatelia como “ciencia auxiliar de la Historia”. A través de los distintos elementos que la configuran (sellos, matasellos conmemorativos, rodillos de propaganda, sobres primer día, tarjetas máximas, fechadores, franquígrafos, cartas circuladas, etc.) es posible conocer, o incluso reconstruir, todos aquellos eventos que sobre un tema determinado han ocurrido, en un periodo histórico más o menos extenso. La minería no podía, lógicamente, quedar excluida de este amplio abanico iconográfico y documental.

A pesar de ser España un país tradicionalmente minero, no han sido muchos los sellos que se han dedicado a recordar tan ilustre pasado, pudiéndose cifrar en poco más de una docena los que han recogido algún elemento destacado de dicha actividad, o algún personaje relevante en la historia de la minería o, de forma genérica, a la mina. No ocurre lo mismo con los matasellos especiales, que en gran número y variedad han plasmado acontecimientos de índole diversa, desde celebraciones a aniversarios o inauguraciones, ilustrando los mismos con todo tipo de imágenes mineras: castilletes, lámparas, monumentos mineros, simbología, congresos, ferias y exposiciones, museos y escuelas técnicas, acontecimientos folclóricos relacionados con la mina, sin olvidar a todos aquellos fechadores en cuyo topónimo aparece el nombre de “minas”, “salinas” o el nombre de la patrona, Santa Bárbara, por citar solamente algunos ejemplos. En algunos casos muy concretos, acompañan a estos matasellos informaciones breves, pero valiosas, sobre lo representado, cuyo aporte histórico es digno de tenerse en consideración, o viñetas impresas en el sobre portador del matasello que constituyen, por sí mismas, interesantes ilustraciones mineras.

Desde que en la emisión de 1934-35 apareciese la efigie de Melchor Gaspar de Jovellanos, hasta hoy, más de un centenar de elementos filatélicos, principalmente enmarcados dentro del campo de la marcofilia, nos han mostrado todos esos aspectos. A continuación daremos un breve repaso a los mismos, desarrollados desde un punto de vista temático muy personal, no cronológico, si bien este último procura mantenerse dentro de cada uno de los apartados. No hay que olvidar que el coleccionismo temático es tan libre como la imaginación de quien lo practica, prevaleciendo el criterio individual sobre otras disciplinas mucho más formales y rigurosas.

4.8.7.2 Minas y mineros

La figura del minero aparece por vez primera en un sello español en la emisión de 1936-37, del Consejo de Asturias y León, en la parte inferior del 5 céntimos verde, si bien debido al pequeño tamaño de la imagen y la deficiente calidad del papel empleado, suele pasar desapercibida. Hasta 1994 no volverá a mostrarse al minero en otro sello, emitido en esta ocasión para conmemorar el 75 aniversario de la creación de la Oficina Internacional del Trabajo. En cambio, es relativamente frecuente en los sobres con matasellos especiales, como el empleado en 1980 en La Carolina con motivo de la exposición filatélica Homenaje al Minero, y dónde uno de estos aparece usando una perforadora helicoidal, figurando en el matasellos el típico carburo y un casco de mina.

En la también andaluza ciudad de Linares se utilizó la figura del minero bajo un castillete, para conmemorar el X aniversario de la Fundación-Círculo Filatélico y Numismático, en 1986, empleándose el mismo dibujo en diversas ocasiones posteriores, como durante la celebración del IX Torneo Internacional de Ajedrez "Ciudad de Linares" (1991).

Con ocasión de celebrarse en Mieres la V Feria de la Minería, se empleó en 1989 un bonito matasellos con la imagen de un minero empujando una pesada vagoneta, ataviado con la clásica boina de la época. El mismo trabajo aparece realizando otro minero, equipado esta vez con una moderna lámpara de casco, si bien lo que transporta en su vagoneta son enormes piezas de ajedrez. Se celebraba por entonces (1998) el XV Torneo Internacional de Ajedrez. Mucho más antiguo será, en cambio, el minero prehistórico elegido para ilustrar el matasellos empleado el 4 de Diciembre de 2.001, festividad de Santa Bárbara, en el valle de Riosa (Asturias), con motivo de la VI Exposición de Coleccionismo Minero.

La entibación minera se mostró en otro matasellos de 1983, emitido en esta ocasión para homenajear al sello de autonomía de Asturias, y en el que la Cruz de la Victoria, ofrendada por Alfonso III para recordar al fundador de la monarquía asturiana, D. Pelayo, aparecía bajo un cuadro de entibación en madera. Diez años más tarde, se inmortalizaba con otro matasellos el 50 Concurso Nacional de Entibadores Mineros, celebrado en Sama de Langreo.

Curiosamente, las únicas minas españolas "filatelizadas" fueron las romanas de Las Médulas, al ser designadas en el año 2000 Patrimonio Mundial de la Humanidad. En este sello se muestra la imagen más conocida y bella del inconfundible paisaje minero leonés, como minero es también el matasellos de 1998 que recoge el muelle de Riotinto, patrimonio de Huelva, construido por el ingeniero británico G. B. Bruce e inaugurado en 1876, y que sirvió para embarcar el mineral que de aquellas famosas minas se obtenía.

En 2004, otro cargadero de minerales sería plasmado en un sello. Se trata, en esta ocasión, del conocido como "El Cable Inglés", emplazado en la playa de Las Almadrabillas de Almería y que en el pasado año celebraba su centenario. Esta magnífica obra de ingeniería, orgullo de la ciudad, comenzó a construirse en otoño de 1902, con objeto de dar fácil salida al mineral de hierro de las minas de Alquife, siendo inaugurada por el Rey Alfonso XII el 27 de Abril de 1904, para comenzar a funcionar a partir del 12 de Junio de ese mismo año, con un ritmo medio de 8.000 toneladas de mineral en 10 horas de trabajo.

Debido a la escasez de yacimientos petrolíferos en España, no se hace mención alguna de ellos en nuestra filatelia, a excepción de una pequeña torre de extracción que figura en el sello emitido en 1978, dentro de la serie de protección de la naturaleza, en la que se señala la peligrosidad de los vertidos de crudo en el mar.

4.8.7.3 Castilletes

Los castilletes de mina son para la filatelia algo más que meras estructuras metálicas por donde ascender y descender de una explotación. Se trata de símbolos frecuentemente empleados como vínculo iconográfico de todo aquello que guarda relación con la minería, y así

lo demuestra la profusión con que sus gallardas siluetas son llevadas al matasellos, la viñeta impresa en un sobre o al propio sello de correos.

En 1957, al celebrarse el II Centenario del Patronazgo de la Virgen de Linarejos, se imprimió un sobre en el que aparecía un clásico castillete linarense sin identificar (¿Arrayanes?), acompañado de la imagen de la patrona de la ciudad, sin que el matasellos especial diseñado para tal ocasión ofreciese símbolo minero alguno. Tampoco nos es posible identificar el castillete aparecido en un sello de 1961, con motivo de celebrarse el XXV Aniversario del Alzamiento Nacional, aunque nos recuerda a alguno de los que la empresa nacional Calvo Sotelo tuvo emplazado en la zona de Puertollano.

El pozo Barredo, situado a las afueras de Mieres, fue construido en 1939 e instalado en el mismo lugar que ocupaba otro castillete provisional, empleado para la profundización del pozo, que en ese momento era el más profundo de la cuenca del Caudal, con 210 metros. La altura de esta estructura metálica de celosía es de 20 metros hasta el eje de las poleas, que miden 4 metros de diámetro. En la actualidad es empleado por HUNOSA como pozo experimental. Con motivo de la VI Exposición Filatélica de Mieres, celebrada en 1971, se presentó un hermoso sobre con la imagen de este pozo, aunque el castillete mostrado en el matasellos no parece corresponderse con el mismo. El que si se corresponde con la viñeta impresa en el sobre es el pozo Polio, que aparece en un matasellos especial empleado en Junio de 1977 durante la celebración de la XV Exposición Filatélica "Exfimieres 77". El que en él se muestra es el del pozo nº 2 que, junto con su hermano gemelo, el pozo Polio nº 1, que le servía de auxiliar, prestaban servicio en el valle del mismo nombre. Se comenzó la profundización en Mayo de 1953, alcanzando una profundidad de más de 600 metros en 1977. Es, en realidad, un castillete de tipo torre para extracción por polea de fricción Koepe, con una altura al eje de la polea superior de 34'50 metros, siendo su altura total de 38'90 metros. En la actualidad se encuentra ya cerrado.

En 1980 se celebró en La Carolina (Jaén) una exposición filatélica, como Homenaje al Minero, y tal evento se recordó, entre otros materiales filatélicos, con una tarjeta matasellada en la misma exposición en la que está impresa una fotografía del castillete del pozo Federico (Compañía Minera Los Guindos), en la aldea de El Centenillo, y que actualmente aún se mantiene en pie, muy próximo al otro castillete del pozo La Española.

Nuevamente es Mieres quien llevará, en 1982, otro castillete hasta el sobre conmemorativo de la Exposición Filatélica "Exfimieres 82", pero en esta ocasión será una extraña estructura, a modo de castillete rudimentario y primitivo, al que acompaña un corte esquemático de una mina. En el matasellos, el Monumento al Minero Jubilado de Turón, del que más tarde nos ocuparemos.

Y Linares, fiel a su esplendoroso pasado minero, no dejará de recordárnoslo en sus emisiones. En 1981, imprimió un sobre postal donde se muestra, pormenorizada, la partida de ajedrez jugada entre Portisch y Karpov, y en la que resultó vencedor este afamado ajedrecista ruso. Se incluía, además, un listado de participantes en el III Torneo Internacional, y en el matasellos especial empleado aparecía, como no, la estilizada figura de un castillete sobre un tablero de ajedrez.

Dos nuevos castilletes, ahora asturianos, harán las delicias de los coleccionistas temáticos. En 2000, y con motivo del día de Santa Bárbara, los pozos Pumarabule y Lieres serán los protagonistas del matasellos. El primero, ubicado en Carbayín (Siero), recientemente cerrado, fue profundizado en 1915, construyéndose un pozo auxiliar junto al mismo, a principios de los años 40. Algo parecido sucedería con el pozo Lieres, de Solvay, que tras ser profundizado en 1919 vería nacer a su lado otro castillete auxiliar, también a comienzos de los 40. La empresa Solvay se convertiría en 1973 en Minas de Lieres y, tras una borrascosa andadura, terminaría siendo propiedad de HUNOSA, quien lo explotaría como Pozo Siero, hasta su cierre definitivo, acaecido recientemente. Lieres llegaría a ser el pozo más profundo de Asturias, con más de 800 metros de caña vertical. Los dos castilletes de este histórico pozo se hallan en la actualidad inmersos en una profunda polémica vecinal, que por un momento hizo peligrar su supervivencia, aunque parece ser que ambos se salvarán de una muerte casi anunciada.

La patrona de los mineros, Santa Bárbara, suele ser festejada con acontecimientos filatélicos diversos. Los dos castilletes (San Vicente y San Inocencio) que Minas de Figaredo (HUNOSA) posee, en el concejo de Mieres, fueron plasmados en el matasellos que a tal fin se empleó en 1998. El más moderno, denominado San Inocencio, es una torre de extracción construida en hormigón, mientras que el más antiguo, San Vicente, es metálico. Ambos se encuentran en la actualidad en pleno funcionamiento. La profundización de este pozo comenzó en los años 30, si bien sus orígenes se remontan a 1867, siendo por tanto una de las primeras explotaciones del valle de Turón. Minas de Figaredo se integró en HUNOSA en el año 1980.

Y de nuevo, otro castillete asturiano, el del pozo San Antonio, de Moreda de Aller, aparecerá en el matasellos que conmemora la III Exposición Filatélica Humanitarios de Samartín, que fue empleado en Noviembre de 2001. La extracción de carbón en la zona de Caudal estaba concentrada en tres pozos: San Jorge (profundizado en 1940 y puesto en funcionamiento en 1942), San Antonio y Santiago, habiéndose centralizado desde 1995 en el pozo Santiago, torre de extracción metálica a pleno rendimiento.

Por último, reseñaremos que en Junio de 2003, y con ocasión de celebrarse en Laviana el 2º Encuentro de Escritores de la Mina, en el que se festejaba el centenario de la obra de A. Palacio Valdés "La aldea perdida" se empleó un matasellos en el que podía contemplarse la silueta de un castillete metálico.

4.8.7.4 Lámparas de mina

Para comenzar este apartado, nos hemos de referir nuevamente a la emisión de 1936-37 del Consejo de Asturias y León. En el sello de color rojo de 5 céntimos, y en su parte inferior, aparece una lámpara de seguridad del tipo Davy, siendo la primera lámpara representada en un valor postal español. De este mismo sello existen algunos otros sobrecargados, cuya sobreimpresión dificulta en gran manera la observación de dicha lámpara.

Algunos años más tarde, en 1962, se celebraba la III Feria de Muestras de La Felguera, y el sobre emitido a tal efecto tenía como motivo principal una lámpara minera para alumbrado fijo, acompañada del clásico martillo minero, sin que en el matasellos especial se hiciera referencia alguna acerca de la minería. Habría que aguardar hasta 1979 para que una lámpara Adaro figurase en sobre y matasellos especial. Ese año se celebró la XVII Exposición Filatélica, "Exfimieres 79", siendo la lámpara de seguridad fabricada por la empresa gijonesa la elegida para ilustrar la emisión, utilizando para ello un dibujo de M. Alonso Canga. Al año siguiente, otra exposición filatélica, como Homenaje al Minero, se expuso al público en La Carolina, y para esta ocasión fue una lámpara de acetileno imaginaria, ya que no se corresponde con ningún modelo español, y un casco minero los motivos elegidos para ornamentar sobre y matasellos.

Y de nuevo en Mieres se celebra en 1982 su ya tradicional exposición de temas filatélicos, poniéndose en circulación un sobre cuyo motivo principal, también dibujado por Marino Alonso, fue la misma lámpara Adaro reseñada anteriormente bajo un cuadro de entibación. En el matasellos se representó el monumento al Minero Jubilado de Turón. Sin abandonar Mieres, nos encontramos en 1991 una nueva edición de su ya consolidada "Exfimieres" en la que se rendía homenaje póstumo a su presidente y fundador, Elías Piedra, cuyo rostro aparecía en el matasellos acompañado de la ya típica lámpara de seguridad.

Indiscutiblemente, Asturias se sitúa en cabeza en cuanto a emisiones filatélicas de referencia minera, como evidencia el gran número de matasellos temáticos referidos a esa actividad. En 1995, se celebró en Pola de Siero la XV Semana del Folclore Astur, siendo un castillete y una lámpara de mina el motivo central del matasellos conmemorativo. Un año más tarde se pondría en circulación el primer valor postal emitido por el Correo español con una lámpara minera como motivo principal. En la serie consagrada a los minerales de España, el valor de 30 Ptas. fue dedicado a la lámpara de seguridad de gasolina fabricada por Luis Adaro, utilizándose para ello un ejemplar perteneciente al Museo de la Minería y la Industria de El Entrego.

4.8.7.5 Simbología

Si alguna actividad humana tiene un símbolo que la caracterice y distinga, esa es la minería. El martillo cruzado con una punterola (que ha terminado por convertirse en otro martillo) es ese símbolo por excelencia, y por tanto, cuando se ha querido hacer alusión a la actividad minera, casi siempre se ha recurrido a ellos. Podemos observarlos, por ejemplo, en el sobre y matasellos emitido por la Asociación de Ingenieros de Minas de España durante la celebración en diversas ciudades asturianas de las III Jornadas Nacionales y Primeras Internacionales Minero-Metalúrgicas de 1967. Con los mismos elementos se compuso el dibujo para el matasellos especial de las II Jornadas Minero-Metalúrgicas de Cartagena, en 1971, o acompañando a otros símbolos en el 75 aniversario de la fundación de la Sociedad La Montera, de Sama de Langreo, 1987. Igualmente los emplearían como viñeta en "Exfimieres 82".

La ciudad jienense de Linares es una de las que más veces ha recurrido a esa simbología, para relacionar sus célebres torneos de ajedrez con la ciudad que los acoge. En casi todos sus matasellos especiales aparece la silueta del minero y al fondo, un castillete. Así sucede, entre otros, con los empleados durante el IX Torneo (el sobre lleva, además, las firmas autógrafas de los jugadores Yusupov y Kasparov), el XVI Torneo, celebrado en 1999, etc. Como puede verse, aun en temas que no guardan relación alguna con la mina, suele recurrirse a esta simbología; en el XXV aniversario del Colegio Salesiano "San Agustín", de Linares, celebrado en 1997, también se hacía uso de un castillete para acompañar a otros elementos en el matasellos confeccionado para la ocasión.

Han sido tantos los efectos filatélicos de simbología minera que la relación detallada de los mismos haría interminable y tediosa esta recopilación.

4.8.7.6 Ferrocarriles mineros

El ferrocarril es una de las temáticas filatélicas más generalizadas y extendidas entre los coleccionistas de sellos, pero rara vez un ferrocarril minero ha sido llevado hasta uno de ellos. En el emitido en 1970, con motivo del Día Mundial del Sello, se reproduce un antiguo matasellos del ferrocarril de Langreo, una de las compañías ferroviarias más antiguas de Europa cuya construcción, en 1846, tuvo como fin el enlazar la cuenca minera de Sama con el puerto de Gijón, para dar así salida a los carbones, desapareciendo como empresa en 1972.

En 1979 se puso en circulación un sobre conmemorativo del XVII Congreso Nacional de Amigos del Ferrocarril, celebrado en Ponferrada, donde se representa el trazado del famoso tren Ponferrada-Villablino, tren mixto de pasajeros-carga cuya construcción comenzó en 1919 a cargo de la Compañía Minero-Siderúrgica de Ponferrada (MSP), abriéndose al transporte de carbón tan solo un año después, y cuyo funcionamiento se ha mantenido hasta la actualidad.

4.8.7.7 Personajes

Como ya se había comentado al comienzo de este trabajo, fue el sello dedicado a Melchor Gaspar de Jovellanos (1744-1811), en la emisión dedicada a personajes célebres de 1934-35, el primero emitido por los servicios postales españoles con relación a la temática minera. Escritor y político, fue enviado a Asturias como ingeniero de minas, fundando en Gijón el Real Instituto Asturiano de Náutica y Mineralogía (1794). Su pensamiento innovador y su honda preocupación por la prosperidad de Asturias y su industria, especialmente por la incipiente minería del carbón, le llevó a la fundación del Instituto, como lugar adecuado de preparación para los que un futuro debieran encargarse del progreso de la misma. Jovellanos volverá a estar presente en un sello 30 años después, cuando en 1965 aparezca en una serie dedicada a personajes españoles.

Durante la VIII Exposición Filatélica de Bilbao de 1981, se recordó con un matasellos especial la figura del Dr. Areilza, alma del Hospital Minero de Triano y director del mismo desde

1880, en donde se trataban las enfermedades infecciosas de los mineros del hierro. Fue también director de los hospitales de Galdames y Gallarta, siendo un médico de insuperable prestigio, creador de una auténtica escuela de profesionales médicos. El rostro del Dr. Enrique Areilza que se plasmó en el matasello es una copia del retrato hecho por el pintor Manuel Losada, realizada por Carlos Larrea, quién fue autor además del resto de los motivos del sobre conmemorativo.

Uno de los grandes acontecimientos filatélico-mineros del siglo XX fue el II Centenario del descubrimiento del wolframio, a cargo de los hermanos Fausto y Juan José Elhuyar en 1873. Estos notables químicos e ingenieros de minas ampliaron estudios en la Escuela de Minas de Freiberg, e hicieron sus investigaciones sobre el wolframio en el Seminario de Bergara, primer centro español donde se crearon cátedras de Química y Mineralogía. Con tal motivo, la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre puso en circulación en 1983 un valor postal para celebrar dicho bicentenario, del que se pusieron a la venta además tarjetas máximas, sobres primer día, matasellos de primer día de circulación y se emplearon matasellos especiales en Madrid y Bergara.

Aprovechando la celebración del XIII Certamen de Minerales, Gemas y Fósiles de Oviedo, la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas puso en circulación el 22 de Marzo de 2002 un matasello especial, con motivo del 202 aniversario del nacimiento del ingeniero de minas y geólogo de origen alemán Guillermo Schulz (1805-1877). La figura de Schulz, en su doble vertiente humana y científica es de sobra conocida, gozando sus obras tanto geológicas como mineras de un enorme prestigio a nivel mundial. Fue un justo homenaje a la memoria de tan ilustre personaje

4.8.7.8 Monumentos mineros

Han sido varios los monumentos mineros empleados como motivos de sobres o matasellos especiales. Tal es el caso del usado en 1979 en "Exfiastur" (Sama de Langreo), donde se mostraba un fragmento del popular monolito erigido a la memoria de Luis de Adaro y Magro, en el Parque Dorado de esta localidad asturiana, más conocido por "La Carbonera". Era precisamente la mujer que dio nombre popular al monumento la que figuraba en el matasello, estando este último representado en su totalidad en la viñeta del sobre confeccionado al efecto, y que fue erigido, por suscripción popular, en 1918.

En 1982, Mieres dedicaba el matasello de su "Exfimeres 82" al monumento al Minero Jubilado, erigido en la localidad de San Francisco de Turón, obra del escultor Félix Magdalena, y en el que se representa a un minero veterano entregando su lámpara al "guaje" que le relevará en su trabajo.

También Linares recrearía en un matasello el Monumento al Minero, tal y como se encontraba en su anterior emplazamiento, a la entrada de la población, antes de ser trasladado en fecha reciente a su actual de la plaza Aníbal e Himilce. Sobre un enorme pedestal, la figura del minero se alza imponente, pertrechado con sus herramientas y su lámpara de acetileno. Este curioso matasello sería utilizado durante la celebración del IV Torneo Internacional de Ajedrez, en 1983.

Una bella imagen nocturna del Monumento a los Mineros Fallecidos en Accidente de Trabajo, ilustra la tarjeta del correo emitida en 1998, en su actual emplazamiento frente al pozo Barredo de Mieres, y enmarcado por los nuevos edificios de la Universidad. Este monumento fue erigido en la Plaza de la Paz, en 1995, siendo el autor del mismo M. Ángel Lombardía, y con el se recuerda a las 14 víctimas mortales del pozo Nicolasa (Ablaña) en 1995. En el año 2002 se conmemoraría el 30 aniversario del Monumento al Minero de la Colladiella (Turón), con un matasello especial donde figura dicho monumento, enclavado en la cima del pico Arquera, y que había sido inaugurado por Pilar Primo de Rivera en 1972.

El 4 de Diciembre de 2004, festividad de Santa Bárbara, se utilizó en Moreda de Aller (Asturias), un matasello especial cuyo motivo principal era la escultura a la Familia Minera, que preside la plaza Campo de la Iglesia de esa localidad asturiana.

4.8.7.9 Ferias, congresos y exposiciones

Los organismos encargados de este tipo de acontecimientos se han valido tradicionalmente de matasellos y rodillos de propaganda, para publicitar los eventos, haciéndolos llegar de este modo tan sencillo como efectivo a todos los rincones. Nuestras autoridades postales han colaborado, siempre, de manera eficaz, con las instituciones y organizadores, concediéndoles matasellos especiales y puestos de franqueo en el mismo lugar de las celebraciones.

Gijón contó con uno de esos matasellos, donde aparecían los característicos mazo y punterola, durante la celebración de las III Jornadas Minero-Metalúrgicas de 1967. De igual modo, y con esos mismos símbolos, el VI Congreso Internacional de Minería, celebrado en Madrid en 1970, dispuso de su correspondiente matasellos especial. El Simposium Internacional Agua en Minería y Obras Subterráneas, que se celebró en Granada en Septiembre de 1978, utilizó un rodillo de propaganda para anunciarse, en el que aparecían los conocidos martillos mineros dentro del escudo del SIAMOS 78.

Por otra parte, la I Exposición Filatélica Energético-Minera, que tuvo lugar en Madrid del 24 al 28 de Abril de 1982, también dispuso de un matasellos en el que figuraban los ya mencionados mazos cruzados, sobre una cristalización de cuarzo. En esta exposición se dispuso de una hojita recuerdo sin valor postal con bellas fotografías de minerales y gemas, en lo que resultaría un intento fallido para concienciar a las autoridades postales de la conveniencia de emitir valores donde quedase representada la riqueza mineralógica española. Deberían pasar unos cuantos años más hasta que un mineral pudiese ser admirado en un sello de correo.

Barcelona acogía en 1984 al VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia, y Gijón y Oviedo al VIII, en 1988. En ambos casos, el matasellos utilizado portaba de forma clara y destacada los ya mencionados símbolos por antonomasia de la minería. El Salón Internacional de Maquinaria de Obras Públicas, Construcción y Minería celebrado en Zaragoza en 1990, también dispuso de su correspondiente matasellos, sin que en el constase referencia alguna a las minas, excepción hecha del propio nombre del Salón.

En Mayo de 1992, sería Madrid quien albergaría al XV Congreso Mundial de Minería, usándose también un matasellos dónde los martillos cruzados se sobreponían a un mapamundi.

4.8.7.10 Topónimos

Diversas localidades españolas poseen en sus nombres claras referencias a la actividad minera, habiéndose utilizado en muchas de ellas fechadores (matasellos generalmente circulares donde aparece el nombre de la población, la provincia, y en el centro, la fecha) para el sellado de todo tipo de envíos postales. Desgraciadamente, otras no aparecen en esos fechadores por no disponer en la localidad de estafeta propia, teniéndose que matasellar los envíos en oficinas más o menos próximas.

Entre esas localidades que dispusieron de ellos, podemos destacar a Minas de Riotinto, Minas de Cala, Villanueva del Río y Minas, Minas de Ojos Negros, Minas de Sotiel Coronada, Minas de Silos de Calañas, Minas de Herrerías, Minas, Minas del Castillo, Minas de Montehierro, etc. La obtención de cartas y otros efectos postales de épocas diversas portadoras de estas cancelaciones enriquecen de un modo realmente extraordinario cualquier colección temático-minera, dejando abierto el horizonte histórico de las mismas a todo tipo de planteamientos.

4.8.7.11 Introducción

Alguien definió muy acertadamente a la filatelia como "ciencia auxiliar de la Historia". A través de los distintos elementos que la configuran (sellos, matasellos conmemorativos, rodillos de propaganda, sobres primer día, tarjetas máximas, fechadores, franquígrafos, cartas

circuladas, etc.) es posible conocer, o incluso reconstruir, todos aquellos eventos que sobre un tema determinado han ocurrido, en un periodo histórico más o menos extenso. La minería no podía, lógicamente, quedar excluida de este amplio abanico iconográfico y documental.

A pesar de ser España un país tradicionalmente minero, no han sido muchos los sellos que se han dedicado a recordar tan ilustre pasado, pudiéndose cifrar en poco más de una docena los que han recogido algún elemento destacado de dicha actividad, o algún personaje relevante en la historia de la minería o, de forma genérica, a la mina. No ocurre lo mismo con los matasellos especiales, que en gran número y variedad han plasmado acontecimientos de índole diversa, desde celebraciones a aniversarios o inauguraciones, ilustrando los mismos con todo tipo de imágenes mineras: castilletes, lámparas, monumentos mineros, simbología, congresos, ferias y exposiciones, museos y escuelas técnicas, acontecimientos folclóricos relacionados con la mina, sin olvidar a todos aquellos fechadores en cuyo topónimo aparece el nombre de "minas", "salinas" o el nombre de la patrona, Santa Bárbara, por citar solamente algunos ejemplos. En algunos casos muy concretos, acompañan a estos matasellos informaciones breves, pero valiosas, sobre lo representado, cuyo aporte histórico es digno de tenerse en consideración, o viñetas impresas en el sobre portador del matasello que constituyen, por sí mismas, interesantes ilustraciones mineras.

Desde que en la emisión de 1934-35 apareciera la efigie de Melchor Gaspar de Jovellanos, hasta hoy, más de un centenar de elementos filatélicos, principalmente enmarcados dentro del campo de la marcofilia, nos han mostrado todos esos aspectos. A continuación daremos un breve repaso a los mismos, desarrollados desde un punto de vista temático muy personal, no cronológico, si bien este último procura mantenerse dentro de cada uno de los apartados. No hay que olvidar que el coleccionismo temático es tan libre como la imaginación de quien lo practica, prevaleciendo el criterio individual sobre otras disciplinas mucho más formales y rigurosas.

4.8.7.12 Minas y mineros

La figura del minero aparece por vez primera en un sello español en la emisión de 1936-37, del Consejo de Asturias y León, en la parte inferior del 5 céntimos verde, si bien debido al pequeño tamaño de la imagen y la deficiente calidad del papel empleado, suele pasar desapercibida. Hasta 1994 no volverá a mostrarse al minero en otro sello, emitido en esta ocasión para conmemorar el 75 aniversario de la creación de la Oficina Internacional del Trabajo. En cambio, es relativamente frecuente en los sobres con matasellos especiales, como el empleado en 1980 en La Carolina con motivo de la exposición filatélica Homenaje al Minero, y donde uno de estos aparece usando una perforadora helicoidal, figurando en el matasello el típico carburo y un casco de mina.

En la también andaluza ciudad de Linares se utilizó la figura del minero bajo un castillete, para conmemorar el X aniversario de la Fundación-Círculo Filatélico y Numismático, en 1986, empleándose el mismo dibujo en diversas ocasiones posteriores, como durante la celebración del IX Torneo Internacional de Ajedrez "Ciudad de Linares" (1991).

Con ocasión de celebrarse en Mieres la V Feria de la Minería, se empleó en 1989 un bonito matasello con la imagen de un minero empujando una pesada vagoneta, ataviado con la clásica boina de la época. El mismo trabajo aparece realizando otro minero, equipado esta vez con una moderna lámpara de casco, si bien lo que transporta en su vagoneta son enormes piezas de ajedrez. Se celebraba por entonces (1998) el XV Torneo Internacional de Ajedrez. Mucho más antiguo será, en cambio, el minero prehistórico elegido para ilustrar el matasello empleado el 4 de Diciembre de 2.001, festividad de Santa Bárbara, en el valle de Riosa (Asturias), con motivo de la VI Exposición de Coleccionismo Minero.

La entibación minera se mostró en otro matasello de 1983, emitido en esta ocasión para homenajear al sello de autonomía de Asturias, y en el que la Cruz de la Victoria, ofrendada por Alfonso III para recordar al fundador de la monarquía asturiana, D. Pelayo, aparecía bajo un

cuadro de entibación en madera. Diez años más tarde, se immortalizaba con otro matasellos el 50 Concurso Nacional de Entibadores Mineros, celebrado en Sama de Langreo.

Curiosamente, las únicas minas españolas “filatelizadas” fueron las romanas de Las Médulas, al ser designadas en el año 2000 Patrimonio Mundial de la Humanidad. En este sello se muestra la imagen más conocida y bella del inconfundible paisaje minero leonés, como minero es también el matasellos de 1998 que recoge el muelle de Riotinto, patrimonio de Huelva, construido por el ingeniero británico G. B. Bruce e inaugurado en 1876, y que sirvió para embarcar el mineral que de aquellas famosas minas se obtenía.

En 2004, otro cargadero de minerales sería plasmado en un sello. Se trata, en esta ocasión, del conocido como “El Cable Inglés”, emplazado en la playa de Las Almadrabillas de Almería y que en el pasado año celebraba su centenario. Esta magnífica obra de ingeniería, orgullo de la ciudad, comenzó a construirse en otoño de 1902, con objeto de dar fácil salida al mineral de hierro de las minas de Alquife, siendo inaugurada por el Rey Alfonso XII el 27 de Abril de 1904, para comenzar a funcionar a partir del 12 de Junio de ese mismo año, con un ritmo medio de 8.000 toneladas de mineral en 10 horas de trabajo.

Debido a la escasez de yacimientos petrolíferos en España, no se hace mención alguna de ellos en nuestra filatelia, a excepción de una pequeña torre de extracción que figura en el sello emitido en 1978, dentro de la serie de protección de la naturaleza, en la que se señala la peligrosidad de los vertidos de crudo en el mar.

4.8.7.13 Castilletes

Los castilletes de mina son para la filatelia algo más que meras estructuras metálicas por donde ascender y descender de una explotación. Se trata de símbolos frecuentemente empleados como vínculo iconográfico de todo aquello que guarda relación con la minería, y así lo demuestra la profusión con que sus gallardas siluetas son llevadas al matasellos, la viñeta impresa en un sobre o al propio sello de correos.

En 1957, al celebrarse el II Centenario del Patronazgo de la Virgen de Linarejos, se imprimió un sobre en el que aparecía un clásico castillete linarense sin identificar (¿Arrayanes?), acompañado de la imagen de la patrona de la ciudad, sin que el matasellos especial diseñado para tal ocasión ofreciese símbolo minero alguno. Tampoco nos es posible identificar el castillete aparecido en un sello de 1961, con motivo de celebrarse el XXV Aniversario del Alzamiento Nacional, aunque nos recuerda a alguno de los que la empresa nacional Calvo Sotelo tuvo emplazado en la zona de Puertollano.

El pozo Barredo, situado a las afueras de Mieres, fue construido en 1939 e instalado en el mismo lugar que ocupaba otro castillete provisional, empleado para la profundización del pozo, que en ese momento era el más profundo de la cuenca del Caudal, con 210 metros. La altura de esta estructura metálica de celosía es de 20 metros hasta el eje de las poleas, que miden 4 metros de diámetro. En la actualidad es empleado por HUNOSA como pozo experimental. Con motivo de la VI Exposición Filatélica de Mieres, celebrada en 1971, se presentó un hermoso sobre con la imagen de este pozo, aunque el castillete mostrado en el matasellos no parece corresponderse con el mismo. El que si se corresponde con la viñeta impresa en el sobre es el pozo Polio, que aparece en un matasellos especial empleado en Junio de 1977 durante la celebración de la XV Exposición Filatélica “Exfimieres 77”. El que en él se muestra es el del pozo nº 2 que, junto con su hermano gemelo, el pozo Polio nº 1, que le servía de auxiliar, prestaban servicio en el valle del mismo nombre. Se comenzó la profundización en Mayo de 1953, alcanzando una profundidad de más de 600 metros en 1977. Es, en realidad, un castillete de tipo torre para extracción por polea de fricción Koepe, con una altura al eje de la polea superior de 34’50 metros, siendo su altura total de 38’90 metros. En la actualidad se encuentra ya cerrado.

En 1980 se celebró en La Carolina (Jaén) una exposición filatélica, como Homenaje al Minero, y tal evento se recordó, entre otros materiales filatélicos, con una tarjeta matasellada en la misma exposición en la que está impresa una fotografía del castillete del pozo Federico

(Compañía Minera Los Guindos), en la aldea de El Centenillo, y que actualmente aún se mantiene en pie, muy próximo al otro castillete del pozo La Española.

Nuevamente es Mieres quien llevará, en 1982, otro castillete hasta el sobre conmemorativo de la Exposición Filatélica "Exfimieres 82", pero en esta ocasión será una extraña estructura, a modo de castillete rudimentario y primitivo, al que acompaña un corte esquemático de una mina. En el matasellos, el Monumento al Minero Jubilado de Turón, del que más tarde nos ocuparemos.

Y Linares, fiel a su esplendoroso pasado minero, no dejará de recordárnoslo en sus emisiones. En 1981, imprimió un sobre postal donde se muestra, pormenorizada, la partida de ajedrez jugada entre Portisch y Karpov, y en la que resultó vencedor este afamado ajedrecista ruso. Se incluía, además, un listado de participantes en el III Torneo Internacional, y en el matasellos especial empleado aparecía, como no, la estilizada figura de un castillete sobre un tablero de ajedrez.

Dos nuevos castilletes, ahora asturianos, harán las delicias de los coleccionistas temáticos. En 2000, y con motivo del día de Santa Bárbara, los pozos Pumarabule y Lieres serán los protagonistas del matasellos. El primero, ubicado en Carbayín (Siero), recientemente cerrado, fue profundizado en 1915, construyéndose un pozo auxiliar junto al mismo, a principios de los años 40. Algo parecido sucedería con el pozo Lieres, de Solvay, que tras ser profundizado en 1919 vería nacer a su lado otro castillete auxiliar, también a comienzos de los 40. La empresa Solvay se convertiría en 1973 en Minas de Lieres y, tras una borrascosa andadura, terminaría siendo propiedad de HUNOSA, quien lo explotaría como Pozo Siero, hasta su cierre definitivo, acaecido recientemente. Lieres llegaría a ser el pozo más profundo de Asturias, con más de 800 metros de caña vertical. Los dos castilletes de este histórico pozo se hallan en la actualidad inmersos en una profunda polémica vecinal, que por un momento hizo peligrar su supervivencia, aunque parece ser que ambos se salvarán de una muerte casi anunciada.

La patrona de los mineros, Santa Bárbara, suele ser festejada con acontecimientos filatélicos diversos. Los dos castilletes (San Vicente y San Inocencio) que Minas de Figaredo (HUNOSA) posee, en el concejo de Mieres, fueron plasmados en el matasellos que a tal fin se empleó en 1998. El más moderno, denominado San Inocencio, es una torre de extracción construida en hormigón, mientras que el más antiguo, San Vicente, es metálico. Ambos se encuentran en la actualidad en pleno funcionamiento. La profundización de este pozo comenzó en los años 30, si bien sus orígenes se remontan a 1867, siendo por tanto una de las primeras explotaciones del valle de Turón. Minas de Figaredo se integró en HUNOSA en el año 1980.

Y de nuevo, otro castillete asturiano, el del pozo San Antonio, de Moreda de Aller, aparecerá en el matasellos que conmemora la III Exposición Filatélica Humanitarios de Samartín, que fue empleado en Noviembre de 2001. La extracción de carbón en la zona de Caudal estaba concentrada en tres pozos: San Jorge (profundizado en 1940 y puesto en funcionamiento en 1942), San Antonio y Santiago, habiéndose centralizado desde 1995 en el pozo Santiago, torre de extracción metálica a pleno rendimiento.

Por último, reseñaremos que en Junio de 2003, y con ocasión de celebrarse en Laviana el 2º Encuentro de Escritores de la Mina, en el que se festejaba el centenario de la obra de A. Palacio Valdés "La aldea perdida" se empleó un matasellos en el que podía contemplarse la silueta de un castillete metálico.

4.8.7.14 Lámparas de mina

Para comenzar este apartado, nos hemos de referir nuevamente a la emisión de 1936-37 del Consejo de Asturias y León. En el sello de color rojo de 5 céntimos, y en su parte inferior, aparece una lámpara de seguridad del tipo Davy, siendo la primera lámpara representada en un valor postal español. De este mismo sello existen algunos otros sobrecargados, cuya sobreimpresión dificulta en gran manera la observación de dicha lámpara.

Algunos años más tarde, en 1962, se celebraba la III Feria de Muestras de La Felguera, y el sobre emitido a tal efecto tenía como motivo principal una lámpara minera para alumbrado fijo, acompañada del clásico martillo minero, sin que en el matasellos especial se hiciera referencia alguna acerca de la minería. Habría que aguardar hasta 1979 para que una lámpara Adaro figurase en sobre y matasellos especial. Ese año se celebró la XVII Exposición Filatélica, "Exfimieres 79", siendo la lámpara de seguridad fabricada por la empresa gijonesa la elegida para ilustrar la emisión, utilizando para ello un dibujo de M. Alonso Canga. Al año siguiente, otra exposición filatélica, como Homenaje al Minero, se expuso al público en La Carolina, y para esta ocasión fue una lámpara de acetileno imaginaria, ya que no se corresponde con ningún modelo español, y un casco minero los motivos elegidos para ornamentar sobre y matasellos.

Y de nuevo en Mieres se celebra en 1982 su ya tradicional exposición de temas filatélicos, poniéndose en circulación un sobre cuyo motivo principal, también dibujado por Marino Alonso, fue la misma lámpara Adaro reseñada anteriormente bajo un cuadro de entibación. En el matasellos se representó el monumento al Minero Jubilado de Turón. Sin abandonar Mieres, nos encontramos en 1991 una nueva edición de su ya consolidada "Exfimieres" en la que se rendía homenaje póstumo a su presidente y fundador, Elías Piedra, cuyo rostro aparecía en el matasellos acompañado de la ya típica lámpara de seguridad.

Indiscutiblemente, Asturias se sitúa en cabeza en cuanto a emisiones filatélicas de referencia minera, como evidencia el gran número de matasellos temáticos referidos a esa actividad. En 1995, se celebró en Pola de Siero la XV Semana del Folclore Astur, siendo un castillete y una lámpara de mina el motivo central del matasellos conmemorativo. Un año más tarde se pondría en circulación el primer valor postal emitido por el Correo español con una lámpara minera como motivo principal. En la serie consagrada a los minerales de España, el valor de 30 Ptas. fue dedicado a la lámpara de seguridad de gasolina fabricada por Luis Adaro, utilizándose para ello un ejemplar perteneciente al Museo de la Minería y la Industria de El Entrego.

4.8.7.15 Simbología

Si alguna actividad humana tiene un símbolo que la caracterice y distinga, esa es la minería. El martillo cruzado con una punterola (que ha terminado por convertirse en otro martillo) es ese símbolo por excelencia, y por tanto, cuando se ha querido hacer alusión a la actividad minera, casi siempre se ha recurrido a ellos. Podemos observarlos, por ejemplo, en el sobre y matasellos emitido por la Asociación de Ingenieros de Minas de España durante la celebración en diversas ciudades asturianas de las III Jornadas Nacionales y Primeras Internacionales Minero-Metalúrgicas de 1967. Con los mismos elementos se compuso el dibujo para el matasellos especial de las II Jornadas Minero-Metalúrgicas de Cartagena, en 1971, o acompañando a otros símbolos en el 75 aniversario de la fundación de la Sociedad La Montera, de Sama de Langreo, 1987. Igualmente los emplearían como viñeta en "Exfimieres 82".

La ciudad linaense de Linares es una de las que más veces ha recurrido a esa simbología, para relacionar sus célebres torneos de ajedrez con la ciudad que los acoge. En casi todos sus matasellos especiales aparece la silueta del minero y al fondo, un castillete. Así sucede, entre otros, con los empleados durante el IX Torneo (el sobre lleva, además, las firmas autógrafas de los jugadores Yusupov y Kasparov), el XVI Torneo, celebrado en 1999, etc. Como puede verse, aun en temas que no guardan relación alguna con la mina, suele recurrirse a esta simbología; en el XXV aniversario del Colegio Salesiano "San Agustín", de Linares, celebrado en 1997, también se hacía uso de un castillete para acompañar a otros elementos en el matasellos confeccionado para la ocasión.

Han sido tantos los efectos filatélicos de simbología minera que la relación detallada de los mismos haría interminable y tediosa esta recopilación.

4.8.7.16 Ferrocarriles mineros

El ferrocarril es una de las temáticas filatélicas más generalizadas y extendidas entre los coleccionistas de sellos, pero rara vez un ferrocarril minero ha sido llevado hasta uno de ellos. En el emitido en 1970, con motivo del Día Mundial del Sello, se reproduce un antiguo matasellos del ferrocarril de Langreo, una de las compañías ferroviarias más antiguas de Europa cuya construcción, en 1846, tuvo como fin el enlazar la cuenca minera de Sama con el puerto de Gijón, para dar así salida a los carbones, desapareciendo como empresa en 1972.

En 1979 se puso en circulación un sobre conmemorativo del XVII Congreso Nacional de Amigos del Ferrocarril, celebrado en Ponferrada, donde se representa el trazado del famoso tren Ponferrada-Villablino, tren mixto de pasajeros-carga cuya construcción comenzó en 1919 a cargo de la Compañía Minero-Siderúrgica de Ponferrada (MSP), abriéndose al transporte de carbón tan solo un año después, y cuyo funcionamiento se ha mantenido hasta la actualidad.

4.8.7.17 Personajes

Como ya se había comentado al comienzo de este trabajo, fue el sello dedicado a Melchor Gaspar de Jovellanos (1744-1811), en la emisión dedicada a personajes célebres de 1934-35, el primero emitido por los servicios postales españoles con relación a la temática minera. Escritor y político, fue enviado a Asturias como ingeniero de minas, fundando en Gijón el Real Instituto Asturiano de Náutica y Mineralogía (1794). Su pensamiento innovador y su honda preocupación por la prosperidad de Asturias y su industria, especialmente por la incipiente minería del carbón, le llevó a la fundación del Instituto, como lugar adecuado de preparación para los que un futuro debieran encargarse del progreso de la misma. Jovellanos volverá a estar presente en un sello 30 años después, cuando en 1965 aparezca en una serie dedicada a personajes españoles.

Durante la VIII Exposición Filatélica de Bilbao de 1981, se recordó con un matasellos especial la figura del Dr. Areilza, alma del Hospital Minero de Triano y director del mismo desde 1880, en donde se trataban las enfermedades infecciosas de los mineros del hierro. Fue también director de los hospitales de Galdames y Gallarta, siendo un médico de insuperable prestigio, creador de una auténtica escuela de profesionales médicos. El rostro del Dr. Enrique Areilza que se plasma en el matasellos es una copia del retrato hecho por el pintor Manuel Losada, realizada por Carlos Larrea, quién fue autor además del resto de los motivos del sobre conmemorativo.

Uno de los grandes acontecimientos filatélico-mineros del siglo XX fue el II Centenario del descubrimiento del wolframio, a cargo de los hermanos Fausto y Juan José Elhuyar en 1873. Estos notables químicos e ingenieros de minas ampliaron estudios en la Escuela de Minas de Freiberg, e hicieron sus investigaciones sobre el wolframio en el Seminario de Bergara, primer centro español donde se crearon cátedras de Química y Mineralogía. Con tal motivo, la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre puso en circulación en 1983 un valor postal para celebrar dicho bicentenario, del que se pusieron a la venta además tarjetas máximas, sobres primer día, matasellos de primer día de circulación y se emplearon matasellos especiales en Madrid y Bergara.

Aprovechando la celebración del XIII Certamen de Minerales, Gemas y Fósiles de Oviedo, la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas puso en circulación el 22 de Marzo de 2002 un matasellos especial, con motivo del 202 aniversario del nacimiento del ingeniero de minas y geólogo de origen alemán Guillermo Schulz (1805-1877). La figura de Schulz, en su doble vertiente humana y científica es de sobra conocida, gozando sus obras tanto geológicas como mineras de un enorme prestigio a nivel mundial. Fue un justo homenaje a la memoria de tan ilustre personaje

4.8.7.18 Monumentos mineros

Han sido varios los monumentos mineros empleados como motivos de sobres o matasellos especiales. Tal es el caso del usado en 1979 en "Exfiastur" (Sama de Langreo), donde se mostraba un fragmento del popular monolito erigido a la memoria de Luis de Adaro y Magro,

en el Parque Dorado de esta localidad asturiana, más conocido por "La Carbonera". Era precisamente la mujer que dio nombre popular al monumento la que figuraba en el matasellos, estando este último representado en su totalidad en la viñeta del sobre confeccionado al efecto, y que fue erigido, por suscripción popular, en 1918.

En 1982, Mieres dedicaba el matasellos de su "Exfimeres 82" al monumento al Minero Jubilado, erigido en la localidad de San Francisco de Turón, obra del escultor Félix Magdalena, y en el que se representa a un minero veterano entregando su lámpara al "guaje" que le relevará en su trabajo.

También Linares recrearía en un matasellos el Monumento al Minero, tal y como se encontraba en su anterior emplazamiento, a la entrada de la población, antes de ser trasladado en fecha reciente a su actual de la plaza Aníbal e Himilce. Sobre un enorme pedestal, la figura del minero se alza imponente, pertrechado con sus herramientas y su lámpara de acetileno. Este curioso matasellos sería utilizado durante la celebración del IV Torneo Internacional de Ajedrez, en 1983.

Una bella imagen nocturna del Monumento a los Mineros Fallecidos en Accidente de Trabajo, ilustra la tarjeta del correo emitida en 1998, en su actual emplazamiento frente al pozo Barredo de Mieres, y enmarcado por los nuevos edificios de la Universidad. Este monumento fue erigido en la Plaza de la Paz, en 1995, siendo el autor del mismo M. Ángel Lombardía, y con el se recuerda a las 14 víctimas mortales del pozo Nicolasa (Ablaña) en 1995. En el año 2002 se conmemoraría el 30 aniversario del Monumento al Minero de la Colladiella (Turón), con un matasellos especial dónde figura dicho monumento, enclavado en la cima del pico Arquera, y que había sido inaugurado por Pilar Primo de Rivera en 1972.

El 4 de Diciembre de 2004, festividad de Santa Bárbara, se utilizó en Moreda de Aller (Asturias), un matasellos especial cuyo motivo principal era la escultura a la Familia Minera, que preside la plaza Campo de la Iglesia de esa localidad asturiana.

4.8.7.19 Ferias, congresos y exposiciones

Los organismos encargados de este tipo de acontecimientos se han valido tradicionalmente de matasellos y rodillos de propaganda, para publicitar los eventos, haciéndolos llegar de este modo tan sencillo como efectivo a todos los rincones. Nuestras autoridades postales han colaborado, siempre, de manera eficaz, con las instituciones y organizadores, concediéndoles matasellos especiales y puestos de franqueo en el mismo lugar de las celebraciones.

Gijón contó con uno de esos matasellos, donde aparecían los característicos mazo y punterola, durante la celebración de las III Jornadas Minero-Metalúrgicas de 1967. De igual modo, y con esos mismos símbolos, el VI Congreso Internacional de Minería, celebrado en Madrid en 1970, dispuso de su correspondiente matasellos especial. El Simposium Internacional Agua en Minería y Obras Subterráneas, que se celebró en Granada en Septiembre de 1978, utilizó un rodillo de propaganda para anunciarse, en el que aparecían los conocidos martillos mineros dentro del escudo del SIAMOS'78.

Por otra parte, la I Exposición Filatélica Energético-Minera, que tuvo lugar en Madrid del 24 al 28 de Abril de 1982, también dispuso de un matasellos en el que figuraban los ya mencionados mazos cruzados, sobre una cristalización de cuarzo. En esta exposición se dispuso de una hojita recuerdo sin valor postal con bellas fotografías de minerales y gemas, en lo que resultaría un intento fallido para concienciar a las autoridades postales de la conveniencia de emitir valores donde quedase representada la riqueza mineralógica española. Deberían pasar unos cuantos años más hasta que un mineral pudiese ser admirado en un sello de correo.

Barcelona acogía en 1984 al VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia, y Gijón y Oviedo al VIII, en 1988. En ambos casos, el matasellos utilizado portaba de forma clara y destacada los ya mencionados símbolos por antonomasia de la minería. El Salón Internacional

de Maquinaria de Obras Públicas, Construcción y Minería celebrado en Zaragoza en 1990, también dispuso de su correspondiente matasellos, sin que en el constase referencia alguna a las minas, excepción hecha del propio nombre del Salón.

En Mayo de 1992, sería Madrid quien albergaría al XV Congreso Mundial de Minería, usándose también un matasellos dónde los martillos cruzados se sobreponían a un mapamundi.

4.8.7.20 Topónimos

Diversas localidades españolas poseen en sus nombres claras referencias a la actividad minera, habiéndose utilizado en muchas de ellas fechadores (matasellos generalmente circulares donde aparece el nombre de la población, la provincia, y en el centro, la fecha) para el sellado de todo tipo de envíos postales. Desgraciadamente, otras no aparecen en esos fechadores por no disponer en la localidad de estafeta propia, teniéndose que matasellar los envíos en oficinas más o menos próximas.

Entre esas localidades que dispusieron de ellos, podemos destacar a Minas de Riotinto, Minas de Cala, Villanueva del Río y Minas, Minas de Ojos Negros, Minas de Sotiel Coronada, Minas de Silos de Calañas, Minas de Herrerías, Minas, Minas del Castillo, Minas de Montehierro, etc. La obtención de cartas y otros efectos postales de épocas diversas portadoras de estas cancelaciones enriquecen de un modo realmente extraordinario cualquier colección temático-minera, dejando abierto el horizonte histórico de las mismas a todo tipo de planteamientos.

La riqueza salinera de España, cuyas costas son bañadas por tres mares, es de todos conocida, y la explotación de salinas, tanto marítimas como de interior, forma parte también de la actividad minera, pudiéndose encontrar a lo largo y ancho de la geografía española muchísimos lugares donde las palabras "salinas" o "sal" forman todo o parte de su topónimo, y así figuran en los fechadores usados por los servicios postales: Salinas de Oro, Salinas, Arcos de las Salinas, Peralta de la Sal, Poza de la Sal, Salinas de Pisuerga, Guerri de la Sal, Cabezón de la Sal, etc. etc.

Santa Bárbara, patrona de los mineros, cuya fiesta se celebra el 4 de Diciembre, aún no ha sido objeto de atención por los servicios postales de nuestro país, en cuanto a sellos se refiere. Algunos matasellos especiales, como el del año 2004, si conmemoran la festividad. En este caso, se representa a un minero lanzando los cohetes (antiguamente eran cartuchos de dinamita) con que suelen festejar a la patrona en algunos pueblos de Asturias.

Sin embargo, son muchas las localidades que, con su nombre, emplean fechadores, como ya hemos referido en el caso de minas y salinas, siendo por tanto prolijo el enumerarlas en su totalidad, en provincias como Oviedo, Teruel, Zaragoza, Gerona, Burgos, Tarragona, Cuenca, Valencia, Castellón, Alicante, Sevilla, Almería, Zamora, Huelva, Cantabria, Álava, etc.

4.8.7.21 Museos, escuelas técnicas e instituciones

Evidentemente, también las conmemoraciones de toda índole afectan a escuelas técnicas, organizaciones profesionales, museos e instituciones, y algunas de ellas han recurrido también a la filatelia para dar a conocer esos acontecimientos.

En 1977 se celebró el bicentenario de la Escuela de Minas, y Almadén lo recogía en un matasellos donde figuraba el emblema de la minería junto a la fecha de tal aniversario, 1777-1977. La Academia de Almadén es, por su antigüedad, la primera de Ingeniería Civil de nuestro país y la cuarta del mundo por su especialidad.

Mieres hacía lo propio cuando en 1980 cumplía 125 años su Escuela de Facultativos de Minas, concebida ya por Jovellanos en el siglo XVIII. Fué inaugurada como Escuela de Capataces de Minas en 1855, dejó de depender de la Escuela de Madrid en 1965 y cambió su denominación en 1972 a Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Minera.

1982 fue el año en el que el Colegio Oficial de la Ingeniería Técnica Minera de León nos

recordaba, con otro matasellos alusivo, su 25 cumpleaños como organismo colegial.

Gijón celebraba, en 1994, el bicentenario de la fundación del Real Instituto Asturiano de Náutica y Mineralogía, y en el sobre y matasellos puesto en circulación el 7 de Enero, nos mostraba el edificio de tan histórica institución. En ese mismo año, el día 4 de Marzo, se inauguraba el Museo de la Minería de El Entrego y, para recordarlo, se emitió un matasellos conmemorativo.

Al año siguiente, 1995, sería la madrileña Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas la que sería llevada hasta un sello, perteneciente a la serie de minerales de España. No hay que olvidar que en el Museo Histórico-Minero D. Felipe de Borbón y Grecia, perteneciente a la misma, se acoge una de las más notables colecciones mineralógicas de España, motivo más que justificado para figurar en dicha serie. La Escuela tiene su origen en 1777, al crearse la Academia de Minas de Almadén, durante el reinado de Carlos III. Sería llevada a Madrid en 1836, acordándose el traslado hasta su actual emplazamiento en 1883. El hermoso edificio de Ríos Rosas fue declarado Monumento Histórico-Artístico en 1985.

En 1996 se emitiría por parte de Correos una nueva serie dedicada a minerales españoles, y el matasellos elegido para el primer día de circulación fue el que representaba al Museo de la Minería y la Industria de Asturias (MUMI), emplazado en la localidad astur de El Entrego.

150 años cumpliría en 1999 el Instituto Tecnológico Geominero de España, y para ello fue puesto en circulación un valor postal con el mapa geológico de España y un retrato de Isabel II, siendo dicho mapa el representado también en el matasellos de primer día de circulación. Con anterioridad a esta fecha, el magnífico patio cubierto con una bellísima vidriera que acoge al museo geológico había aparecido en una viñeta, sin valor postal, acompañando a los cuatro minerales españoles de la serie de 1994 (pirita, cinabrio, esfalerita y galena). Bajo su recuperada denominación de Instituto Geológico y Minero de España, nuevamente el mapa geológico nacional, elaborado dentro del Plan Magna (1971-2003), vería la luz en un nuevo sello, presentado en esta ocasión como una hoja bloque donde se muestran cortes geológicos e instrumentos diversos utilizados para su elaboración. Por último, reseñaremos que el Museo Geominero, perteneciente a esta institución, emplea habitualmente un franquígrafo (máquina impresora de bandas adhesivas de franqueo, que sustituyen a los clásicos sellos, siendo portadoras además de mensajes informativos o publicitarios referidos a los organismos que las usan) en donde junto a la tarifa postal aplicada y fechador, viene impreso un mensaje con los horarios del Museo

El gran castillete que preside el edificio del MUMI (Museo de la Minería y la Industria) y la fachada principal del mismo, situado en El Entrego (Asturias), fue el motivo elegido para un matasellos especial empleado el 7 de Diciembre de 2005, bajo el lema "100 años como Palau".

Empresas mineras

Como ya hemos mencionado en el apartado anterior, también las empresas públicas o privadas, que expiden correspondencia masiva, suelen emplear franquígrafos donde aparecen sus logotipos. Tal es el caso de HUNOSA o de Asturiana de Zinc, entre otras. Su búsqueda y clasificación nos permite disponer de un valioso elemento filatélico auxiliar, al igual que ocurre con antiguos sobres franqueados con sellos ordinarios pero en los que figuran membretes de compañías explotadoras o minas. Su antigüedad o circunstancias filatélicas especiales (sellos con sobrecargas, censuras, variedades de color o con errores, fechadores, etc.) darán a cualquier colección temático-minera un alto valor añadido de indudable valor histórico o documental.

Y ya que nos hemos referido a HUNOSA, señalaremos que en 1987, con motivo de celebrarse el 20 aniversario de esta empresa estatal, se organizó la Muestra del Coleccionismo Asturiano, y para tal ocasión se confeccionó un matasellos donde se recordaba dicho aniversario, y en el que aparecía un picador iluminando su trabajo con una lámpara de casco, además del logotipo de la compañía.

4.8.7.22 Folclore y minería

Terminaremos este recorrido por la filatelia minera española con la reseña de ciertos acontecimientos folclóricos, relacionados con la mina, que han sido objeto de atención dentro del campo especializado de la marcofilia. Nos referimos a los distintos concursos de cantes mineros, tan tradicionales como populares, o a actividades relacionadas con los mismos.

El internacionalmente conocido Festival del Cante de las Minas de La Unión, que suele celebrarse habitualmente a mediados de Agosto, ha utilizado durante bastantes años rodillos de propaganda para darse a conocer mediante la correspondencia emitida desde dicha población. Al menos, así lo hicieron y que nosotros conozcamos, desde el Festival XV al XXV, como mínimo.

Linares celebraba en los primeros días del mes de Octubre de 1991 el XIX Congreso Nacional de Actividades Flamencas, y en el matasellos empleado durante el desarrollo del mismo se ofrecía la imagen de un castillete minero, posiblemente inspirada en el pozo San Luis, de la mina Casualidad (Cerrohueco).

Esta misma ciudad había utilizado dos años antes un rodillo de propaganda, para anunciar el XXV Aniversario del Concurso Nacional de Tarantas, cuyas artísticas manifestaciones se llevarían a cabo entre los últimos días de Agosto y primeros de Septiembre de 1989, durante el transcurso de la Feria y Fiestas de San Agustín.

4.8.7.23 Epílogo

Finalizamos aquí el recorrido histórico y temático sobre la presencia de la minería en la filatelia española, con la esperanza de que algunas de las facetas desarrolladas en este trabajo puedan ser de utilidad para todo aquel interesado en tan fascinante especialidad filatélica. No puede tratarse, evidentemente, de un punto final, ya que esperamos y deseamos que los organismos postales competentes sigan aportando nuevos y variados aspectos mineros, a través de los sellos y sus elementos auxiliares.

Es otro modo de ver la Historia, de escribir la Historia, de crear Historia.

4.9 Rutas verdes de origen minero

Enrique Orche García

La riqueza minera de España, conocida desde la más remota antigüedad, ha supuesto que una gran parte del país haya sido objeto de explotación de los variadísimos minerales que contiene. Como consecuencia de esta actividad, y especialmente durante los siglos XIX y XX, se construyeron infraestructuras, a veces muy importantes, para el acceso a las minas o para el transporte del mineral o de los concentrados a los centros de consumo o puertos de embarque, tanto mediante carretas con tracción animal, como por camiones o ferrocarriles mineros.

Con el paso del tiempo, muchas de estas minas cerraron, por agotamiento o por falta de rentabilidad; consecuentemente, las grandes obras lineales que en su día les dieron servicio, fueron desmanteladas, reutilizándose sus materiales aprovechables, o vendiéndolos como material de desguace, cayendo posteriormente en el abandono. Sin embargo, su liso y bien diseñado trazado, las trincheras, los puentes y los túneles se han conservado en buen estado en gran parte de los casos.

Como, por otra parte, estas grandes obras, a veces de decenas de kilómetros de longitud, discurren por paisajes frecuentemente aislados, bellísimos y de alto valor ecológico, han llamado la atención de los amantes de la naturaleza que, afortunadamente, supieron captar el interés de las distintas administraciones públicas, las cuales están promoviendo su recuperación para uso lúdico y cultural, y para disfrute de la población. Muchas de estas vías de origen minero se han recuperado como vías verdes, teniendo gran aceptación pública, por las posibilidades que ofrecen

de practicar deporte de baja intensidad, y de aproximar a lugares bellos y solitarios inaccesibles por otros medios de transporte.

En la Tabla 11 se relacionan las principales rutas verdes de origen minero, que se completan año a año con nuevas incorporaciones ya que el gasto principal, que es el trazado físico, fue realizado por las empresas mineras.

Ruta o Vía Verde	Provincia	Origen del trayecto	km	Circulación	
				Peatones	Ciclistas
De la senda del oso	Asturias	Tren hullero de las minas de Teverga	39	X	X
De la Camocha	Asturias	Tren hullero entre la mina La Camocha y Gijón	7	X	X
Del valle de Turón	Asturias	Tren hullero	12	X	X
De Santa Bárbara	Asturias	Tren hullero por el valle de Santa Bárbara	2	X	-
De Loredo y La Pereda	Asturias	Tren hullero de minas de Riosa	3,5	X	X
Del Eo	Asturias, Lugo	Tren de las minas de Villaodríz a Ribadeo	12	X	-
De la Sierra de la Demanda	Burgos	Tren minero	54	X	X
Del Pilugo	Cantabria	Tren de la mina de Udías por paisaje kárstico	3,5	X	X
Del Piquillo	Cantabria	Tren minero de Castro-Alén	1,5	X	X
De las minas de hierro de Dícido	Cantabria	Camino de las minas		X	X
Del hierro y del carbón	Gerona	Tren minero a las minas de Ogassa	12	X	X
De molinos de agua	Huelva	Tren minero de Valverde a San Juan del Puerto	36	X	X
Del Odiel	Huelva	Tren minero de Mina Concepción a Zalamea la Real	17	X	X
De Riotinto	Huelva	Tren minero de minas de Riotinto a Valverde del Camino	29	X	X
Del Guadiana	Huelva	Tren minero de minas de Herrerías con el puerto de Laja		X	X
De minas de Cala	Huelva	Tren minero de las minas de Cala a las minas de Teuler		X	X
De las minas de Linares	Jaen	Camino de las minas del distrito minero de Linares	13	X	X
Del aceite	Jaen	Tren transportador de minerales y aceite Linares-Puente Genil	55	X	X
De Préjano	La Rioja	Tren hullero desde las minas de Préjano	5	X	X
De Mina Bardaya	León	Tren hullero por el valle del río Torio	4	X	X
De las minas de Silvarosa	Lugo	Camino de las minas de Silvarosa		X	X
De las minas de Veneira de Roques	Lugo	Camino de las minas de Veneira de Roques a la ferrería de Penacova		X	-
De la Plata	Madrid	Camino a la torre de las minas de Bustarviejo		X	-
De Plazaola	Navarra, Guipúzcoa	Tren minero de las minas de Plazaola	44	X	X
De la Sierra Norte	Sevilla	Tren minero de las minas de cerro del Hierro	15	X	X
De Itálica	Sevilla	Tren minero de minas de Aznalcollar	33	X	X
Del Moncayo	Soria	Tren minero de las minas de Ólvega a las Navas	11	X	X
De Ojos Negros	Teruel, Castellón, Valencia	Tren de la mina de Ojos Negros a los altos hornos de Sagunto	148	X	X
De la Jara	Toledo	Tren minero de minas de Santa Quiteria a Calera y Chozas	52	X	X
De Galdames	Vizcaya	Tren minero de minas de Galdames con Sestao	12	X	X

Tabla 11. Rutas o vías verdes sobre antiguos ferrocarriles mineros.

4.10 Turismo cultural

José Lorenzo Agudo

Las explotaciones de lignitos cretácicos a cielo abierto de Carbones de Berga, sociedad perteneciente en estos últimos años a Endesa, en el Norte de la provincia de Barcelona, han permitido ir descubriendo, desde 1985, un conjunto espectacular de icnitas de dinosaurios.

Concretamente, en el caso del talud final calcáreo de la explotación Fumanya estas huellas forman “rastros” (huellas alineadas dejadas al andar) de hasta 80 m de longitud, constituyendo, según los expertos, el afloramiento más grande del mundo de pisadas de saurópodos del Maestrichtiense.

Estas huellas y los saurópodos a que pertenecen se describen en otro punto de este trabajo.

Hay tres particularidades geológicas que han permitido que quede “expuesta” una superficie tan importante de huellas: El hecho de que el muro de la formación lignitífera venga a coincidir prácticamente con el nivel de las huellas, el hecho de que este nivel sea calcáreo y por tanto consistente y conserve las huellas, y por último que la pendiente del talud final estable de la explotación venga a coincidir prácticamente con la pendiente de las capas.

Además, como la pendiente de esta capa que hace de talud final es elevada, es posible observarla a cierta distancia, abarcando con la vista una amplísima superficie de huellas.

El proyecto de restauración de la mina, ya se diseñó con objeto de resaltar y poner en valor las huellas y de mostrar cómo se llevaba a cabo la explotación del carbón, y fue aprobado por el Departament de Medi Ambient de la Generalitat y los municipios implicados.

Desde entonces, y en torno a la singularidad e interés de estas huellas y a la presencia de las explotaciones a cielo abierto, bien acompañadas por el agreste paisaje montañoso, los municipios del Alto Berguedá concibieron una alternativa económica para la zona, mediante el aprovechamiento turístico cultural y de ocio de dichos recursos, con el proyecto de una Ruta minera de montaña. Dicha ruta sería un complemento perfecto del Museu de las Minas de Cercs, al que también contribuyó de manera fundamental Carbones de Berga.

Con este proyecto, los cinco municipios implicados, Cercs, Vallcebre, Saldes, Guardiola del Berguedá y Fígols constituyeron en 2001 el “Consorti Ruta Minera” que ha venido trabajando muy activamente en este proyecto turístico.

Durante los trabajos de restauración minera en el año 2000, llevados con gran atención por Carbones de Berga, pudo ser detectada una nidada de hasta diez huevos fósiles, de unos 20 cm de diámetro y de unos 2 a 3 litros, para cuya extracción, recuperación y puesta en valor colaboró muy activamente la citada sociedad. Estos huevos, habrían sido depositados en un agujero hecho en la tierra por alguna especie del mismo grupo de titanosaurios estudiados por sus huellas, o por otro saurópodo similar. Su presencia vino a incrementar considerablemente el valor de la zona, como ocurrió también con los huesos que con posterioridad fueron descubiertos.

En los trabajos finales de restauración de las explotaciones, la sociedad minera ha venido colaborando con el Consorti Ruta Minera, revegetando las superficies con abetos, robles, abedules, pino negro y pino rojo de los bosque autóctonos, o como en la mina Tumí Oeste implantando un merendero, un mirador y un parque de juegos infantil. Y tras los trabajos de restauración, los terrenos mineros fueron cedidos al citado Consorcio.

Los estudios de icnitas y restos encontrados, llevados a cabo por distintas universidades catalanas y europeas, y apoyados por el Consorcio, no han cesado desde entonces, habiéndose llevado a cabo también estudios y trabajos para la preservación de las

superficies de las icnitas y la consolidación de la rocas que las contienen.

En el año 2005 fue incoado expediente de declaración de Bien cultural de interés nacional en la categoría de zona paleontológica, para los yacimientos concretos de dinosaurios de las minas Fumanya Sur, Esquirol, Fumanya Norte, Tumí y también Cingles del Boixader, puntos todos ellos localizados en los términos de Fígols y Vallcebre.

Y además han sido incluidos, junto con otros yacimientos españoles, en el expediente que el Estado Español tramita ante la UNESCO para que sean incluidos en el Patrimonio Natural de la Humanidad.

Esta Ruta Minera es ofrecida actualmente por la comarca del Berguedá como ruta turística y de ocio con interés minero y paleontológico, por el propio Consocio Ruta Minera, y por El Museo de las Minas de Cercs como visita guiada complementaria.

La ruta está complementada con la exposición permanente de Vallcebre "Millones de años", que explica el yacimiento de Fumanya y muestra el trabajo de los paleontólogos sobre este tipo de restos fósiles.

En el momento actual está en ejecución, en su segundo año, un ambicioso proyecto de un Centro de Interpretación Paleontológico de Fumanya, que está siendo financiado, a tres años, por el Instituto para la Reestructuración de la Minería del Carbón y Desarrollo Alternativo de las Comarcas Mineras.

4.11 Minería y deporte

Rafael Fernández Rubio

Los británicos empezaron a llegar a Riotinto a principios de 1873, con la recién creada Rio Tinto Company Limited (RTCL). En aquellas fechas las únicas comunicaciones, desde estas minas, eran con diligencia y a caballo, por caminos vecinales que enlazaban con Zalamea la Real (10 km), Aracena (36 km), Huelva (76 km) y Sevilla (90 km),... hasta que el 28 de julio de 1875 se inauguró la línea férrea de Río Tinto a Huelva, paralela al río, para transporte del mineral hasta el puerto.

En aquellos tiempos los ingleses no podían desplazarse a Huelva, por la incomodidad y el tiempo que tenían que emplear para ello, pero necesitaban distraerse tras sus jornadas de trabajo, en un lugar de poquísimos atractivos, por no decir ninguno, para la distracción y el ocio, por lo que naturalmente comenzaron a practicar algunos de los juegos favoritos que realizaban en su país.

Es así que el "*Foot-ball*" comenzó a jugarse en España en la localidad de Minas de Riotinto, por los ingleses, en convivencia con los nativos, convirtiéndose esta localidad en el primer lugar, del territorio español, donde se dieron las primeras patadas a una pelota, que rodaba por el suelo o era lanzada por el aire, tratando de introducirla entre dos postes.

Apenas tres años después (1876) había ya 46 británicos trabajando en la RTCL (39 en las minas de Río Tinto y 7 en Huelva capital), siendo esta circunstancia suficiente para la práctica de ese juego tan británico, arrancando de las propias minas, como si de mineral se tratara. Los nativos se extrañaban del tipo de juego y diversión que hacían esos chicos rubios, en una de las explanadas del pueblo, dándoles patadas a algo redondo, "*chutándolo*" hacia el espacio entre dos postes provisionales, cubiertos por un llamado "*goal-keeper*", usando pantalones cortos, por lo que las horrorizadas madres no permitían que sus niñas vieran "semejante espectáculo".

En 1878 la RTCL creó y fundó el "Club Inglés" en la población de Minas de Riotinto (y aún sigue en vigor esta sociedad), para el deporte, la cultura y el recreo de su personal, del que nació el Rio Tinto Foot-Ball Club. Once años después, en Huelva crearon otro semejante, el "Huelva Recreation Club" siendo su fundador el Doctor británico W. Alexander Mackay, para la

práctica del deporte y el recreo, del que nació y se federó el equipo de fútbol Club Recreativo de Huelva.

Palabras como: *foot-ball, team, club, match, goalkeeper, back, forward, shoot, corner, goal, referee, penalty, fault, leader*, etc., se hicieron familiares en este recóndito lugar del nacimiento del fútbol en España.

El Rio Tinto F.C. ha permanecido con ese nombre hasta 1932, fecha en que se refundió con el Balompié Río Tinto, que se había federado en 1914. Los ingleses nunca federaron al Rio Tinto F.C., que vestía de color blanco, porque nunca entraron en competiciones oficiales, ya que a fin de cuentas era un equipo extranjero, siendo esta la circunstancia de que el “Decanato” del fútbol en España, no esté en las minas de Riotinto, donde nació.

Cuando ya las comunicaciones mejoraron, había jugadores, había equipo y decidieron jugar en Huelva, durante los “weekends”, con otro equipo formado por ingleses que trabajaban allí, agregándose a éstos algunos de las minas, y que con el tiempo pasó a ser el Recreativo de Huelva, incluyendo algunos jugadores onubenses en sus filas. También participaban ingleses de los buques de la Escuadra Inglesa, o tripulantes de yates ingleses que amarraban sus barcos en el Puerto. Es de destacar que Charles Robert Julian, jugador del Rio Tinto F.C. estuvo en la Olimpiada de Amberes de 1920.

Alfonso Maldonado Zamora

En relación con el futbol hay otra relación estrecha de los ingenieros de minas, que tomamos de la: Historia del Atlético de Madrid, de Luis M. González, y de los archivos históricos de la Escuela de Minas de Madrid.

En Mayo de 1902, con motivo de los festejos que se prepararon para la coronación de Alfonso XIII como Rey de España, se celebró el primer Campeonato de Fútbol oficial en nuestro país, en el Hipódromo de Madrid. El Hipódromo estaba situado muy cerca de la Escuela de Minas, concretamente en lo que hoy es la plaza de San Juan de la Cruz y los Nuevos Ministerios. La final fue un duelo entre el Vizcaya y el Barcelona, ganando aquél por 5 a 1.

Al año siguiente, el equipo bilbaíno volvió a revalidar el título y, a raíz de ese encuentro, se generó la “levadura” que iba a terminar creando el Atlético Club de Madrid, con una serie de estudiantes vascos, principalmente de la Escuela de Minas. Concretamente, Luis Miguel González, en su Historia del Atlético de Madrid, narra cómo, a la salida de la final, anteriormente mencionada, caminando y charlando surgió la idea de fundar una entidad en Madrid que reuniera a un grupo de vascos. La reflexión la hicieron, entre otros, Ignacio y Ricardo Gortázar y Manso (alumnos de 3º y 1º curso de la Escuela), Ramón de Arancibia y Lebario (alumno de 1º curso), Manuel de Goyarrola y Aldecoa (alumno de 3º curso), Ricardo Gondra y Lazurtegui (alumno de ingreso), Darío de Arana y Urigüen (alumno de 4º curso), Eduardo Acha y Adolfo Astoreca.

El 26 de Abril de 1903 se realizó la fundación de dicha entidad en la calle Cruz, nº 25, se aprobaron las bases fundacionales, se eligió la Junta Directiva (Enrique Allende, Presidente) y fue ratificada por Eduardo Acha, como Secretario del Club. La prensa recogió la creación y en Bilbao se hicieron algunas frases cómicas, como: “el Atlético B de Bilbao y bueno” y “el Atlético M de Madrid y malo”.

Los Gortázar y Manso, Ignacio y Ricardo, de familia noble, nacieron, respectivamente, en 1881 y 1884, en Bilbao. A los 17 años, vinieron a Madrid a preparar el ingreso en la Escuela de Ingenieros de Minas. Vivieron en las calles de Preciados, nº 37 y Jovellanos, nº 5, y en la Plaza de las Cortes, nº 8. Su salud física y su complexión fuerte les debieron hacer buenos jugadores de fútbol. Ignacio fue profesor en la Escuela de Ingeniería Técnica de Bilbao (1929) y fue Inspector de 1ª Categoría (1931). Ricardo terminó la carrera en 1912.

Ramón de Arancibia y Liborio nació en 1884 y destacó en el bachiller, sobre todo en Retórica. Vivió en las calles de Recoletos, nº 24, y Cruz, nº 35, y tardó en terminar los estudios de

Ingeniero de Minas, pues la Electrotecnia del Prof. Madariaga le dio bastante guerra y el fútbol le debió de consumir tiempo.

Manuel de Goyarrola y Aldecoa nació en Bilbao en 1882, realizando un buen bachiller en esta ciudad, con la calificación de sobresaliente. Vivió en Madrid con los hermanos Gortázar y con Ramón de Arancibia. Hay una anécdota que se conserva en la documentación de la Escuela de Minas, ligada a una gran fiebre catarral que tuvo en Junio de 1900, estando él ingresado en la Escuela. Como consecuencia de este catarro, pidió al entonces Secretario de la Escuela, Sr. Guitián, aplazamiento del examen del 19 al 22 de junio: fue suspendido. Terminó la carrera en 1908, después de aprobar la última asignatura, que fue la Electrotecnia.

Ricardo de Gondra y Lazurtegui nació en Bilbao en 1885; ingresó en la Escuela de Minas de Madrid en 1903 y terminó sus estudios en 1909.

Darío de Arana y Urigüen nació en Bilbao en 1882 y estudió en la Escuela de Minas de Madrid. Su expediente académico no tiene gran documentación.

Todos ellos fueron grandes ingenieros, desde luego, pero que debieron jugar bastante al fútbol y que fueron unos grandes apasionados por fomentar este deporte no hay duda, pues su obra cien años después perdura, y su idea de que Universidad y deporte deben ir unidos, era una pura quimera en los comienzos del siglo XX, cosa que nadie discute hoy en día. Actualmente, el deporte es un valor unido a la juventud, principalmente, y Universidad es juventud en su más amplio sentido.

4.12 Comunicación social

Gobain Ovejero Zappino

Uno de los retos pendientes de la minería moderna es desarrollar una comunicación fluida con las poblaciones de su entorno, partes interesadas y afectadas, así como con organizaciones no gubernamentales. El impacto territorial de la minería, la magnitud de los riesgos ambientales y la mayoritaria posición de rechazo hacia la misma, requiere un esfuerzo de transparencia, información y diálogo por parte de las empresas mineras para contrarrestar el desconocimiento o la demagogia que rodea muchas veces la percepción pública de esta actividad milenaria.

La información puede hacerse de múltiples formas, mediante páginas web, boletines informativos periódicos que aborden los asuntos de interés o de preocupación, documentos específicos referidos al medio ambiente o la seguridad, actos públicos y visitas a las operaciones.

Cada vez son más frecuentes los informes anuales de “sostenibilidad”, “medio ambiente” y “seguridad y salud” que las empresas mineras editan para dar cuenta de sus actividades en esos campos, abordando con transparencia asuntos críticos tales como: hectáreas restauradas frente a hectáreas afectadas; volúmenes de agua reciclada o tratada; reducción de emisiones atmosféricas, etc.

En este sentido, un ejemplo de información ambiental es el iniciado por la empresa impulsora (Cobre Las Cruces, S.A.) del proyecto Las Cruces. Para ello, ha editado, bajo la dirección y coordinación de FRASA Ingenieros Consultores y AIA Consult, un documento de 71 páginas, con 66 tablas de datos y 41 fotografías titulado “Valoración ambiental del estado pre-operacional de proyecto minero-hidrometalúrgico Las Cruces”, tomando como base la información ambiental generada a lo largo de seis años. De este modo, Cobre Las Cruces, S.A., quiere dar a conocer este estudio a las instituciones, vecinos, empresas, ONG y medios de información. Su objetivo es el de contribuir al conocimiento del estado medioambiental del entorno del proyecto para que a lo largo de la vida de la operación extractiva pueda tomarse como referencia.

Bajo el mismo principio director, varias empresas (Río Narcea Gold Mines; Cobre Las Cruces) editan boletines periódicos, destinados a las poblaciones del entorno con el objetivo de informar sobre la evolución de sus operaciones, y tratar aquellos aspectos que suscitan el interés

o preocupación de sus vecinos.

VALORIZACIÓN DE LAS AGUAS DE MINA

4.13 Utilización minera de aguas recicladas

Gobain Ovejero Zappino

Que el agua es un recurso cada vez máspreciado, no por más escaso, sino por más demandado, es un lugar común en la conversación diaria y una preocupación y prioridad de los planificadores y gestores del agua.

Una de las actuaciones, en la aplicación del concepto de sostenibilidad a este recurso, es el reciclaje de las aguas. En el caso de la reutilización de aguas residuales depuradas, promovido por el Ministerio de Medio Ambiente, la situación en España en el año 2003 es la reflejada en la Tabla 12.

Usos	Volumen reutilizado	
	Hm ³ /año	%
Riego agrícola	284,9	82,3
Servicios urbanos	24,0	7,0
Recreativos y campos de golf	20,6	6,0
Industriales	2,5	0,7
Ecológicos, recarga acuíferos, etc.	14,0	4,0
Total	346,0	100,0

Tabla 12. Reutilización de aguas residuales en España.

Fuente: P. Catalinas, E. Ortega. CEDEX, 2002. WEB Ministerio del Medio Ambiente

4.14 Utilización del agua de mina

Este capítulo se basa en lo expuesto por Fernández Rubio (2006), en el libro sobre *Agua e Mineração* del Instituto Brasileiro de Mineração, y se complementa con aportaciones de Javier Lillo.

Cuanto trabajan en el mundo de la minería son conocedores de la dualidad con la que se presenta el agua: absolutamente necesaria para muchos de los procesos y operaciones a desarrollar, pero también elemento que origina problemas y supone costos adicionales importantes. Desafortunadamente son pocos los trabajos que compilan los aspectos referentes al empleo del agua de minas para atender otros usos, a pesar de ser muchos los ejemplos que existen.

En este capítulo se presentan algunos abastecimientos a partir de aguas de mina, en España, abordando el interés de estos recursos hidrológicos, sin entrar en la exposición de técnicas de drenaje ni de previsión de caudales.

Hemos de comenzar diciendo que la necesidad de drenaje está relacionada, muy frecuentemente, con el hecho de que muchas operaciones mineras se desarrollan bajo nivel freático, lo que obliga a drenar las aguas del entorno minero, frecuentemente con grandes caudales por el desarrollo del ámbito "captado", que tienen que mantenerse drenadas a lo largo de la operación minera, y otras veces con aportes reducidos, pero nada despreciables en determinadas áreas. En estas condiciones es fundamental la adecuada gestión y manejo de estas aguas.

En este planteamiento, la viabilidad técnica y económica de una explotación minera está condicionada, muy frecuentemente, al adecuado conocimiento del contexto hidrogeológico en el que se ubica, y al consiguiente diseño de las actuaciones de drenaje, el cual será tanto más eficiente, y de menor costo, cuanto antes se inicie. Es por ello que hay que plantear, desde el comienzo de la investigación, hasta la post-clausura de la mina, el abordar con herramientas adecuadas los aspectos hidrogeológicos, diseñando e implementando las medidas preventivas y correctivas más adecuadas.

Para evitar o reducir las afecciones hidrológicas negativas, los dispositivos de drenaje tienen que implementarse con las tecnologías más adecuadas, bien contrastadas por la experiencia, pero muy variadas, de acuerdo con la naturaleza del yacimiento y el tipo de explotación minera.

Básico es, como punto de partida, conocer con gran precisión el contexto hidrogeológico minero, sin olvidar que el planteamiento tiene que ser dinámico, requiriendo actualización y adecuación, a lo largo de toda la vida de la operación minera.

Cuando se requiere efectuar el drenaje del ámbito minero, la tecnología más conveniente es la que hemos denominado Drenaje Preventivo en Avance (DPA) que, desde el punto de vista hidrodinámico, consiste en provocar un "efecto sumidero", en el contexto hidrogeológico, hacia el que fluye el agua subterránea, sin entrar en contacto con la propia mina. Es así como se pueden conseguir aguas de calidad, idóneas para diferentes empleos, e integrables en la gestión óptima de los recursos hidráulicos. Por otra parte, al final de la vida activa, el hueco minero se verá inundado, con un agua que, en muchas circunstancias, puede convertirse en un activo, al que se le pueden dar muchos usos: regularización de la escorrentía superficial; creación de humedales y biotopos acuáticos; abastecimiento industrial, agrícola o doméstico; uso turístico y de ocio; etc.

Los caudales que puede aportar el drenaje minero dependen, fundamentalmente, de las características de los acuíferos afectados (transmisividad, dimensiones de las fracturas, espesor saturado, grosor de las capas protectoras, etc.); de los aportes inducidos desde aguas superficiales; y de las infiltraciones rápidas de las precipitaciones. En todo caso, para quienes están alejados del mundo de la minería, pueden resultar sorprendentes los caudales drenados por muchas explotaciones. Para las minas de carbón de España se ha dado la cifra media de 2,5 m³/t de carbón lavado, con valores que oscilan entre 1,2 y 4 m³/t (Fernández Aller, 1981). En la **mina de Reocín (Cantabria)**, en el momento de su cierre controlado (1 de noviembre de 2005), se bombeaban 1.200 L/s.

Estos caudales pueden evolucionar de diferentes maneras (Fernández Rubio y Lorca Fernández, 1993):

- ↳ Evolución de los caudales en campana de Gauss. En muchas explotaciones, es frecuente que se produzcan grandes irrupciones de agua, con fuerte incremento inicial de caudal, y paulatina reducción del mismo transcurrido cierto tiempo, hasta llegar a una relativa estabilización. Este comportamiento, típico de contextos hidrogeológicos heterogéneos, es normal cuando el agua procede de:
 - intercepción de conductos privilegiados en un medio heterogéneo,
 - acceso a compartimentos estancos más o menos confinados,
 - colapsos de techo que afectan a acuíferos suprayacentes,
 - subpresiones de muro debidas a la presión de acuíferos confinados, cuyas aguas irrumpen a través de la capa protectora, o
 - infiltraciones rápidas relacionadas con períodos de lluvias muy intensas.

Se trata de flujos en régimen turbulento, que pueden arrastrar importantes cantidades de sólidos en suspensión. Si las irrupciones se presentan en trabajos mineros realizados sin resguardo de capa protectora, la evolución de caudales suele presentar incrementos más lentos que cuando existe dicha capa. Igualmente, la representación de los porcentajes de irrupciones, para diferentes caudales, presenta forma de campana de Gauss, más suave cuando no hay dicha capa que cuando la hay.

Este fue el caso de las labores más profundas de la **mina de Berga (Barcelona)**, explotación subterránea en la que la subpresión del acuífero kárstico de muro provocaba la irrupción de agua confinada subyacente, al producirse la rotura y levantamiento del suelo en áreas hundidas ya explotadas, con aportes importantes y difíciles de reducir. En esta misma mina otros aportes rápidos importantes estaban relacionados con lluvias intensas, e infiltración desde explotaciones a cielo abierto, a través de minados subterráneos abandonados.

También podríamos incluir aquí el caso de la **mina La Oportuna (Andorra, Teruel)**, explotación subterránea de carbón, en la que se han registrado una serie de irrupciones, como consecuencia de colapsos de techo, y la consiguiente intercomunicación con el sistema acuífero detrítico multicapa suprayacente. El drenaje ha aportado arenas y arcillas plásticas, que han terminado colmatando la zona colapsada, hasta restituirse el aporte de agua a la situación previa a la irrupción.

Bombes de drenaje extraordinario, relacionados con lluvias muy intensas, tuvieron que realizarse en las inundaciones de octubre de 1973 en la **mina del Marquesado (Granada)**, explotación a cielo abierto de mineral de hierro, al producirse una lluvia extraordinaria que causó la rotura de los diques que encauzaban las ramblas y la entrada de las aguas en la explotación, con inundación del fondo de la corta.

↪ Evolución de caudal creciente en el tiempo. Los caudales drenados suelen sufrir un incremento paulatino en el tiempo, consecuencia fundamentalmente de la profundización de las labores mineras y del aumento de la extensión afectada (excavación a cielo abierto o subterránea). Estos incrementos suponen un aumento del conoide de drenaje, posibilidad de intercepción de escorrentías superficiales y recarga inducida desde otros acuíferos. Este caso puede desembocar en el anterior, transcurrido un tiempo más o menos largo, si los trabajos mineros reducen su extensión en superficie o su profundización.

Esto puede acontecer a lo largo de la vida de la mina, o en diferentes etapas de la misma, cuando se imponen periódicamente nuevos niveles de drenaje. Este ha sido el comportamiento de la **mina Castilla (Guadalajara)**, explotación a cielo abierto de hierro, drenada mediante sondeos verticales ubicados en la periferia y en su interior, cada vez que ha sido requerido deprimir el nivel piezométrico para bajar la explotación a un nuevo piso (Fernández Rubio, 1974).

Igualmente podemos incluir el caso de la **mina del Marquesado (Granada)**, en la que cada vez que se ha requerido rebajar el nivel dinámico, para profundizar el fondo de la explotación a cielo abierto, ha sido necesario intensificar el bombeo, para extraer las reservas acumuladas entre el conoide ya estabilizado y el que se impone para el nuevo nivel de explotación.

Ejemplo típico de este comportamiento lo ha ofrecido la **mina de Reocín (Cantabria)**, explotación superficial / subterránea de zinc y plomo, donde a lo largo de un muchos años se ha producido un incremento anual medio de caudal de 126 m³/h, sujeto a variaciones más o menos importantes, función de las lluvias (infiltración a través de un sistema kárstico muy desarrollado y viejas labores mineras), intercepción de fallas drenantes y regulación provocada mediante almacenamiento de agua en el propio hueco minero.

↪ Evolución con caudal constante. Son frecuentes los casos de drenaje de minas con caudal que se mantiene relativamente constante, a lo largo de grandes períodos de tiempo. Esto puede acontecer por varias circunstancias:

- ser consecuencia de regulación del drenaje a través de sondeos o taladros de interior, con sus correspondientes válvulas de cierre, para acomodar el aporte a la capacidad de bombeo instalada,

- estar provocado por efectos sumatorios del agotamiento de la componente de reservas del acuífero, correspondientes a una profundidad de drenaje, y del aumento consecuencia de la extensión de las labores,
- derivar del drenaje en un sistema acuífero multicapa, con efectos de “goteo” a través de acuitardos intermedios, y
- ser consecuencia de la disminución de reservas hidrogeológicas, compensada con el incremento de agua exógena aportada para los trabajos mineros.

En este sentido hay que tener en cuenta que la frecuente disminución de la permeabilidad con la profundidad, tiene incidencia notoria en la reducción de aportes de agua, conforme avanza la profundidad de la explotación.

En la **mina del Marquesado (Granada)**, como consecuencia de una alimentación inducida, procedente de acuíferos parcialmente aislados por acuitardos, se han presentado caudales semiconstantes, una vez que el bombeo, desde sondeos verticales realizados en el interior de la corta, alcanzaba un régimen de equilibrio para cada profundidad de drenaje (Fernández Rubio, 1974; Medina Salcedo, *et al.* 1977; Medina Salcedo, *et al.*, 1978).

↪ Evolución de caudal decreciente con el tiempo. Este comportamiento es normal cuando el drenaje o la irrupción se producen en las siguientes circunstancias:

- drenaje en régimen no permanente, mediante bombes a nivel constante, a través de sondeos verticales, impuesto por la profundidad de las bombas, y
- drenaje que puede verse afectado gradualmente por la disminución de reservas y el mantenimiento de recursos.

↪ Evoluciones mixtas. Se trata de casos en los que se superponen, temporalmente, alguna de las diferentes tipologías descritas.

Si se aplican adecuadamente las tecnologías idóneas, estas aguas de mina pueden pasar a ser un gran activo, integrable en la gestión óptima de los recursos hídricos.

En este sentido hay que señalar que los acuíferos, que se pueden encontrar en el ámbito minero, son semejantes a los que, en muchas ocasiones, son objeto de bombeo para atender a demandas de agua para abastecimiento urbano, agrícola e industrial. Cuando así acontece y se emplea el Drenaje Preventivo en Avance (DPA) que, en su expresión más simplificada, consiste en extraer agua del acuífero, en sectores alejados cierta distancia de las labores mineras, se extrae sencillamente agua de un acuífero, que “no se entera” del objetivo de drenaje minero y, en consecuencia, su calidad se corresponde con lo que sería la de una captación en dicho acuífero subterráneo.

A continuación presentamos algunos ejemplos de estas actuaciones.

↪ **Mina de Reocín (Cantabria)**

De esta mina de sulfuros complejos se ha bombeado en los últimos años, hasta su clausura, un caudal medio de 1.200 L/s, de agua de calidad adecuada para atender a todos los requerimientos de la mina, y para su empleo, aguas abajo del vertido al río Saja, para abastecimiento de grandes industrias, y para mantener el caudal ecológico.

↪ **Mina Las Cruces (Sevilla)**

Sobre este yacimiento de cobre, del que nos ocupamos en otros lugares, se localiza un acuífero protegido, para su empleo en abastecimiento y regadío, por lo que se impone la condición de no afectarlo ni en su cantidad ni en su calidad.

Para ello, se ha diseñado y puso a punto un sistema de protección del acuífero, mediante drenaje preventivo en avance, con sondeos exteriores y perimetrales a la corta, para captar el agua subterránea, antes de que entre en contacto con mineral oxidado, dispositivo complementado con un sistema de sondeos de re-inyección,

situados a 2-3 km de la corta. De esta manera, durante la operación minera, el agua de drenaje retornará al acuífero.

↳ **Minas de Sierra Menera** (Teruel y Guadalajara)

Un ejemplo menos espectacular, pero muy didáctico, ha sido el de drenaje de estas minas a cielo abierto de hierro, situadas en la divisoria de las cuencas hidrográficas atlántica y mediterránea, explotadas intensivamente durante decenas de años. En ellas la mineralización de hierro se localiza en contacto con un acuífero kárstico confinado del Silúrico, integrado por calizas, dolomías y magnesitas, que se extiende a ambos lados de la divisoria y en la zona axial.

En condiciones no influenciadas, y dada la elevada permeabilidad kárstica, la piezometría presentaba una casi horizontalidad, en cada masa mineral, confinada por formaciones de techo y muro de baja permeabilidad.

El drenaje preventivo en avance lo planteamos (Fernández Rubio, 2001a; Fernández Rubio, 2006; Fernández Rubio y Pulido Bosch, 1978) mediante sondeos de captación, tanto en la periferia como en las bermas de las cortas, conduciendo mediante tuberías a todas las aguas bombeadas, hasta su descarga en la red hidrográfica, a distancia tal que se garantizase el no retorno a la mina. Esta agua permitió: satisfacer todos los requerimientos de la explotación (fundamentalmente riego de pistas y demanda industrial); abastecer al poblado minero de Ojos Negros y al pueblo de Setiles; suministrar agua a una laguna, muy afectada por la sequía estival, y a la que se dio utilidad recreativa y de ocio; y atender al riego de parcelas agrícolas.

↳ **Minas de Alquife** (Granada, España)

Igual referencia se puede hacer con estas minas de hierro, cuyas aguas de drenaje se han utilizando, hasta el cese de la actividad minera, sin necesidad de tratamiento, para atender regadíos y para la recarga artificial a distancia, del propio acuífero drenado, al objeto de evitar la afección a los regantes.

Francisco Arechaga Rodríguez

VALORIZACIÓN DE LAS AGUAS DE DRENAJE DE MINA EN AREAS DE ELEVADA PLUVIOMETRÍA: CASO DE LA MINA PUENTES

(TRATAMIENTO DE LAS AGUAS DE DRENAJE PARA SU REINCORPORACIÓN A LOS CAUCES NATURALES)

Hay algunas explotaciones que en lugar de tener gran abundancia de agua en su espacio geológico (geosfera), la tienen en su espacio atmosférico (atmósfera) debido a la elevada pluviometría que sufren con asiduidad.

También estas explotaciones están obligadas a drenar grandes cantidades de agua, y también deben plantearse esta problemática, y las medidas preventivas y correctivas necesarias, desde el diseño inicial hasta la post-clausura.

Pero ya aparece de entrada una primera diferencia que hace que el problema del drenaje sea mayor en estas explotaciones, al no poderse evitar, preventivamente, que estas aguas atmosféricas caigan directamente sobre las superficies afectadas por la explotación. (Recordemos que no estamos hablando aquí de evitar que las aguas de escorrentía y los cauces de las proximidades de la explotación invadan las superficies afectadas y se contaminen, lo que sí puede conseguirse con canales de guarda en mina y en escombrera).

En el caso que nos ocupa, las aguas de lluvia que caen sobre los propios materiales minerales desmenuzados y puestos a la intemperie por la explotación, en las excavaciones y en las escombreras, quedan contaminadas en mayor o menor grado por dichos materiales, en función de las características físicas y químicas de los mismos. Y a esta contaminación suele contribuir excepcionalmente el hecho de que los citados materiales, que antes estaban

enterrados, queden sometidos ahora a la acción simultánea del agua y del oxígeno del aire.

Ante este problema solamente podrán tomarse medidas correctoras, de manera que para poder reintegrar estas aguas a su medio habitual, es decir para hacer algo equivalente a la re-inyección que se hace con las aguas del espacio geológico, es completamente necesario proceder al tratamiento correctivo más eficaz posible, hasta conseguir la eliminación suficiente de los contaminantes adquiridos (calidad adecuada).

Y aquí podemos ver una segunda diferencia también desfavorable para estas explotaciones, que es la variabilidad de la lluvia. En este caso no hay depósito geológico de acumulación como ocurre en los acuíferos, y los diseños de canales, bombeos, tratamiento, etc. no pueden hacerse con un caudal medio, sino que deben hacerse para los máximos caudales esperados en las puntas pluviométricas, lo que supone un agravamiento económico muy importante del problema.

Este caso que nos ocupa es precisamente el de la Mina Puentes de lignito pardo de Endesa en As Pontes de García Rodríguez (A Coruña). Con una pluviometría media anual tan alta como 1.650 l/m² (y puntas diarias de hasta 120 l/m²), unos materiales muy contaminantes (arcillas y piritas que acompañan a los lignitos), una gran superficie afectada de hasta 24 km² (2.400 hectáreas, entre mina y escombrera), y algunas aguas de áreas contiguas que se incorporan, esta explotación debe afrontar y solucionar el problema que supone tener un volumen medio de unos 65 Millones de metros cúbicos anuales de aguas contaminadas, con caudales extraordinariamente irregulares en el tiempo.

Con una producción en su segundo periodo en el entorno de 6 Millones de toneladas/año, resulta un caudal drenado excepcionalmente alto de casi 11 m³/t de lignito extraído.

El primer problema a afrontar es captar y evacuar estas aguas contaminadas fuera de las áreas afectadas. Para estas funciones, existen en el hueco de mina más de 20 depósitos de recogida y acopio (en distintas zonas y alturas) a los que se hace llegar el agua por gravedad, mediante el diseño de sus bancos de trabajo con doble pendiente, y a través de cunetas y zanjas. Cada depósito cuenta con varias líneas de bombeo hasta la superficie, cuyo funcionamiento está automatizado y se gobierna desde el Centro de Control de la mina. En la escombrera, la misma función puede hacerse de manera más sencilla, siempre por gravedad, mediante bermas de suave pendiente con barreras de intersección, cunetas de cabeza y pie en taludes, cunetas recolectoras revestidas de piedra, y canales.

Y desde el borde de mina y escombrera las aguas se conducen por canales de hormigón de gran sección hasta la Planta de Tratamiento, elemento fundamental de toda esta infraestructura de drenaje.

Se trata de una de las plantas mayores de Europa diseñada con la característica particular de que puede funcionar correctamente con cualquier caudal comprendido entre 0,5 y 30 m³/s, lo que exige un diseño complejo y un sistema de control muy sofisticado. Tiene secciones de predesbaste (rejas y pozo de gruesos), desbaste (rejas de finos), desarenado y desengrasado (piscinas con barredoras de superficie y de fondo), neutralización en dos etapas (piscinas con aireación y adición de lechada de cal), floculación (piscinas con agitación y adición de floculante), y decantación (seis unidades circulares de 40 m de diámetro). Todo ello con una serie de servicios auxiliares (canales de medida, sala de reactivos, bombeo de lodos, etc.), sensores, controles, toma de muestras, etc., dirigido todo desde una Sala de Control con un potente sistema informático.

La carga contaminante que elimina esta Planta está formada fundamentalmente por sólidos en suspensión (a causa de las arcillas), fuerte acidez (por la oxidación de las piritas), y metales disueltos (Fe, Mn, etc. que son movilizados por la fuerte acidez).

Con estas infraestructuras y proceso, las aguas contaminadas se convierten en un activo que puede dedicarse a cualquier uso, aunque no es necesario dada la abundancia de este elemento en la zona, por lo que las aguas tratadas se reincorporan a los cauces naturales a los

que en realidad pertenecen.

Sin esta correcta gestión de los recursos hídricos, que aquí podemos decir que están en su espacio atmosférico, no hubiera sido posible la explotación de la mina.

Ángel Ilarri Junquera y Antonio Guijarro Franco

Una utilización de indudable interés es la que se vienen desarrollando con aguas ácidas de la **zona minera de Tharsis**.

En la Faja Pirítica existe gran cantidad de embalses de aguas ácidas procedentes de actividades mineras, y explotaciones a cielo abierto y subterráneas abandonadas con importantes cantidades de aguas ácidas, que no tienen utilidad alguna.

El Instituto Geológico y Minero de España, con experiencia en el tratamiento de aguas ácidas de origen minero, de acuerdo con Nueva Tharsis S.A.L., se planteó el tratamiento de aguas ácidas para su uso en el riego de cítricos u otro cultivo alternativo.

Para ello se caracterizaron aguas ácidas de distinta procedencia, tales como Dique Grande, Corta Lagunazo, Filón Centro y Filón Norte - Sierra Bullones, con pH que oscilan entre 2,75 a 3,65 y contenidos metálicos que oscilan entre 5 mg/l a 325 mg/l de zinc y 1mg/l a 2.850 mg/l de férrico, y se han ensayado distintos procesos para adecuar dichas aguas al riego agrícola.

A la vista de los resultados obtenidos en laboratorio se construyó una planta con capacidad de tratamiento de 150 m³/hora, que está tratando las aguas ácidas de Dique Grande y Corta Lagunazo, con las que se riegan 300 hectáreas plantadas de naranjos de Cítricos Tharsis S.A.

En 1988 se creó la Rió Tinto, S.A., participada por importantes inversores del factor agropecuario del levante español, con una inversión inicial de más de 6.500 millones de euros, y el objetivo de poner en explotación grandes extensiones de frutales (principalmente naranjos), aprovechando las ventajosas disponibilidades de suelos, las idóneas condiciones climáticas y el desarrollo de rigurosos estudios técnicos.

Esta empresa cuenta con modernas instalaciones de calibrado, envasado y etiquetado de la fruta, ocupándose de todos los procesos de comercialización de sus producciones que, en buena parte, se destinan a los mercados alemanes, franceses y británicos.

Francisco Javier Lillo Ramos

Un ejemplo del aprovechamiento de las aguas de minas lo encontramos en Linares (Jaén) donde se están extrayendo aguas de los pozos mineros inactivos para riego. La peculiaridad de este caso radica en que la minería subterránea ha generado en el granito (material con régimen hidrogeológico definido por la circulación restringida en zonas de alteración y fracturas) un efecto drenante muy acusado por los sistemas de pozos y galerías, que actúan como colectores y que modifican el comportamiento hidrogeológico a escala local y regional. Sólo en Linares se ha estimado un volumen de huecos de ~ 13 hm³ (Marín Lechado *et al.*, 2001). En el mismo sector de Linares existe un socavón minero de desagüe que evacua agua (50-70 l/s) de varias explotaciones al río Guadalimar (Hidalgo Estévez *et al.*, 2002).

María del Carmen Hidalgo, José Benavente Herrera y Francisco Javier Rey Arrans

El distrito minero de Linares-La Carolina (provincia de Jaén) engloba numerosas minas subterráneas de sulfuros metálicos abandonadas. Se trata de explotaciones de filones, principalmente de galena (Gutiérrez-Guzmán, 1999). En el sector de Linares las mineralizaciones están asociadas a un batolito granítico, mientras que en el sector de La Carolina el ámbito geológico es más complejo, ligado a materiales paleozoicos intensamente deformados.

Tras el cese de las actividades mineras subterráneas en el batolito de Linares (última mina cerrada alrededor del año 1980), se ha producido una transformación agrícola, en el área, basada en la puesta en riego de olivar, a partir del agua bombeada en los huecos mineros, conectados en su mayor parte por un socavón concebido originalmente para el drenaje de las minas.

La recarga al batolito se ha estimado entre 8 y 10 hm³/año, como media, procedente en su mayor parte de infiltración del agua de lluvia. Se trata de aguas, de carácter alcalino, con calidad química aceptable para usos agrícolas (Hidalgo y Benavente, 2001). Las reservas subterráneas asociadas a los huecos mineros se han evaluado en 8,5 hm³. El bombeo representa en la actualidad del orden del 70-80% de los recursos medios del batolito (Benavente *et al.*, 2002).

Los datos obtenidos sobre la descarga del socavón indican una disminución progresiva de sus caudales. Si el incremento en los bombeos sigue creciendo a un ritmo del orden de 0,5 hm³/año, podría llegarse a la desaturación del batolito en un periodo de 10 años.

En el sector de La Carolina las circunstancias difieren, respecto al sector de Linares. Se trata, en este caso, de un área adyacente a un espacio natural protegido (Parque Natural de Despeñaperros) y el terreno muestra menor grado de antropización. Por otra parte, la orografía de la zona condiciona la existencia de numerosos pequeños socavones, los cuales aportan reducidos caudales de aguas que, en algunos casos, son netamente ácidas (Hidalgo *et al.*, 2006).

José Luis Alperi Jove

El grupo estatal Hulleras del Norte, S.A. (Grupo Hunosa), a partir de la firma del "Plan Nacional de Reserva Estratégica de Carbón 2006-2012 y Nuevo Modelo de Desarrollo Sostenible de las Comarcas Mineras", decidió rentabilizar sus conocimientos y abrir camino en nuevas energías y medio ambiente.

En este sentido, el presidente del Grupo Hunosa, García Secades (2005), ofreció datos relevantes con respecto a la importancia de agua en las minas de carbón de Hunosa, en la jornada denominada "El agua en Asturias: un uso sostenible en las distintas vertientes", organizada por la Fundación INFIDE, en el Campus Universitario de Mieres, en la que se desarrollaron ponencias y mesas redondas con participación de expertos en recursos hídricos.

En esta visión hay que destacar dos hechos:

- ↳ La capacidad de agua embalsada en Asturias, es de 496 hectómetros cúbicos, distribuidos en 22 presas o embalses; el agua bombeada por todas las unidades de Hunosa, en las dos cuencas asturianas del Caudal y del Nalón, durante el año 2004, fue de más de 37 millones de metros cúbicos.
- ↳ La media de bombeo en las minas de Hunosa, de los últimos cuatro-cinco años, está en torno a 30 millones de metros cúbicos por año; si tenemos en cuenta que en Asturias se consumen 58 millones de metros cúbicos, se deduce que con esta agua podría abastecerse a más de la mitad de la población asturiana, con el añadido de la cercanía a los grandes núcleos de población.

¿Son adecuadas las características físico-químicas de esta agua?. Secades dio a conocer los resultados de los controles llevados a cabo regularmente por la empresa, de los que se desprende que:

- ↳ El pH es bastante regular y oscila en torno a ocho, y siempre en la banda comprendida entre 5,5 y 9,5,
- ↳ los sólidos en suspensión, están por debajo de los 25 mg por litro,
- ↳ la conductividad está por debajo de los 2.000 µsiemens por centímetro (salvo una excepción),

- ↪ el contenido en hierro es más variable: mientras los pozos que aún están en funcionamiento vierten aguas con bajo contenido en hierro, los pozos cerrados presentan mayores oscilaciones, dependiendo probablemente de procesos de disolución de piritas, con aporte de diferentes sales,
- ↪ la mineralización es media-baja, con un componente mayoritario de bicarbonatos, y contenidos minoritarios de fluoruros, nitritos, hierros, magnesio, aluminio, etc.,
- ↪ la dureza es media-alta,
- ↪ se detecta la presencia de algunas sustancias no deseables, como nitritos, hierro y manganeso, en cantidades pequeñas,
- ↪ no presentan elementos tóxicos, y
- ↪ es baja su radiactividad, tanto alfa como beta, como la total.

Desde el punto de vista bacteriológico son no potables, tal y como salen de los pozos, pero pueden corregirse mediante sencillos procesos de potabilización.

Se puede decir que son aguas que necesitarían un tratamiento sencillo, probablemente bastante semejante al habitual de las estaciones de tratamiento de agua potable, para hacerla aptas para consumo humano o industrial.

La consideración de estos datos y el análisis de los costes del bombeo (en torno a 6 millones de euros anuales), han hecho que Hunosa haya comenzado (con la colaboración del Instituto Geológico y Minero de España y la Universidad de Oviedo), a investigar las características de los acuíferos mineros. Investigación que aportará importantes datos sobre la calidad de las aguas de mina, y sus posibles aplicaciones para consumo humano, uso industrial, aprovechamiento energético y para garantizar el caudal ecológico de los ríos.

En este contexto, en Septiembre de 2006, se firmó en Oviedo un convenio entre el Grupo Hunosa, la Universidad de Oviedo y el Instituto Geológico y Minero de España, para analizar el uso potencial de las aguas de estos pozos mineros, así como la posibilidad de almacenar dióxido de carbono en las explotaciones abandonadas.

Este convenio denominado "*Estudio hidrogeológico de los depósitos de aguas subterráneas asociadas a la actividad minera de la cuenca central asturiana: problemática y posibilidades de aprovechamiento*", tendrá una duración inicial de dos años, prorrogables por otros tres más. Para la financiación de los dos primeros años el Grupo Hunosa aportará 1,1 millones de euros, así como la disponibilidad de toda la información cartográfica de la que dispone, y la colaboración de su personal técnico. El IGME aportará sus medios técnicos y humanos, y la Universidad de Oviedo el personal y la documentación del Departamento de Explotación y Prospección de Minas, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas.

Los objetivos principales de este proyecto son:

- ↪ Estudiar la posibilidad de integrar, en condiciones óptimas de coste y salubridad, las aguas sobrantes de la actividad minera en la gestión global de los recursos hídricos, de las zonas mineras en las que está presente la empresa.
- ↪ Establecer un diseño básico de las mejores soluciones técnicas para alcanzar este aprovechamiento, con apoyo en un modelo matemático de flujo y de calidad.
- ↪ Integrar el proceso de modelización en un programa informático que permita realizar simulaciones y previsiones.

Todo ello se enmarca en la necesidad de prever y evaluar cualquier actuación futura, para poder planificar, desde el punto de vista medioambiental y de seguridad, el comportamiento de las aguas de minas cerradas o que se cierran en el futuro. También se considera necesario profundizar para conocer la capacidad de los recursos de la empresa y sus calidades o potencialidades, intentando una adecuada utilización del agua de mina. Es así que se podrá sacar provecho de lo indicado por García Secades (2005), de que "*la minería es la única actividad de carácter industrial (en acepción amplia del término) que es generadora de agua*".

4.15 Recarga artificial de acuíferos a partir de aguas de mina

José Manuel Murillo Díaz, Juan Carlos Rubio Campos, Juan Antonio López Geta

La recarga artificial de acuíferos es una técnica de gestión del agua que persigue dos objetivos: almacenar agua en el subsuelo con incremento de disponibilidad para satisfacer demandas de tipo consumtivo, y mejorar la calidad del agua, tanto como prevención o corrección de su deterioro, como para tratamiento y depuración de aguas residuales, haciendo uso del poder autodepurador del suelo y la zona no saturada.

La recarga artificial de acuíferos precisa de la construcción de instalaciones que permitan infiltrar agua en los acuíferos. Estas pueden ser superficiales (serpenteos, balsas de recarga y represas) o subterráneas (pozos y sondeos). También se precisa de la existencia de una fuente de agua que se pueda utilizar en la operación de recarga. Entre las posibles fuentes de recarga se encuentra el agua de drenaje de mina (Fernández-Rubio, 1993).

Esta tipología de recarga se empleó por primera vez en España en 1984, en los acuíferos de la Comarca de Guadix (Granada), con agua procedente del drenaje de la mina de Alquife (Granada). Entre los objetivos se encontraba, aunque no con carácter prioritario, recuperar el flujo de manantiales y conservar captaciones históricas de agua, como eran las galerías y “minas” construidas por los árabes, en el aluvial del río Verde. En dicha experiencia de recarga artificial se utilizaron balsas de infiltración.

El yacimiento minero de Alquife está constituido por depósitos irregulares de hierro, que arma en mármoles del Complejo Nevado-Filábride, recubiertos por sedimentos detríticos. Tanto mármoles, como sedimentos detríticos, constituyen acuíferos de diferente entidad e importancia, conectados hidráulicamente entre sí. La explotación del mineral a cielo abierto (desde 1963), originó una corta, con eje máximo de 2 km, y más de 200 metros de profundidad, profundizando por debajo del nivel piezométrico regional, lo que obligó a mantener un drenaje continuo, para realizar la explotación en seco. El dispositivo de drenaje preventivo en avance, incluía dos barreras de sondeos, dentro y fuera de la corta, para drenar respectivamente al acuífero kárstico y al acuífero detrítico (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), y un tercer dispositivo que conectaba los dos acuíferos, mediante sondeos (“pozos perdidos”).

Todo ello con un bombeo conjunto del orden de 400 l/s, dando lugar a un pronunciado conoide de bombeo, con afecciones importantes a la dirección principal del flujo subterráneo (que originalmente se dirigía hacia los ríos Verde y Fardes); a los caudales de descarga de manantiales, y a los aprovechamientos a través de captaciones tipo zanja y galería, en el aluvial del río Verde, algunas de ellas muy antiguas. Todas estas alteraciones afectaban tanto al medioambiente como al aprovechamiento agrícola de la zona.

Para compensar y paliar estas alteraciones se realizó una operación de recarga artificial, que conllevó la construcción de nueve piezómetros de control, y la conexión y derivación del canal que conducía el agua de drenaje de la mina hasta el río Verde, donde se vertía directamente al cauce. En la época estival los agricultores captaban y aprovechaban todo el agua que se vertía al río, por lo que las operación de recarga artificial sólo se planteó para los meses invernales.

Esta recarga estuvo en operación hasta que cesó en su actividad la explotación minera (1996), con resultados tan satisfactorios que, una vez ha cesado el drenaje minero, y por tanto no la afección al acuífero, los regantes siguen interesados en realizar operaciones de recarga artificial aguas arriba del área donde se sitúa la demanda de riego.

Gobain Ovejero Zappino

Otro ejemplo de recarga artificial de acuíferos es el del nuevo proyecto minero Las

Cruces. En este caso, el acuífero miocénico Niebla-Posadas, formado por una capa de arenas bajo un recubrimiento de margas, se sitúa geológicamente sobre el yacimiento. Para que la operación minera no lo afecte se ha diseñado y puesto en operación un sistema de protección preventivo, consistente en el drenaje y reinyección de las aguas subterráneas. Consta de un anillo de sondeos de drenaje en torno a la corta y de otro anillo, más alejado, de sondeos de reinyección, ambos conectados por una red radial de tuberías.

Otro ejemplo de recarga artificial de acuíferos es el del nuevo proyecto minero Las Cruces. En este caso, el acuífero miocénico Niebla-Posadas, formado por una capa de arenas bajo un recubrimiento de margas, se sitúa geológicamente sobre el yacimiento. Para que la operación minera no lo afecte se ha diseñado y puesto en operación un sistema de protección preventivo, consistente en el drenaje y reinyección de las aguas subterráneas. Consta de un anillo de sondeos de drenaje en torno a la corta y de otro anillo, más alejado, de sondeos de reinyección, ambos conectados por una red radial de tuberías.

Los sondeos de drenaje extraen, mediante bombeo, el agua subterránea del acuífero, impidiendo así la entrada del agua subterránea en la corta. La misma agua bombeada se conduce en circuito cerrado, por redes de tuberías hasta los sondeos de reinyección. En dichos sondeos el agua se inyecta a presión, para reintroducirla en el acuífero. En esta operación no se produce detracción del recurso ni alteración de su calidad. El sistema, elaborado por la empresa minera Cobre Las Cruces con la colaboración de especialistas del agua en minería (FRASA Ingenieros Consultores, Water Management, SRK Consulting) ha iniciado su operación en 2006.

4.16 Habilitación de humedales

Cuando la calidad del agua de mina se ve afectada en su pH, o por la presencia de metales pesados disueltos, se emplean cada vez más los tratamientos pasivos, con bajos requerimientos de mantenimiento (como los lagunajes aeróbicos o anaeróbicos), que se presentan como una solución muy interesante, desde el punto de vista de la relación costo / efectividad.

Se trata de actuaciones correctoras, especialmente para aguas ácidas de mina (aunque también para las alcalinas), de las que existe gran experiencia positiva, aunque también fracasos por inadecuada aplicación.

Estos tratamientos pasivos, cada vez más atractivos, consiguen mejorar parámetros químicos del agua, que han causado problemas de difícil solución a lo largo de mucho tiempo. Estos tratamientos, de reducción bacteriana, hacen precipitar a metales pesados, formando verdaderos "yacimientos" mineros, en el fondo de los humedales. Pero, desde nuestro punto de vista lo que interesa aquí destacar es que estos pantanales se presentan como biotopos de gran interés para la vida vegetal y animal.

El principal factor a favor de estos humedales es su bajo coste de mantenimiento, ligado a la circunstancia de su pervivencia natural, gracias a originar un entorno ideal para el desarrollo de bacterias sulfo-reductoras, que generan la alcalinidad responsable del incremento del pH, y de la precipitación de óxidos e hidróxidos de metales pesados.

El tratamiento pasivo más simple es el que se realiza en humedales anaeróbicos artificiales, pero este tipo de tratamientos sólo es aplicable para aguas con pH casi neutro, conteniendo alcalinidad suficiente para neutralizar la acidez generada, a través de la hidrolización y precipitación de los metales.

Ahora bien, puesto que los humedales por sí no añaden alcalinidad, y no pueden ser utilizados para rebajar el contenido en manganeso, actualmente se incorporan a los humedales anaeróbicos: drenes calizos anóxicos (ALDs), sistemas productores de alcalinidad (SAPS) y lechos filtrantes rocosos.

Frecuentemente la limitación al empleo de estos tratamientos deriva de la necesidad de disponer de suficiente superficie, ya que se requiere un tiempo prolongado de circulación del agua en el sistema de tratamiento. Por otra parte es necesario estudiar, en cada caso particular, la cinética de

remoción de los contaminantes, para proyectar un adecuado diseño. Esto significa que no hay modelos generales aplicables a todas las circunstancias, y ahí radica una causa frecuente de fracaso de instalaciones inadecuadamente diseñadas.

Independientemente de estos humedales, existen otros inducidos por la excavación del hueco minero, en medios con niveles freáticos próximos a la superficie, que suelen generar ecosistemas húmedos una vez abandonadas las explotaciones y que son, sin duda, un importante activo ambiental, con el gran valor añadido que supone la creación de ecosistemas acuáticos.

Ricardo Castellón Montori

En la cantera Los Yesares (Sorbas, Almería), donde Iberplaco S.A. realiza la explotación de yeso, se ha generado un humedal que puede alcanzar 1,70 m. de profundidad máxima, y una superficie de 1,6-1,8 Ha, zona húmeda que normalmente se seca en el estiaje

En la cantera Los Yesares (Sorbas, Almería), donde Iberplaco S.A. realiza la explotación de yeso, se ha generado un humedal que puede alcanzar 1,70 m. de profundidad máxima, y una superficie de 1,6-1,8 Ha, zona húmeda que normalmente se seca en el estiaje.

Desde el punto de vista de conservación ambiental, la laguna es intrínsecamente valiosa, al existir pocos ecosistemas acuáticos estancados en una provincia tan árida como Almería, y por las interacciones entre plancton y plantas sumergidas (carófitos), con el "*microbial mat*" o "*biofilm*" que tapiza todo el fondo de la cubeta. Dentro de la Directiva de Hábitats de la Unión Europea, la laguna se incluiría en el tipo 3190 ("*lakes of gypsum karst*"), hábitat prioritario para su protección.

Esta laguna tiene como valor añadido uno de carácter geoquímico: en Europa hay muy pocos ambientes lacustres situados sobre yesos. Apenas sólo las lagunas de gravera de la cuenca del río Jarama, aguas abajo de Madrid capital (Álvarez Cobelas *et al.*, 2000) y las de la cuenca del río Nida, en Polonia (Wróbel, 1964), presentan como anión mayoritario el sulfato.

Juan José Durán Valsero

Un aspecto interesante es la utilización de algunas lagunas, de fondo de mina, para "cotos de pesca". Así, por ejemplo, la Laguna de la Colonia de Santa Inés, en la ciudad de Málaga, desarrollada en una antigua cantera de arcilla del Plioceno para cerámica, hoy se utiliza para pescar cangrejo de río, que se ha introducido artificialmente y prolifera sin problemas.

Miguel Rodríguez Rodríguez, Francisco Moral Martos y José Benavente Herrera

La laguna de Tarelo (Sanlúcar de Barrameda, Cádiz) constituye un buen ejemplo de humedal artificial con interés ecológico. Se trata de una laguna permanente de 18 ha de extensión y algo más de 10 m de profundidad máxima. La planta del vaso lacustre es perfectamente rectangular. Su origen se debe a una antigua cantera de arena, que se explotó, con fines agrícolas, a principios de los años ochenta para mejorar los suelos de las marismas situadas al este (Benavente *et al.* 2006).

Cuando se extrajo la arena no llegó a cortarse el nivel piezométrico, ya que se encontraba deprimido debido al efecto de la explotación de las aguas subterráneas para el abastecimiento de los regadíos de la Colonia de Monte Algaida. Tras la llegada, en 1986, de las aguas del río Guadalete para el riego de los cultivos, se produjo un ascenso paulatino de la piezometría hasta llegar a la situación actual de inundación de la laguna. Este humedal ha sido protegido por la Junta de Andalucía, en virtud de la Ley 2/1989, de 18 de julio, del Inventario de Espacios Naturales de Andalucía, al quedar incluido en el Parque Natural de Doñana, y de la Ley 8/1999, de 25 de noviembre, del Espacio Natural de Doñana.

Un caso parecido al anterior lo constituye el Paraje Natural de la desembocadura del Guadalhorce, en Málaga. Este humedal ocupa una superficie de 67 ha entre los dos brazos del

río Guadalhorce. En los años setenta, y hasta principios de los ochenta, esta zona se dedicó a la extracción de áridos para su uso en construcción. Las canteras se fueron inundando progresivamente con aguas procedentes del acuífero detrítico asociado al delta del río.

Estas lagunas tienen un gran interés ornitológico, por ser utilizadas como lugar de escala hacia áreas de invernada por un gran número de especies de aves acuáticas (Moreira y Montes 2005). Asimismo, la gradación de salinidad que existe entre las diferentes lagunas, con influencia marina y continental (aportes subterráneos del río Guadalhorce) incrementan la biodiversidad del ecosistema (Rodríguez-Rodríguez 2002).

Linda Daniele; Antonio Pulido Bosch; Ángela Vallejos Izquierdo; K.E. Murray y Luis Molina Sánchez

En el Campo de Dalías (provincia de Almería), caracterizado por un suelo con propiedades físicas y físico-químicas poco adecuadas, tanto desde el punto de vista agronómico como desde el punto de vista ambiental (Ramos Miras, 2002) se implantó, en las últimas décadas, una economía basada en los cultivos bajo plástico, que generó la necesidad de materiales adecuados a la construcción del sustrato fértil.

Para aportar estos materiales, al principio de la década de los ochenta, se produjo una extracción masiva y continuada de arcillas y limos rojos, que afloran en toda la parte central del Campo de Dalías, ligados a los sectores distales de los grandes abanicos aluviales que jalonan el borde sur de la sierra de Gádor. Su extracción, en extensas graveras a cielo abierto, ha dado lugar a depresiones que se han visto inundadas con aguas subterráneas, una vez abandonada la actividad extractiva.

Es así que, en un área endorreica ubicada entre El Ejido y La Mojonera, se originó el humedal artificial permanente de la Cañada de Las Norias (Convención Ramsar, 1971), delimitado por una curva de nivel cerrada de cota 30 m, con sustrato limoso-arenoso y ausencia de protección por parte de las autoridades (Castro *et al.*, 2001).

El abandono de los bombeos, por la mala calidad del agua para el riego, y el retorno producido por riego con agua procedente de otros acuíferos, ha contribuido a que la cantidad de agua que rellena el hueco de la explotación aumente paulatinamente. El resultado final ha sido la creación de un humedal de terrenos inundables en los parajes de La Molina, Cañada del Puerco, Balsa del Sapo, El Salitral, El Antis y Cañada de la Higuera, cercanos a la pedanía de las Norias de Daza. Se trata principalmente de dos grandes áreas húmedas independientes, separadas por un camino vecinal, que ocupan un área deprimida.

El humedal se encuentra en la parte central del Campo de Dalías y es alimentado principalmente por las aguas subterráneas de la unidad hidrogeológica Balerna-Las Marinas. Esta unidad, la de mayor extensión del Campo de Dalías, ocupa unos 225 km² y se desarrolla a todo lo largo de la llanura litoral en la parte central del Campo.

El acuífero está esencialmente constituido por calcarenitas pliocenas, con espesores que pueden alcanzar 120 m, a las que se asocian algunos depósitos cuaternarios con comportamiento acuífero. El muro impermeable del acuífero lo forman margas grises pliocenas, cuyo espesor puede alcanzar 700 m. El borde meridional está representado por el mar Mediterráneo, pero en ningún punto las calcarenitas están en contacto con el mar. En las condiciones hidrodinámicas actuales, el potencial hidráulico es mayor en esta unidad que en las confinantes y se produce una descarga hacia ellas (Pulido Bosch *et al.*, 2000).

En la década de los 80 la mayor parte de la unidad presentaba niveles piezométricos superiores a los 5 m s.n.m (IGME, 1982). Hacia el norte se registraban los valores más altos; más de 40 m al oeste de La Mojonera y 30 m en los alrededores de El Ejido, con un gran conoide de drenaje en la zona más occidental (Onáyar), con piezometría de hasta -20 m s.n.m. Posteriormente este conoide, aunque mucho menos profundo, sigue detectándose (Pulido-Bosch *et al.*, 1989) hasta que en septiembre de 1991 se registra una recuperación de los niveles que

alcanza los 5 m s.n.m. (Molina, 1998).

Tal recuperación está asociada al abandono de los bombeos y al retorno de agua de regadío, procedente de los sondeos que captaban materiales carbonatados alpujárrides. En definitiva, esta unidad presenta un aumento, más o menos continuado, de los niveles o una estabilización de los mismos, que se refleja en el aumento del nivel de la lámina de agua en el humedal.

Se ha estimado (González *et al.*, 2003), para la unidad hidrogeológica en la que se encuentra este humedal, una disminución en los bombeos, de 18 a 9 hm³/año entre 1981 y 1993, estabilizándose en menos de 10 hm³/año hasta el año 1998/1999, disminución asociada a un empeoramiento de la calidad del agua y al consecuente abandono de las extracciones. En el periodo 1986/1987 (ITGE, 1989) el total de entradas se ha estimado en 27,5 hm³ y el de las salidas en 26 hm³, balance positivo y próximo al equilibrio.

Esta evolución se evidencia al comparar imágenes aéreas y ortofotografías de 1984, 1999 (MAPA), y 2001. Se observa que el área de extracción de áridos seca de los años 80-90, (imagen más antigua) se corresponde con el perfil del humedal sobre la foto más reciente. Las balsas, ambas en un área deprimida, ocupan 55,8 ha y 59,6 ha.

Este humedal, originado en unas antiguas extracciones mineras de gravas y arcillas limosas, tiene un notable interés medioambiental, a pesar de problemas derivados de prácticas no siempre respetuosas con este medio tan sensible. Los ornitólogos han identificado, desde 1988, más de 165 especies avícolas entre acuáticas y terrestres, de las que cerca de 60 nidifican en el humedal. Numerosas son especies invernantes y muchas otras son aves migratorias de paso. Entre las especies nidificantes destacan: malvasía cabeciblanca, cerceta pardilla, calamón común y garcilla cangrejera, todas ellas amenazadas globalmente y que han encontrado en este humedal uno de sus escasos puntos donde se reproducen con éxito (López Martos, 1997; Castro, 2001; Matamala, 2006).

4.17 Lagos de mina

Un indudable activo ambiental, en muchos casos, son los lagos finales en las cortas de mina, una vez realizada su clausura, cuando quedan inundadas de agua de calidad. Es un activo por el aporte a la biodiversidad, especialmente en cuanto a flora y a fauna, y lo es también por la posibilidad de aprovechamiento de estos almacenamientos de agua para diferentes usos.

Al final de la actividad minera, en explotaciones a cielo abierto bajo nivel piezométrico, al interrumpirse el drenaje, se produce la recuperación del nivel del agua subterránea y, con ello, la inundación de la corta. En este sentido, se requiere planificar las operaciones mineras, y la clausura de la actividad, de forma y manera que se consiga la mejor calidad del agua en el hueco minero y en su entorno.

Para tratar de cumplir este objetivo se han realizado, y se siguen realizando, bien documentados estudios, que incluyen los aspectos relativos a modelización del flujo de agua y modelización hidroquímica, así como análisis probabilísticos, para predecir la calidad del agua a lo largo del tiempo. Para ello es necesario elaborar el modelo conceptual del ámbito hidrológico-minero, durante la vida de la mina y en las condiciones de cese de la actividad minera.

Un aspecto importante de esta modelización son los balances de agua, para cuantificar la contribución de cada una de las distintas recargas y descargas al hueco minero, pero también lo es todo lo relativo a los procesos físico-químicos que puedan incidir en la calidad del agua, y que se simulan mediante modelos hidroquímicos, que permiten predecir la evolución de la calidad del agua, a lo largo del tiempo, con apoyo de técnicas probabilísticas, para evaluar el rango de incertidumbre en la predicción de la calidad química.

Es así que hoy es muy extensa la experiencia ganada en estos proyectos, que nos ofrecen lagos de mina de enorme interés ecológico y social. Un buen ejemplo son las **minas de Cabárceno (Cantabria)**, explotaciones de hierro a cielo abierto, en las que hoy se ubica el Parque de la

Naturaleza de igual nombre, desarrollado en una milenaria explotación de mineral de hierro, alojado en calizas del Cretácico (Fernández Rubio, 2001a), y donde las antiguas cortas a cielo abierto son hoy lagos perfectamente naturalizados, con abundante fauna piscícola y avifauna que encuentran un hábitat ideal.

Igualmente se pueden documentar explotaciones de áridos, en las proximidades de cauces y en zonas deprimidas que, con frecuencia, se realiza en condiciones subacuáticas, con palas cargadoras o dragalinas, con lo que, al final, nos encontramos con un lugar ideal para el desarrollo de un humedal, siempre que se realice en las adecuadas condiciones hidrológicas.

Por poner un ejemplo, podríamos señalar el de las **graveras del Campo de Dalías** (Almería), para extracción de grandes volúmenes de arenas, para la construcción de invernaderos, graveras que, tras su abandono, han dado lugar a espacios húmedos hoy protegidos, por su gran interés ecológico (Pulido Bosch, 19xx).

Pero no cabe duda de que, para conseguir todos estos beneficios hidrológico-ambientales, se requiere una programación muy cuidada, desde el momento inicial, que permita encuadrar todas las actividades en el marco de un adecuado diseño. Es importante, diseñar hábitats apropiados, especialmente para la avifauna, con islas, playas, pendientes suaves y escarpes verticales, donde encuentren condiciones ideales los diferentes tipos de aves que previsiblemente puedan instalarse en ese humedal.

Francisco Arechaga Rodríguez, Francisco Rivas Ródenas y Aníbal Gil Bueno

En Diciembre de 2007 concluirá la actividad extractiva de la Mina Puentes, explotación a cielo abierto de lignito pardo de Endesa, en las proximidades de As Pontes de García Rodríguez (A Coruña). Aunque los últimos años está pudiendo hacerse el vertido de estériles en un lateral interior del hueco de explotación, el resultado final de la actividad minera será (en cifras aproximadas), de un Hueco final con una superficie de 8 km², una zona de bordes de 4 km², y una Escombrera exterior de 12 km² ya completamente restaurada y que se comenta en otro punto de este trabajo.

Para la recuperación ambiental de este Hueco final se ha previsto la creación de un lago, solución medioambiental de alto valor ecológico y paisajístico, que además enriquece el territorio con un bien de acceso público, que tendrá repercusiones positivas en la economía del entorno, y que tiene precedentes muy positivos en países noreuropeos

Una vez concluido, el lago tendrá una lámina de agua de unos 8 km² (800 hectáreas), un perímetro de 15 km, una profundidad máxima de 200 m, y un volumen de unos 540 hectómetros cúbicos.

Los estudios realizados ponen claramente de manifiesto la necesidad de un llenado rápido para tener una buena calidad en las aguas del lago, razón por la que se contempla una aportación en el entorno de 150 hectómetros cúbicos anuales, para la que resulta un tiempo de llenado de cuatro años.

El llenado se iniciará el año 2008 y se realizará con las aguas de escorrentía del propio hueco y de la escombrera exterior, y con significativas derivaciones del río Eume, que discurre próximo al hueco, derivaciones en los periodos de alta pluviometría, que serían compatibles con todos los usos industriales y públicos del agua en la zona, y con un notable caudal ecológico en todo el cauce.

El transporte de los caudales desde el Eume y la escombrera hasta el fondo de la mina deberá hacerse por medio de canales y obras hidráulicas complementarias de considerable entidad, cuyos proyectos constructivos están siendo ya realizados.

Una vez que se haya producido el llenado del Lago, se restituirá el sistema hidrológico previo, teniendo entrada en el mismo los cauces hídricos desviados al inicio de la explotación (con las correspondientes obras hidráulicas), y produciéndose su desagüe por medio del primitivo cauce del río Carracedo, afluente del río Eume, que drenaba todo el área de la explotación

minera. De esta manera queda garantizada la permanente renovación de las aguas del lago.

En las 400 hectáreas afectadas por la explotación en la franja exterior al lago, los primeros trabajos serán de desmantelamiento y demolición de todas las edificaciones e instalaciones mineras que no tengan un uso definido en el futuro lago.

A continuación deberán llevarse a cabo los trabajos de estabilización-protección de taludes y de configuración de las orillas, que serán necesarios, de acuerdo con su vulnerabilidad, por la presencia de agua y la acción del oleaje, teniendo siempre en cuenta la variabilidad del nivel de la lámina de agua, que desde su nivel medio podría bajar 0,50 m en máxima sequía o subir 2,05 m en lluvias máximas (periodo de retorno de 500 años). Según zonas, las protecciones serán escolleras, plantaciones vegetales o playas artificiales.

El resto de los trabajos a realizar en esta franja está en función de la necesaria corrección de los impactos y su integración en el entorno natural, el incremento de los valores ecológicos, la autosostenibilidad a largo plazo, y los usos sociales a que se destinarán determinadas zonas de esta franja.

Para los trabajos de revegetación fuera de las zonas de orilla, se aprovechará la gran experiencia y éxitos conseguidos en la restauración del espacio natural en la escombrera exterior.

En cuanto a valores ecológicos, se combinarán en los márgenes un relieve diverso, diferentes profundidades de agua y una vegetación variada para posibilitar todo tipo de biotopos. Adicionalmente se construirá una isla ornitológica con dos charcas interiores. Todo ello constituirá un medio diverso y ampliamente estructurado, que será colonizado de manera natural por una variedad de especies y comunidades, como ya ocurre en la escombrera que dispone de algunas charcas.

En cuanto a los usos sociales, se van a construir áreas deportivas (una de ellas en la proximidad de As Pontes y una pista cicloturista que circunda el lago), áreas recreativas (con merenderos y juegos infantiles), áreas de descanso, pantalanes flotantes para pequeñas embarcaciones con sus correspondientes servicios de apoyo en tierra, y por último miradores-observatorios de aves.

4.18 Utilización para emergencias ambientales

Ángel Luís Alonso Prieto

Las balsas de agua, ya sean de uno u otro tipo, y tengan uno u otro objetivo, son un elemento omnipresente en las explotaciones mineras. En la etapa de explotación se dispone de balsas de acumulación de agua, al ser ésta fundamental para la protección contra el polvo (riego de frentes de explotación, pistas, etc.), o contra el barro (lavado de maquinaria, de camiones que han de salir a carreteras públicas, etc.), o para el tratamiento de los minerales (balsas de alimentación, de recuperación, etc.). O pueden ser también balsas de decantación de sólidos en suspensión de aguas de escorrentía de mina, previa al vertido de las mismas, o depósitos de acumulación de aguas de tormenta. En la etapa de post-clausura las acumulaciones de agua suelen estar ligadas a los huecos de explotación (que se llenan de agua al recuperarse los niveles freáticos), o a balsas de la etapa de operación ligadas a escorrentías, que se conservan y auto-mantienen.

El agua puede proceder de la captación de escorrentías acumuladas en las áreas de trabajo y aledaños de la explotación, de la extracción de aguas subterráneas del área a explotar, o de su bombeo desde el exterior. Constructivamente las balsas pueden ser de muy diferente tipo en su forma, tamaño, existencia o no de impermeabilización, realización con diseño específico o simple consecuencia de la explotación, etc.

Pues bien, estas acumulaciones de agua, del tipo que sean, pueden, y suelen, prestar un servicio muy valioso a la sociedad, al ser extraordinariamente útiles como “puntos de agua” en emergencias ambientales, como es el caso de los incendios forestales, de muy elevada incidencia en España, o de las sequías graves.

En la lucha contra los incendios forestales (ya se trate de bosques, explotaciones forestales, o de monte y matorral mediterráneos) las balsas mineras pueden constituir puntos de suministro de agua, tanto para vehículos motobomba todo-terreno como para helicópteros extintores, puntos que puede que sean los únicos existentes en muchos kilómetros a la redonda.

Este ha sido, en diversas ocasiones, el caso de las balsas de agua de la explotación de la mina Emma, de Encasur-Endesa en Puertollano (Ciudad Real), que han sido utilizadas para carga de agua por helicópteros en extinción forestal, y en concreto la balsa de acumulación-regulación de riego del olivar, implantado en el vertedero interior en los trabajos de rehabilitación (la balsa situada en posición más elevada). Se ha tratado de helicópteros de tamaño medio, dotados de “helibalde” (depósito plegable que se cuelga del gancho de carga o baricéntrico del helicóptero).

La importancia de los puntos de agua, cuyo número incrementan las balsas mineras, hace que su inventario, con su localización, capacidad y accesibilidad, sea un elemento básico a considerar en los Planes de Prevención de Incendios Forestales.

Muestra de la importancia, y además de la escasez de los mismos, se refleja en las elevadas inversiones que, para construcción de estos puntos de agua adaptados para helicópteros, está haciendo el Ministerio de Medio Ambiente en los últimos años, en lo que viene denominando infraestructuras hidráulicas de defensa contra incendios forestales, que últimamente se están financiando con el Fondo creado por la Ley 11/2005 de 11 de julio, por el que se aprueban medidas urgentes en materia de incendios forestales.

Debe hacerse notar, además, que estos puntos de agua no solamente son necesarios, como cabría pensar, en territorios áridos, sino también en áreas de clima atlántico, como prueba el hecho de que gran parte de las inversiones anteriormente citadas hayan recaído precisamente en la Confederación Hidrográfica del Norte.

Por otra parte, y aunque es menos frecuente, en las sequías graves, el agua de estas balsas puede ser utilizada para dar riegos de apoyo a plantaciones arbustivas o arbóreas

próximas, ya sean comerciales o recreativas, o que incluso formen parte de los trabajos de rehabilitación de la propia explotación, evitándose así que plantas de costoso arraigo puedan perderse. También pueden utilizarse, para aportar agua a cabañas ganaderas, a las que en alguna situación de emergencia, por grave sequía pudiera agotarse su suministro habitual de agua.

4.19 Rehabilitación de cauces

Durante mucho tiempo, cuando una excavación minera interceptaba un cauce, de mayor o menor importancia, se construía un canal, en la periferia, de dimensiones adecuadas para acoger toda la escorrentía del cauce desviado.

En la actualidad las actuaciones se enfocan hacia la excavación de un nuevo cauce, lo más naturalizado posible, en el que se implanta la flora y fauna del cauce desviado, en tanto en cuanto es posible, creando hábitat adecuado para las especies autóctonas de mayor interés.

En este cauce se implantan los tapes más representativos de la flora a preservar o mantener, y se diseña el correspondiente bosque de galería, creando así un hábitat idóneo que, en poco tiempo, pueda presentar condiciones incluso mejores a las del antiguo cauce.

Así, por ejemplo en el **Proyecto Las Cruces (Sevilla)**, la necesidad de desviar el arroyo Molinos, en un tramo de 3,2 km, y modificar el trazado del arroyo Garnacha en un tramo de unos 800 m, se planteó como una oportunidad de crear cauces naturalizados, que permitan recuperar sus ecosistemas, actualmente degradados. Para ello los nuevos cauces se diseñaron de manera que mantienen las mismas condiciones hidráulicas que los existentes, con morfología naturalizada y mejora sensible del hábitat.

Describir la actuación proyectada

José Manuel Patricio Cuenca

En el trabajo titulado DIAGNOSIS, PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS Y PROYECTO DE RESTAURACIÓN MEDIOAMBIENTAL DE LA MINERÍA DEL ODIEL Y SUS AFLUENTES, redactado en los años 1995 y 1996, se plantea otro tipo muy distinto de restauración minera.

El ámbito territorial es la cuenca de un gran río minero del cinturón pirítico.

El agua es el vehículo de la contaminación que se hace ácida y se tiñe del color de los minerales metálicos por donde escurre. El agua es aquí la medida de la vida y por ello se toma como el mejor patrón de contaminación. Si el agua del Odiel está contaminada por la actividad minera (actual o pretérita), su agua es ácida y teñida. Si se descontamina la cuenca, el agua es neutra y transparente.

Para abordar el plan de restauración se investigaron 144 minas y se controlaron las evoluciones paramétricas (caudal, registros in situ y resultados analíticos) en más de 70 puntos de control. Su trabajo produjo más de mil folios estructurados en cinco documentos:

1. Inventario de explotaciones mineras y localización de focos contaminantes.
2. Informe fotográfico complementario.
3. Cuantificación de la contaminación.
4. Métodos de tratamiento y alternativas propuestas.
5. Descripción de las actuaciones correctoras.

Se redactaron once proyectos de restauración ambiental: dos en áreas en minas activas y nueve en minas abandonadas. Obviamente eran las minas contaminantes de la cuenca del Odiel.

Con independencia de las actuaciones preventivas (limpieza o sellado de escombreras de

estériles...impedir que el agua entre en las minas abiertas o subterráneas...), fueron las soluciones de las medidas correctoras las que se crearon a propósito para las actuaciones en este cuenca y sirvieron como base común para redactar los once proyectos de restauración. Estas soluciones se basaron en unos principios muy elementales:

- Canales perimetrales que aíslan la zona para que el agua de escorrentía exterior no diluya los contaminantes y los propague.
- La aireación del efluente ácido permanente mediante canal con cascadas y obstáculos para frenar la corriente de entrada, eliminar parte de los sólidos en suspensión y precipitación de hidróxidos y oxihidróxidos.
- Decantación al final de la cascada para recoger periódicamente los sólidos y precipitados.
- Hacer pasar el efluente al sistema de adición alcalina (SAPS), constituido por una balsa cuyo fondo se rellena con piedra caliza sobre el que se dispone un sustrato de materia orgánica. Es importantísimo que el efluente del decantador entre en la parte superior de esta balsa, la inunde, penetre en ambas capas y salga por la parte inferior recogida por tubería ranurada enterrada en el fondo de las calizas. La capa orgánica favorece la implantación de colonias de bacterias sulfato reductoras, que favorecen a su vez la precipitación de los metales disueltos. La caliza produce una rápida neutralización haciendo precipitar el ión férrico (con PH 3-4) y el aluminico (PH 4-5).
- Pantanal aeróbico mixto de piedra caliza en el fondo y materia orgánica superior donde se plantan typhas. El flujo proveniente del SAPS se invierte de modo que entra por la parte inferior mediante tubos ranurados enterrados en el fondo de las calizas, asciende y la salida se produce por rebasamiento del pantanal.

En las minas abandonadas se proyectaron estas depuradoras en el cauce de los arroyos con by-pass de desagüe de avenidas, de modo que funcionaban automáticamente y con un mantenimiento casi nulo.

5 VALORIZACIÓN DE ÁREAS MINERAS

5.1 Utilización del hueco minero

Las excavaciones del subsuelo para la minería, sea subterránea sea a cielo abierto, ofrecen posibilidades de un sinnúmero de utilidades lúdicas, recreativas, culturales, industriales, agroforestales, etc. Estos emplazamientos reúnen muchas veces características muy favorables para ciertos usos, como puede ser: el almacenamiento de residuos (, por su posibilidad de confinamiento y aislamiento); la realización de actividades que producen ruido o polvo (, por el efecto de apantallamiento); la ubicación de actividades que requieran de aislamiento; el aprovechamiento de su especial morfología, etc.

Hacer aquí el repaso de todas ellas sería tarea imposible, pero si se quiere dejar constancia de algunas de ellas, como exponente de esas posibilidades.

5.2 Valorización de minas subterráneas

5.2.1 Valorización restauradora

Un caso un tanto singular es el referente al **Restaurante Cuevas Romanas**, ubicado en el interior de unas antiguas canteras romanas. Se localiza en la falda de Sierra Morena, en plena naturaleza, en el cerro: Cerro del Aulagar (Barriada de Nuestra Señora de Linares, a 5 minutos de Córdoba).

Se caracteriza por su valor arqueológico, ya que está integrado en unas antiguas cuevas, descubiertas en 1929, que datan de la época romana, las cuales se formaron a raíz de una cantera de explotación de piedra. En su gran sala, y en diversas galerías que componen el conjunto, es fácil apreciar las marcas de herramientas de cantería, el desgaje de bloques de piedra y las huellas del fuego de candiles de aceite que el tiempo y los hombres que allí trabajaron dejaron a su paso.

Actualmente se está estudiando para determinar si la piedra extraída de estas canteras fue la que sirvió para construir los diferentes monumentos romanos de Córdoba. Por su proximidad con la vía que unía las capitales de Emerita y Corduba, podrían haber servido como cantera para el abastecimiento de material utilizado en la construcción de monumentos de la Colonia Patricia "Corduba" y en periodos posteriores.

Parece que hay un restaurante en el entorno de Guadalajara en una antigua mina o cantera (Juanjo Durán)

Ángel Estebaranz Martín, Rafael Fernández Rubio y Rafael Varela Amado

Los restauradores han encontrado también ubicación ideal en otra antigua instalación minera, en la playa de Balarés (A Coruña), situada en el extremo más oriental de la denominada Costa da Morte, a 3,5 km de Ponteceso.

Con respecto al origen de esta mina es de destacar que, en vísperas de la II Guerra Mundial, la Alemania nazi, que no tenía en su territorio minas de wolframio, buscó desesperadamente una fuente de aprovisionamiento de este mineral de importancia estratégica. Frente a las previsibles dificultades de suministro desde China o Birmania, en caso de guerra, tenía que encontrarlo en Europa, donde este mineral es escaso, ya que se da prácticamente sólo en el noroeste de la península ibérica (Galicia, Portugal, Salamanca y Cáceres). Por ello, Hitler reclamó del gobierno de España, como cobro por la ayuda militar y económica prestada durante la Guerra Civil, autorización para organizar dos empresas destinadas a la explotación del wolframio en Galicia, centrándose en dos zonas que prácticamente estaban sin explotar: el núcleo minero de Casaio y la comarca de Carballo. Para este último objetivo, y sobre todo para la explotación de las minas de Monte Neme, los alemanes llegan a Carballo antes del final de la Guerra Civil, y las minas de la comarca de Carballo pasan a tener importancia estratégica, desconocida hasta aquella época, y el precio del mineral se multiplica por cien.

La fiebre minera atrae a la comarca a aventureros y especuladores; el Monte se llena de mineros; el dinero abunda y la actividad se incrementa. La ciudad de Carballo crece como nunca. De los 1.500 habitantes que tenía en 1940, que es cuando comienza la fiebre, pasa su población a 3.000 en sólo diez años.

El final de la Guerra Mundial significa el fin de este auge minero, ya que los precios caen por la oferta de mineral de países como los citados antes y de otros nuevos como Bolivia. Un segundo auge se producirá en los primeros años 50 por causa de la guerra de Corea, que eleva de nuevo los precios, al interrumpirse los suministros del Extremo Oriente.

Con el fin de la guerra de Corea y la regularización de los suministros de los grandes productores, esta minería pierde importancia y empieza su decadencia; la explotación de Monte Neme seguirá en funcionamiento hasta los años 1980, aunque no volverá al esplendor de las épocas de guerra.

En este contexto la **mina Titania**, se ubicaba en el entorno de las rías de Corme y Laxe, junto a la desembocadura del río Anllóns, rodeada de montañas, en un extremo del Monte Blanco. La mina explotada por la empresa del mismo nombre, asociada con “Caolines de Laxe”, extraía principalmente wolframio y algo de titanio (su ingeniero jefe era Juan Martínez Núñez). La mina estuvo en operación desde 1935 hasta 1964, dando trabajo a 60 empleados (según comenta Manuel Varela Vidal, que allí trabajó, era una de las empresas de la época que más respetaba los derechos de los trabajadores en todos los aspectos).

Para la concentración del mineral se bombeaba agua de mar hasta unos depósitos que todavía existen (dos piscinas), para desde allí alimentar por gravedad a dos lavaderos del mineral extraído, propulsados por dos grandes motores. Cuando se agotó el mineral de esta mina se siguió trabajando con mineral procedente de las minas de Batilongo Barilongo (Cances-Carballo).

El concentrado de mineral se embarcaba a través de un muelle, en el barco gallego “O Rutilo”, patronado por un tal Sr. Castiñeiras, hasta Villagarcía, donde estaba la sede de la empresa, para suministrar clandestinamente al ejército alemán, en la Segunda Guerra Mundial, junto con wolframio procedente de las minas de Monte Neme. Para los alemanes este suministro era muy necesario para endurecer los blindajes de su armamento (carros de combate Panzer).

Hace seis años se restauraron las paredes de la mina y en las cavidades existentes se construyeron los baños que dan servicio a la playa y al restaurante, construido sobre lo que fue la antigua mina de wolframio, en perfecta conjunción arquitectónica, a pie de playa y frente al mar, absolutamente integrado en el entorno. El restaurante, cuyo promotor fue el Ayuntamiento de la Diputación de Pontevedra, es de diseño moderno y de concepción minimalista, según proyecto del grupo coruñés de arquitectos Quintáns, Raya y Crespo.

Se trata de una pieza de hormigón, absolutamente integrada en el entorno. Funciona desde Semana Santa hasta octubre, todos los días, ofreciendo una carta sencilla basada en los productos de calidad de la zona, principalmente pescados y mariscos, que se pueden degustar disfrutando de impresionantes vistas de la ría, desde el exterior o desde el comedor acristalado.

Una de las posibilidades interesantes que ofrece la minería subterránea, al concluirse la actividad extractiva, consiste en su acondicionamiento para las visitas turísticas, de lo que existen una serie de ejemplos, cada uno condicionado por lo que mejor se puede ofrecer al visitante.

5.2.2 Valorización turística

Un caso interesante es el de la **mina La Jayona** (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), declarada Monumento Natural, por la Junta de Extremadura, el 30 de septiembre de 1997, que se localiza en el municipio Fuente del Arco (Badajoz), próxima al límite con la provincia de Sevilla.

La descripción que sigue se ha tomado de diversos autores en Internet.

Se trata de una antigua mina de hierro (hematites, goethita, siderita y limonita), que arma en calizas del Cámbrico Inferior, de la que se extrajeron 270.600 Tm de mineral, desde 1900 hasta 1921, a lo largo de once niveles, siguiendo una corrida de unos 600 m, en los que se suceden galerías, plataformas, cámaras, etc. El mineral hasta 1905 era transportado a la fundición de Fuente del Arco con animales de carga, y a partir de este año con ayuda de un cable aéreo. La excavación se fue acomodando a la morfología del mineral, sin un plan de labores fijo, dando trabajo a más de 400 mineros, apenas con la ayuda de picos, palas y dinamita.

Tras casi ochenta años de abandono, se han acondicionado los nieles superiores, que suman un kilómetro de recorrido, para la visita de este entorno geo-ecológico de gran interés por sus manifestaciones geológicas (contactos litológicos; mineralizaciones; procesos kársticos; procesos sedimentarios; estructuras tectónicas (charnela de un pliegue y un magnífico espejo de falla de desgarre en el que pueden observarse estrías y escalones de falla)) (Rebollada, 2006); por su vegetación, condicionada por la humedad y temperatura existentes en el interior de la mina, característica de zonas húmedas, y constituida por helechos, plantas trepadoras, higueras, musgos, etc., en claro contraste con la vegetación típicamente mediterránea del exterior.

También es de destacar la fauna que habita en sus cantiles y roquedos (importantes colonias de aves rupícolas, como grajillas, golondrinas, palomas torcaces, estorninos, aviones roqueros, chovas piquirrojas, mirlos, roqueros solitarios y vencejos, murciélagos de diferentes especies y hasta búhos reales, que conviven con insectos, reptiles, pequeños mamíferos (Maestro, 200x; Retamar, P, 200x).

La Junta de Extremadura ha elaborado un proyecto denominado "*Recuperación Ambiental de Áreas Degradadas por Antiguas Labores Mineras en Extremadura*", con el apoyo de la Administración del Estado y la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, para cuatro antiguas áreas mineras: Aliseda, Azuaya, Los Santos de Maimona y la mencionada La Jayona, con una inversión de 4,8 millones de euros, de los que el 80% los aporta el Banco Europeo de Inversiones y el resto la Junta de Extremadura. Entre los objetivos que lo justifican destacaríamos, desde el punto de vista de los activos ambientales, los referentes a:

- ↻ integración ambiental, territorial y social de estas antiguas zonas mineras,
- ↻ conservación del patrimonio cultural,
- ↻ protección de ecosistemas favoreciendo en ellos el desarrollo de la fauna y flora autóctona,
- ↻ educación de la población sobre la historia minera de sus entornos,
- ↻ repercusión en la calidad, percepción y disfrute del medio ambiente por parte del sector turístico nacional e internacional (previsión de 70.000 turistas al año),
- ↻ creación de riqueza regional, al fomentar el desarrollo de profesionales especializados en campos emergentes.

La **mina de Azuaga** (Badajoz) en realidad se trata de un conjunto de antiguas minas de plomo, que llegaron a dar la mayor producción mundial de plomo, a principios del siglo XX, actividad que cesó a mitad de siglo. El proyecto incluye la construcción de un museo minero, en el que se ubique la importante documentación minera de los archivos, la restauración ambiental de la superficie, los accesos y los caminos, la revegetación del entorno, la limpieza y protección de las escombreras, un itinerario por las minas, etc.

La actuación de la **mina de la Aliseda** (Cáceres), ubicada en la Sierra de San Pedro, se centra en una antigua explotación de hierro y azufre, ubicada en una Zona de Especial Protección de Aves (ZEPA) desde 1989, con ejemplares de águila imperial, cigüeña negra y buitre negro. La actuación aumentará el valor medioambiental del entorno, mejorarán la seguridad de las galerías, incluirá la creación de un centro de interpretación que llevará por nombre "*La minería y el hombre de Extremadura*", incluirá la construcción de un mirador y un observatorio de aves,...

La **mina de Almadén** (Ciudad Real) corresponde, sin lugar a duda, a la explotación del mayor yacimiento del mundo de cinabrio (sulfuro de mercurio), que ha producido desde la época de los romanos un tercio del mercurio consumido por la humanidad (7,5 millones de frascos, que son recipientes de hierro, de 2,5 litros de capacidad, y un peso de mercurio de 34,5 Kg). El cinabrio aparece con color rojo bermellón, casi siempre masivo y raramente cristalizado, existiendo también mercurio nativo.

Este yacimiento se explotaba ya en tiempos de Estrabón, Vitrubio y Plinio, que aluden a este lugar con el nombre de Sisapo (<http://es.wikipedia.org/wiki/Almad%C3%A9n>), si bien el topónimo Almadén es de origen árabe (*al-ma'din*: la mina) y también lo son otros términos aquí empleados, como *alarife* por albañil, *aludel* por caño, *jabeca* o *xabeca* por horno y *azogue* por mercurio.

En 1151 Almadén fue conquistada por Alfonso VII, siendo cedido en 1168 por Alfonso VIII al conde don Nuño de Lara y al maestre de Calatrava, pasando a ser el pueblo patrimonio de la Orden de Calatrava. Al incorporarse los Maestrazgos a la Corona, en 1512, el Tesoro comienza a incautarse de las rentas de Almadén, y en 1523 finaliza el arriendo de los Maestrazgos y por ende el de las minas de Almadén, quedando el 4 de mayo de dicho año incorporados perpetuamente a la Corona de Castilla. Hasta mediados del siglo XVII la explotación de las minas fue realizada por particulares, por un derecho concedido por la Corona de Castilla, pero a partir de 1645 la mina vuelve a manos del Estado.

El Rey Carlos III creó la Escuela de Minería de Almadén en 1777, diez años después de la de Fraiberg (Sajonia). En 1795 se construye el edificio de la Academia y un Museo de minas. Durante el siglo XVIII la ciudad se expandió y tuvo lugar una gran labor arquitectónica: se construyó el Hospital de Mineros, la Plaza de Toros, la Escuela de Capataces de Minas y la Real Cárcel de Forzados.

El yacimiento de Almadén se localiza en las denominadas Cuarcitas del Criadero (Silúrico Inferior), mineralizadas por un volcanismo profundo de tipo básico, como consecuencia de su permeabilidad. En cambio, las pizarras circundantes son estériles por la falta de permeabilidad de las arcillas, que dieron lugar a las pizarras.

Desde el año 2002 las minas se encuentran clausuradas, debido a la caída del precio del mercurio en el mercado mundial, no obstante, se encuentran en condiciones de abrirse de nuevo si su explotación se considerase conveniente.

Mientras tanto (Baña, 2005), y para reactivar la economía, así como para poner en valor su patrimonio se ha creado el Parque Minero de Mayasa (Minas de Almadén y Arrayanes), que ofrece un recorrido por alguno de los puntos de mayor interés, incluyendo galerías de siglos XVI, XVII y XVIII.

El primer paso ha consistido en rehabilitar el Hospital de Mineros de San Rafael, edificio de gran simbología y peso histórico, construido en el siglo XVIII como hospital para los mineros de la zona y sus familiares. En la actualidad alberga el archivo histórico de estas minas, además de dos museos permanentes - el Museo Hospitalario y el Museo Minero- y una exposición temporal sobre el proyecto del Parque Minero, que en cuanto esté totalmente listo, pasará a ser itinerante y a pasear los tesoros del parque por toda España. Igualmente se puede ya realizar la visita a las galerías subterráneas, y pronto lo será al conjunto completo del Parque Minero, que incluye también la visita a las instalaciones mineras y metalúrgicas exteriores.

Con este proyecto se pretende reactivar económicamente una zona que ha vivido, desde el siglo III a.C., de la explotación de sus minas y que ahora ve como su principal recurso deja de serlo al cesar la actividad productiva, no por inexistencia de mercurio, sino como consecuencia de la caída de la demanda por condicionantes medioambientales.

De la belleza del mundo subterráneo, especialmente en la minería metálica, existen muchos otros ejemplos. Como ejemplo podemos entresacar la descripción que hacen Fernández Ortega y Valls Uriol (2004) de las **minas de Udías** (Cantabria): *“los trabajos artesanales de aquella época han dado lugar a un sinfín de estrechos pasadizos fantasmagóricos que forman un laberinto estructurado*

en varios pisos, unidos por pequeños pozos y rampas que conservan viejas escaleras de madera, de color ébano debido a su antigüedad,..."

Juan Carlos Baquero Úbeda y Rafael Fernández Rubio

La **mina Nieves** se ha excavado en la Montaña de Sal de Cardona (Barcelona), en la comarca del Bagés, a orillas del río Cardener.

Se trata de un diapiro salino perforante que, en un procesos activo de halocinesis, ha perforado un pliegue anticlinal, en materiales del Eoceno Superior (Priaboniense Medio-Superior), rodeados por materiales del Oligoceno (Sannoisiense), abriéndose paso hasta superficie, dando lugar al afloramiento de una gran masa plástica de cloruros sódicos y potásicos que, por su menor densidad en relación a las rocas suprayacentes, fluyen en un proceso geológico activo (FRASA, 2004).

Si se observa de cerca la Montaña de Sal, se aprecia el acusado plegamiento de los estratos y su superficie transformada en lapiaz, de agudas aristas, consecuencia de la fácil disolución de las sales por el agua meteórica. También destaca el variado cromatismo originado por los diferentes minerales salinos, que van desde la halita, el mineral más abundante, incolora o hialina con tonalidades blancas, que pasan a anaranjadas o rosadas cuando se incrementa el contenido en potasio (carnalita), todo ello combinado con las intercalaciones grises de finas capas margosas.

Aquí la minería se ha venido desarrollando desde el neolítico, con una larga historia, siendo el exponente hoy más singular la mina Nieves, abierta al disfrute turístico, que permite gozar de su belleza interior donde la naturaleza parece recrearse en el trabajo minero.

Es así que su interior nos sumerge en un mundo minero, donde la sal antigua y la de neoformación, a través de estalactitas y estalagmitas de muy diferentes formas y colores, ofrecen un entorno único y singular.

5.2.3 Valorización energética

Jorge Loredo Pérez

En determinadas condiciones se puede valorizar el metano de las minas como recurso energético alternativo.

En este sentido hay que recordar que la presencia de metano, en las capas de carbón, es conocida desde antiguo en la minería subterránea del carbón, por el gran número de accidentes e incendios que ocasiona, y ha sido tradicionalmente considerada como uno de los principales problemas de las explotaciones. La subida del precio de los combustibles, y las previsiones de los precios al alza, han aumentado el interés en buscar recursos energéticos no convencionales. En este contexto, y con la evolución de la tecnología, se ha llegado a considerar al metano de las capas de carbón no solo como un peligro durante los procesos de explotación, sino también como una roca almacén de metano, lo que representa un enorme potencial de recurso energético no convencional, todavía sin desarrollar.

El metano de las capas de carbón es usualmente referido como una forma no convencional de gas natural, porque es principalmente almacenado mediante adsorción en el carbón más que en los poros de la roca, como ocurre con los recursos convencionales de gas. El metano de las capas de carbón difiere de otros recursos energéticos en que es generado y almacenado dentro de la propia capa de carbón. La recuperación y valorización del metano de las capas de carbón, se presenta por tanto como una alternativa energética interesante.

Durante los procesos de formación del carbón se generan grandes cantidades de gas rico en metano, que permanece atrapado dentro del carbón. Las principales fuentes de generación del metano en el carbón son o bien biogénicas, que producen un gas seco generado a partir de las bacterias en la material orgánica, o termogénicas, que producen un gas húmedo formado durante la transformación de la materia orgánica por la temperatura y la presión. Los

principales mecanismos de retención de metano, en las capas de carbón, son la adsorción y la compresión, y la relación entre la cantidad de gas capaz de ser almacenado en el carbón y la presión se describe por las isotermas de adsorción.

Para que el metano de las capas de carbón se pueda considerar un recurso económico, el carbón, como roca almacén, debe presentar ciertas características. De acuerdo con la experiencia, la potencialidad de un proyecto de recuperación de metano de las capas de carbón, CBM (*coalbed methane*) en la literatura anglosajona, está fundamentalmente determinado por la interacción entre tectónica, estratigrafía, espesor de capa de carbón, rango del carbón, contenido en gas, permeabilidad, hidrogeología e hidrodinámica. Todos estos factores condicionan el potencial para la retención de metano en las capas de carbón y, por tanto, para la viabilidad de un proyecto de explotación.

El metano de las capas de carbón puede reemplazar parcialmente al carbón como recurso energético fósil, y representa una fuente de energía que es medioambientalmente más aceptable que la minería y combustión del carbón, que produce emisiones de gas a la atmósfera. Durante los procesos de explotación del carbón, la mayor parte del metano es emitido a la atmósfera a través de los sistemas de ventilación y mediante los procesos de desgasificación como medida de seguridad.

Existen antecedentes de la prospección para metano en capa de carbón en Asturias, ya que a principios de los años 1990 se realizó en la Cuenca Carbonífera Central Asturiana una campaña de exploración, a través de un acuerdo entre Union Texas y HUNOSA, con la realización de dos sondeos de 1.575 y 2.038 m respectivamente. Esta investigación no dio frutos positivos y se abandonó, sin haber llegado a realizar ensayos de estimulación ni de producción.

El Departamento de Explotación y Prospección de Minas de la Universidad de Oviedo realizó, recientemente, un estudio preliminar, financiado por el Gobierno del Principado de Asturias, con el objetivo de evaluar el potencial de metano en capa de carbón (CBM) de la Cuenca Carbonífera Central, llegando a la realización de un sondeo de investigación en la zona de La Felguera.

De acuerdo con las primeras estimaciones, la cantidad mínima de recursos de metano de las capas de carbón, en el conjunto de la Cuenca Carbonífera Central Asturiana, es del orden de 26,000 Mm³, con un contenido de gas en capa que puede variar entre 6 m³/t y 14 m³/t. Algunas de las conclusiones que se pueden extraer, de este estudio preliminar, es que la concentración de gas en capa parece ser adecuada para un potencial desarrollo comercial, si bien la compleja geología de la zona requeriría la aplicación de un programa de desarrollo no tradicional, donde el uso de sondeos direccionales minimizaría los costes. La existencia de centrales termoeléctricas en la zona aumenta el interés en realizar nuevas investigaciones, en orden a combinar la explotación del metano de las capas de carbón con un almacenamiento geológico del CO₂.

5.3 Valorización de minas a cielo abierto

Muchas son las explotaciones mineras a cielo abierto, recientes, en las que se han emprendido importantes trabajos de rehabilitación, enfocados a dar un aprovechamiento a dichas áreas, dentro de la gran variedad de opciones que se ofrecen.

5.3.1 Valorización agraria

Un ejemplo muy interesante lo ofrece la **mina Emma** (Puertollano, Ciudad Real), de carbón subbituminoso, con producción de más de un millón de toneladas de carbón al año, en la que desde hace años se viene desarrollando una minería de transferencia, de manera que los materiales estériles desmontados se emplean en el relleno del hueco minero ya explotado.

En esta labor se desmonta previamente, el suelo vegetal, que se apila adecuadamente, para ser colocado sobre la zona explotada y rellenada, a la que se le da una morfología naturalizada adecuada. La zona rehabilitada se dedica, prioritariamente, al cultivo de cereales y pasto. Donde la morfología no es adecuada para el cultivo, se dispone una cobertera de herbáceas autóctonas, para evitar la erosión y mejorar el paisaje, consiguiendo en un corto-medio plazo una magnífica rehabilitación.

Miguel Colomo Gómez y Juan Gualberto Apodaca Carro

En las seis áreas mineras de carbón en que Endesa y sus empresas filiales han venido llevando a cabo explotaciones a cielo abierto, se ha restaurado ya una superficie acumulada de 3 300 hectáreas.

Y aunque se ha prestado atención preferente a la revegetación natural, tanto arbustiva como arbórea, es decir a la vertiente ecológica, también se ha cuidado la vertiente que podríamos llamar económica, de recuperación de terrenos para la agricultura. Y ello por varias razones.

Una de ellas para mostrar que la minería, si se hace adecuadamente, puede reconstruir los terrenos, tras usarlos para la explotación, de manera que dispongan de capacidades agrícolas similares, sino mejores, a las iniciales.

Otra porque incluso en alguna de las zonas, y dado el carácter temporal de la minería, se estableció precisamente con sus propietarios agrícolas el compromiso de devolución de los terrenos, lo que ya ha ocurrido en casos concretos y seguirá ocurriendo en la medida en que la explotación de las citadas zonas vaya concluyendo.

Finalmente también por motivos paisajísticos o de mimetización con las áreas colindantes no explotadas, pues en muchas de las áreas en que se sitúan las explotaciones, el paisaje dominante es el agrario, paisaje antrópico conformado precisamente por la actividad agrícola.

Por dicho conjunto de razones, de la superficie total restaurada que citábamos, 500 hectáreas (el 15 %) han sido dedicadas a la producción agrícola propiamente dicha, 315 de ellas a cultivos herbáceos y las 185 restantes a cultivos arbustivos y arbóreos. Y ello sin incluir aquí ni las superficies de herbazales (en algunas se produce forraje) ni las forestales.

Los cultivos herbáceos son fundamentalmente cereales de secano (cebada y trigo), y están presentes especialmente en Andorra (Teruel) y Puertollano (Ciudad Real). Y también los cultivos arbóreos más significativos se encuentran en estas dos zonas.

En Puertollano es destacable el olivar, con casi 100 ha plantadas con unos 25 000 olivos de las variedades arbequina, picual y cornicabra (los primeros en 1986). No debe olvidarse que el olivo es de la misma familia que el acebuche, arbusto de la flora mediterránea, y está presente, cultural y paisajísticamente, en casi todos los ruedos de los pueblos españoles de clima mediterráneo. También se han plantado, a manera de ensayos, otros árboles también típicamente mediterráneos y relacionados con la flora natural, como el pistacho, azufaifo y acerolo, además de otros frutales comunes.

En Andorra, es destacable la plantación de casi 4.000 vides, 3.600 pies de olivo, 1700 almendros y 1.200 árboles frutales, fundamentalmente cerezos.

Con estas plantaciones, resulta que además de producir carbones, las minas se convierten en pequeñas productoras agrícolas. Y no sólo de productos primarios como los cereales, sino de productos elaborados, como el aceite y el vino, o agropecuarios como la miel.

En la actualidad, las producciones medias más destacables que se tienen anualmente en los diferentes centros mineros son las siguientes:

Puentes	1.500 t de forraje y 250 kg de miel, además de grelos.
Andorra	100 t de cereal, 2 100 kg de cerezas, 250 kg de otras frutas carnosas, 700 kg de almendras y

	otros frutos secos, 3.600 kg de uva y 1.800 kg de aceituna. Y como producto elaborado 1.500 l de vino de calidad.
Puertollano	50 t de cereal y 70.000 kg de aceituna, además de pequeñas cantidades de frutas varias. Y como producto elaborado 14.000 l de aceite virgen extra de gran calidad.
<p>Algunos de los productos agrícolas obtenidos en los terrenos restaurados.</p> <p>Las cantidades y calidades de las producciones obtenidas avalan la valorización agrícola de los suelos reconstruidos.</p>	

Otro ejemplo de utilización agrícola es el que realiza Tolsa, S.A. en sus explotaciones de arcillas especiales (sepiolita y bentonita) entre la zona Sur de Madrid y la cuenca de la Sagra (Toledo), donde aplica minería de transferencia, con la creación transitoria de huecos que posteriormente son rellenados y revegetados, para reanudar la actividad agrícola, en las fincas preexistentes (García García, 2004).

Estos yacimientos de arcillas especiales tienen disposición marcadamente horizontal, adoptando forma de lantejones más o menos grandes, y se extienden bajo una gran superficie, de relieve suave y alomado, donde la erosión no las ha hecho desaparecer. En todo caso se realiza una selección de los terrenos a explotar de acuerdo con la calidad del mineral (información suministrada por las analíticas de las campañas de sondeos), ratio de explotación (potencia y recubrimiento), distancia de transporte, así como otros aspectos físicos o administrativos.

Desde el punto de vista administrativo, la superficie está muy parcelada en fincas de aprovechamiento agrícola, generalmente explotaciones de secano para cereal, forraje o leguminosas, siendo su área variable entre 0,5 Ha y 4 Ha, lo que hace preciso alcanzar acuerdos de alquiler temporal de las parcelas con un elevado número de propietarios.

Se practica una minería por transferencia de estériles, evitando en lo posible la creación de acopios intermedios. La actuación viene precedida por un replanteamiento de los linderos de la finca o fincas que se van a ocupar, y las cotas de origen que servirán como referente para la restauración y entrega de los terrenos en condiciones morfológicas idénticas a las de partida.

Se preparan los accesos, acondicionan los caminos preexistentes, practican cunetas y nivelan los caminos para su uso por camiones de transporte y máquinas pesadas. La tierra vegetal se carga con palas de ruedas sobre camión y se emplaza en acopios de poca altura para evitar su compactación.

El desmonte de estériles se realiza con retroexcavadoras de tamaño mediano (<400 kW), en equipo con dúmpers en número variable en función de la distancia al vertedero. Generalmente el material a arrancar es blando, siendo algunos niveles calcáreos y la propia sepiolita los horizontes más competentes. Localmente, el sílex llega a constituir excepciones a lo anterior, siendo necesario de forma puntual llevar a cabo trabajos de perforación y voladura para romper macizos de hasta 1 metro de sílex.

Hasta la fecha los trabajos se han realizado por encima del nivel freático, por lo que las plataformas de excavación se conservan secas, con la salvedad de pequeñas filtraciones que tienen su origen en pasadas arenosas de la arcilla del recubrimiento. En el período de lluvia, las condiciones de trabajo en estas arcillas se endurecen notablemente, imponiendo paradas temporales de la excavación.

Una vez alcanzada la cota del mineral, éste se arranca con los mismos equipos y se lleva a acopio o se carga directamente sobre camiones de transporte con destino a la fábrica. La plataforma del mineral ya arrancado es en ese momento rellenable, y se acompasan las tareas de extracción y relleno de forma que se mantenga una continuidad de la actividad.

Una vez que el hueco ha sido rellenado en su totalidad, se revegeta con el suelo original, y tras la comprobación de los linderos de cada finca y el restablecimiento de mojones, se devuelve al propietario para la reanudación del aprovechamiento agrícola o el que corresponda. El propietario de la finca puede participar, si lo desea, en la posible adopción de medidas correctoras, que mejoren el aspecto y la terminación de las fincas antes de ser devueltas, y así consta de hecho en el contrato que se firma entre las partes.

Las áreas de encharcamientos indeseables pueden ser rectificadas tras la explotación de la parcela, direccionando las aguas del modo más adecuado a los fines agrícolas, y suavizando las pendientes. El suelo vegetal se reincorpora al piso, en una capa de espesor uniforme, igualando las discontinuidades y favoreciendo un comportamiento homogéneo de la parcela, en cuanto a productividad. Por otra parte, la operación de desbroce y posterior aireado de la tierra, con el arado de su superficie, produce una mejora evidente de su aptitud agrícola, como se pone de manifiesto en la fortaleza de los cultivos en las fincas que han sido objeto de explotación en comparación con otras que, por diversos motivos, no se han alquilado.

También se eliminan las frecuentes pedrizas de sílex, que los agricultores tienen que apartar de forma manual de sus campos, bolos de tamaño mediano que los arados levantan del piso dificultando y entorpeciendo la actividad agrícola. Para sus trabajos de relleno, Tolsa, S.A. selecciona los estériles más adecuados, de la serie removida, como piso previo al suelo vegetal, reduciendo o eliminando la presencia de piedras de forma prácticamente definitiva.

Acompañando a estas mejoras, Tolsa, S.A. realiza de forma sistemática tareas diversas, tales como la conservación de caminos y pistas de acceso que son de uso compartido, repasando los baches con niveladora, saneando las cuentas de maleza, manteniendo los desagües despejados, añadiendo zahorra cuando es preciso, compactando y regando todos los trayectos para una óptima disponibilidad y adecuadas condiciones ambientales, en cuanto a reducción del polvo durante el periodo seco.

Río Nancea Gold Mines

INTRODUCCIÓN

La implantación de la cubierta vegetal en una explotación minera a cielo abierto se puede considerar como la última fase de la restauración.

La eliminación del tapiz vegetal trae como consecuencia una fuerte alteración del medio, rompiendo el equilibrio biológico y alterando bruscamente la relación existente entre el suelo, clima, vegetación y la población animal. Otra consecuencia inmediata es la actuación de los agentes del clima sobre un suelo sin protección.

Únicamente mediante un proceso racional de regeneración de esta cubierta vegetal, se puede crear un ecosistema capaz de suplir al primitivo. Por ello, desde el inicio hasta el cese de la explotación, un correcto diseño de las labores de extracción y recuperación pueden simplificar notablemente el resultado final del proceso de restauración.

Condiciones paisajísticas iniciales

El paisaje de la zona 'El Valle-Boinás', en Belmonte de Miranda, Asturias, es el de una sierra con formas relativamente suaves, salvo en algunos puntos concretos en los que existen paredes verticales de 15-20 m. de altura. El marco general, representa el típico paisaje de la media montaña asturiana con prados delimitados por setos, retazos de bosque caducifolio y pequeños núcleos rurales diseminados.

En el contexto de la zona los elementos paisajísticos que se pueden destacar son los siguientes:

Praderas, bordeadas por setos vivos (sebes) y manchas de bosque caducifolio.

Núcleos de población de escasa entidad (Begega, Ferreras, Boinás, etc), bien

integrados en el paisaje rural tradicional de la zona y que constituyen los focos potenciales de observadores.

Zonas de relieve más abrupto, generalmente en las partes elevadas cubiertas por matorral y bosque.

Cresterías de roca desnuda emplazadas en las zonas altas de las sierras.

La explotación El Valle-Boinás se ubica a media altura en la sierra, distribuyéndose sobre 200 hectáreas entre los 300 y los 700 metros sobre el nivel del mar. La orografía es, por tanto, de fuertes pendientes y sobre ella se encajan las distintas escombreras, generándose un considerable impacto visual y un fuerte riesgo de erosión.

DESARROLLO DE LA RESTAURACIÓN

El impacto de las labores de extracción sobre la vegetación supuso su casi total destrucción, a excepción de pequeños rodales y del caso específico de tejos (*Taxus baccata*) y acebo (*Ilex aquifolium*) que, habiendo sido declarados de Interés Especial dentro del Catálogo de Especies Amenazadas de la Flora del Principado de Asturias, creado por decreto 65/95 de 27 de Abril, fueron transplantados a zonas no afectadas por labores mineras. Las labores de recuperación se han hecho simultáneas a los procesos de explotación desde un primer momento.

Para conseguir la implantación de esta cubierta vegetal primero se debe recuperar la productividad potencial del suelo, desarrollándose para ello las siguientes acciones:

- ↳ En zonas con el suelo compactado por el paso de maquinaria pesada, se hizo un subsolado en profundidad, consiguiéndose con esto aumentar la permeabilidad del suelo, aireación y el desarrollo de las raíces.
- ↳ Aportación de un horizonte superficial de tierra vegetal previamente acopiada para recuperar así la fertilidad de la capa superficial.
- ↳ Rellenado de huecos con el fin de lograr que la topografía final se aproxime lo más posible a la natural.
- ↳ Siembras y plantaciones de especies autóctonas, que además de lograr la integración en el entorno, evitan la erosión hídrica y eólica.

Es importante insistir en el hecho de que el éxito de la restauración no sólo depende de una acertada selección de las especies vegetales y de una correcta implantación de éstas, sino también de una adecuada gestión selectiva de los estériles que habrán de ir en superficie, de una remodelación de la morfología de las escombreras y de un control efectivo de la erosión mediante obras estructurales (drenajes, canalizaciones, bermas, etc.).

El depósito de materiales estériles en las escombreras de 'El Valle-Boinás' se viene realizando con camiones volquetes de hasta 100 toneladas de capacidad. Tras esta operación se procede a la remodelación topográfica de los taludes con buldózer de orugas para darles una pendiente adecuada y se suavizan sus perfiles.

Posteriormente, se construye una red de drenaje para captar las aguas de escorrentía y una vez concluidos estos trabajos de acondicionamiento del terreno, se inician las labores de extendido de sustrato vegetal y posteriormente la revegetación.

5.3.2 Valorización turística

Cada día son más las áreas mineras clausuradas que se incorporan a la actividad del turismo cultural, integrando las propias explotaciones y los equipamientos minero-industriales. En este sentido España cuenta con muy buenos ejemplos.

José Lorenzo Agudo

VALORIZACIÓN DE UNA VIEJA CANTERA COMO JARDÍN DE CACTUS

En una cantera abandonada de "picón" en las afueras de Guatiza, municipio de Tegui,

en la costa nordeste de la isla de Lanzarote, el admirado artista lanzaroteño César Manrique construyó su última obra espacial, el denominado “Jardín de Cactus”, centro fundamentalmente turístico, que fue concluido en 1991.

Se trata de un espectacular jardín botánico con más de diez mil ejemplares de plantas cactáceas (y otras crasas y suculentas cactiformes pero no cactáceas), de más de mil cuatrocientas especies distintas, procedentes tanto de Canarias como de todo el mundo, reunidas por un experto botánico. Este jardín, de belleza original y exclusiva, y sin igual en la tradición jardinera del mundo, no está concebido con intención didáctica, sino con intención estética y recreativa, y forma parte de los Centros de Arte, Cultura y Turismo del Cabildo Insular de Lanzarote. En 2004 se hizo pública la Resolución de dicho Cabildo, de incoación de expediente de declaración de este Jardín como Bien de Interés Cultural, en la categoría de Jardín Histórico.

La antigua cantera tenía planta semicircular y bancales en su perímetro, y había servido para la extracción de “picón”, también conocido localmente como “rofe” o “granzón”. Su denominación más precisa sería de “lapilli”, pequeños fragmentos de magma de un tamaño comprendido entre 2 y 64 mm disparados desde la boca de los volcanes hacia el aire, momentos en los que pierden los gases (por eso son porosos), y que caen en áreas próximas a los focos de emisión, formando acumulaciones que presentan colores rojizos o negruzcos.

El picón se utiliza tradicionalmente en Lanzarote como cubierta protectora (en espesores de 3 a 10 cm) sobre el suelo cultivable, al que protege de la erosión, conserva su humedad al limitar la evaporación (ya que lo aísla de los vientos y de la insolación) y le sirve de termorregulador. Es el elemento que permite la agricultura de secano en esta isla con pluviometría tan baja como 150 mm anuales. Su misión como captador de la humedad de la noche a partir del rocío, es en cambio más leyenda que realidad, pues al llegar el día el rocío se evapora sin que haya podido transmitirse al suelo.

César Manrique revistió las paredes de los bancales con fuertes paredes de piedra suelta vista, del mismo material volcánico basáltico, para formar gradas en las que se fueron situando los cactus sobre suelo cubierto de picón. Construyó también en un lateral, y apoyados en las gradas, un bar-cafetería con terraza, servicios y una tienda de recuerdos, en edificios de original diseño con paredes forradas exteriormente con la misma piedra volcánica del resto de la construcción, de manera que forma un conjunto integrado de gran armonía e insólita belleza.

Además, en la parte baja, aprovechó unas zonas de mayor consistencia que habían dejado los explotadores del picón, despejándolas y limpiándolas al máximo, de manera que han quedado como monolitos naturales basálticos, a modo de esculturas protagonistas, o de cactus de roca, que complementan el diseño del parque. También incorporó estanques con peces para dar frescura al ambiente.

Este jardín de cactus obedece a una continuidad paisajística, ya que está situado precisamente en un paisaje agrario con gran presencia de chumberas (nopales o tuneras en el archipiélago), al haber sido durante más de un siglo la zona con más cultivos de dicha planta, utilizada como soporte para la cría de cochinilla. Del procesado de las larvas de este insecto parásito se obtiene el tinte natural conocido como carmín o grana (como el propio nombre del parásito). Este colorante natural fue muy apreciado hasta el descubrimiento de los colorantes artificiales (anilinas) aunque todavía se usa, por su carencia de toxicidad, en cosmética y alimentación.

Rafael Fernández Rubio

Son frecuentes los ejemplos de reliquias del pasado minero que hoy se ofrecen con orgullo, a propios y extraños, y que integran un indudable valor patrimonial, certificado por las instituciones más relevantes.

Entre estos ejemplos podemos destacar, por su gran valor histórico y su extraordinaria

belleza natural y paisajística, a todo el entorno de las **minas de Las Médulas (León)**, donde se desarrolló una intensa minería, por los romanos, en los primeros siglos de nuestra era, antiguas explotaciones de oro declaradas por la UNESCO: Patrimonio de la Humanidad (1997), y con anterioridad declarada su zona arqueológico-minera Paisaje Cultural (1931) (Fernández Rubio, 2005).

En pocos lugares la intervención minera, a lo largo de dos siglos y medio, ha dejado tal impronta, ni la naturaleza ha colaborado con tanta belleza en la creación de un espectacular paisaje, en una interrelación única, en la que se mezcla el rojo de los aluviones del Mioceno, en picachos y cortados verticales, con el verde de una densa vegetación de castaños y robles, y con el azul y blanco de cielo y nubes.

Esta minería intensiva, probablemente entre las de mayores dimensiones del Imperio Romano, se inició en el último tercio del siglo I después de Cristo, cuando la Legio VII romana, estacionada en tierras leonesas, ya no es el ejército de ocupación, que domina a la población indígena de los castros fortificados, sino un ejército permanente que juega importante papel en la actividad minera, actuando de pacificador de mineros, esclavos y libres; aportando ingenieros; responsabilizándose de labores de prospección; construyendo canales para traer el agua y balsas donde acumularla (*piscinae* o *stagna*), etc. El mayor apogeo de esta actividad corresponde a la época del Emperador Trajano (finales del siglo I y principios del siglo II), extinguiéndose a principios del siglo III.

Plinio el Viejo (23 – 79 d.C.), en su *Naturalis Historia*, nos ha dejado descrito el método de explotación, conocido como *ruina montium*. Consistía en excavar largas galerías con sucesivos ensanchamientos y estrechamientos, en el aluvión miocénico (de las que quedan muy buenos ejemplos), perforando la roca con cuñas de hierro y mazos, y alumbrándose con candiles. Después hacían circular agua por estas galerías, con gran carga hidráulica y presión, provocando la erosión y derrumbe de las bóvedas.

Tras separar la fracción gruesa (*urias*), el aluvión disgregado, era transportado y tratado en canales de lavado (*agogae*), cubiertos de ramas de tojo, que retenían el oro nativo. Ese tojo se quemaba y se lavaban sus cenizas, para separar el oro.

Hoy podemos recrearnos en la dinámica historia de aquellos mineros, recorriendo sus mismos itinerarios y observando la morfología de estos extensos aluviones consolidados, la infraestructura hidráulica, los huecos mineros, los frentes de trabajo, los dispositivos para obtener el oro, los depósitos de estériles,... y todo ello a una escala y en un grado de conservación increíble.

Estos mineros (se barajan cifras desde 10.000 hasta 60.000), alcanzaron gran desarrollo tecnológico, y un sistema organizativo modélico, que les permitió mover más de 100 millones de metros cúbicos de aluvión, y extraer del orden de 500.000 kg de oro.

Las **minas de Río Tinto** constituyen un entorno con oferta diversificada, que atrae cada día a mayor número de visitantes. Los cinco mil años de historia minera, a pesar de que muchas de sus actividades antiguas han quedado destruidas por otras más recientes, se ofrecen hoy en una visión muy completa y variada, en la que sorprende la originalidad de su morfología, el cromatismo de su paisaje, la rica historia y la diversidad de aspectos que se pueden contemplar en su recorrido.

En Río Tinto el pasado histórico es muy rico, ya que por aquí se asentaron, con actividad minera, desde los pueblos más primitivos (Paleolítico, Neolítico, Edad del Bronce, etc.), hasta los pueblos de mayor tradición minera, como tartesos, romanos y musulmanes, dejando una muy rica herencia cultural, con numerosos restos arqueológicos y vestigios históricos. En todo caso la mayor actividad minera se inicia al final del primer tercio del siglo XIX perdurando hasta casi el final del siglo XX, con sus esplendores y sus crisis.

Esta historia se puede ahora contemplar a través de los trabajos realizados por la Fundación Río Tinto, que ha puesto en valor aspectos destacados del patrimonio natural y cultural, con más abundancia de los enclaves y aspectos relacionados con las actividades de los

británicos en el último tercio del siglo XIX, con nuevos procesos de extracción del mineral, maquinaria pesada y nuevos sistemas de tratamiento del mineral, para beneficiar principalmente cobre, azufre y oro.

Mediante estas acciones se tiene acceso a aquella variada riqueza arqueológica, que surge con espectacular atractivo diferenciador, de gran vistosidad, enmarcada por un singular río Tinto, ácido desde su nacimiento, aguas arriba de las labores mineras, y por un entorno de escombreras, pilas de lixiviación, balsas de retención, etc.

Elemento esencial del Turismo Minero es, sin duda, el Museo y el Ferrocarril Minero, que permiten observar el tan variado pasado y contemplar *in situ* la riqueza patrimonial, en el mejor marco de lo que fue su existencia.

En todas estas actuaciones han tenido mucho que ver la mencionada fundación, pero también los Fondos CEDER Cuenca Minera (Grupo de Acción Local), en sus papeles de promotor turístico y de dinamizador de la actividad (Flores, 2002). Es así que se han concentrado esfuerzos en el diseño de estrategias que permitan a los promotores (restauradores, hoteleros, etc.) crear en el turismo minero, que ya se ha convertido en una pieza más del desarrollo y diversificación económica.

Esto es posible al contar ya con una oferta de alojamientos hoteleros y restaurantes de diversas categorías y, por supuesto, con la adecuación de los entornos mineros y de su patrimonio más valioso, con elementos de gran interés histórico y cultural, incluyendo: red de embalses, cortas, ferrocarril minero, antiguas teleras, hornos, celdas de lixiviación y cementación, etc.

En este conjunto destaca el Museo Minero que, a través de sus siete grandes salas, nos lleva al recorrido desde la prehistoria hasta nuestros días, mostrando los aspectos más variados referentes a la mineralogía del yacimiento, sistemas de explotación, procesos de transporte y tratamiento, conflictos sociales, etc.

Otro gran atractivo lo muestra la impresionante Corta Atalaya, de 1200 m de largo por 850 de ancho y 350 m de profundidad, de la que Arribas (2002b) reflexiona sobre su "*sobrecogedor descenso en espiral*", para concluir que Oteiza y Chirimo firmarían encantados esta contundente escultura y para destacar que sería un error hablar de ella como espacio degradado. Citando a Georg Hegel quien sostenía que el verdadero ser del hombre es su propio obrar, entonces, ¿por qué esconder sus resultados? Hoy se puede bajar hasta el fondo de la corta con una carrocita minera y penetrar en un de sus galerías.

Igualmente los visitantes quedan encantados por el recorrido del ferrocarril minero, de principio del siglo XX, propulsado por máquina de vapor, que ofrece un paisaje inigualable, siguiendo las márgenes del río Tinto, y poniendo al alcance del objetivo muchas instalaciones, terreras, hornos, etc. Al final se puede bajar al río y observar en directo esas esculturas sin escultor, conformadas por la deposición de óxidos metálicos, con toda una paleta de colores desde los rojos y los ocreos a los amarillos y fucsias. Allí, todavía, podemos tomar un refrigerio en su antigua estación ferroviaria, antes de regresar. Importante es, en un ámbito como éste, la Asociación de Amigos del Ferrocarril Cuenca Minera, ya que todas las minas tenían su ferrocarril minero, del que quedan elementos singulares integrados en el importante patrimonio histórico minero.

Como Carvajal y González destacan, se trata de una nueva manera de revitalizar este importante legado del pasado, conservando las señas de identidad de las comunidades mineras y de las personas que lo hicieron posible. En estos parajes mineros ha quedado la huella de los distintos avances tecnológicos, el sello de la nacionalidad de las empresas mineras explotadoras y algunos aspectos de la vida que se desarrolló en cada época.

Aquí juegan también papel fundamental las continuas convocatorias de Escuelas-Taller con el doble objetivo de conservar el patrimonio minero-metalúrgico y formar profesionales en ésta y otras materias de entre los jóvenes del entorno.

Otra actividad importante es la del Centro de Investigación Histórico-Minera de la Fundación, constituido actualmente por el archivo histórico de varias minas, cartoteca, biblioteca y una gran fototeca.

Más modestas pero de gran interés son las acciones que se están iniciando en el **Distrito Minero de Linares – La Carolina**, donde el Proyecto Arrayanes es una propuesta de protección, conservación, recuperación y puesta en valor de su patrimonio minero industrial. Coincidiendo con el cierre de la última mina de plomo, en 1991, se desarrolló una Asociación que va proponiendo proyectos de actuación y estrategias para mejorar en cada momento la comprensión, difusión, protección y desarrollo de los valores culturales, históricos, tecnológicos, medioambientales y socioeconómicos que dan a ese Distrito importancia mundial. A través de su sitio web se da a conocer la información básica necesaria para comprender esos importantes valores patrimoniales y permitir el acceso a los datos básicos del Catálogo de emplazamientos mineros que en su día realizó el Colectivo para la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía. Es de destacar que esta acción pretende valorizar el patrimonio minero industrial desde el convencimiento de que lo que pudieran parecer ruinas son la seña de identidad más genuina.

Con esa Administración han colaborado en la conformación de una red de senderos de gran potencialidad para el conjunto de la población de Linares; han participado en la realización del Inventario-Catálogo del Patrimonio Minero Industrial del antiguo distrito minero Linares-La Carolina, y forman parte del proyecto europeo MINET, dentro del programa europeo Cultura 2000.

Gobain Ovejero Zappino

Otro ejemplo de paisaje asociado a explotaciones a cielo abierto es el del Cerro del Hierro, en Sierra Morena. La antigua explotación extrajo óxidos e hidróxidos de hierro de una pequeña meseta karstificada de calizas recristalizadas cámblicas. El aspecto ruinoso y turriforme de los pináculos calizos y el contraste entre el blanco de las rocas calizas y el rojizo del hierro confieren al conjunto un aspecto singular.

5.3.3 Valorización industrial

Son muy variados los usos industriales que se pueden dar a los huecos creados para las explotaciones mineras a cielo abierto. De ellos vamos a incluir varios ejemplos, a los que se podrían añadir muchos otros.

Juan Carlos Baquero Úbeda

El Grupo Hanson, que explota la **cantera de Valdilecha** (Madrid), para producir aglomerados calizos, con objeto de reducir el impacto ambiental de producción de estos áridos, construyó en el año 2003 su Planta de Tratamiento de áridos en el hueco minero activo de la propia cantera.

Se trata de una completa planta de tratamiento mineral, de 1.200 t/h de capacidad, totalmente automatizada, que permite obtener una amplia gama de productos, derivados de la trituración, molienda y clasificación de la roca.

El almacenamiento subterráneo de gas natural (o de otros productos, tales como agua, CO₂, o residuos tóxicos y peligrosos), se muestra día a día con mayor interés por la demanda o necesidad de confinamiento de ciertos productos. Para ello, es preciso emplear espacios subterráneos, que pueden corresponder a antiguos huecos mineros, siempre que reúnan las características adecuadas, lo que exigen estudios pluridisciplinarios muy precisos (investigación geológica, hidrogeológica, geotecnia, sísmica,...)

La empresa REPSOL-YPF, por ejemplo, ha decidido construir un gran almacenamiento subterráneo, para butano y propano en fase líquida, en el valle de Escombreras, entre la refinería

y la factoría de CLH. Las Autoridades de la Comunidad de Murcia han apoyado activamente esta inversión, porque la Comarca de Cartagena ve así confirmado el importante papel que juega en la estrategia de Repsol.

Un uso muy diferente es la creación de viveros de pesca o piscifactorías, en huecos mineros a cielo abierto, que presentan características adecuadas para la ubicación de estas actividades. Es, por ejemplo, el caso de las **Canteras de Alpedrete** (Madrid), que se localizan a 45 kilómetros de Madrid, por la carretera Nacional VI, en las estribaciones de la Sierra de Guadarrama, en un entorno en el que abundan las pequeñas canteras de granito, hoy en su mayor parte clausuradas.

El almacenamiento subterráneo de gas natural (o de otros productos, tales como agua, CO₂, o residuos tóxicos y peligrosos), se muestra día a día con mayor interés por la demanda o necesidad de confinamiento de ciertos productos. Para ello, es preciso emplear espacios subterráneos, que pueden corresponder a antiguos huecos mineros, siempre que reúnan las características adecuadas, lo que exigen estudios pluridisciplinarios muy precisos (investigación geológica, hidrogeológica, geotecnia, sísmica,...)

La empresa REPSOL-YPF, por ejemplo, ha decidido construir un gran almacenamiento subterráneo, para butano y propano en fase líquida, en el valle de Escombreras, entre la refinería y la factoría de CLH. Las Autoridades de la Comunidad de Murcia han apoyado activamente esta inversión, porque la Comarca de Cartagena ve así confirmado el importante papel que juega en la estrategia de Repsol.

Un uso muy diferente es la creación de viveros de pesca o piscifactorías, en huecos mineros a cielo abierto, que presentan características adecuadas para la ubicación de estas actividades. Es, por ejemplo, el caso de las **Canteras de Alpedrete** (Madrid), que se localizan a 45 kilómetros de Madrid, por la carretera Nacional VI, en las estribaciones de la Sierra de Guadarrama, en un entorno en el que abundan las pequeñas canteras de granito, hoy en su mayor parte clausuradas.

Durante mucho tiempo estas canteras han sido la base económica de la zona, y aún sigue siendo la "piedra berroqueña" uno de los materiales básicos en la construcción. De hecho, de estas canteras salieron gran parte de los sillares del Escorial y del Castillo de Manzanares el Real.

Es de destacar, en este caso, que las canteras de rocas duras y compactas, presentan formas geométricas, poco naturalizadas, aunque no exentas de una belleza, que se ve realizada por su inundación natural, al ascender el nivel piezométrico, hasta la cota que le corresponda, dando lugar a una a un mosaico de antiguos huecos mineros hoy inundados, aislados e independientes.

En estos medios acuáticos hay una serie de factores determinantes en el desarrollo de la flora y fauna acuática: penetración de la luz, variaciones estacionales de temperatura, movimiento ascendente de nutrientes,... En estas condiciones la concentración de oxígeno, es fruto de la acción del viento sobre el agua y de la actividad fotosintética del fitoplancton; en general se mantienen bien aireada la superficie, cosa que no siempre sucede en el fondo, donde se acumula gran cantidad de materia en descomposición.

Durante el invierno, las capas superiores del lago se enfrían, aumenta su densidad y descienden, siendo reemplazadas por capas más profundas. Este proceso permite que parte de la materia orgánica del fondo ascienda, aportando nutrientes a la capa superior y recibiendo oxígeno las capas inferiores. Esta mezcla vertical da vida al lago.

La flora y fauna que encontraremos será similar a la de los medios lacustres (sistemas eutróficos, oligotróficos y distróficos), constituida principalmente por moluscos, anfibios y especies piscícolas.

Las especies piscícolas en ellas introducidas, crían y se desarrollan en base al fitoplancton y desarrollo larvario que se desarrolla, de forma espontánea, como si de una

piscifactoría natural se tratase.

En Alpedrete ha sabido aprovecharse este uso, habiéndose creado una serie de espacios donde es posible practicar la pesca deportiva, de forma que se pueden capturar aquellos ejemplares que luego, tras realizar su medición y peso, podremos degustar en nuestras casas.

Es así que esta actividad singular e imaginativa, ha permitido mantener vivo un espacio antes abandonado.

José Lorenzo Agudo

Un hueco final de mina, en las proximidades de una ciudad, puede constituir hoy día un activo de extraordinaria importancia, para la gestión de los residuos urbanos de la ciudad y su zona de influencia. Vamos a ver precisamente a continuación uno de estos casos referido precisamente a una mina reciente.

Se trata de la valorización de un hueco final de mina, a cielo abierto, como centro de gestión y vertido de residuos inertes, y “punto limpio”.

En el Sur de la ciudad de Puertollano, en el entorno del km 2 de la Carretera CR-502 a Mestanza, y en el margen Oeste de la misma, concluyó su actividad, al final de la década de los noventa, la explotación a cielo abierto de carbón de “Mina La Extranjera”, que fue llevada a cabo por la sociedad Inversiones Terrales, S.A, concluyendo la misma con su hueco final en las proximidades del río Ojailén, y relativamente cerca del núcleo urbano de Puertollano.

Este hueco final y su área adyacente han sido recuperados por el Ayuntamiento, con diversos acondicionamientos, para instalar un Centro Municipal de Gestión de Residuos Inertes (residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas) y un Punto Limpio.

Los trabajos de acondicionamiento más significativos fueron: la preparación del hueco final par Depósito, con regularización e impermeabilización ,a base de arcillas compactadas, para evitar la contaminación de acuíferos; las obras de recogida de aguas de escorrentía y de filtración del río Ojailén a media altura del hueco; la construcción de la Planta de Tratamiento de residuos; y el acceso a los mismos desde la carretera ya citada. Para ello se realizó una inversión de 1,3 millones de Euros, cofinanciados al 80 % por Fondos de Cohesión Europeos 2000-2006. A todo ello se añadió seguidamente un Punto Limpio, por lo que este conjunto consta de las siguientes instalaciones:

- ↳ Una Planta de Tratamiento de Residuos de Construcción y Demolición, con capacidad de 50 t/h, que permite la recuperación de algunos de los materiales contenidos en los residuos tratados.
- ↳ Un Depósito Controlado de Residuos Inertes – Escombros, donde se depositan los rechazos de la Planta y otros residuos inertes admitidos, con capacidad para 550.000 m³ y vida útil estimada de 30 años.
- ↳ Un Punto Limpio con 21 tipos de contenedores para recepción, tratamiento y recuperación de residuos domésticos especiales, que no deben depositarse con los residuos urbanos (como electrodomésticos, televisores, aparatos informáticos, metales, fluorescentes, pilas, aceites de cocina, restos de pintura, aerosoles, etc.).

Debe hacerse notar, además, para poner de manifiesto otra proximidad y conexión entre el anterior uso del terreno (minería) y el nuevo (gestión de residuos), que prácticamente todas estas instalaciones y los trabajos requeridos, como son los de acondicionamiento e impermeabilización del hueco, de construcción de obras de drenaje, de preparación de accesos, o de construcción de la planta de tratamiento, entran dentro de lo que son los trabajos y técnicas mineras habituales.

Los tipos de residuos que se admiten en este tipo de instalaciones, de Planta de Tratamiento y Vertedero de Inertes, son: tierras de excavación, escombros mono-materiales de derribo de obras civiles (hormigón, asfalto, ladrillo, otros cerámicos), escombros-mezcla de reformas y demolición de edificios y, finalmente, otros residuos inertes no clasificables, como pallets, embalajes, cartonajes, chatarras, y otros varios procedentes de la industria.

En la Planta de Tratamiento se vienen recuperando una serie de productos como chatarras, maderas, plásticos, cartones, y también áridos, como “ecozahorra” (para caminos forestales y jardinería), “ecograva” (para material drenante en el vertedero controlado de inertes) y árido reciclado (para rellenos).

La explotación de esta instalación municipal de gestión de residuos inertes-escombros de Puertollano fue adjudicada mediante concurso público a la sociedad Cespa, filial de servicios urbanos y tratamiento de residuos de Ferrovial, comenzando a funcionar en febrero de 2005. Los tipos de residuos admitidos, sus categorías, y las tasas correspondientes (por tonelada, con un mínimo por unidad de transporte), han sido recogidos por una Ordenanza fiscal municipal por la "Prestación del Servicio de Tratamiento y Depósito de Residuos Inertes en el Vertedero", de acuerdo con el Real Decreto 1481/2001. Con posterioridad la explotación del Punto Limpio fue adjudicada también a la misma sociedad Cespa.

5.3.4 Valorización cultural multipropósito

Katia Hueso Kortekaas

Las salinas no industriales ya no son rentables. La aparición de los frigoríficos ha disminuido el consumo de sal en los hogares ya que sólo se emplea para la ingesta en los alimentos y no para su conservación. Si tenemos en cuenta que cada persona consume unos 10 g de sal al día, en España se consumen para este fin tan sólo 165.000 toneladas (un 5% de la producción nacional). Hoy en día dos terceras partes de la producción están destinadas a usos industriales, por lo que el mercado ya no está tan atomizado.

Asimismo, la mejora de los medios de comunicación (camiones, carreteras) ha favorecido el acceso de la sal, desde las salinas más productivas hacia mercados antes demasiado remotos, sobre todo en el interior. Así, las salinas de manantial, que eran más pequeñas y tenían una temporada de cosecha mucho más corta que en la costa, han ido abandonando su actividad. Las salinas costeras que no se industrializaron a tiempo, por su lado, fueron perdiendo rentabilidad y hoy han desaparecido bajo la fuerte presión urbanística de la costa. Finalmente, la mejora de las técnicas de minería ha dado un gran impulso a las minas de sal, que antaño se explotaban muy trabajosamente (Carrasco y Hueso, 2006b; Petanidou, 1997).

Hoy en día, pues, la gran parte de las explotaciones de sal que algún día se conocieron en la Península Ibérica (unas 500) están improductivas. Según datos del Instituto Geológico y Minero de España, en el año 1996 funcionaban aún ocho minas, 22 salinas costeras y 27 salinas de manantial (IGME, 1997). De estas últimas, hoy en día funcionan menos de la mitad. En total, el 10% de las instalaciones que algún día hubo aquí. Esto constituye una importante pérdida del paisaje y del paisanaje de la sal. Afortunadamente, las salinas tienen mucho que ofrecer en los tiempos que corren. Aún no han desaparecido del todo y, mediante una gestión adecuada, constituyen un importante recurso natural, cultural, económico y social (Viñals, 2002).

Innovación

En una salina se produce sal. Esto no es ninguna novedad. Sin embargo, mediante una producción artesanal se puede obtener un tipo de sal muy apreciada en gastronomía, aprovechando el auge de la demanda de productos sanos y responsables; la sal "biológica". Por ejemplo, las salinas tradicionales en Francia han obtenido el reconocimiento como actividad agrícola (frente a las industriales, que se consideran mineras). Esto les ha permitido acceder al mercado de los productos biológicos, a las ayudas de la PAC y, en general, a obtener reconocimiento público en Francia. Un país ya muy sensibilizado ante los "productos de la tierra". Hoy en día la llamada sal gris (por su contenido en impurezas de arcilla, de ese color) es extremadamente popular y se vende en establecimientos de alimentación de todo el país, e incluso fuera de él. La sal puede también presentarse mezclada con otros elementos para obtener sales especiales de uso culinario (sal de ajo, sal ahumada, sal de romero, etc.) o cosmético-terapéutico (sales de baño, exfoliantes).

Además, las salinas pueden ofrecer otros subproductos al mercado: Beta-caroteno, *Dunaliella* para la industria farmacéutica; rodospina, para la industria electrónica, por sus propiedades para captar la luz; *Artemia*, para alimentación de peces... Algunos de estos subproductos son muy innovadores y por ello las salinas tienen también un importante potencial

para programas de investigación y desarrollo, en asociación con instituciones académicas, industrias punteras, etc.

Conservación

Interpretando las palabras de Gro Harlem Brundtland, el desarrollo sostenible consiste en transmitir nuestro patrimonio a las generaciones futuras. Es nuestra obligación preservar, comprender y divulgar el patrimonio natural y cultural de la sal.

Las salinas, una vez que se abandonan, pierden la memoria colectiva de sus trabajadores, pierden los edificios y pierden la biodiversidad tan específica de estos lugares. Poco a poco se está adquiriendo conciencia de la importancia de los paisajes culturales, las salinas de interior van siendo consideradas humedales; las salinas costeras van comprendiendo la importancia de mantener el proceso productivo en funcionamiento, etc.

Turismo

En las últimas décadas se ha observado una gran diversificación de productos turísticos. Ya no vale sólo con "mar o montaña". También se ha experimentado un auge en la demanda de productos de calidad, de turismo activo, de turismo especializado (ornitológico, gastronómico, de raíces históricas, rutas monotemáticas).

Asimismo se percibe una distribución de los días de vacaciones en diferentes períodos a lo largo del año, incluyendo numerosas "escapadas" de pocos días. Para las salinas esto son buenas noticias. En la Península Ibérica hay cientos de ellas, repartidas por todo el territorio, lo cual resulta beneficioso para las salidas cortas. Ofrecen gran riqueza cultural y natural, por lo que son interesantes para el turismo especializado, y constituyen un potencial interesante para la creación de rutas temáticas. Tan sólo queda cumplir con el objetivo de conocerlas, conservarlas y ofrecer un producto de calidad.

Educación

Las salinas son excelente escenario para comunicar la importancia del paisaje de la sal. Sin embargo, para ello es necesario conocerlo a fondo. La cultura de la sal es omnipresente y multidisciplinar, se puede estudiar en cualquier lugar, pues se produce sal prácticamente en todos los países del mundo y hay sal en el subsuelo de casi cualquier lugar, incluida la Antártida.

Se puede estudiar también desde cualquier disciplina: historia, arqueología, arquitectura, geografía, etnología, ecología, botánica, zoología, geología, medicina, etc. Las salinas ofrecen un campo amplio de investigación para ello. El paisaje y el paisanaje de la sal se están perdiendo, no sólo por los motivos económicos antes expuestos, sino también por razones que aún perduran en el subconsciente colectivo: Las salinas son consideradas lugares insalubres, por ser aguas estancadas y foco de enfermedades o plagas. También son consideradas infértiles, por el aspecto desértico que ofrecen sus alrededores. A esto hay que añadir la dificultad de atraer la atención sobre un elemento tan cotidiano, banal y barato como es la sal.

Por ello es necesaria una adecuada divulgación de los valores de las salinas: biodiversidad, rareza, arquitectura, usos y costumbres, etc. Realzar estas tareas en el entorno real de una salina ayuda a comprender y retener aquello que se explica.

Estos cuatro pilares no son mutuamente excluyentes, sino complementarios. Ninguno se sostendría por sí solo. La aplicación práctica de estas ideas va a depender de muchos factores, siendo el más importante la idiosincrasia de cada lugar, cuya singularidad no deberá nunca diluirse.

Las **canteras de s'Hostal** (Menorca), situadas a un kilómetro de Ciutadella, constituyen un espectacular espacio, esculpido por el hombre, para extraer las calcarenitas del Mioceno (conocidas como "*marés*"), de mayor o menor grado de cementación, con muy buenas características para uso ornamental y para tallar bloques para la construcción, que se han empleado desde la cultura megalítica (periodo tayalótico) hasta la actualidad.

Tras dos siglos de explotación la actividad en estas canteras cesó en 1994 y, ante el peligro de un mal uso, un grupo de personas de alta sensibilidad, bajo el impulso de una escultora (Laetitia Lara), constituyó la asociación Lithica, que cuenta con 300 socios y mantiene contactos con otras entidades del resto de Europa con intereses comunes. A través de esta asociación se ha conseguido materializar un proyecto de rehabilitación, que ha evitado la desaparición o degradación de tan singular patrimonio.

Ahora aquí se localiza uno de los principales monumentos etnológicos del patrimonio histórico menorquí, donde la roca se hace magia y armonía. No es de extrañar, por tanto, que Arribas (2002b) se haga la siguiente pregunta con respuesta obvia: “¿Cómo cuestionar la belleza de la nítida geometría de las canteras de marés de Ciudadela, en Menorca?”

Lithica, asociación cultural constituida con el objetivo principal de preservar, restaurar y rehabilitar las canteras de marés, las alquiló en 1995 y, con el apoyo del Consell de Menorca, se han limpiado y acondicionado para recibir visitas. Esta Asociación, que tiene su sede en la cantera, incluye entre sus actividades desde el estudio y difusión de las canteras entendidas como arte (esculturas en negativo), hasta su utilización multidisciplinar: talleres y cursillos; aprovechamiento de su microclima protegido de los vientos, propicio para la conservación y reproducción de la flora y la fauna menorquina, o conciertos (Miquel Ramis, in <http://www.artifexbalear.org/lithica.htm>). Es interesante destacar que las condiciones acústicas son inmejorables, tanto para los que escuchan el concierto (dentro de la cantera) como para los que no quieren escucharlo (fuera de ella).

Existe la propuesta (Miquel Ramis, in <http://www.artifexbalear.org/lithica.htm>) de creación de bodegas (“Celler”), en las **canteras de Santanyí** (Menorca). Se trata de una serie de explotaciones pequeñas, bajo una ligera capa de suelo rojizo, que no suelen sobrepasar los 300 m de extensión, y cuya profundidad no sobrepasa los 4 m, por lo que son, sin duda, espacios adecuados para depósitos de agua, con suelo y paredes de piedra, que ahorran cimentaciones y muros, pero también son adecuado para bodegas abovedadas, cubiertas por un suelo de tierra, que no sólo evita el impacto visual, sino que proporciona protección térmica perfecta para el almacenamiento de vinos. Pero existen otras posibilidades para aprovechamiento de estas canteras, en las que la roca se corta con hilo adiamantado: pistas de paddle o de tenis, rocódromo, espacios para la práctica de rappel y tirolina, etc. Igualmente la propuesta se extiende a empleo para actividades generadoras de ruido o polvo, teniendo en cuenta que las paredes actúan como pantalla acústica: pista de trial, discoteca de verano al aire libre, talleres de artesanía de la piedra,...

En todo caso la espectacular visita permite observar las canteras artesanales, con más de doscientos años de antigüedad, y las canteras modernas, mecanizadas, que empezaron a explotarse a mediados del siglo XX con utilización de sierras circulares. En el recinto también se encuentra un circuito botánico, que incluye un vivero para la producción de plantas autóctonas.

Por otro lado, durante los meses de julio y agosto las Canteras de s'Hostal acogen diversas actividades culturales, como cine, conciertos, danza y fiestas temáticas.

José Lorenzo Agudo

VALORIZACIÓN DE UNA VIEJA CANTERA CONSTRUYENDO UN AUDITORIO ABIERTO

En Gerena, localidad de casi 6000 habitantes situada a 25 km al noroeste de Sevilla, se ha aprovechado una vieja cantera que se había quedado en el núcleo de la población, recuperándola como espacio cultural, construyendo en la misma un auditorio.

Se trata de un auditorio municipal de verano, al aire libre (en términos mineros diríamos “a cielo abierto”), con un aforo de 700 personas, y que se conoce con el nombre de auditorio de “La Rodadera”. En él se celebran sesiones de cine y teatro de verano, veladas flamencas, programas musicales, conciertos jóvenes, certámenes y encuentros de bandas, coros, etc. Precisamente los últimos años se viene efectuando en el mismo, el certamen de grupos andaluces noveles denominado Cantera Rock, que toma el nombre del espacio del que procede el auditorio, al mismo tiempo que hace referencia al propósito de apoyar la creación musical joven.

El trabajo de las canteras, fundamentalmente de granito (serían probablemente los granitos nacionales más sureños), ha sido desde antiguo uno de los recursos económicos de Gerena, teniendo dos periodos de auge. Uno en la época imperial romana, aportando materiales para la construcción de Itálica. Otro en la segunda mitad del siglo XIX y primera del XX, especialmente el entorno de los años 20, con el impulso de las obras públicas, aportando adoquín y bordillo para pavimentos de casi todas las capitales andaluzas, así como otras piezas mayores. Estos materiales se sacaban mediante un ramal a Gerena construido al efecto, e inaugurado en 1911, del ferrocarril minero de Mina La Caridad en Aznalcollar hasta el Guadalquivir. Estos granitos se encuentran por ejemplo en Itálica, pavimentos de Sevilla, columnas que circundan su catedral y Alameda de Hércules. Con el tiempo, el trabajo del granito dejó de ser rentable por su gran dureza, razón por la que prácticamente llegó a desaparecer.

Por otra parte debe mencionarse que también el Ayuntamiento recuperó el año 2001 otra vieja cantera conocida como El Berrocal (que se venía utilizando como vertedero incontrolado) convirtiéndola en una zona de esparcimiento con una laguna natural, más de 300 árboles y plantas, barbacoas y merenderos.

Una rehabilitación de una antigua cantera, con importante valor añadido, es la que se ha realizado en el entorno de la ciudad de Cuenca, con la construcción de un Teatro-Auditorio, como espacio multiuso, tras un acuerdo de colaboración entre el Ministerio de Cultura, la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, la Diputación Provincial y el Ayuntamiento de Cuenca. Este auditorio fue inaugurado el 6 de abril de 1994, en un acto presidido por S.M. la Reina Sofía.

La antigua cantera, vinculada a las obras de construcción del Palacio de la Diputación Provincial, comenzó a explotarse a finales del siglo XIX (información aportada por José Luis Muñoz, Director del Teatro-Auditorio de Cuenca). Se localiza en la falda del Cerro del Socorro, a cuyo pie discurre el río Huécar (que movió un antiguo molino harinero), dando frente a la ciudad antigua. La cantera estuvo activa hasta mediados del siglo XX, produciendo la profunda hondonada aprovechada para la construcción del teatro-auditorio. La declaración oficial que protege al casco antiguo de la ciudad, y a las hoces de Cuenca (1963), movió al Ayuntamiento a decretar el cierre definitivo de la cantera.

Tras un largo periodo de discusiones sobre el destino a dar a este espacio, en el que hubo diversas y en ocasiones divertidas propuestas, se adoptó finalmente la decisión de construir el teatro-auditorio.

El proyecto es obra del arquitecto José María García de Paredes, que falleció durante la construcción de la obra y que, con anterioridad, había diseñado edificios para espectáculos musicales tan notables como el Auditorio Nacional de Madrid o el Palau de la Música de Valencia.

Por una amplia escalera se accede a la plaza mirador, de grandes dimensiones, en la que se alza la fachada principal acristalada, que permite la contemplación del impresionante espectáculo del caso antiguo de la ciudad, sobre el espectacular tajo.

La claridad es la nota dominante de este teatro-auditorio, con amplios y luminosos vestíbulos. Las dos salas forman, igualmente, espacios acogedores y cómodos, a la vez que funcionales. La Sala Uno se distribuye en varios sectores y niveles, que permite la celebración de congresos, actos institucionales, conferencias, conciertos de cámara o sinfónicos, teatro, ópera, zarzuela, ballet,... La Sala Dos, con disposición semicircular, propia de los paraninfos universitarios, es muy adecuada para simposios, seminarios, ponencias, conciertos de cámara. La amplia dotación de espacios permite utilizar el edificio para exposiciones de cuadros, colocación de vitrinas, stands, etc.

En suma, se trata de un aprovechamiento y valorización, muy conseguida, de un antiguo espacio minero, que aporta a la ciudad las facilidades de un gran equipamiento como teatro-auditorio.

José Manuel Patricio Cuenca

En Andalucía las iniciativas de restauración, rehabilitación o regeneración de zonas degradadas por la actividad minera, han sido de la Junta de Andalucía, principalmente, a través de la Consejería de Medio Ambiente.

Las zonas más necesitadas de restauración eran las correspondientes al cinturón pirítico, donde durante milenios se han explotado sus riquezas mineras. Y los explotadores normalmente han sido colonizadores extranjeros, más interesados en extraer, agotar y abandonar el lugar.

Las actuaciones que conocemos se pueden resumir en dos clases: las que por iniciativas municipales intentan recuperar espacios urbanos y las que se integran en planes de actuación determinados por grandes áreas homogéneas, como por ejemplo la restauración de las minas de la cuenca del Odiel y sus afluentes.

Entre las primeras se van a describir los proyectos de regeneración de las áreas degradadas en tres municipios onubenses: Minas de Riotinto, El Campillo y Zalamea la Real, que se redactaron en 1999.

Entre las segundas la citada cuyo título completo es: DIAGNOSIS, PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS Y REDACCIÓN DE PROYECTOS DE RESTAURACIÓN MEDIO AMBIENTAL EN LA MINERÍA DEL ODIEL Y SUS AFLUENTES.

Cuatro son los proyectos de regeneración de áreas degradadas por la actividad minera en Minas de Ríotinto.

Aparcamiento del cementerio

La parte delantera del cementerio de la ciudad fue objeto de explotación minera (de oro), eliminándose el cerro que lo sustentaba. Cuando la explotación finalizó, fue objeto de una recuperación de este cerro, creándose con pedraplén de material inerte.

La superficie superior, plana, de ese pedraplén se utilizó como aparcamiento de descanso de camiones de las instalaciones mineras próximas y apenas quedaba espacio para el acceso al cementerio. Por lo que se necesitaba una segunda actuación, que se proyectó en 1.999.

Entonces se ordenó el recinto, estableciendo el aparcamiento de vehículos ligeros para uso del cementerio y el de camiones, de mayores dimensiones, próximo a la carretera de acceso. La división se marcó con arbolado, se estableció la jardinería junto al cementerio. Se creó un paso peatonal perimetral con uso de mirador, se cuidó la estética desde el recinto y desde el exterior hacia la alta explanada.. se restituyó con dignidad un lugar para la otra vida.

Vías verdes

Dos de las actuaciones pretendían recuperar para vías verdes peatonales las plataformas de ferrocarril, ya inexistentes, que habían servido como terrenos degradados ocupados por vertederos ocasionales.

La llamada vía verde de antiguo trazado es de 700 m, se inicia en la antigua carretera hacia El Campillo, se dirige hacia el Cuartel de la Guardia Civil y después pasa junto a un Colegio Público y finalmente lo hace junto al Instituto de Formación Profesional Minera. La actuación borró las ruinas de las antiguas infraestructuras que quedaban (arquetas, topes, zanjas de vías...), limpió los escombros y puso en valor las especies de pinos existentes, desembarazados de la maleza, desaguando elegantemente a su paso por el arroyo y sirviendo de hermoso entorno boscoso, al cuartel, al colegio y al instituto.

La recuperación de la vía verde era la otra actuación sobre 600 m de otro tramo de antiguo ferrocarril minero. Se desarrolla junto a la carretera, se inicia a la salida del casco urbano y termina en la Piscina Municipal. En el primer tramo se adocenta y se invita al peatón a separarse de la carretera y adentrarse en un hermoso bosque que, aunque paralelo al vial, consigue olvidar su proximidad y subir y bajar y torcer y girar solo guiado por un rústico afirmado de albero inmerso en un arbolado propio, de coníferas, que se había mantenido y autoregenerado.

Área de descanso

En la pedanía de La Dehesa al Norte de la ciudad, en la margen derecha de la carretera hacia Minas de Ríotinto existía un lugar con ruinas de antiguas edificaciones pequeñas, con escombros dispersos y que llamaba la atención por encontrarse tirados cerchas y perfiles laminados de estructura metálica y que, sin embargo, conservaba un denso arbolado que se autoreproducía. La actuación consistió en limpiarlo de escombros, ruinas y estructuras abandonadas, despejar el lugar y abrirlo al ciudadano al que le entran ganas de parar y gozar de la belleza natural del lugar.

Tres son los proyectos de regeneración de áreas degradadas por la actividad minera en El Campillo:

Antigua estación de ferrocarril.

Abandonada junto a la carretera A-461 (Nerva – Mina de Riotinto- El Campillo – Zalamea la Real), en la antigua estación se podían distinguir dos zonas. La más occidental que contenía el edificio de estación, al pie de un escarpado de roca donde se habían vertido residuos, que fue preciso retirar (el edificio demasiado cerca de la carretera y con la marquesina en estado ruinoso

era peligroso darle un uso público). Y la zona oriental que correspondía a un pequeño prado donde se mantenían antiguas dependencias de la estación entre arbolado y vegetación desordenada y con acceso directo a la ciudad por el Norte.

La actuación se centró en crear un parquecillo o jardín público en la zona oriental, cercado con valla de madera por el lado de la carretera y que impide el paso a la zona occidental.

Entre carretera y vallado se proyecta un recio seto de alibustre, que distingue el dominio de la carretera del de uso peatonal y lo defiende de aquélla, separándolo de la carretera los tres metros de dicho dominio. Se establecieron tres niveles de terreno. El más bajo algo superior a la carretera, el intermedio al nivel del edificio que se conserva y el más alto que es el de acceso a la calle D. Manuel. Se restaura el brocal del pozo, se planta el jardín en base al arbolado existente y se incorpora a la ciudad.

Ordenación de parcela de acceso.

Era un vertedero de inertes enrasado con la carretera y la calle de acceso a la ciudad desde la carretera, que constituyen dos de sus bordes. El tercer lado correspondía a la arista superior del talud del vertedero de 8 m de altura.

La actuación se centró en el correcto sellado del vertedero, garantizar la estabilidad del nuevo talud, que se abancaló, asegurar el desagüe al pie del vertedero, cercar el recinto del lado de la carretera y de la calle e impedir el acceso de vehículos y plantar el talud con arbustos.

En la plataforma superior el uso que se crea es el de una zona ajardinada con un motivo central que es un arenero circular para recreo infantil con un gran árbol de sombra en su centro. Se completa con parterres, con arbolado en los lados que dan al arenero...

Mirador

La tercera actuación que se ubica fuera del casco urbano, aunque próxima a él, corresponde a un pequeño vertedero situado en alto y que se acondicionó como mirador. Ya que el paisaje que se disfruta es amplio y lejano y muy hermoso.

Las dos actuaciones de Zalamea la Real se sitúan en la periferia del casco urbano y al igual que las anteriores recogían las necesidades urbanísticas de cada zona y cumplían el planeamiento vigente:

Entorno de la antigua estación

Se pretendía, como primera fase, sanear el entorno de la antigua estación ferroviaria, donde la Consejería de Medio Ambiente tenía previsto instalar una planta de transferencia de residuos de construcción.

La actuación consistió en adecentar y acondicionar el camino desde la carretera nacional N-435 y una explanada intermedia que se había utilizado como vertedero de inertes mineros y últimamente con residuos de construcción, y sanear dentro de la antigua estación el recinto, incluido la demolición de un edificio ruinoso irrecuperable, de modo que quedaba urbanizado para instalar, en segunda fase, la planta de transferencia planeada y hoy en funcionamiento.

Zona de Matadero

Se quería eliminar un vertedero incontrolado situado en el borde de esta zona de la ciudad, junto a un pequeño núcleo de viviendas, e impedir que volviera a tener ese uso actual que se había extendido y dispersado (el primitivo terraplén lo fue de inertes mineros). Se proyectó cercar la zona de vertido e impedir a los vehículos su aproximación. Todo ello tras recoger los vertidos dispersos y limpiar y sellar los vertidos de terraplén. Los vertidos recogidos, como en todas estas actuaciones anteriores, se llevaron al vertedero controlado de Nerva, que es el de esta región minera.

5.4 Rehabilitación de espacios mineros

José Gerardo Cabezas Tejero, L. Serrano, P. Delgado y M.C. Lobo

En las explotaciones de áridos (especialmente en las graveras), se producen cantidades importantes de lodos residuales, que pueden ser utilizados para la rehabilitación de suelos degradados. Un buen ejemplo lo ofrece la gravera "El Castillo" (Talamanca del Jarama, Madrid), propiedad de Procosanz Áridos, S.A., con la colaboración del Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA), de la Comunidad de Madrid y Lodos Secos, S.L., dentro de un proyecto piloto, que se vienen desarrollando desde el año 2004, a través de un convenio de colaboración, cuyo eje principal es la utilización de residuos para la restauración de suelos.

En esta explotación existía un problema relacionado con la gestión de los lodos procedentes del lavado de áridos, con una superficie ocupada por balsas de almacenamiento de 50.000 m², procedentes de la producción 2.000 m³/día de lodo, de composición fundamentalmente arcillosa, con una concentración de sólidos de 50 gr/l.

Estas balsas pueden presentar problemas de estabilidad, suponen un riesgo para las personas y la fauna, y pueden afectar a los cursos fluviales o zonas de interés ambiental. Además, estas balsas afectan a grandes superficies, dilatan en el tiempo el proceso de rehabilitación, incrementan el impacto visual de las explotaciones y conllevan elevados consumos de agua.

Por todo ello, se decidió aplicar un proceso de separación de las fases líquido-sólido de los lodos, procedentes del lavado de áridos, evitando la necesidad de balsas de almacenamiento, recuperando del 80 al 90% del agua, y obteniendo un "lodo seco" con características texturales adecuadas para su reutilización en la rehabilitación de zonas degradadas en la explotación (Delgado, 2005).

Es de destacar que la granulometría fina de los lodos procedentes del lavado de áridos (con ausencia de componentes tóxicos), es adecuada para su utilización en la rehabilitación de emplazamientos con suelos arenosos, de granulometría más gruesa, en las propias explotaciones.

Por otra parte esta reutilización de lodos permite rellenar huecos resultantes de la explotación, y su aplicación en suelos degradados, en simultaneidad con la extracción de material, en otros lugares, en una minería de transferencia.

La rehabilitación se completa con la realización de siembras de cereales, con el objetivo de devolver los terrenos explotados al uso anterior a la actividad minera, en este caso, el agrario. En este sentido, basta un par de años, tras la aplicación de los lodos y la realización de siembras de cereales, para obtener cosechas con rentabilidad económica.

En determinados sectores, más próximos a las riberas de los cauces fluviales, las siembras se han sustituido por plantaciones de especies adaptadas a estos ecosistemas riparios, como son los chopos o tarays.

La aplicación previa a las plantaciones del lodo permite aumentar la capacidad de retención de agua (sobre todo en terrenos arenosos, como son los existentes en las explotaciones de áridos), disminuyendo las necesidades de riego, factor fundamental a tener en cuenta para el éxito de la repoblación.

Tras las respectivas revegetaciones con cereales y especies arbóreas, la situación final de la zona rehabilitada adquiere un aspecto como el que se refleja en la: en primer plano aparece la zona sembrada de cereal, y al fondo la vegetación introducida en la zona de ribera, previa aplicación del lodo seco.

Asimismo, es importante recalcar otro aspecto ambiental, que condiciona la gestión cotidiana de esta explotación de áridos, cual es la inclusión de sus terrenos dentro de la Zona Especial Protección de Aves (ZEPA) "*Estepas cerealísticas de los ríos Jarama y Henares*" (código: ES0000139). En esta ZEPA se encuentran especies de interés faunístico, como la avutarda (*Otis*

tarda), aguilucho cenizo (*Circus pygargus*) y aguilucho pálido (*Circus cyaneus*), siendo la primera de ellas objeto de seguimiento en la explotación, a través de diferentes planes incluidos entre las medidas correctoras derivadas de la Evaluación de Impacto Ambiental.

De la misma forma, dentro de la explotación se adoptan una serie de medidas preventivas, para evitar posibles efectos perjudiciales en la avifauna, que llegan al extremo de parar la actividad extractiva en las épocas de cría de la avutarda, compatibilizando la actividad minera con objetivos ambientales, sin afectar de forma significativa a la vida animal.

Además, la presencia de la ZEPA condiciona el uso posterior de los terrenos rehabilitados y, por tanto, el diseño de toda la rehabilitación. En este sentido, se busca la valoración agraria de los terrenos, mediante siembra de gramíneas y leguminosas, para la creación de una estepa cerealística, que sirva de refugio y hábitat para el desarrollo de las avutardas. Incluso en la propia elección de las especies herbáceas para la siembra, se eligen aquellas que, como la veza, pueden servir de alimento para estas aves.

Por último, se puede resaltar que se ha desarrollado un proyecto piloto, de recuperación de suelos degradados, en parcelas de ensayo, dentro de los terrenos de la gravera, mediante aplicación del lodo procedente del lavado de áridos de la gravera, junto a distintos tipos de lodos de depuradora de aguas residuales, y posterior introducción de especies vegetales autóctonas herbáceas y arbustivas (Lobo, *et al.*, 2006).

En este sentido se puede señalar que los lodos procedentes del lavado de áridos, que son adecuados para la rehabilitación de suelos arenosos, carecen, sin embargo, de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio (macronutrientes indispensables para el desarrollo vegetal), lo que condiciona su utilización en procesos de restauración. La enmienda de estos lodos de áridos con un material rico en materia orgánica y nutrientes, como son los lodos de depuradora de aguas residuales urbanas, no sólo proporciona un material final que aúna las ventajas de ambos tipos de residuos sino que además:

- ↪ se evita una fuente potencial de contaminación y se reducen los costes de construcción y mantenimiento de vertederos controlados o balsas de almacenamiento, y
- ↪ se aprovechan recursos de bajo coste para mejorar las propiedades físicas de los suelos e incrementar su fertilidad, con el fin inmediato de mejorar su capacidad para acoger una cubierta vegetal (natural o implantada).

Los residuos empleados en la restauración de estos suelos han sido los siguientes:

- ↪ Dos lodos de depuradora sometidos a dos tratamientos distintos:
 - Lodo tratado por secado térmico a dos dosis (ST1 y ST2).
 - Lodo compostado con restos de poda a dos dosis (CP1 y CP2).
- ↪ Lodo procedente del lavado de áridos de la gravera (LG).

Es así que se ha mezclado el lodo procedente del lavado de áridos, con los dos tipos de lodos de depuradora (LG+CP y LG+ST).

En la se muestra la aplicación de los residuos con la maquinaria de la explotación, reduciendo considerablemente el coste asociado a la misma. Tras la aplicación de los residuos en superficie es conveniente su incorporación en el suelo, para reducir los posibles efectos negativos de los lodos (por ejemplo, generación de olores), y favorecer su descomposición, acelerando de esta forma el aporte de materia orgánica y nutrientes. La incorporación se hace con maquinaria agrícola (arado, cultivador, etc.), ya que la maquinaria propia de las explotaciones mineras no permite realizar estas labores.

Tras la incorporación de los lodos se lleva a cabo una restauración gradual de la vegetación autóctona de la zona. En todo caso se ha tratado de imitar la dinámica sucesional de la vegetación, iniciando la colonización del suelo mediante introducción de especies herbáceas, y

posterior implantación de especies arbustivas (*Retama sphaerocarpa L.*). De esta forma, una vez mejoradas las condiciones del suelo, y tras una evolución continuada del mismo, en el futuro, cuando las condiciones edáficas lo permitan, podrá introducirse vegetación de carácter arbóreo.

En la se muestra gráficamente la respuesta de la vegetación, antes incluso de enterrar los residuos en el suelo, y sin haber realizado siembra alguna. La cobertura herbácea procede de las especies autóctonas presentes en los alrededores, o en el propio banco de semillas del horizonte superior del suelo.

Los resultados preliminares, del ensayo de rehabilitación, muestran una mejora en los contenidos de materia orgánica y nutrientes de los suelos, así como en las propiedades físicas, tras la aplicación conjunta de los lodos, lo que se traduce en un incremento significativo de la cubierta herbácea, así como de la biomasa vegetal, primer paso en el proceso de recuperación del suelo y del emplazamiento degradado.

Con todo ello se consigue que los tratamientos ensayados se ofrezcan como una práctica favorable para la rehabilitación de emplazamientos degradados por la actividad minera, con dos efectos positivos interconectados (Cabezas, *et al.*, 2003): mejora de las características del suelo, y respuesta favorable de la vegetación (aumento de cobertura y biomasa).

Por otra parte la aplicación de lodos residuales puede sustituir, en parte, a la necesidad de importación de suelos fértiles, de siembras, e incluso, si se optimizan adecuadamente las labores, permite reducir los costos de rehabilitación o restauración.

Además, la aplicación del lodo procedente del lavado de áridos de la gravera, mezclados con lodos de depuradora, constituye un material muy interesante para la rehabilitación de suelos, al integrar las ventajas de ambos tipos de materiales.

En todo caso se requiere un seguimiento del ensayo, a largo plazo, para evaluar con más precisión el efecto de la incorporación de estos residuos en los suelos.

5.5 Rehabilitación de escombreras

En la actualidad son cada día más los esfuerzos que las empresas mineras realizan en la rehabilitación del entorno y, de manera especial, en las escombreras y depósitos de estériles.

La mayor parte de las veces prima el uso naturalístico, con vegetación autóctona, pero con posibilidad de complementariedad con otros usos. En este sentido hay que destacar que la cubierta vegetal permite, además de obtener otros beneficios, estabilizar los terrenos sin consolidar, reducir la erosión, recuperar la producción biológica del suelo, porter los recursos hídricos y favorecer la integración paisajística (Gil *et al.* 2003). Pero, en cualquier caso, es necesario emplear vegetación autóctona, para no alterar equilibrios biológicos.

En todo caso las características del suelo pueden ser el principal factor limitante para el desarrollo de la vegetación. El profesor M. Kent (*in* Gil, *et al.* 2003) clasifica la dificultad de los substratos para la vegetación. En primer lugar están los materiales vinculados al carbón, después estarían las escorias de fundición, residuos de pizarreras, de minería metálica, de canteras, de yacimientos de arcillas para ladrillos, de explotación de turberas, de minas de caolín, de minas de hierro, residuos de fábricas químicas, cenizas de fuel pulverizadas y areneras (no encontramos otros residuos como los de las minas de sales evaporíticas y los de minas de sulfuros complejos).

Un buen ejemplo de anticipación a lo que va a ser la rehabilitación de los depósitos de estériles lo ofrece el **Proyecto Las Cruces (Sevilla)**, en el que se ha diseñado un Plan de Rehabilitación basado en un proceso continuo de tratamiento progresivo, desde el comienzo de la excavación, y simultáneo con el desarrollo de la explotación, planteado de manera que las escombreras tengan morfología naturalizada, integrada en el paisaje, con alturas limitadas (máximo de 45 a 50 m sobre la superficie del terreno) y pendientes suaves (14°).

Este relieve creado posibilitará los futuros usos del suelo, una vez concluida la operación minera; dentro del marco del desarrollo sostenible; el espacio restaurado ofrecerá las máximas

posibilidades para futuros usos alternativos, con recuperación y mejora de la biodiversidad (reintroducción de flora autóctona, vegetación riparia en cauces desviados, etc.).

La altura y la pendiente del talud de las escombreras son los factores determinantes en el impacto visual y en el futuro uso del suelo. Mayor altura y talud reducen los costes (menor distancia de transporte y menor superficie ocupada), pero imponen mayor impacto visual y menor aprovechamiento del suelo.

El Plan de Rehabilitación de todo el espacio afectado, en el **Proyecto Las Cruces (Sevilla)**, se ha planteado con el concepto de optimización del futuro aprovechamiento del suelo, tras el cese de la actividad minera, con orientación hacia el uso naturalístico, con vegetación autóctona, y posibilidad de complementariedad con otros usos. Todo ello dentro de un conjunto de actuaciones de rehabilitación que favorecerán la biodiversidad ecológica de esta zona. Este plan comienza con el inicio de la fase de construcción del proyecto, en el año -2, y continúa durante toda la vida de la operación minera.

Con esta actuación el relieve creado posibilitará los futuros usos del suelo, una vez concluida la operación minera; en todo caso el espacio a rehabilitar se ha diseñado con las máximas posibilidades para futuros usos alternativos, y con recuperación y mejora de la biodiversidad. La rehabilitación, al final del Proyecto, se habrá extendido a unas 1.100 ha (actualmente de terreno agrícola despoblado), en las que se habrán implantado usos de mayor interés ambiental.

La estrategia de rehabilitación es progresiva y continua, de tal manera que sólo una pequeña parte de los estériles de tratamiento y de mina estará expuesta al aire, a lo largo de la operación, y en la clausura sólo quedará por completar una pequeña parte de la rehabilitación, que minimizará el impacto visual, reducirá la superficie perturbada, y facilitará el desarrollo tras la clausura de la mina, optimizando los futuros usos del suelo y mejorando el hábitat ecológico y los recursos hídricos.

Como medida complementaria de protección, a partir de un determinado momento, parte de las margas se emplearán en el relleno de fondo de mina (minería de transferencia), para aislar y proteger al acuífero, actuación que se completará en la fase de clausura, reduciendo así la superficie ocupada por las escombreras de margas.

El Plan de Rehabilitación proyecta, una vez finalizada la explotación, la creación de un hueco, con posibilidad de diferentes usos, de acuerdo con la demanda que en ese momento se justifique prioritaria (lago de 60 Hm³ de agua de calidad, almacenamiento de residuos inertes, etc.). Previamente, parte de las margas extraídas retornarán a la corta, para recubrir las rocas paleozoicas del fondo y el acuífero subhorizontal suprayacente, con el objeto de sellarlo.

En el Plan de Rehabilitación, planteado con el concepto de optimización del futuro aprovechamiento del suelo, tras el cese de la actividad minera, se propone la opción de uso naturalístico para todo el depósito de estériles. Este plan, que se ha comenzado con el inicio de la fase de construcción del Proyecto y que continuará durante toda la vida de la operación minera, tiene como elementos clave los siguientes:

- ↪ perfilado de las escombreras, para su naturalización,
- ↪ recuperación del suelo vegetal, para su uso en la rehabilitación,
- ↪ minimización de las áreas perturbadas, simultaneando la rehabilitación,
- ↪ relleno del fondo de la corta con margas hasta aislar el acuífero, y
- ↪ finalización de la rehabilitación.

De esta forma:

- ↪ más del 25% de la rehabilitación permanente se realiza antes del comienzo de la producción,
- ↪ casi el 40% de la rehabilitación permanente se termina en los primeros años de la fase de producción,
- ↪ las barreras visuales al Norte y al Este del área minera se terminan y revegetan durante el año -2,

- ↪ el material inerte de las margas se usará para encapsular los estériles piríticos del tratamiento y los estériles mineralizados de la mina, para impedir la generación de aguas ácidas,
- ↪ los materiales inertes de margas y areniscas se dispondrán como relleno en la corta, durante la fase de producción, para reducir la superficie de escombreras,
- ↪ parte de margas inferiores y areniscas retornan a la corta como relleno, al final de la producción, reduciéndose la superficie final ocupada por las escombreras (este relleno alcanza la cota mínima de -85 m b.n.m. para asegurar el aislamiento del acuífero), y
- ↪ el 22% del material extraído se remueve con fines medioambientales, incluyendo el encapsulamiento final de los estériles de tratamiento y de los estériles de mina, así como el relleno de corta.

Elías García Fernández y David Lorca Fernández

La Dirección General de Energía y Minas, de la Junta de Castilla y León ha acometido, entre los años 2001 a 2005, una serie de actuaciones encaminadas a corregir y mitigar los impactos producidos por antiguas labores mineras del carbón, ya abandonadas, en la Comunidad Autónoma, que suponían riesgos para las personas y animales y afectaban al entorno.

En primer lugar se realizó un inventario completo de las zonas de potencial riesgo, que tenía como principal objetivo localizar y valorizar los diferentes elementos de riesgo, obteniéndose una clasificación que priorizaba el orden de las actuaciones a desarrollar, según el grado del riesgo evaluado. Toda la información se integró en un Sistema de Información Geográfica.

Con esta base se seleccionaron 41 actuaciones, localizadas principalmente en León y Palencia, elaborándose los Proyectos Básicos de Actuación específicos. Entre 2001 y 2005 se han invertido 4.995.719,21 €, procedentes de los fondos del Plan del Carbón, así como de recursos propios aportados desde la Junta de Castilla y León.

Los trabajos se han encaminado a eliminar riesgos y rehabilitar el entorno, tanto de labores mineras como de escombreras y apiles abandonados, intentando además contribuir a la mejora medioambiental del entorno, evitando, en la medida de lo posible, la degradación estética del paisaje, y favoreciendo el uso racional de las áreas afectadas.

Como principal criterio de selección de las actuaciones se consideró el grado del riesgo para las personas y animales, considerando la naturaleza de los elementos causantes de dicho riesgo, teniendo en cuenta la magnitud de la actuación requerida, la proximidad a núcleos de población y el acceso al área afectada.

Se ha procurado en todas las actuaciones respetar las infraestructuras y servicios existentes (conducciones de agua, electricidad, telecomunicaciones, viales, etc.), además se ha procurado evitar que se puedan producir deslizamientos o desprendimientos de tierra, colocando canales perimetrales y cunetas.

Las actuaciones de eliminación de riesgos han incluido: demolición de edificios e infraestructuras abandonadas o en desuso; cierre y sellado de bocaminas; relleno de cortas, calicatas y huecos; eliminación, remodelado y perfilado de escombreras; acondicionamiento superficial y siembra; desecación o eliminación de balsas; acondicionamiento de cauces; instalación de escolleras y muros filtrantes; diversas actuaciones en fuentes y manantiales; creación de desagües y recogida de lixiviados; apertura y mejora de accesos y viales; construcción de bermas de protección; plantaciones arbóreas; señalización del entorno; limpieza y reducción del impacto visual.

En todo caso se ha tenido en cuenta la conservación de los elementos que pueden representar un valor como patrimonio arqueológico minero, aunque siempre primando las condiciones de seguridad. Todos los trabajos han intentado conseguir la mayor recuperación de materiales reciclables posible, procediéndose a la adecuada gestión de los residuos, en cada caso. Cuando ha sido posible se han reutilizado los materiales generados.

Juan Luis Delgado Fernández

Un aspecto importante es el relativo al seguimiento evolutivo de flora y fauna en las escombreras recuperadas. En este sentido nos podemos referir a las escombreras de Lignitos de Meirama S. A., correspondientes a la explotación a cielo abierto de un yacimiento de carbón (lignito pardo), que realiza desde el año 1980 en el valle de Meirama, para abastecer a la Central Térmica de 550 MW, situada a bocamina.

Con los aproximadamente 160 millones de metros cúbicos de estériles, se han formado dos escombreras, una de interior en la zona ya explotada del yacimiento y otra exterior situada a unos tres kilómetros de distancia.

En estas escombreras, tras el apilado del estéril, se han realizado las labores de rehabilitación (desde el año 1982), con la preparación del terreno previa a la revegetación, incluyendo las siguientes labores:

- ↳ Configuración topográfica, para disminuir la erosión, facilitar el drenaje natural de las aguas superficiales y conseguir la integración armoniosa en el paisaje natural circundante.
- ↳ Tratamientos de la capa superficial del suelo, para proporcionar buen drenaje al terreno, con descompactación del sustrato donde se va a instaurar la vegetación, para permitir un correcto desarrollo del enraizamiento.
- ↳ Enmiendas edáficas, de acuerdo con las condiciones físico-químicas de los estériles de superficie y los requerimientos de las especies vegetales a plantar, mediante aplicación de una serie de enmiendas para corregir las deficiencias que de cada sustrato. De entre todas ellas, podemos destacar la aplicación de enmiendas calizas (para corregir la acidez) y la aplicación de fertilizantes (abonos complejos NPK de los tipos 8-24-16 y 15-15-15, entre otros).

En una primera fase se han utilizado mezclas de semillas, seleccionadas en función de las características del sustrato, la ubicación de la zona a revegetar, la época de siembra, etc. En general, se han seleccionado gramíneas (*Lolium multiflorum*, *L. perenne*, *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*, etc.), acompañadas de leguminosas herbáceas (*Trifolium repens*, *T. pratense*, *Vicia sativa*, etc.). En taludes y otras zonas con cierta pendiente, a estas mezclas se le han añadido especies arbustivas, para mejor fijación del sustrato (por ejemplo, *Ulex europaeus* y *Cytisus striatus*).

De las especies vegetales seleccionadas, para la revegetación inicial, los mejores resultados se han obtenido con las gramíneas perennes más rústicas, adaptadas a las condiciones ambientales locales, por su mejor capacidad de formar macollas duras (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*,...). Es importante destacar el favorable desarrollo del *Trifolium repens*, de entre todas las leguminosas sembradas.

Una vez instalada esta primera cubierta vegetal, se ha estudiado su evolución, analizando la permanencia de la plantación, una vez germinada, y la colonización espontánea de especies autóctonas. Se ha seguido con una fase de desarrollo, una vez generalizada la colonización, en la que se ha comprobado el claro predominio de las especies autóctonas sobre las sembradas; la invasión de especies vegetales espontáneas se ha producido con gran rapidez, favorecida por la estabilización y estructuración del suelo, conseguida con la siembra de herbáceas comerciales. La diversidad de especies colonizadoras autóctonas se ha visto incrementada proporcionalmente a la antigüedad del suelo, alcanzándose valores elevados a partir del cuarto año tras la rehabilitación.

La sustitución de especies vegetales sembradas por las autóctonas tiene lugar de forma paulatina, aunque rápida, predominando claramente a partir del quinto o sexto año. En esta fase, las formaciones de matorral se han revelado como comunidades con gran poder invasor de estos

suelos, y con la mayor capacidad recuperadora y estabilizadora del terreno. Así mismo, las comunidades arbóreas se han establecido con gran rapidez, al borde de las líneas de agua, apareciendo al cabo de pocos años como auténticos bosques de ribera.

Finalmente, en una última fase, de madurez, con el hábitat estabilizado, se han acometido actividades complementarias, como implantación de cabaña ganadera o establecimiento de una explotación forestal.

Con respecto a la fauna se ha observado la presencia inicial de especies colonizadoras de espacios degradados y sin cobertura vegetal o muy escasa, seguida de un incremento de especies en relación directa al tiempo de antigüedad de la recuperación y a su desarrollo, encontrándose valores elevados a partir de 5-7 años.

Entre los anfibios, la primera especie en colonizar las escombreras de Limeisa es el sapo partero (*Alytes obstetricans*) y entre los reptiles la lagartija (*Podarcis bocarei*). A partir del tercer y cuarto año de la revegetación, la diversidad de anfibios se incrementa al aparecer en cantidades importantes especies propias de herbazales consolidados (como, por ejemplo, el sapillo pintojo ibérico), lográndose ya una diversidad muy alta el sexto año, con ocho especies encontradas en la escombrera interior. En esta fase, la presencia de tritones, con dos especies, el ibérico y el jaspeado, así como la rana patilarga (rana ibérica), es indicativa de la estabilización y diversidad ecológica de los encharcamientos y de los cursos de agua.

En cuanto a los reptiles, además de la lagartija, ya citada, el desarrollo de las zonas de matorral favorece la penetración de otras especies de lagartos y culebras, apareciendo ya importantes relaciones tróficas con otras comunidades de vertebrados, por la existencia de especies depredadoras de tales grupos animales, como son los ofidios.

Los valores de la diversidad de los reptiles presentan una progresión ascendente, desde una sola especie encontrada en las zonas de menos de 5 años de antigüedad, hasta alcanzar valores muy próximos a los de las zonas no alteradas los años siguientes. Este rápido incremento debe estar relacionado con la consolidación de las zonas de matorral, reflejando la gran dependencia de las distintas especies de anfibios y reptiles por las características físicas de los biotopos que ocupan, y la especificidad de algunas de ellas a determinados hábitat.

La formación de matorral, bosque de ribera o pradera natural, se revela como uno de los factores decisivos para la evolución de la fauna.

Se ha visto que, tanto en el número de especies como en los valores de diversidad obtenidos, las escombreras de la mina de Meirama se aproximan ya mucho a los de las áreas periféricas no alteradas, a partir de una antigüedad en la recuperación de 5-7 años, lo cual concuerda con los datos conseguidos en las comunidades vegetales (gramíneas, matorrales, comunidades de ribera, etc.) en esos mismos períodos. Todo esto parece mostrar una repuesta muy rápida del medio en la colonización espontánea de estos terrenos por parte de taxocenosis muy diversas, favorecida por los tratamientos de recuperación iniciales de revegetación con determinadas especies, y el apoyo a la sucesión natural en las medidas de seguimiento.

En relación con la comunidad de aves que ocupan las zonas recuperadas de las escombreras, se han diferenciado a las sedentarias y estivales, presentes todo el año o en primavera y verano, de las que sólo las ocupan durante el periodo invernal, invernantes y de paso migratorio. Entre las primeras, se han encontrado 28 especies en la escombrera interior y 16 en la exterior, destacando la alondra común y dos galliformes, perdiz y codorniz, la primera con elevada densidad, ya que cría de manera abundante al no tener presión humana, repoblando de manera natural las zonas limítrofes

Las aves invernantes y de paso migratorio, entre los meses de septiembre y abril ocupan de manera transitoria las escombreras, especialmente la exterior, por sus especiales condiciones. Entre las especies invernantes destacan la agachadiza común y la avefría que ocupan las amplias praderas, mientras en los puntos húmedos, como grandes charcas estacionales, son también importantes las poblaciones de anátidas: ánade real, ánade silbón y cerceta común. Fuera de la meseta revegetada, en las balsas de decantación y otras masas de

agua de mayor entidad, se encuentran otras aves acuáticas como garzas reales, fochas y gallinetas.

Como ejemplos de especies divagantes observadas podemos citar al sisón y la cigüeña blanca.

También, en un grupo de especies escasas y amenazadas, con riesgo de desaparición, como las aves rapaces, podemos citar como singular el esmerejón (*Falc columbarius*), un pequeño falcónido proveniente de las zonas septentrionales de Europa, que es especie invernante y sumamente rara en Galicia. La segunda especie por su rareza es el halcón peregrino, habiéndose observado unas parejas de aguilucho cenizo, una rapaz que fue abundante en Galicia y hoy es muy escasa. La rapaz más abundante es el ratonero común.

Las especies de mamíferos son casi siempre más difíciles de detectar, con métodos indirectos. Comienzan la colonización especies oportunistas, como la rata gris, el conejo y la liebre o la musaraña común. Destacamos la presencia de la liebre perteneciente a la escasa subespecie *Lepus granatensis gallaecius* y cuya colonia está siendo objeto de un completo estudio desde hace 4 años por la Universidad de Santiago de Compostela.

Actualmente se avanza un paso más, en fase de madurez, buscando la consideración de las escombreras como un sistema sostenible de funcionamiento, en el que se ha introducido un rebaño de ovejas con número progresivo de cabezas, hasta encontrar la máxima carga ganadera que puede soportar. Es de destacar la presencia de 50 ejemplares de raza ovina galega, quizá una de las mayores cabañas de la región.

Enrique Orche García y Rafael Fernández Rubio

La **Mina de As Pontes** (A Coruña), la mayor explotación a cielo abierto existente en España, presenta un excelente ejemplo de rehabilitación de escombrera, bien documentado en la publicación de Gil *et al.* (2003), de feliz título: "*Vida sobre estéril*", de la que extractamos esta información, que apoyamos con observaciones personales.

En julio de 2002 finalizó el apile de estériles en la denominada Escombrera Exterior, de esta mina a cielo abierto de lignito miocénico, situada en As Pontes de García Rodríguez (A Coruña), operada por ENDESA, con una excavación bajo casi 12 km², con profundidad máxima de más de 200 m. A partir de esta fecha, todo el estéril se deposita en el interior del hueco minero, en una actividad de transferencia.

Esta escombrera se inició en 1976, adosada a la antigua escombrera de ENCASO, que recogió hasta esa fecha los estériles de la explotación. Su ubicación se corresponde con los valles de los arroyos Almigonde y Sumerio, que albergaban diseminados una veintena de núcleos de población y algunas casas aisladas, población que fue trasladada a núcleos del entorno.

Casi toda la zona se encontraba recubierta por un suelo de apenas un metro de espesor sobre roca firme, favorable para la estabilidad del lugar y especialmente idóneo para el depósito de estériles. Antes de iniciarse el apilado, se construyó un canal perimetral, de 20 kilómetros de longitud, para evitar el acceso de agua de escorrentía externa.

La escombrera se diseñó con niveles de 22 metros de altura, bermas de 60 a 100 metros de anchura y pendientes de talud de banco del 20%. A las bermas, se les dotó de una pendiente lateral del 2,5%, para facilitar el drenaje.

Esta escombrera se planificó con un criterio a largo plazo centrado en los niveles de apilado de los materiales, y en su desarrollo completo y otro a corto plazo descendiendo al detalle de cada una de las actuaciones a realizar con las apiladoras. Con ello se perseguía garantizar la estabilidad de la escombrera, conducir las aguas, controlar la erosión y facilitar la ejecución de los trabajos de rehabilitación. La escombrera fue diseñada con una morfología irregular naturalizada; suavizando los bordes y modificando la anchura de las bermas, de manera que en poco tiempo pudiera ser confundida con el paisaje no afectado por la actividad minera.

Durante toda la vida de la mina de As Pontes, el material, tanto estéril como lignito, ha sido arrancado selectivamente, con excavadoras de rodete, con un rendimiento de 3.400 m³/hora. Estas grandes máquinas descargaban a un complejo sistema de cintas, para trasladar el carbón al parque de almacenamiento y el estéril y las cenizas de la central a las apiladoras para su vertido en escombrera. Para depositar los estériles se utilizaron dos tipos de apiladoras, con rendimientos respectivos de 11.200 y 17.100 toneladas/hora. Estas grandes máquinas, a pesar de su enorme peso (1.360 y 2.700 toneladas), ejercían sobre el terreno una presión apenas 0,65 kilogramos-fuerza/centímetro cuadrado, aproximadamente la de un pie humano. Así se han apilado 720 millones de metros cúbicos, de estéril, con altura máxima de 160 metros, que la convierten en el mayor depósito artificial de tierra que existe en España, ocupando 1.150 hectáreas.

Los primeros estudios realizados, para desarrollar el proyecto de la Escombrera Exterior, pusieron de manifiesto varios problemas:

- ↳ presencia de sulfuros en los estériles, por lo que, una vez que expuestos a la intemperie y oxidación, se originarían aguas y suelos ácidos,
- ↳ naturaleza arcillosa de los materiales depositados que, como consecuencia de la propia operación de apilado y de los trabajos de nivelación con equipos pesados, producirían una compactación indeseable del terreno más superficial, y que, con un contenido de humedad en el material superior al 15%, en el momento del vertido, podía convertirlo en inmanejable.

Ante la limitada disponibilidad de tierra vegetal, y la seguridad de que gran parte de la revegetación tendría que realizarse directamente sobre los propios materiales estériles, en 1987 se inició el estudio de su idoneidad agrícola y forestal, que ha sido fundamental para la secuencia de vertido. En base a dicho estudio se consiguió definir un método predictivo sencillo, que ha permitido dirigir los materiales de los frentes de la mina a las distintas apiladoras, que descargaban el material a distintas alturas dentro de la escombrera.

A tal fin se analizó el contenido en sulfuros y la textura del estéril, parámetros de los que dependen la posibilidad potencial de producir elevada acidez, y la posibilidad de mayor o menor infiltración de agua. Con estos criterios, los materiales de peores características se han depositado en la parte interna de la escombrera, sin aflorar en superficie, encapsulados por los materiales de mejores características.

Una vez depositados los estériles de acuerdo con estos criterios, el paso siguiente ha consistido en verificar si los estériles de composición más favorable, depositados en la superficie de la escombrera, tenían calidad adecuada para poder realizar la revegetación directamente sobre ellos o si era necesario aportar tierra vegetal u otros elementos que paliasen la presencia de azufre o de texturas muy finas. A tal fin se realizaron entre 4 y 8 análisis por hectárea, totalizando más de 4.000 para el conjunto de la escombrera, que han servido de base para determinar las enmiendas necesarias y las dosis requeridas para mitigar la acidez de los estériles. Igualmente se han realizado pruebas en invernadero y parcelas de campo experimentales, sobre tipos y dosis de abonados, y capacidad de adaptación de las especies herbáceas, arbustivas y arbóreas.

De acuerdo con los resultados, a la capa superior se le ha aplicado uno de estos tratamientos: aporte de estériles seleccionados y tierra vegetal, enmienda con calizas y cenizas procedentes de la central térmica (de 1.400 megavatios de producción), y fertilización orgánica y química (purín, estiércol y lodos de depuradoras de aguas residuales urbanas, con un total de más de 27.000 m³ de abonos orgánicos, y más de medio millón de kilos de fertilizantes químicos).

El Plan de Rehabilitación se ha apoyado en estudios previos de las características agroclimáticas, edafológicas y botánicas del área circundante, definiendo a partir de ellas las especies a utilizar en la revegetación.

Tras el acondicionamiento del sustrato superficial (se han utilizado del orden de dos millones de metros cúbicos de tierra vegetal), fuese cual fuere el uso final de cualquier área de la

escombrera, el paso siguiente siempre ha consistido en la siembra de herbáceas. Así se ha logrado tapizar rápidamente la superficie, evitando su erosión, al tiempo que se ha mejorado la calidad del agua de escorrentía y la asociación de terreno y vegetación. Las herbáceas seleccionadas se eligieron por su resistencia, frugalidad, capacidad de defensa y disponibilidad en el mercado. En total se han consumido 100.000 kilogramos de semillas (hasta enero del 2002).

Sobre esta primera cubierta, en determinadas zonas de terreno, empobrecido o de elevada pendiente, se introdujo una segunda cubierta de matorral (especialmente tojo y retama), con objeto de dinamizar la evolución del suelo, creando, además, refugio para la fauna silvestre.

El tercer paso ha sido la plantación de árboles, por los beneficios que aportan al terreno, a medio y largo plazo. No obstante, antes de proceder a su plantación, se efectuó un estudio de optimización, para determinar las especies más favorables y potenciar la diversidad florística. Todos los ejemplares plantados lo han sido con cepellón (habida cuenta de los malos resultados conseguidos con ejemplares de raíz desnuda). Para obtener los plantales, ENDESA habilitó un área como vivero en el recinto de la Central Térmica, en la que se realizaron las pruebas de adaptación, y se sembraron los semilleros que darían lugar a las plantitas que, dos años después, serían trasplantadas a su ubicación definitiva en la escombrera.

En los años siguientes a la implantación de los diferentes estratos vegetales, se han realizado campañas de seguimiento, que han permitido afinar el conocimiento sobre los mismos, programando su mantenimiento, la sustitución de unas especies por otras más favorables, etc. En todo caso siempre ha prevalecido el criterio de que sobre el fin de la producción prevaleciera el de la recuperación, propiciando de esta manera la evolución edáfica.

Los tratamientos sistemáticos han sido los siguientes:

- ↪ las praderas han sido sometidas a una siega anual;
- ↪ las zonas de matorral han sido desbrozadas al tercer año de la siembra, con objeto de que la biomasa se incorporara al suelo;
- ↪ los matorrales entre líneas de árboles han sido desbrozados cada tres años, hasta que éstos han alcanzado suficiente desarrollo y pueden coexistir con aquellos sin resentirse;
- ↪ los árboles no son objeto de ningún tratamiento silvícola clásico (poda, aclarado, abonado, etc.) ya que se pretende que evolucionen de forma natural, cobijando a la fauna existente.

Así se ha conseguido que la Escombrera Exterior de As Pontes se convierta en la mayor área restaurada, en una mina española. (1.150 hectáreas), donde las herbáceas cubren el 29% de la superficie; el matorral, el 12%; el arbolado el 57% (39% frondosas y 18% coníferas); y las zonas húmedas el 2% restante. Esta abundante cubierta vegetal, de escombrera y humedales, atrae una abundante fauna, que está colonizando rápidamente el terreno. El catálogo de flora y fauna, cuatro años después de terminar su apile, y cuando aún no está completamente completada la revegetación de su superficie, se indica en la Tabla 13.

Flora	Fauna
Abedul	Aguilucho cenizo
Acacia de flor blanca	Ánade friso
Acacia de madera negra	Ánade real
Aliso	Codorniz
Anea de hoba ancha	Corzo
Arce blanco	Cuco
Castaño	Cuervo
Dactylo	Curruca

Digital	Garza real
Espino blanco	Gaviota
Eucalipto	Jabalí
Festuca alta	Liebre
Fresno	Mirlo
Pino insigne	Paloma torcaz
Pino negral	Pardillo común
Pino de Oregón	Perdiz roja
Retama	Petirrojo
Roble	Ranita de San Antonio
Roble americano	Ratón de campo
Sauce	Zorro
Serbal	
Tojo	
Trébol blanco	
Zarza	

Tabla 13. Catálogo de flora y fauna de la Escombrera Exterior de la mina de As Pontes de ENDESA (Gil *et al.*, 2003).

En todo caso hay que resaltar que, después de algunos años, las diferentes zonas revegetadas se hacen autosostenibles.

En estas escombreras, tras el apilado del estéril, se han realizado las labores de rehabilitación (desde el año 1982), con la preparación del terreno previa a la revegetación, incluyendo las siguientes labores:

- ↳ Configuración topográfica, para disminuir la erosión, facilitar el drenaje natural de las aguas superficiales y conseguir la integración armoniosa en el paisaje natural circundante.
- ↳ Tratamientos de la capa superficial del suelo, para proporcionar buen drenaje al terreno, con descompactación del sustrato donde se va a instaurar la vegetación, para permitir un correcto desarrollo del enraizamiento.

Enmiendas edáficas, de acuerdo con las condiciones físico-químicas de los estériles de superficie y los requerimientos de las especies vegetales a plantar, mediante aplicación de una serie de enmiendas para corregir las deficiencias que de cada sustrato. De entre todas ellas, podemos destacar la aplicación de enmiendas calizas (para corregir la acidez) y la aplicación de fertilizantes (abonos complejos NPK de los tipos 8-24-16 y 15-15-15, entre otros).

La formación de matorral, bosque de ribera o pradera natural, se revela como uno de los factores decisivos para la evolución de la fauna.

Se ha visto que, tanto en el número de especies como en los valores de diversidad obtenidos, las escombreras de la mina de Meirama se aproximan ya mucho a los de las áreas periféricas no alteradas, a partir de una antigüedad en la recuperación de 5-7 años, lo cual concuerda con los datos conseguidos en las comunidades vegetales (gramíneas, matorrales, comunidades de ribera, etc.) en esos mismos períodos. Todo esto parece mostrar una repuesta muy rápida del medio en la colonización espontánea de estos terrenos por parte de taxocenosis muy diversas, favorecida por los tratamientos de recuperación iniciales de revegetación con

determinadas especies, y el apoyo a la sucesión natural en las medidas de seguimiento.

En relación con la comunidad de aves que ocupan las zonas recuperadas de las escombreras, se han diferenciado a las sedentarias y estivales, presentes todo el año o en primavera y verano, de las que sólo las ocupan durante el periodo invernal, invernantes y de paso migratorio. Entre las primeras, se han encontrado 28 especies en la escombrera interior y 16 en la exterior, destacando la alondra común y dos galliformes, perdiz y codorniz, la primera con elevada densidad, ya que cría de manera abundante al no tener presión humana, repoblando de manera natural las zonas limítrofes

Las aves invernantes y de paso migratorio, entre los meses de septiembre y abril ocupan de manera transitoria las escombreras, especialmente la exterior, por sus especiales condiciones. Entre las especies invernantes destacan la agachadiza común y la avefría que ocupan las amplias praderas, mientras en los puntos húmedos, como grandes charcas estacionales, son también importantes las poblaciones de anátidas: ánade real, ánade silbón y cerceta común. Fuera de la meseta revegetada, en las balsas de decantación y otras masas de agua de mayor entidad, se encuentran otras aves acuáticas como garzas reales, fochas y gallinetas.

Como ejemplos de especies divagantes observadas podemos citar al sisón y la cigüeña blanca.

También, en un grupo de especies escasas y amenazadas, con riesgo de desaparición, como las aves rapaces, podemos citar como singular el esmerejón (*Falco columbarius*), un pequeño falcónido proveniente de las zonas septentrionales de Europa, que es especie invernante y sumamente rara en Galicia. La segunda especie por su rareza es el halcón peregrino, habiéndose observado unas parejas de aguilucho cenizo, una rapaz que fue abundante en Galicia y hoy es muy escasa. La rapaz más abundante es el ratonero común.

Las especies de mamíferos son casi siempre más difíciles de detectar, con métodos indirectos. Comienzan la colonización especies oportunistas, como la rata gris, el conejo y la liebre o la musaraña común. Destacamos la presencia de la liebre perteneciente a la escasa subespecie *Lepus granatensis gallaecius* y cuya colonia está siendo objeto de un completo estudio desde hace 4 años por la Universidad de Santiago de Compostela.

Actualmente se avanza un paso más, en fase de madurez, buscando la consideración de las escombreras como un sistema sostenible de funcionamiento, en el que se ha introducido un rebaño de ovejas con número progresivo de cabezas, hasta encontrar la máxima carga ganadera que puede soportar. Es de destacar la presencia de 50 ejemplares de raza ovina galega, quizá una de las mayores cabañas de la región.

Ernesto Franco y Francisco Molina

En 1981, y para la extracción de lignito negro a cielo abierto, ENDESA abrió la corta "Alloza" en la Val de Ariño, paraje ubicado a caballo entre los términos de Andorra, Alloza y Ariño, en el NE de la provincia de Teruel. Una región biogeográfica caracterizada por un clima semiárido y estepario.

El procedimiento de explotación utilizado, conocido como "minería de transferencia", implica en una primera fase la ejecución de un hueco inicial y una escombrera exterior, y en una segunda fase, el avance de la explotación transfiriendo el estéril que cubre el carbón al hueco de atrás ya explotado, formándose así una escombrera interior (por estar en el propio campo de explotación), de importante desarrollo al cabo del tiempo.

Previamente a la excavación del hueco inicial y de cada uno de los paneles, se recupera la totalidad de la "tierra vegetal" existente, que posteriormente se extiende, tras la adecuada conformación de las escombreras exterior e interior, para la restauración del suelo sobre las mismas y posterior revegetación.

La asignación de usos sobre los terrenos restaurados llevada a cabo en Corta Alloza, se hizo siguiendo criterios de mantenimiento de la actividad tradicional y de conservación de las peculiaridades paisajísticas, dedicándose las áreas relativamente horizontales de las citadas escombreras al aprovechamiento agrícola y ganadero (como el mosaico típico de secanos de la zona) e implantando vegetación natural arbustiva-arbórea en los taludes (como tienen los suelos de alta pendiente de la zona).

Centrándonos en el uso de los terrenos restaurados relativamente horizontales, debe indicarse que además del cereal se han efectuado plantaciones experimentales de aromáticas, frutales, olivar y viñedo, con el objeto de buscar alternativas al cultivo de cereal, haciendo partícipes de los resultados obtenidos en los distintos ensayos a los agricultores de la zona.

Y concretándonos en el viñedo, para realizar una experimentación con todas las garantías, se procedió a la firma de un convenio de colaboración con la Diputación General de Aragón en septiembre de 1996, y que se ha venido renovando, para que la misma fuera tutorada por la Estación de Viticultura y Enología de dicho organismo.

El objetivo perseguido con el establecimiento de esta parcela experimental ha sido el estudio, en los terrenos restaurados, del comportamiento agronómico (producción, resistencia a plagas y enfermedades, etc.) y también enológico (calidad del vino) de variedades de vid ya adaptadas a las condiciones climáticas de la zona, y de otras internacionales cuya adaptación no se conoce, máxime en las condiciones de suelo del ensayo.

Se decidió realizar la prueba en una superficie de 1 hectárea, ensayando la producción en vaso y espaldera, y fueron seleccionadas cinco variedades, todas tintas, dadas las condiciones climáticas: Tempranillo, Merlot, Cabernet-Sauvignon, Mazuela y Garnacha Tinta.

Tras los análisis pertinentes de suelo se eligió el patrón 1103 Paulsen, y un marco de plantación de 3,0 X 1,1 metros, lo que supone una densidad de 3000 cepas por hectárea.

La parcela, situada en el término municipal de Alloza, y a 750 m de altitud, fue plantada en 1993.

Tras el seguimiento de la maduración, la uva de las diferentes variedades y forma de conducción, se ha vendimiado y transportado a la Bodega Cava de Almonacid de la Sierra, de la estación vitivinícola anteriormente citada, donde se ha procedido a su vinificación.

Cada año, después del estrujado y despalillado de la uva, se procede a la siembra de levaduras para su fermentación como tinto, y tras la prensa y el final de la fermentación alcohólica se inoculan bacterias lácticas para realizar la degradación maloláctica. Superadas estas fases el vino formado se trasiega y se dosifica con anhídrido sulfuroso. Finalmente se valora la calidad analítica y organoléptica del mismo.

Cada mes de febrero el vino nuevo se encuba en barricas de roble americano y permanece en las mismas durante doce meses, procediéndose a una analítica completa y al embotellado de una fracción para su seguimiento y cuantificación de la evolución de su calidad en el tiempo.

En cuanto a los resultados agronómicos, puede decirse que las producciones observadas en la parcela entre los años 1996 y 2004, ambos inclusive, han variado entre 1.476 y 8.487 kg/ha, siendo el valor medio de 3.838 kg/ha, por lo que puede afirmarse que los terrenos restaurados son adecuados para la implantación de viñas.

Las variedades más productivas son Garnacha, Mazuela y Tempranillo, con producciones medias de 2,84, 2,64 y 2,42 kg/cepa respectivamente, y las menos productivas la Cabernet y la Merlot con cifras 1,43 y 1,58 kg/cepa respectivamente.

La producción en espaldera es más alta que en vaso, solo ligeramente en años secos, y sensiblemente más alta en años de buena climatología (como en 2004), en que el vigor y la producción no se vio comprometida por la disponibilidad hídrica de la planta.

Por otra parte, en cuanto a los resultados enológicos, la vinificación de las distintas variedades en los diferentes años se ha realizado correctamente, no habiéndose observado desviaciones en la fermentación, ni analíticas, ni en el carácter organoléptico.

Después de un año de permanencia en barrica la analítica de 8 años (1996 a 2003) ha permitido concluir que se trata de vinos muy correctos, de moderada graduación alcohólica (media de 12,6 grados), y de buen color y contenido fenólico (Índice Folin medio de 65,13).

Para refrendar la calidad del vino, y como ejemplo, a continuación se extractan los comentarios de una cata realizada por Jesús Flores, Director y Enólogo del Aula Española del Vino, con fecha 15/11/05 sobre el tinto "Viña Alloza, Reserva 2003":

Fase visual: Este tinto nos muestra un intenso rojo cereza picota, y en el borde expone tonos amaratados. Su aspecto es límpido, se percibe una lágrima y una fluidez adecuada.

Fase olfativa: La nariz, en fase de desarrollo, es de intensidad media. Es franco, limpio y su carácter frutal, con recuerdos de frutas negras y rojas, resulta maduro.

Fase gustativa: A la entrada es suave y en el paso de boca se muestra más seco. Su acidez le imprime frescura y su carga frutal se encuentra en un punto justo de sazón.

Comentarios: El vino sigue la línea de las anteriores cosechas mostrando un color muy atractivo. La elaboración está muy bien dirigida. Hay frescura, es fácil de beber y está bien compensado el alcohol con el resto de los componentes. La dosis de madera está bien encajada con los taninos de la fruta. Creo que con cambios en la vinificación podría conseguirse un vino más sabroso e incluso de "alta expresión", pero insisto que el vino está más que correcto.

Como conclusión, y tras diez años de ensayos enológicos, puede decirse que los terrenos restaurados por Endesa en su minería de cielo abierto en Andorra son perfectamente viables para el cultivo de la vid con objeto de producir vinos tintos de calidad.

Ricardo Castellón Montori

Otros casos dignos de resaltar de rehabilitación de escombreras son las canteras de Los Yesares y de Río de Aguas, ambas en Sorbas (Almería). La peculiaridad que da más valor a sus "activos medioambientales" es el encontrarse limitando con un territorio protegido, y la presencia de especies vegetales que son endemismos gipsícolas. Se han rehabilitado/restaurado ecológicamente alrededor de 30 Has de escombreras.

El objetivo de cualquier rehabilitación-restauración, según la metodología empleada en esta actuación, es proceder en las áreas ya afectadas por la actividad minera (escombreras, zonas aledañas), mimetizando al máximo la geomorfología y restaurando-revegetando la vegetación autóctona endémica y sobre todo gipsófita preexistente.

Otros casos dignos de resaltar de rehabilitación de escombreras son las canteras de Los Yesares y de Río de Aguas, ambas en Sorbas (Almería). La peculiaridad que da más valor a sus "activos medioambientales" es el encontrarse limitando con un territorio protegido, y la presencia de especies vegetales que son endemismos gipsícolas. Se han rehabilitado/restaurado ecológicamente alrededor de 30 Has de escombreras.

El objetivo de cualquier rehabilitación, según la metodología empleada en esta actuación, es proceder en las áreas ya afectadas por la actividad minera (escombreras, zonas aledañas), mimetizando al máximo la geomorfología y restaurando-revegetando la vegetación autóctona endémica y sobre todo gipsófita preexistente.

Esto supone no dar cabida a especies no gipsófitas que en una primera apreciación (gran porte, disponibilidad, etc.) pudieran parecer adecuadas. Como modelo a lograr, se ha tomado el paisaje vegetal del Paraje Natural del Karst en Yesos de Sorbas.

Desde el principio se han encontrado una serie de problemas a resolver: plantas

oportunistas, distinta composición de suelos en las escombreras (estériles y “finos”), etc. Que duda cabe que las dificultades de “mimetizar” el desarrollo vegetativo de las escombreras de estériles con el entorno preexistentes es mucho mayor que en el caso de las de finos, que tienen una composición mucho más homogénea y por tanto en el primer caso la metodología a emplear, y por consiguiente, los resultados finales son otros.

Ha sido necesario estudiar y analizar de forma continuada, tanto el proceso de restauración y revegetación en sí mismo, como la evolución de las diferentes especies en las distintas zonas, para evitar actuaciones incorrectas e irreversibles.

Es importante indicar que, en el marco conceptual de este trabajo, el concepto de restauración ecológica se encuentra íntimamente ligado al concepto de ecosistema. Esto requiere dar mayor peso a elementos tales como paisaje y comunidades, y no primar exclusivamente el aspecto florístico, es decir, no considerar las especies de forma individual (se ha querido primar la mentalidad ecológica frente a la únicamente botánica).

Por otro lado, las plantas ruderales que aparecen en las restauraciones inducidas antrópicamente, presentan una explosión demográfica en los primeros años, tras la adición de la tierra vegetal. Sin embargo por las leyes de la sucesión tienden a desaparecer con el tiempo, puesto que la propia dinámica natural de estos sistemas conduce, tal y como se ha comprobado, a la desaparición de estas especies de “malas hierbas”. Así, se ha podido observar una disminución de la abundancia de, por ejemplo, *Moricandia arvensis* y *Halogeton sativus*, especies ruderales que presentaban en los años iniciales de la restauración unas coberturas muy altas.

En aquellas situaciones en las que no se ha observado esta predecible evolución natural, se ha actuado mediante diversas medidas, como es una escarda o roza selectiva de aquellas especies que presenten una excesiva e inadecuada proliferación. Así, por ejemplo, se ha podido comprobar un crecimiento excesivo de las poblaciones de *Artemisia barrelieri* y *Artemisia campestris* (especialmente de la primera de ellas) en escombreras. Esta cobertura se ha demostrado mucho más de lo esperado en escombreras de estériles respecto a escombreras de finos.

Los objetivos perseguidos son:

- ↪ minimizar los efectos de la acción antrópica en el entorno de la cantera,
- ↪ definir y caracterizar los tipos de suelos existentes en las zonas a explotar,
- ↪ establecer una cubierta protectora similar a la del entorno en las escombreras a restaurar,
- ↪ frenar los procesos de degradación y mejorar el paisaje mimetizando el preexistente o el inmediato más próximo, y optimizar el tiempo del proceso de restauración y revegetación natural de forma que sea posible reducir su duración de forma manifiesta.

El recubrimiento vegetal en las escombreras, al cabo de 20-25 años, sin ningún tipo de actuación, tenía un valor medio del 19,8 %, del cual el 8,65% era de gipsófitas y había una presencia de siete especies diferentes.

Después de los trabajos realizados en dichas escombreras alcanza, en los cinco años que se lleva actuando, un recubrimiento vegetal medio del 64,8 %, con un porcentaje del 15,6% de gipsófitas (el doble del de la escombrera inicial en las zonas más favorables), pertenecientes igualmente a siete especies.

Los estudios de seguimiento están dando ya resultados sobre la evolución de la rehabilitación-restauración ecológica, y marcando una metodología a seguir en años posteriores, en las distintas zonas de las escombreras en función de las diferencias apreciadas en su composición mineralógica.

Río Narcea Gold Mines

La implantación de la cubierta vegetal en una explotación minera a cielo abierto se puede

considerar como la última fase de la rehabilitación.

La eliminación del tapiz vegetal trae como consecuencia una fuerte alteración del medio, rompiendo el equilibrio biológico y alterando bruscamente la relación existente entre suelo, clima, vegetación y población animal. Otra consecuencia inmediata es la actuación de los agentes del clima sobre un suelo sin protección.

Únicamente mediante un proceso racional de regeneración de esta cubierta vegetal, se puede crear un ecosistema capaz de suplir al primitivo. Por ello, desde el inicio hasta el cese de la explotación, un correcto diseño de las labores de extracción y recuperación pueden simplificar notablemente el resultado final del proceso de restauración.

El paisaje inicial de la zona 'El Valle-Boinás', en Belmonte de Miranda, Asturias, donde se desarrollan las explotaciones de oro de Río Nancea Gold Mines, S.A., es el de una sierra con formas relativamente suaves, salvo en algunos puntos concretos en los que existen paredes verticales de 15-20 m de altura. El marco general, representa el típico paisaje de la media montaña asturiana, con prados delimitados por setos, retazos de bosque caducifolio y pequeños núcleos rurales diseminados.

En el contexto de la zona los elementos paisajísticos que se pueden destacar son los siguientes:

- ↪ Praderas, bordeadas por setos vivos (sebes) y manchas de bosque caducifolio.
- ↪ Núcleos de población de escasa entidad (Begega, Ferreras, Boinás, etc.), bien integrados en el paisaje rural tradicional de la zona, y que constituyen los focos potenciales de observadores.
- ↪ Zonas de relieve más abrupto, generalmente en las partes elevadas, cubiertas por matorral y bosque.
- ↪ Cresteras de roca desnuda emplazadas en las zonas altas de las sierras.

La explotación El Valle-Boinás se ubica a media altura en la sierra, distribuyéndose sobre 200 hectáreas, entre los 300 y los 700 metros sobre el nivel del mar. La orografía es, por tanto, de fuertes pendientes y sobre ella se encajan las distintas escombreras, generándose un considerable impacto visual y un fuerte riesgo de erosión.

El impacto de las labores mineras de extracción, sobre la vegetación, supuso su casi total destrucción, a excepción de pequeños rodales y del caso específico de tejos (*Taxus baccata*) y acebo (*Ilex aquifolium*) que, habiendo sido declarados de Interés Especial, dentro del Catálogo de Especies Amenazadas de la Flora del Principado de Asturias (Decreto 65/95 de 27 de Abril), fueron transplantados a zonas no afectadas por labores mineras. Desde el primer momento los trabajos de recuperación se han realizado simultáneamente a los de explotación.

Para conseguir la implantación de la cubierta vegetal lo primero ha sido recuperar la productividad potencial del suelo, desarrollándose para ello las siguientes acciones:

- ↪ Subsolado en profundidad en zonas con el suelo compactado por el paso de maquinaria pesada, consiguiéndose aumentar la permeabilidad del suelo, su aireación y el desarrollo de las raíces.
- ↪ Aportación de un horizonte superficial de tierra vegetal, previamente acopiada para recuperar así la fertilidad de la capa superficial.
- ↪ Rellenado de huecos, con el fin de lograr que la topografía final se aproxime lo más posible a la natural.
- ↪ Siembras y plantaciones de especies autóctonas, que además de lograr la integración en el entorno, evitan la erosión hídrica y eólica.

Es importante insistir en el hecho de que el éxito de la restauración no sólo depende de una acertada selección de las especies vegetales, y de una correcta implantación de éstas, sino también de una adecuada gestión selectiva de los estériles que habrán de ir en superficie, de una remodelación de la morfología de las escombreras y de un control efectivo de la erosión, mediante

obras estructurales (drenajes, canalizaciones, bermas, etc.).

El depósito de materiales estériles en las escombreras de El Valle-Boinás, se realiza con camiones volquetes de hasta 100 toneladas de capacidad. Tras esta operación se procede a la remodelación topográfica de los taludes con buldózer de orugas, para darles pendiente adecuada y suavizar sus perfiles.

Posteriormente, se construye una red de drenaje para captar las aguas de escorrentía y, una vez concluidos estos trabajos de acondicionamiento del terreno, se inician las labores de extendido de sustrato vegetal y posteriormente la revegetación

5.6 Clausura de minas

Miguel Colomo Gómez y Francisco Arechaga Rodríguez

Es evidente que la etapa de cierre es la fase más dura y traumática de las que debe vivir una explotación minera. Traumática para la empresa minera y para los municipios de su área de influencia. Y además es el momento más difícil de todo el ciclo de vida para llevar a cabo los principios de sostenibilidad social.

Todo ello salvo que este cierre haya sido previsto y preparado responsablemente con mucha antelación, y tanto desde los puntos de vista técnico, como social y medioambiental; y con el respaldo fundamental de unas adecuadas provisiones financieras.

Esta situación de cierre es el caso de la Mina Puentes de lignito pardo de As Pontes de García Rodríguez (A Coruña), de la sociedad Endesa, que por motivos medioambientales en el aprovechamiento térmico del lignito y cuando está próxima al agotamiento de sus reservas, deberá proceder a su cierre a fin del año 2007. Y esto después de treinta y un años de actividad productiva, con niveles de producción anual de doce millones de toneladas en su primera etapa y de seis en una segunda etapa. Esta explotación minera, en lugar de dejar pasivos a futuro (como desolación, contaminación, abandono y paro), va a dejar un atractivo futuro formado por un tejido industrial diversificado, materializado, entre otros elementos, en el polígono industrial de Penapurreira, un polígono industrial de primera magnitud ya repleto de industrias. Y ello sin referirnos aquí a las soluciones ambientales de gran valor que se tratan en otro punto de este trabajo.

Ya cuando hubo que reducir la producción a la mitad, y para paliar su repercusión negativa, Endesa, los Sindicatos locales y el Ayuntamiento crearon la Fundación de Promoción de Empleo, que promocionó y patrocinó 129 proyectos con una inversión total de 11,4 Millones de Euros, de los cuales Endesa aportó a fondo perdido 1,5 Millones, creándose 380 nuevos empleos.

Polígono industrial de Penapurreira establecido para crear nuevo empleo en la fase de cierre de la Mina

Pero ha sido en 1995 y por tanto con una antelación de más de diez años sobre la fecha prevista de cierre de la mina, cuando Endesa ya se planteó la necesidad de un proyecto de desarrollo económico para As Pontes, que permitiera la diversificación del tejido industrial de la zona creando nuevos trabajos alternativos a la minería, para paliar el descenso de empleo que se produciría con la futura finalización de dicha actividad minera.

Tras diversas alternativas e intentos, en 1997 se consiguió suscribir el "Plan de Desarrollo Económico-Industrial de As Pontes" entre el Presidente de la Xunta de Galicia, el Presidente de Endesa y Representantes de las Centrales Sindicales.

Los instrumentos que se pusieron en marcha para desarrollar este Plan fueron: Creación y mejora de estructuras viarias, puesta a disposición de suelo industrial, concesión de ayudas a la inversión, vivero de empresas y formación de emprendedores. Excepto en el primero, en todos participó Endesa de manera importante, con una contribución total, entre costes de administración

del Plan, cuya gestión fue asumida precisamente por la Dirección de Minería, y aportaciones a fondo perdido, de 30 Millones de Euros.

Puede decirse que el éxito del Plan es incuestionable ya que en el momento de su finalización, en diciembre de 2005, se habían implantado ya unos 50 proyectos empresariales (una parte en el polígono de Penapurreira) y se habían creado 900 puestos de trabajo, con una inversión total de 380 Millones de euros, inversión que también se benefició de ayudas públicas.

Además de lo anterior, y como medidas complementarias, se han realizado convenios, cesiones y otras colaboraciones con el municipio y la Xunta, se han establecido unos complementos importantes a las prejubilaciones de los Planes de la Minería del Carbón, y se ha elaborado un programa para formar y adaptar los excedentes finales a otros centros próximos de la Sociedad.

Con todo ello, y tras el aprovechamiento durante treinta años de los lignitos de As Pontes, no quedará, como es muy frecuente ver en la geografía española, como final de la antigua minería, una zona de terrenos baldíos, escombreras y ruinas, al lado de un pueblo empobrecido y medio abandonado. Gracias a la fase de cierre socialmente responsable que está llevando a cabo Endesa, As Pontes quedará como un municipio muy bien dotado de infraestructuras y de hábitat (al que colaboran las barriadas mineras), adecuadamente poblado, y con un importante tejido industrial de alta diversificación y bien asentado, ubicado básicamente en dos polígonos industriales.

Pero además y gracias a la minería inicial local del lignito, quedará una gran instalación de generación eléctrica con carbón de importación, y otra con gas natural que está construyéndose en la actualidad, ambos combustibles traídos de fuera, pero de los que en As Pontes se extraerá su mayor valor añadido.

José Lorenzo Agudo

En ese contexto de clausura de mina sin trauma, podemos presentar el proyectado para la explotación de la mina de lignito de As Pontes (A Coruña), donde al tiempo que se cierra se potencia la generación eléctrica a pie de mina, con otros combustibles.

La sociedad Endesa Generación SA, que concentra los activos de generación y minería de Endesa S.A., dispone en As Pontes de García Rodríguez (A Coruña) de un complejo minero-eléctrico, formado por una gran explotación a cielo abierto, que viene produciendo en esta última etapa entre cinco y seis millones de toneladas año de lignito pardo, y la mayor central térmica española, de 1.400 MW, que quema dichos lignitos mezclados con carbón de importación.

Tras muchos años de trabajos mineros en este yacimiento, que se resumen más adelante, sus reservas de lignito pardo están próximas al agotamiento. Pero, además, la legislación ambiental sobre emisiones implica una próxima limitación en el uso de estos lignitos. Por ambas razones, casi coincidentes en el tiempo, Endesa debe proceder al cierre de esta explotación en Diciembre de 2007.

Pues bien, como vamos a ver, a pesar del cierre de la mina, Endesa no solo no va a cerrar su actividad de generación en As Pontes, sino que está procediendo a reforzarla notablemente, ya que va a aumentar en casi un 60 % su capacidad de generación, y ello gracias a las inversiones aprobadas para afrontar las siguientes actuaciones:

- ↳ Mantenimiento de la Central Térmica actual, pero transformándola para que queme un 100 % de carbón de importación, modernizándola, y haciendo importantes mejoras ambientales (275 millones de Euros).
- ↳ Construcción de una nueva Central Térmica, alimentada con gas natural (365 millones de Euros).

De esta manera, además de otros objetivos, Endesa consigue mantener un buen nivel de empleo en este Centro, y deja abierta la posibilidad de que la plantilla excedente de mina, que no alcance la edad de los ventajosos planes de prejubilación, pueda pasar a estas instalaciones.

Esta apuesta de Endesa, por el futuro de su Centro de Trabajo de As Pontes, en el difícil

momento del cierre de la mina, supone un claro ejemplo del compromiso social con la zona y con la Comunidad Autónoma de Galicia o, dicho de otra manera, una demostración con hechos muy tangibles, que implican elevadas inversiones, de los principios de sostenibilidad en su vertiente social, que aplica Endesa en este Centro de Trabajo.

Haciendo un poco de historia, este yacimiento, conocido desde antiguo y formado por alternancias de lignito pardo y arcillas del Mioceno, fue adquirido por la Empresa Nacional Calvo Sotelo (Encaso), que puso en marcha una primera explotación minera en 1948, una central térmica para generación eléctrica de 32 MW, y además una fábrica de nitrato amónico.

Transcurridos casi 25 años, el yacimiento fue adquirido en 1972 por la entonces Empresa Nacional de Electricidad (Endesa) que, tras realizar nuevas campañas de investigación, cubrió y evaluó como explotables un total de 303 millones de toneladas de lignitos *in situ*, y tomó la decisión de explotarlos.

En concordancia con esta elevada cifra de reservas, se construyó una Central Térmica de 1.400 MW (4 grupos de 350 MW), y se puso en marcha en 1976, conjuntamente con el primer grupo, una moderna y gran explotación a cielo abierto, con capacidad de producción de 12 millones de toneladas anuales de lignito (y más de 30 millones de m³/año de estériles), realizada con excavadoras de rodete para la extracción tanto del lignito como de los estériles arcillosos, cintas transportadoras para el transporte de estos materiales a sus destinos, y apiladoras para el escombrado.

Entre 1993 y 1997, y con objeto de reducir las emisiones de la Central Térmica, se redujo a la mitad la capacidad de extracción de la mina, y se adaptó la central para quemar un 50% de carbón de importación.

Tras 30 años de la nueva fase de explotación, próximas al agotamiento las reservas, y en aplicación del plan de reducción de emisiones de grandes instalaciones de combustión (Directiva 2001/80/CE), Endesa tomó las decisiones de futuro antes apuntadas.

Las mejoras ambientales, la modernización y la transformación de los grupos térmicos (para quemar exclusivamente carbón de importación), ya se iniciaron en 2005 (cada año un grupo) y concluirán dentro de 2008, de manera que desde enero de dicho año solamente se quemará carbón de importación.

Como instalación complementaria, para recibir el carbón de importación, se está construyendo también un nuevo Terminal Carbonero en El Ferrol, que debe sustituir al actual. Con una inversión de 45 millones de Euros. Dicho nuevo Terminal aumenta su capacidad de recepción anual hasta cinco millones de toneladas anuales, su capacidad de descarga hasta 50.000 t/día y su capacidad de almacenamiento hasta 300.000 t. Está situado en el nuevo puerto exterior que se está construyendo en la entrada de la ría de la citada ciudad.

Además de ello, y aprovechando infraestructuras de la Central Térmica actual, como la captación de agua, la subestación de evacuación de energía producida, o la planta de tratamiento de efluentes, Endesa decidió construir una Central de Ciclo Combinado de gas natural, que estará conectada mediante un gasoducto de 130 km con la Planta de Regasificación de GNL de Mugardos (A Coruña), en la que Endesa es uno de los socios más significados.

Esta Central Térmica de gas, que tendrá una potencia de 800 MW, está en avanzado estado de construcción, y entrará en operación en junio de 2007.

Por tanto, Endesa no va a dejar que la actividad minero-eléctrica en As Pontes muera con el cierre de la mina, sino que está trabajando para que disponga, a inicio de 2008 (coincidiendo con dicho cierre), de un importante complejo de generación térmico de 2.200 MW, mayor aún del que tenía en vida de la mina, formado por una Central Térmica para quemar hulla subbituminosa, y por una Central de Ciclo Combinado de gas natural, ambos combustibles de importación.

Es decir: está a punto de producirse en As Pontes uno más de esos casos, relativamente frecuentes, en los que, aunque las minas cierren, la industria derivada de los minerales extraídos va a

pervivir en el futuro, en este caso trabajando con minerales de otras procedencias.

Y, además de las inversiones en generación, debe añadirse que, con el mismo objetivo de paliar en lo posible el efecto del cierre de la explotación minera, ya se pusieron en marcha en los pasados años, dos polígonos industriales: "Os Airíos" y "Penapurreira", que se desarrollaron para paliar los efectos de la primera reducción de producción de la mina, y de esta segunda reducción y cierre, lo que se recoge con más detalle en otro capítulo de este libro. Ambos polígonos, que se ocuparon completamente gracias a un plan de ayudas a la reindustrialización, con una importante participación de Endesa, son consecuencia también de la explotación del lignito pardo.

6 CONTRIBUCIÓN A LA BIODIVERSIDAD

6.1 Flora

Un caso interesante de endemismo relacionado con la minería nos lo ofrece la *Erica andevalensis*, descrita por Cabezudo y Ribera (1980). Se trata de una especie endémica de la región del Andévalo (provincia de Huelva) y SW de Portugal (Alentejo), en la denominada Faja Pirítica Ibérica. De la información incluida en el *Libro rojo de la flora silvestre amenazada de Andalucía* de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, y de manera concreta, en la ficha elaborada por Aparicio Martínez (1999), así como de nuestras propias observaciones de campo, extractamos lo siguiente.

Esta especie, de la familia de las ericaceae (*Ericáceas*), considerada como vulnerable y en peligro de extinción (VU; UICN), se encuentra claramente asociada a las actividades mineras, localizándose exclusivamente en afloramientos de mineral oxidado (*Gossan*), escombreras de minas, lugares "impactados" por gases sulfúricos de antiguas teleras (quemaderos de pirita), así como en bordes de acequias, arroyos y ríos, con aguas con valores extremadamente bajos de pH (normalmente entre 2 y 4), además de concentraciones variables de metales pesados tales como Al, Pb, Cu, Fe, Mn o Zn, sin que su distribución esté condicionada por la concentración de ninguno de ellos en el suelo, ante los que parece comportarse como tolerante. Frecuentemente forma poblaciones monoespecíficas, pero se puede encontrar conviviendo con *E. australis* en los enclaves más desfavorecidos, así como mezclarse en determinados lugares con jaral o brezal y vegetación de ribera.

La especie se encuentra en las zonas de actividad minera de Nerva, Riotinto, Mina Concepción, Valdelamusa (El Lomero y San Telmo) y Castillo de las Guardas. Desde ahí se extiende por los cauces de los ríos Tinto y Odiel (y gran parte de sus afluentes como los ríos Ribera del Fresno, Rivera de la Pelosa, Oraque, Rivera de las Dehesa, etc.) hasta tan al sur de la provincia de Huelva (como Gibraleón y Niebla). Todas las poblaciones son, en general, densas y constituidas por gran cantidad de individuos que se restringen sin excepción a lugares o cauces de agua relacionados con las actividades mineras. Nosotros la hemos encontrado también, muy abundante aguas abajo de la mina de São Domingos (Portugal).

Aparece en forma de arbustos de hasta 1,5 m. Las plantas jóvenes pueden comenzar a florecer con 3-4 años de edad y hacerlo tal vez por algunas décadas. La floración se produce masivamente en los meses de inicio de verano (Junio-Julio), pero puede extenderse en ejemplares aislados hasta el invierno e incluso la primavera siguiente (todo el año). Tanto la germinación de las semillas como el desarrollo y establecimiento de las plántulas parecen estar condicionados por el pH del medio, siendo más favorables los lugares de bajo pH (pH=3). Complementariamente, las plantas tienen capacidad para rebrotar desde la raíz aunque, no existe un órgano subterráneo. Se obtiene fácilmente el enraizamiento de las plantas y el acodo de ramas leñosas. En la mayor parte de las localidades es fácil encontrar plantas de diversas edades, indicando un adecuado reclutamiento y activa dinámica poblacional.

Es interesante destacar que la Consejería de Medio Ambiente, de la Junta de Andalucía, considera que todas las medidas de conservación de esta especie pasan por la preservación de su hábitat minero, destacando que no se deben reutilizar las escombreras ni acometer actuaciones en los ríos Tinto y Odiel que supongan una alteración en la dinámica anual de los cauces.

Un riesgo está ligado al hecho del interés de esta especie como planta de jardinería debido a lo llamativo e intenso de su floración.

Otro aspecto referente a la flora deriva del hecho de que los cuidados que se están tomando, en muchos entornos mineros, para preservación de la flora y de la fauna, suponen, muy

frecuentemente la compensación con implantación y conservación de especies faunísticas muy superior a las afectadas.

Un caso diferente, pero interesante de destacar, es el relativo a la creación de un vivero para conservación y reproducción de endemismos, en terrenos de las antiguas **minas de Rodalquilar (Almería)**, explotaciones de oro de muy larga historia (Fernández Rubio, 2005).

De estas explotaciones hay referencias de la época romana, si bien fue en el pasado siglo cuando alcanzaron una actividad importante. Inicialmente fue una empresa británica, que en 1923 las abandonó por falta de rentabilidad. Diez años después se reestableció la actividad a lo largo de un periodo en el que las minas conocieron sus mejores tiempos. Tras la guerra civil española las minas quedaron de nuevo semiabandonadas, para reiniciarse la actividad en 1956, quedando inactivas de nuevo seis años después, por falta de rentabilidad. Consecuencia de esta minería queda hoy un ejemplo de arqueología industrial, que bien hubiera merecido mejor conservación.

Para situarnos en este metalotecto conviene recordar su ubicación en una caldera volcánica, correspondiente a una estructura de colapso ovalada, de unos 8 km de largo por 4 km de ancho, que se produjo hace 11 millones de años. El paisaje se enriquece por el cromatismo de ocres, marrones y rojizos, que ofrecen las descarnadas rocas volcánicas de su alrededor, consecuencia de un clima semidesértico, con escasa vegetación.

En este desierto se localiza una riqueza de indudable valor, muy frágil, que ha justificado la actuación de la Junta de Andalucía, ubicando un Jardín Botánico: El Albardinal; integrado por un conjunto de viveros abancalados de plantas autóctonas y endemismos, que bien merecen la visita de cuantos sienten el placer de recrearse e ilustrarse en la contemplación de especies vegetales únicas en la Península Ibérica. El Albardinal aparece así ubicado en el marco de una naturaleza salvaje, en ese lugar lejano y perdido para muchos, que es el Parque Natural del Cabo de Gata-Níjar, al abrigo de los montes que lo circundan, y junto al antiguo poblado minero y a su iglesia, donde la singular petrología y mineralogía prestan el marco más idóneo.

Recorriendo este Jardín Botánico se puede observar la flora de las zonas semiáridas, de Andalucía oriental, organizada según las diferentes formaciones. Una flora perfectamente adaptada a la sequía, con algunas especies exclusivas de esta parte del mundo (endemismos), y otras que muestran el pasado común de los continentes europeo y africano. El Albardinal acerca al visitante a gran parte de la flora rara y amenazada de este territorio; plantas que en la naturaleza serían muy difíciles de ver, por estar muy dispersas por todo el área o en lugares inaccesibles.

Este vivero nos permite entender cómo el hombre ha sido capaz de sobrevivir y prosperar, en condiciones semidesérticas, utilizando las plantas que el medio natural le ofrece, adaptando su aprovechamiento agro-pecuario, para resistir las exigentes condiciones ambientales, y nos lo muestra de manera taxonómicamente ordenada, evidenciando aquellas condiciones litológicas y ambientales que son el hábitat de esta rica y variada flora.

En el recorrido los no especialistas se pueden familiarizar con el espartal y el matorral en suelos volcánicos y calizos; el tomillar; el pastizal efímero y vivaz; el pino carrasco; la vegetación zonal con matorrales béticos, halófilas, plantas dunares litorales y yesíferas; cultivos tradicionales arbóreos, herbáceos y hortícolas; endemismos; plantas útiles y plantas de jardinería: palmerales y suculentas... Todo ello con información muy útil para quien disfruta de esta visita. En fin: todo un ejemplo posible a copiar en otras áreas mineras.

6.2 Fauna

Una de las preocupaciones más frecuentes, en la minería moderna, es la preservación de la fauna del entorno, buscando incluso crear los mejores hábitat, donde puedan reproducirse especies amenazadas, al abrigo de los depredadores, que muchas veces puede ser el mismo hombre. En estas actuaciones podríamos destacar que es objetivo de todos los Estudios de Impacto Ambiental (que en minería suelen ser muy profundos), el análisis de todas las condiciones que rodean al entorno faunístico, buscando se preservación y su mejora.

Un caso interesante, en este sentido, es el relativo a las **minas de la sierra de Peña Cabarga (Cantabria)**, que han sido objeto de explotación para hierro, con intensidad muy variable, a lo largo de más de 2.000 años (el escritor romano Plinio ya cita estos trabajos mineros). La empresa AGRUMINSA (Altos Hornos de Vizcaya) ha sido la última que los ha explotado, hasta su clausura en 1989.

El protominero de este yacimiento son las ankeritas, rocas carbonatadas del Gargasiense (Aptense Superior), que encierran óxidos e hidróxidos de hierro. En su génesis han desempeñado papel muy destacado los procesos de karstificación de esas ankeritas, a favor de fracturas y discontinuidades, ya que, como consecuencia de su disolución, quedó un residuo insoluble, constituido fundamentalmente por minerales de hierro (especialmente en tamaño grava: chirtas y bulbatones), objeto de explotación minera.

Durante muchos años, y especialmente desde la Edad Media hasta la primera mitad del siglo XX, la explotación se realizó con métodos artesanales, dando trabajo a miles de mineros que, con pico y pala, excavaron y pusieron a descubierto un magnífico karst tropical, desarrollado en pasadas épocas geológicas. Los mineros fueron abriendo pasillos y corredores laberínticos, con alturas de varias decenas de metros, creando una selva de rocas que la imaginación humana no hubiese sido capaz de modelar.

Al cesar la explotación, y fruto de un acuerdo entre el Gobierno de Cantabria y Agruminsa, se ubicó un Parque de la Naturaleza (inaugurado en 1990), sobre una superficie de 750 hectáreas, donde hoy no sólo se puede gozar de un espectacular paisaje kárstico, con espacios de singular belleza, sino también de un lugar de ocio y esparcimiento, en contacto con la naturaleza, con una variadísima fauna de los cinco continentes, que incluye a más de 50 especies en peligro de extinción, que aquí encuentran protección total.

Aquí los animales viven y se reproducen, en régimen de semilibertad, rodeados de la vegetación apropiada, que da vida y color a una naturaleza increíble.

El espectáculo de la naturaleza se puede disfrutar a través de magníficos miradores, y de una red de caminos y carreteras, muy bien trazada, con decenas de kilómetros, que permiten contemplar una variada fauna que encuentra aquí protección, refugio y alimento.

El visitante contempla, en 21 amplios espacios, a escasa distancia pero sin producir interferencias, a cientos de animales, de todas las comunidades zoológicas, entre los que se podrían citar a muchos antílopes africanos, jaguares, jirafas, leones, tigres siberianos y de bengala, leopardos, hienas, bisontes, elefantes, hipopótamos, rinocerontes, dromedarios, camellos, llamas, cebras, avestruces, etc., junto a la fauna de Cantabria, con lobos, ciervos, corzos, rebecos, jabalíes y la reserva más importante de osos pardos de España. Todo ello dentro de condiciones de seguridad, con barreras perfectamente integradas en el paisaje.

Completan este espacio excepcional, varios lagos, implantados en lo que fueron explotaciones de hierro a cielo abierto, que acogen a una variada avifauna, y donde se puede practicar la pesca. Igualmente se cuenta con un complejo de restaurantes y cafeterías, aparcamientos, tiendas de recuerdos, y un reptilario con una especializada colección de serpientes,

Así este espacio minero rehabilitado aporta, a Cantabria y a España, una atracción cultural y científica sin igual, que justifica el que ya haya recibido más de diez millones de visitantes.

Juan José Durán Valsero

Un buen ejemplo de creación de hábitat, para la fauna del entorno, lo ofrece la **Mina de La Jayona** (Badajoz), ya citada en este libro, donde numerosas especies animales han encontrado refugio en su interior.

Río Narcea Gold Mines, S.A.

Lagunas y charcas no son ecosistemas frecuentes en el Cantábrico, ni tampoco en la zona donde se ubica la explotación de oro Río Narcea Gold Mines, S.A., y la planta de tratamiento de mineral, en el concejo de Belmonte de Miranda, en Asturias. El río Cauxa, único con caudal de importancia, en este entorno, constituye un hábitat que reúne buenas condiciones para la presencia de especies piscícolas, así como de anfibios y reptiles.

Es aquí, donde la creación de las infraestructuras necesarias para el control de las aguas de escorrentía, de la explotación, ha generado nuevos hábitats idóneos para la fauna asociada a humedales, que han colonizado dichos hábitats, incluso estando en operación.

Los principales sistemas de “aguas estancadas” en la zona han pasado a serlo los creados por necesidades de la explotación:

- ↪ Balsa de sedimentación de La Veiga.
- ↪ Balsas de sedimentación de Boinás.

Ambos sistemas fueron creados para decantar los sólidos en suspensión de las escorrentías, antes de su vertido al río, si bien el aporte de sólidos en suspensión en la balsa de La Veiga es bajo, por encontrarse totalmente revegetada la cuenca de recepción asociada. Por el contrario, las balsas de sedimentación de Boinás tienen un aporte alto, de caudal y sólidos en suspensión, en períodos de lluvias, y un aporte mínimo durante el período mayo-septiembre, lo que permite el establecimiento de una comunidad de anfibios.

La principal ha pasado a ser la balsa de sedimentación de La Veiga, creada en 1997 y con una superficie de 3.140 m², que recoge las aguas de escorrentía de la cuenca La Veiga y del drenaje de la escombrera, bajo el depósito de lodos de la planta de tratamiento de mineral. Presenta un alto grado de colmatación, por aporte constante de sedimentos y nutrientes, procedentes de su cuenca de abastecimiento, lo que favorece el desarrollo de una rica y diversa cubierta vegetal, cuya descomposición incrementa aún más el aporte de materia orgánica y la colmatación de la cubeta, hasta su relleno.

La diversidad botánica que caracteriza esta charca es pareja a una gran riqueza faunística, tanto de invertebrados como de vertebrados, que emplean la vegetación acuática como recurso alimenticio o refugio. Los grupos mejor representados son los nematelmintos, como la sanguijuela (*Hirudo sp.*), anélidos, tricópteros, plecópteros y un elevado número de odonatos (libélulas y caballitos del diablo), coleópteros y heterópteros característicos de aguas estancadas.

Las balsas de bocamina de Boinás son un conjunto de balsas de sedimentación, situadas a la entrada de las explotaciones desde Boinás, que recogen la escorrentía de la cuenca Boinás (toda la mina menos la cuenca La Veiga). Estas balsas, cuya última modificación se realizó en el año 1999, apenas tienen desarrollada la comunidad vegetal en sus orillas, a pesar de lo cual mantienen presencia constante de anfibios y reptiles en sus aguas.

El resto de zonas húmedas del área de estudio son de menor importancia, en cuanto a la extensión de la cubierta de agua se refiere, y a la complejidad de las comunidades biológicas existentes. Existe una pequeña charca ubicada en la Escombrera Norte, próxima al pueblo de Begega, que acoge una rica comunidad de anfibios, a pesar de las escasas dimensiones y las perturbaciones a las que se ve sometida (degradación de orillas y fluctuaciones de nivel por usos ganaderos).

De acuerdo con las prospecciones de campo realizadas en este conjunto de masas de

agua, se puede resaltar que la zona litoral de las charcas es la que presenta mayor diversidad de organismos, acompañada en numerosas ocasiones de una abundancia de individuos. Las especies de anfibios localizadas en el área de Boinás – El Valle fueron:

- ☞ Orden Urodela:
 - ☞ Salamandra común (*Salamandra salamandra*)
 - ☞ Salamandra rabilarga (*Chioglossa lusitanica*)
 - ☞ Tritón ibérico (*Triturus boscai*)
 - ☞ Tritón palmeado (*Triturus helveticus*)
 - ☞ Tritón jaspeado (*Triturus marmoratus*)
- ☞ Orden Anura:
 - Sapo partero común (*Alytes obstetricans*)
 - Sapo común (*Bufo bufo*)
 - Rana verde ibérica (*Rana perezzî*)
 - Rana patilarga (*Rana ibérica*)

En cuanto a los reptiles, en la zona de Valle – Boinás pueden encontrarse especies boreales como el lución común (*Anguis fragilis*), la culebra lisa europea (*Coronella austriaca*) o la lagartija de turbera (*Lacerta vivipara*), una lagartija muy rara que es considerada una reliquia de los periodos glaciares, que tiene en las turberas de montaña del litoral Cantábrico su límite suroccidental de distribución euroasiática. Así mismo están citadas especies endémicas, como el lagarto verdinegro (*Lacerta schreiberi*), característico del occidente de la Península Ibérica, o la víbora de Seoane (*Vipera seoanei*), también restringida al cuadrante noroccidental de la Península. Son relativamente frecuentes las culebras de agua (*Natrix spp.*). Su vinculación al agua es debida a que son depredadoras de anfibios, por lo que *Natrix maura* aparece casi siempre cerca del agua, mientras que *Natrix natrix* en los herbazales de los márgenes. Precisamente un ejemplar del género *Natrix* fue localizado en la 2ª balsa de sedimentación, de las ubicadas a la entrada de las explotaciones desde Boinás.

También parte del interés que despiertan las zonas húmedas se debe a su importancia como lugares de refugio, alimentación e incluso nidificación de diferentes aves migradoras de hábitos dulceacuícolas. Entre ellas destacan el ánade real (*Anas platyrhynchos*), muy frecuente en todo el Cantábrico y nidificante en gran parte del territorio. Durante las prospecciones de campo fueron observados varios ejemplares (un macho adulto y dos jóvenes) en la balsa La Veiga. En la zona también está citada: cerceta común (*Anas crecca*), ánade friso (*Anas strepera*), porrón moñudo (*Aythya fuligula*), focha común (*Fulica atra*) o garza real (*Ardea cinerea*), de la que se observó un ejemplar adulto en las cercanías del río Cauxa. Además de éstas aparecen citadas numerosas limícolas, siendo quizás algunas de las más representativas y abundantes en el entorno: avefría (*Vanellus vanellus*), chorlito (*Pluvialis apricaria*), agachadiza (*Gallinago gallinago*) o becada o arcea (*Scolopax rusticola*), aunque estas presentan efectivos más reducidos.

Con respecto a los mamíferos son pocos los relacionados con los ecosistemas lagunares que existen en la zona de Valle – Boinás. Durante los muestreos se localizaron indicios de presencia y señales de actividad de nutria (*Lutra lutra*), a lo largo de todo el tramo del río Cauxa, así como en la balsa La Veiga.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cabezas, J.G., Alonso, J.; Yebenes, I.; Vicente, M.A. y Lobo, M.C. 2003. Aplicación de lodos residuales para la restauración de la cubierta vegetal en suelos degradados. En: Control de la erosión y degradación del suelo. R. Bienes y M.J. Marqués (eds.). IMIA. ISBN: 84-688-2337-6. Pag: 279-282.

Delgado, P. 2005. Presente y futuro de la gestión de lodos procedentes del lavado de áridos y de la construcción. Infoenviro: 89-91.

Lobo, M.C.; Serrano, L.; Delgado, P. y Cabezas, J. G. 2006. Prácticas sostenibles en la gestión de residuos de las industrias extractivas: el ejemplo de Procosanz Áridos, S.A. y Lodos Secos, S.L. Comunicación Técnica General del VIII CONAMA. Madrid. Noviembre de 2006.

De Paz, O.; Alcalde, J. T. (2000). Catálogo Nacional de Especies Amenazadas: propuestas. Barbastella, nº 1, págs. 17-21. http://www.secemu.com/docs/20_barbaste.pdf

Directiva Hábitats. Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. http://www.mediterranea.org/cae/direct_92_43_cee.htm

Federación Andaluza de Espeleología (1980). Hipotermia e hibernación. Andalucía Subterránea, nº 3, pág. 14.

Federación Andaluza de Espeleología. Protección y conservación de cavidades. Colonias de murciélagos cavernícolas a proteger especialmente. <http://www.espeleo.com/cientifica/conserva/accesos.htm>

Federación Andaluza de Espeleología. Protección y conservación de cavidades. Los murciélagos cavernícolas y su conservación.

<http://www.espeleo.com/cientifica/conserva/conserv.htm#murcielagos>

Grupo de Investigaciones Espeleológicas de Jerez. Murciélagos que viven en España. <http://www2.uca.es/huesped/giex/murciesp.htm>

Junta de Andalucía. Construcción de la autovía Jerez-Los Barrios (A-381). Plan de potenciación de refugios de murciélagos. www.jerez-losbarrios.com/actuaciones/actuaciones2.html+murcielagos,+habitat,+minas&hl=es&gl=es&ct=clnk&cd=16

Luita Verde. Defensa dos morcegos. Situación dos morcegos en Galicia. <http://usuarios.lycos.es/luitaverde/articulos.php?do=viewart&id=1&cat=8>.

Sociedad Española para el Estudio y Conservación de los Murciélagos (1991). Los murciélagos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación – ICONA.

RD 439/1990. Real Decreto 439/1990, de 30 de marzo, por el que se regula el catálogo nacional de especies amenazadas. <http://www.gobcan.es/medioambiente/biodiversidad/ceplam/leyes/rd4391990.html>

Tomé Cruz, J. A. (2001). Situación del plan de sellado de minas en Galicia. Barbastella, nº 2, págs. 7-10. http://www.secemu.com/docs/21_barbaste1.pdf

AAVV. 1999. La mina en el cine. Ayuntamiento de Langreo. Asturias.

Aguilar, C.1995. Guía del Vídeo-Cine. Ed. Cátedra. Madrid.

Aguirre, E. de. 1963. *Elephas meridionalis Nesti*, en Fuensanta y Láchar; edad del hundimiento de la Vega (Granada). *Notas y Comunicaciones*. Inst. Geol. y Minero de España 69: Págs. 233-237. Madrid.

- Aguirre, E.; Carbonell, E. y Bermúdez de Castro, J. M. 1987: El Hombre fósil de Ibeas y el Pleistoceno de la Sierra de Atapuerca (I). Junta de Castilla y León, Consejería de Cultura y Bienestar Social. Almazán (Soria).
- Aguirre Murúa, G.; Asensio Romero, B.; Collado Germá, E. 2002. Ordenación de la finca de "Cerro del Hierro", con fines recreativos, científico-didácticos y deportivos. In Brandão, J.M. (ed) Actas do Congresso Internacional sobre Patrimônio Geológico e Mineiro. IGM / SEDPGYM-IPB. Lisboa. Págs. 655-654.
- Albelda, J. 2006. Sobre las formas, ritmos y miradas en la antropización del territorio. En: *Arte, Industria y Territorio (2). Minas de Ojos Negros (Teruel)*. Págs. 119-121. Arteijiloca.
- Alias Pérez, L.J.; Ortiz Silla, R. y Rodríguez Gallego, M. 1972. Mineralogía de un yacimiento de bauxita situado al Norte de Zarzadilla de Totana (Prov. de Murcia). *Estudios Geológicos*. Vol. XXVII, págs. 209-215.
- Altimir Bolva, J. 1949. La sal en el mundo I. Ed. Al servicio de la industria salinera. Barcelona.
- Álvarez Cobelas, M. et al. 2000. Estudio físico-químico de los ambientes estancados del Parque Regional del Sureste de la Comunidad de Madrid. Consejería de Medio Ambiente, Comunidad Autónoma de Madrid. *Serie Documentos*, nº 29. Madrid.
- Aparicio Martínez, A. 1999. *Erica andevalensis*. Libro Rojo de la Flora Silvestre Amenazada de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Vol. 2. Págs. 231-235.
- Arribas, D. 2002a. *Arte, Industria y Territorio 1. Minas de Ojos Negros (Teruel)*. Arteijiloca, 266 págs.
- Arribas, D. 2002b. Así que pasen cien años (más). En: *Arte, Industria y Territorio. Minas de Ojos Negros (Teruel)*. Págs. 91-123. Arteijiloca.
- Arribas, D. 2006. *Arte, Industria y Territorio 2. Minas de Ojos Negros (Teruel)*. Arteijiloca, 317 págs.
- Arrieta, R. T. 1997. From the Atacama to Makalu. A journey to extreme environments on Earth and beyond. Coquí Press, Panama City.
- Australian National Committee on Large Dams (A.N.C.O.L.D.). 1999. Guidelines on tailings dam design, construction and operation. 53 pp.
- Ayuntamiento de Mieres. Publicaciones del Consejería de Turismo.
- Azcárate, J.E., Vergara, A. y Arguelles, A. 1971. Caracteres metalogénicos de los distritos mineros de Linares-La Carolina. I Congreso Hispano-Luso Americano de Geología Económica, Madrid.
- Baña, C. 2005. Capital mundial del mercurio. Almadén abre sus minas al turismo. *Elmundo.es*.
- Barettino, D. 2006. La visión de la Autoridad Ambiental frente a las actividades extractivas de materiales de construcción. *2º Seminario Internacional Minería, Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial*. Bogotá, Colombia.
- Benavente, J.; Hidalgo, M.C.; Marín-Lechado, C. y Rubio-Campos. J.C. 2002. Consecuencias hidrogeológicas del cese de actividades mineras. El caso del "socavón general de desagüe" de Linares (Jaén). *Geogaceta*, 32:187-189.
- Benavente, J., F. Moral y M. Rodríguez-Rodríguez. 2006. Definición del contexto hidrogeológico de humedales andaluces. Lagunas de Cádiz. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (Informe inédito). 182 págs. Sevilla.
- BOE nº 42 del 18/02/2000.
- Cabezudo, B. y Rivera, J. 1980. Notas taxonómicas y corológicas sobre la flora de Andalucía Occidental. *Erica andevalensis* Cabezudo & Rivera, sp. nov. *Lagascalía*. 9: Págs. 223-226.
- Calvo, M., Gómez, F. y Viñals, J. 1999. Mineralogía de la Faja Pirítica Ibérica. *Bocamina*. 4. Págs. 50-86.

- Calvo, M. y Viñals, J. 2003. Los minerales de las explotaciones de magnesita de Eugui (Navarra). *Revista de Minerales*. 2 (4). Págs. 6-21.
- Carbonell, E., Giralt, S., Márquez, B. y otros. 1995: El conjunto lito-técnico de la Sierra de Atapuerca en el marco del Pleistoceno Medio europeo. Evolución humana en Europa y los yacimientos de la sierra de Atapuerca. Medina del Campo 1992. Págs. 445-533.
- Caride de Liñán, C. 1994. Primera emisión de sellos sobre Minerales Españoles. ITGE. 1 pág. Madrid.
- Carrasco, J.-F. y Hueso, K. 2006a. ETNOSAL, un intento de recuperar la memoria salinera de Castilla – La Mancha. *Oppidum*, 1 2006, en prensa.
- Carrasco, J.-F. y Hueso, K. 2006b. Las salinas de interior como alternativa para un desarrollo local sostenible en zonas deprimidas. *Actas del Congreso Nacional de Medio Ambiente CONAMA*, en prensa.
- Carvajal, D.J. y González, A. xxxx. Mining heritage & closure mines. *Completar*. 7 pp.
- Castro, H.; Carrique, E.L.; Aguilera, P.A.; Ortega, M.; Casas, J.J.; Rescia, A.; Schmitz, M.F. y Pineda, F.D. Humedales almerienses: Importancia, problemática y gestión. En: *Problemática de la gestión del agua en regiones semiáridas*. Ed. Instituto de Estudios Almerienses, Diputación de Almería, pp.47-61.
- Charpentier, J.L. 1976. Géologie et métallogénie de la Sierra Carolina (Jaen - Espagne). Thèse L'Université de Paris-Sud, 156 pp.
- Coma, J. 1992. Diccionario del western clásico. Plaza y Janés, Barcelona.
- Conesa, H.M. 2005. Restauración/estabilización de suelos contaminados por metales como consecuencia de actividades mineras en la zona de Cartagena y La Unión. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena – Swiss Federal Institute of Technology. Zurich. 398 pp.
- De España, R. 2002. Breve historia del western mediterráneo. Ed. Glénat, S.L. Barcelona.
- Diario La Nueva España – Edición de Las Cuencas del miércoles 6 de Septiembre de 2006
- Doyle, M.G., Ovejero, G., Videira, J.C. y Vázquez, J. 1999. History of the environmental aspects of the Las Cruces Project (Pyrite Belt, Spain). *Mine Water & the Environment. IMWA Congress*. I: Págs. 135-141 pp. Sevilla.
- Durán, J.J.; López Martínez, J. y Mancheño, M.A. 2004. Dos registros de espeleotemas pleistocenos de gran potencia en la Península Ibérica. Primeros resultados isotópicos. *Boletín Geológico y Minero*. 115 (2), Págs. 265-270.
- ENADIMSA. 1981. Exploración geológico-minera del área de Linares-La Carolina-Santa Elena (Jaén). Informe inédito, Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S.A.-I.G.M.E.
- Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid. 2004. Fondos arqueológicos del Museo Histórico Minero D. Felipe de Borbón y Grecia. 107 pág. Madrid
- Faz, Á.; Aracil, E.; Acosta, J.A.; Alcaraz, M.; Conesa, H.; García, G.; García, C.; Manteca, I.; Martínez, S.; Martínez-Pagán, P.; Martínez, M.A.; Peñas, J.M.; Rodríguez, R.; Rodríguez, T.; Trigueros, E. 2003. Evaluación de riesgos y definición de medidas correctoras en depósitos de lodos abandonados procedentes de tratamientos de actividades extractivas en la Región de Murcia. Aplicación al depósito de "El Lirio" (Nº 0978-1-0026). Universidad Politécnica de Cartagena, 263 pp.
- Fernández Aller, R. 1981. Contaminación de las aguas por la minería del carbón en España. *Industria Química*. 6: Págs. 65-72. Madrid.
- Fernandez Aller, R. 2006. El crecimiento de Madrid y la industria de los áridos (Agregados). 2º Seminario Internacional Minería, Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial. Bogotá, Colombia.
- Fernández Ortega, F. y Valls Uriol, M.C 2004. Cavernas y Minas. Patrimonio Subterráneo de Cantabria. Ed. Librería Estvdio. Santander.

- Fernández Ortega, F. y Valls Uriol, M.C 2006. Cueva el Soplao. El Soplao Cave. Creática Ed. Santander.
- Fernández Ortega, F. y Valls Uriol, M.C 2006. Cueva de Pozalagua. Pozalagua Kobazuloa.. Creática Ed. Santander.
- Fernández Rubio, R. 1974. Hidrogeología de la mina Castilla (Sierra Menera, Guadalajara). *Doc. Invest. Hidrológica*. 16: Págs. 139-173. Barcelona.
- Fernández Rubio, R. 1978 a. El Agua en la Minería y las Obras Subterráneas. SIAMOS-78. Prólogo. V-X. Granada.
- Fernández Rubio, R. 1980. Estudio hidrogeológico de la mina de Reocín (Santander). Real Compañía Asturiana (Informe inédito). 156 págs. Granada.
- Fernández Rubio, R. 1986 a. Water problems in Spanish coal mining. *Inter. J. of Mine Water*. 2: Págs. 13-28.
- Fernández Rubio, R. 1986 b. Impacto de la minería en los sistemas hidrológicos. E.T.S. Ingenieros de Minas. 10 págs. Madrid.
- Fernández Rubio, R. 1998. Clausura de minas: impactos hidrológicos. *Reun. Cient.-Téc. Agua en Cierre Minas*. 17 págs. Oviedo.
- Fernández Rubio, R. 1999. Las actividades mineras y su influencia en la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. Univ. Intern. Andalucía. Sede Antonio Machado. Curso Aguas Subterr. y Medio Amb. 19 págs. Baeza (Jaén).
- Fernández Rubio, R. 2001a. Las aguas de mina: un recurso valioso. *Coloq. Interamer. Gerenciamiento Agua*. Foz do Iguaçu (Brasil).
- Fernández Rubio, R. 2001b. La minería en el contexto de la ordenación del territorio. Proyecto Las Cruces (España). 28 págs. Mendoza (Argentina).
- Fernández Rubio, R. 2002a. Agua una visión mineral. Exposibram. Belo Horizonte, Brasil.
- Fernández Rubio, R. 2002b. Las Cruces Mining Project (Sevilla, Spain). *Hydrogeology and Groundwater Management System. IMWA Congress*. Freiberg (Alemania).
- Fernández Rubio, R. 2003. Minería y sustentabilidad hoy. *X Congr. Bras. Mineração*. 10 págs. Belo Horizonte (Brasil).
- Fernández Rubio, R. 2004. Sustainable mining. Environmental assets. Mine Water 2004. Process, Policy and Progress. IMWA Congress. Newcastle upon Tyne, UK. Vol. 2: Págs. 251-271.
- Fernández Rubio, R. 2005. Minería sostenible. Activos ambientales. XXVII Convención Minera. 12 a 16 Sept. Arequipa (Perú).
- Fernández Rubio, R. 2006 (en prensa). A gestão dos recursos hídricos e a mineração. Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM). Brasília.
- Fernández Rubio, R. 2006b. Minería y sustentabilidad. *Industria y Minería*. 9 Págs. Madrid.
- Fernández Rubio, R., Amorim, L.Q., León, A., Baquero, J.C. y Lorca, D. 1998. Compatibilidad del drenaje minero y el abastecimiento urbano de agua en el área del Cuadrilátero Ferrífero – Belo Horizonte (Brasil). *X Congreso Internacional de Minería y Metalurgia*. Págs. 375-400.
- Fernández Rubio, R., Baquero Úbeda, J.C., Lorca Fernández, D., Verdejo Serrano, J. 2002. Activos ambientales en la minería. Algunos ejemplos. *XI Reunión Anual AIESMIN*. Madrid.
- Fernández Rubio, R.; Baquero Úbeda, J.C.; Lorca Fernández, D., Verdejo Serrano, J, y Ovejero Zappino, G. 2006. Contribución del Proyecto Las Cruces al conocimiento general del Acuífero Niebla-Posadas (Valle del Guadalquivir, España). *Congreso Internacional sobre el Agua Subterránea en los Países Mediterráneos (Aquainmed-06)*. Málaga.

Fernández-Rubio, R. 1993. Las aguas de drenaje de minas. Recursos hidrogeológicos y recursos hidráulicos no convencionales. *Seminario de la Universidad internacional Menéndez Pelayo de Santander*. 129-147.

Fernández Rubio, R.; Cosmen, P.; Doyle, M.; Ovejero, G.; Baquero Úbeda, J.C.; Lorca Fernández, D.; Verdejo Serrano, J. 2005. Proyecto Las Cruces. Aspectos Hidrológicos y Ambientales. *III Encontro das Comunidades Mineiras*. Aljustrel (Portugal).

Fernández Rubio, R., León Fábregas, A., Baquero Úbeda, J.C.; Gutiérrez del Olmo, A., y Lorca Fernández, D. 1997. Compatibilización del abastecimiento de agua a Belo Horizonte, frente a la explotación minera de Capão Xavier (Minas Gerais, Brasil). *Tecno Ambiente*. Nº 68. Págs. 47-50. Madrid.

Fernández Rubio, R., León Fábregas, A., Baquero Úbeda, J.C. y Lorca Fernández, D. Underground Mining Drainage. State of the Art. *IMWA Congress*. Johannesburg (África del Sur).

Fernández Rubio, R y Lorca Fernández, D. 1993. Las aguas de drenaje de minas. *Recurs. Hidrogeol. y Recurs. Hidrául. no Convenc.* Universidad Intern. Menéndez Pelayo. Santander.

Fernández Rubio, R. y Pulido Bosch, A. 1978. Integración de las aguas procedentes del drenaje de minas en la gestión de los recursos hidráulicos. Problemas y posibilidades. *Smagua-78*. Págs. 167-172. Zaragoza.

Flores, P. 2002. Cuenca minera de Río Tinto: un modelo de desarrollo basado en la minería y en la diversificación económica. En: *Arte, Industria y Territorio. Minas de Ojos Negros (Teruel)*. Págs. 145-156. Artejiroca.

Fraila Gracia, S. 2000: Informe de las actuaciones paleontológicas realizadas en el Cerro de los Batallones, (Torrejón de Velasco, Madrid). Informe interno del Archivo de Tolsa, S.A.

FRASA Ingenieros Consultores. 2001. Proyecto Las Cruces. Estudio de Impacto Ambiental. 11 tomos.

FRASA Ingenieros Consultores. 2003. Relatorio hidrogeológico e hidrológico de síntese, da mina de potasio de Taquari-Vassouras (Sergipe). Documento Interno. 68 págs.

FRASA, Ingenieros Consultores. 2004. Informe preliminar hidrogeológico-minero de la mina Las Salinas. Documento interno para Salinera de Cardona. 34 págs.

FRASA Ingenieros Consultores. 2005a. Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de ampliación en profundidad de la cantera de Valdecubillos. Documento Interno. 149 págs.

FRASA Ingenieros Consultores. 2005b. El Cordel de Las Merinas en el Proyecto de ampliación en profundidad de la cantera de Valdecubillos. Documento Interno. 24 págs.

FRASA Ingenieros Consultores y AIAconsult. 2005. Cobre Las Cruces. Proyecto Minero-Hidrometalúrgico. Valoración ambiental del estado pre-operacional. 71 págs. Sevilla.

García García, G. 2004. Actividad minera de Tolsa, S.A. en la zona sur de Madrid-Toledo: extracción + restauración. 7º CONAMA. 6 págs.

García García, J.L. 1996. Prácticas Paternalistas. Un estudio antropológico de los mineros asturianos. Editorial Ariel, S.A.

García Pérez, M.C.; Cabrero Garrido, F.; et al.. 2003. Arquitectura de Madrid. Fundación Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.

García Secades, J.R. 2005. El Agua en Asturias. Jornadas Técnicas Campus Universitario de Mieres. Asturias

García Zamorano, C. 1997. Informe Resumen del control arqueológico realizado sobre la explotación de bentonitas denominada "Posible" sita en la Finca 48 del Polígono 5 del término municipal de Cabañas de la Sagra (Toledo). Informe interno del Archivo de Tolsa, S.A.

- García Zamorano, C. 2002. Un yacimiento hispanovisigodo en Cabañas de la Sagra (Toledo). 2º Congreso de arqueología de la provincia de Toledo. Diputación Provincial de Toledo.
- Gil, A.; Aréchaga, F.; Cheda, D. y Lobato, X. 2003. Vida sobre estéril. La rehabilitación de la Mina de As Pontes. ENDESA. 159 Págs. As Pontes (Coruña).
- Gobierno de La Rioja y ANEFA. 2006. Manual de Restauración de Minas a Cielo Abierto. 168 págs.
- Gobierno del Principado de Asturias. 2005. Sociedad Regional de Turismo del Principado de Asturias. Rincones de Asturias.
- González, A.; Domínguez, P. y Franqueza, P.A. 2003. En: *TIAC 2003*, I: 423-435.
- González del Tánago, J., La Iglesia, A., Rius, J. y Fernández, S. 2003. Calderonite, a new lead-iron-vanadate of the brackebuschite group. *American Mineralogist*. 88. Págs. 1703-1708.
- González López, P., Cánovas Belchí, J.T. 1993 Catálogo del cine español. Volumen F2. Películas de ficción 1921-1930. Fimoteca Española, Ministerio de Cultura. Madrid.
- Gutiérrez-Guzmán, F. 1999. Las minas de Linares. Apuntes históricos. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Minas de Linares.
- Hidalgo Estévez, M.C. y Benavente, J. 2001. Controls on groundwater chemistry in the Linares lead-copper abandoned mines (Spain). En: Seiler K.-P. y Wohnlich, S. (eds.) *New approaches characterizing groundwater flow*, Vol. 2, Balkema, 1199-1202 pp.
- Hidalgo Estévez, M.C., Benavente, J., El Mabrouki, K. y Rey, J. 2006. Estudio hidroquímico comparativo en dos sectores con minas abandonadas de sulfuros metálicos: distrito de Linares-La Carolina (Jaén).
- Hidalgo Estévez, M.C.; Rey Arrans, J. y Dueñas Molina, J. 2002. Visita al área minera de Linares – hidrogeología del sector. Presente y futuro de las aguas subterráneas en la provincia de Jaén. IGME.
- Hueso, K. 2006. Las salinas de Castilla-La Mancha: Una oportunidad para un desarrollo local responsable. *Actas del VI Congreso Regional de Ciudades y Pueblos Sostenibles de Castilla-La Mancha*, Molina de Aragón (Guadalajara), 5-7 octubre 2005, en prensa.
- Hueso, K. y Carrasco, J.-F. 2004. Los museos de la sal en España. Retos y dificultades. *Actas de las IV Jornadas Españolas de Patrimonio Industrial*, TICCIH, Terrasa.
- Hueso, K. y Carrasco, J.-F. 2006. Inland saltscapes. Values for a sound socioeconomic development. *Actas del Congreso Internacional Las salinas y la sal de interior en la historia: Economía, medioambiente y sociedad*. Sigüenza, en prensa.
- IGME, 1982. Estudio hidrogeológico del Campo de Dalías (Almería). 13 tomos. Ministerio de Industria y Energía.
- IGME. 2004. Hydrogeological characterization of the Spanish wetlands included in Ramsar Convention. Madrid.
- ITGE, 1989. Síntesis hidrogeológica del Campo de Dalías (Almería). Propuesta de primeras actuaciones de investigación y gestión. Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
- ITGE. 1997. Inventario nacional de recursos minerales de cloruro sódico y sales potásicas. Madrid.
- Jambor, J.L., Viñals, J., Groat, L.A. y Raudsepp, M. 2002. Cobalthurite $\text{CoFe}_2(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, a new mineral of the arthurite group. *Canadian Mineralogist*. 40. Págs. 725-732.
- Junta de Andalucía. Modelo Digital del Terreno de Andalucía. Relieve y Orografía. Consejería de Obras Públicas y Transporte, Consejería de Agricultura y Pesca, Consejería de Medio Ambiente. ISBN: 84-96329-34-8.
- Le Loeuff, J. y Martínez, A. 1997. Afloramiento de icnitas de Titanosauridae en la zona de Fumanya (Maestrichtiense, Pirineo oriental): estudio preliminar. *Geogaceta*, 21: Págs. 151-153. Madrid.

- Lillo, J. 1992. Geology and Geochemistry of Linares-La Carolina Pb-Ore field (Southeastern border of the Hesperian Massif). Ph.D. Thesis University of Leeds, 377 pp.
- Linares, L. y Carrasco, F. 2006. El Torcal de Antequera y la Laguna de Fuente de Piedra. El agua subterránea en los países mediterráneos. Guías de las excursiones. Instituto Geológico y Minero. Málaga. Págs. 116-139.
- López Martos, J.M. 1998. La Cañada de Las Norias, hacia un nuevo modelo de protección. *Encuentro Medioambiental almeriense: en busca de soluciones*.
- Maestre, J. 200x. La Jayona. El misterio de una mina. De explotación de hierro a Monumento Natural. http://www.cepalcala.org/ciencias1/geologia/mineria/la_jayona.htm
- Margalef, R. 1983. Limnología. Ed. Omega, S.A., Barcelona.
- Marín Lechado, C.; Benavente Herrera, J.; Rubio Campos, J.C. 2001. Estimación del volumen de huecos mineros en el batolito de Linares (Jaén). *Geogaceta*, 30, 79-82.
- Martín Rodrigo y Alhajilla. 2000. Hegemonía, consenso y conflicto: una historia social del poder en la restauración.
- Martínez Págan, P. 2006. Aplicación de diferentes técnicas no destructivas de prospección geofísica a problemas relacionados con contaminación ambiental producida por diferentes actividades antrópicas en la Región de Murcia. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena. 476 pp.
- Matamala, J.J. 2006. La Cañada de las Norias. 13 p. <http://waste.ideal.es/norias.htm>
- Medina Salcedo, F.; Fernández Rubio, R. y Gordillo Martín, A. 1977. Hydrogéologie de la Plaine du Marquesado et influence de son drainage meridional (Dépression Guadix-Baza, Espagne). *Hydro. Grands Basins Sédimentaires Conf. Ann. Inst. Geol. Public. Hung. LIX (1-4)*. Págs. 336-350. Budapest.
- Mena, J.L. 1994. Los 100 mejores western de la historia del cine. Cacitel, S.L. Madrid.
- Méndez Leite, F. 1965. Historia del cine español. 2 vol. Ed. Rialp, S.A. Madrid.
- Mesa, M., Calvo, M. y Viñals, J. 2002. El Valle-Boinás. Un proyecto moderno con minerales de excepción. *Bocamina*. 9. Págs 38-85.
- Molina, L. 1998. Hidroquímica e intrusión marina en el Campo de Dalías (Almería). Tesis Doctoral Univ. Granada. 340 p.
- Morales, J. (coordinador). 2000. Patrimonio Paleontológico de la Comunidad de Madrid. *Monografías de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid*.
- Moreira, J.M., y C. Montes. 2005. Caracterización ambiental de humedales en Andalucía. Junta de Andalucía. 511 págs. Sevilla.
- Murciego, A., Inmaculada Pascua, M., Babkine, J., Dusausoy, Y., Medenbach, O. y Bernhardt, H.J. 1999. Barquillite, Cu₂(Cd, Fe) GeS₄, a new mineral from the Barquilla deposit, Salamanca, Spain. *European Journal of Mineralogy*. 11. Págs. 111-117.
- Murillo Díaz, J. M; López Geta, J. A; Martín Machuca; M; Rubio Campos, J. C; Mediavilla Laso, C y Peinado Parra, T. 1991. Tecnología básica de la recarga artificial de acuíferos. Instituto Geológico y Minero de España. 56 pp.
- Oen, I.S., Burke, E.A., Kieft, C. y Westerhof, A.B. 1972. Westerveldite, (Fe, Ni, Co)As, a new mineral from La Gallega, Spain. *American Mineralogist*. 57. Págs. 354-363.
- Orche, E. 2002. Rehabilitación del patrimonio minero de Fontao (Vila de Cruces): propuesta de una nueva oferta lúdico cultural en Galicia. En *Brandao, J.M. Actas do Congresso Internacional sobre Patrimonio Geológico e Mineiro*. Lisboa. Págs. 665-674.
- Orche, E. 2003a. Puesta en valor del patrimonio geológico-minero: el proceso de adaptación de explotaciones mineras a parques temáticos. Jornadas Iberoamericanas sobre Patrimonio geológico y

- minero. Santa Cruz de la Sierra (Bolivia, 2002). En *Villas-Boas, R.; Sá, G. (Eds.) Patrimonio geológico y minero en el contexto del cierre de minas*. CYTED-CETEM-IMAAC. Río de Janeiro. Págs. 51-65.
- Orche, E. 2003b. Parques mineros, desarrollo sostenible y ordenación del territorio. Jornadas sobre Ordenamiento del territorio y recursos minerales. Moa (Cuba, 2002). En *Martins, L.; Carrión, P. (Eds.) Integración de la minería en la ordenación del territorio*. ESPOL- CYTED. Guayaquil. Págs. 112-124.
- Orche, E. 2004. La función multidisciplinar de los parques geomíneros. V Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico. Molina de Segura (Murcia, 2001). En *Guillén, F.; Del Ramo, A. (Eds.) El Patrimonio Geológico. Cultura, turismo y medio ambiente*. Universidad de Murcia. Págs. 93-99.
- Orche, E.; Amaré, M.P.; Padilla, J. 2001. Anteproyecto del Parque Temático de la Minería de Galicia (Fontao, Vila de Cruces, Pontevedra). Ayuntamiento de Vila de Cruces. *Informe inédito*. 80 págs.
- Orche, E.; García, G. 1997. Anteproyecto de acondicionamiento del Pozo Ibarra para su aprovechamiento museístico. S.A. Hullero Vasco-Leonesa. *Informe inédito*. 20 págs.
- Palero, F.J. 1991. Evolución geotectónica y yacimientos minerales de la región del Valle de Alcudia (sector meridional de la Zona Centro Ibérica). Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca. 827 pp.
- Patricio y FRASA. 1996. Asistencia Técnica de diagnóstico, propuestas de medidas correctoras y redacción de once proyectos de restauración medioambiental de la minería del Odiel y sus afluentes. *Informe interno*. Consejería de Medio Ambiente. Dirección General de Protección Ambiental. Junta de Andalucía. Sevilla.
- Pendás Fernández, F. 2005. El Agua en Asturias. Jornadas Técnicas Campus Universitario de Mieres. Asturias.
- Petanidou, T. 1997. Salt in European history and civilisation. Hellenic Saltworks, S.A. Atenas.
- Petanidou, T. 1997. Salt in European history and civilisation. Hellenic Saltworks, S.A. Atenas.
- Viñals, M.J. (Ed.). 2002. El patrimonio cultural de los humedales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Podlecki, J. 1998. Wieliczka, Real Mina de Sal. Ed. Karpaty. Cracovia. 46 págs.
- Press, W.H.; Flannery, B.P.; Teukolsky, S.A.; Vetterling, W.T. 1992. Numerical recipes in C: The art of scientific computing. Cambridge University Press, 1020 pp.
- Puche Riat, O. 2006a. Patrimonio minero de España. Aspectos económicos. *Patrimonio geológico y minero: su caracterización y puesta en valor*. IGME. Madrid. Págs. 15-24.
- Puche Riat, O. 2006b. Paisajes culturales de la minería española. En: *Arte, Industria y Territorio 2. Minas de Ojos Negros (Teruel)*. Artejiloca. Págs. 143-153.
- Puche Riat, O.; García Cortés, A. y Mata Perelló, J.M. 1994. Conservación del Patrimonio Histórico Minero-Metalúrgico español. *Actas del XI Congreso Internacional de Minería y Metalurgia*. Asoc. Nacional Ing. Minas. León. T. V: Págs. 433-448.
- Pulido Bosch, A.; Martínez Vidal, J.L.; Navarrete, F.; Benavente, J.; Molina, L.; González, V.; Macías, A. y Padilla, A. 1989. Caracterización hidrogeoquímica del Campo de Dalías (Almería). IARA-Junta Andalucía. Sevilla. 265 p.
- Pulido Bosch, A.; Pulido Leboeuf, P.; Molina, L.; Vallejos, A. y Martín Rosales, W. 2000. *Env. Geol.*, 40 (1-2): 163-168.
- Raquejo, T. 2002. Ojos Negros, ¿un no-lugar en construcción? En: *Arte, Industria y Territorio. Minas de Ojos Negros (Teruel)*. Págs. 187-188. Artejiloca.
- Ramos Miras J.J.; Gil de Carrasco C.; Boluda Hernández R. 2002. Estudio de las características de los antrosoles cumúlicos en los invernaderos de la comarca del Poniente Almeriense. Influencia de las prácticas agrícolas sobre los cambios de sus propiedades. *Edafología* vol 9 (2): 129-142.

Rebollada, E.; Merino, R.; Fernández, F.J.; Muñoz, P.; de Tena, M. T. Martínez, E.; Carvajal, D. y. Perianes, V. 2006. Itinerarios Geológicos en el Monumento Natural "Mina La Jayona" (Fuente del Arco, Extremadura, España). *Cuevatur* (en publicación).

Regueiro González-Barros, M. 2006. La extracción de áridos en la Unión Europea en el marco de la estrategia del uso sostenible de los recursos. *Bol. Geol. y Min.* Vol. 117 (2): 231-243. Madrid.

Regueiro, M., Martins, L., Feraud, J., Arvidsson, S. 2002. EGS' Opinion on the document of EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE-GENERAL ENVIRONMENT Directorate A - Sustainable Development and Policy Support ENV.A2 – "Sustainable Resources Towards a European Strategy for the sustainable use of Natural Resources Brussels". EuroGeosurveys documento interno.

Retamar, P. 200x. El bosque subterráneo. http://www.cepalcala.org/ciencias1/geologia/mineria/la_jayona.htm

Ríos, S. 1977. Estudio geológico del metalotecto plumbífero del Ordovicense (La Carolina-Santa Elena, Sierra Morena Oriental). Tesis Universidad Politécnica de Madrid, 271 pp.

Rolandi, B. 1954. Sucinta historia de la minería cartagenera desde su mismo origen. Actas conmemorativas de la creación del Cuerpo de Ingenieros de Minas. Madrid.

Rodríguez-Rodríguez, M. 2002. Contribución hidrogeológica y limnológica a la caracterización ambiental de zonas húmedas de Andalucía oriental. Tesis Doctoral (Inédita). Universidad de Granada. 205 págs. Granada.

Sainz de Baranda, B., González del Tánago, J. y Viñals, J. 2003. Secondary minerals of the Mazarrón - Aguilas mining district. Murcia province, Spain. *The Mineralogical Record*. 34. Págs. 315-334.

Sánchez Noriega, J.L.. 1996 Desde que los Lumière filmaron a los obreros. Nossa y Jara Editores, Madrid.

Schoeller, W.P., Powell, A.R. 1920. Villamaninite, a new mineral. *Mineralogical Magazine*. 19. Págs. 14-18.

Sierra, J., Leal, G., Pierrot, R., Laurent, Y., Protas, J. y Dusausoy, Y. 1968. La rodalquilarite, chlorotelurite de fer, une nouvelle espece minerale. *Bulletin de la Societe Francaise de Mineralogie et Cristallographie*. 91. Págs 28-33.

Suárez Antuña, F. 2005 La organización de los espacios mineros de la hulla en Asturias. *Geo Crítica/Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 15 de diciembre de 2005. Vol. IX, núm. 203.

Tamain, G. 1972. Recherches géologiques et minières en Sierra Morena orientale (Espagne). Thèse L'Université de Paris-Sud, 3 vol., 870 pp.

Trilla Arrufat, J.; López Vera, C.F. y Peón Peláez, A. 1978. Sobre el origen y dinámica de las aguas fluentes a las explotaciones mineras de Reocín (Santander, España). *SIAMOS-78*. I: Págs. 293-307. Granada.

Vera, J.A.; Molina, J.M. Molina Diaz, A. y Ruiz Ortíz, P.A. 1986-1987. Bauxitas kársticas jurásicas en la zona subbética (Zaradilla de Totana, prov. de Murcia, Sureste de España). Interpretación paleogeográfica. *Acta Geológica Hispánica*. T. 21-21. Págs. 351-360.

Petanidou, T. 1997. Salt in European history and civilisation. Hellenic Saltworks, S.A. Atenas.

Viñals, M.J. (Ed.). 2002. El patrimonio cultural de los humedales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

Wróbel, S. 1964. Peculiarities of the chemical composition of water in ponds situated on gypsum. *Acta Hydrobiologica*. 6: Págs. 285-288.

8 ENLACES EN INTERNET

Atapuerca

http://es.wikipedia.org/wiki/Yacimiento_de_Atapuerca

<http://www.ucm.es/info/paleo/ata/yacimien/sierra/s-histo.htm>

Canteras Cuevas Romanas (Córdoba)

<http://www.cuevasromanas.com/index2.htm>

Canteras de s'Hostal de Ciutadella (Menorca)

<http://www.lithica.com>

<http://www.artifexbalear.org/lithica.htm>

<http://www.menorcaweb.com/reportajes/museos/canteras-de-hostal>

<http://www.sol.com/imagenes/MENORCA/Otros/ciudadella>

<http://www.amyp.org/formularios/Minas/MinasTextos>

Mina de Almadén (Ciudad Real)

<http://es.wikipedia.org/wiki/Almad%C3%A9n>

<http://www.elmundoviajes.com/elmundoviajes/noticia.html?seccion=cronica&nombre=1106327581>

Mina de La Aliseda

http://aym.juntaex.es/webs/dgma/web_minas/aliseda_antecedentes.html

Mina de La Jayona (Badajoz)

http://www.cepalcala.org/ciencias1/geologia/mineria/la_jayona.htm

http://www.geocities.com/yo_soy2001/Iberica_1.html

http://aym.juntaex.es/webs/dgma/web_minas/jayona

Montaña de sal de Cardona

<http://www.salcardona.com>

Minas de Río Tinto y parque minero (Huelva)

http://www.nasa.gov/centers/ames/spanish/research/marte_factsheet.html

<http://www.parquemineroeriotinto.com>

Museo de la Minería y de la Industria de Asturias

<http://www.mumi.es>

Restaurante La Gruta (Almería)

<http://www.asadorlagruta.com>

Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (SEDPGYM)

<http://www.sedpgym.org>

Colectivo Proyecto Arrayanes

<http://www.proyectoarrayanes.org>

Cargadero de mineral de Almería

www.ciberia.info

www.juntadeandalucia.es

Deporte y minería

http://es.wikipedia.org/wiki/Minas_de_Riotinto

Poblamiento Minero

http://www.lasalle.es/bustiello/poblado_minero.htm

<http://www.bustiello.com>

<http://www.fucomi.com/>

<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-203.htm>

<http://www.uniovi.com>

<http://www.infoasturias.com>

Restaurante Playa de Balarés

www.balares.com

<http://josecadaveira.tripod.com/militaryruins/id16.html>

Maestre, J. 200x. La Jayona. El misterio de una mina. De explotación de hierro a Monumento Natural. http://www.cepalcala.org/ciencias1/geologia/mineria/la_jayona.htm

Cañada de Las Norias (Dalías, Almería)

M.A.P.A. 1999. SIG Oleícola Español. <http://www.mapya.es/es/sig/sig1.htm>

Matamala, J.J. 2006. La Cañada de las Norias. 13 p. <http://waste.ideal.es/norias.htm>

Lugares salineros

Parc Cultural La Muntanya de Sal (Barcelona): <http://www.salcardona.com/>

Parque Natural de las Salinas de Santa Pola (Alicante):
<http://www.santapola.com/salinas/salinas1.htm>

Salinas de Añana (Álava): <http://www.alava.net/urbanismo/salinas/default.htm>

Cabo de Gata-Níjar: un pequeño rincón de Andalucía.
<http://www.arrakis.es/~l.posadas/cabo.htm>

Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Formularios normalizados Natura 2000 de las ZEPA declaradas en Andalucía. Laguna de Fuente de Piedra.
http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/natura/ficheros_zepa/es0000033.pdf

Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Formularios normalizados Natura 2000 de las ZEPA declaradas en Andalucía. Cabo de Gata-Níjar.
http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/natura/ficheros_zepa/es0000046.pdf

El flamenco rosado o el ave fénix.
http://www.almediam.org/libro%20Almeria%20al%20Natural/pagina_071.htm

IGME. La laguna de Fuente de Piedra y su entorno.
http://aguas.igme.es/zonas_humedas/laguna/medio_fisico/CLIM_HIDROLOGIA_GEOLOGIA_FU.PDF#search=%22explotaci%C3%B3n%20sal%20fuentedepiedra%22

IGME.. Sal común. <http://www.igme.es/internet/principal.asp> (Recursos minerales – Panorama minero – Sal común)

Las salinas. <http://www.clubdelamar.org/salinas.htm>

Ley de Minas. Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas.
http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/l22-1973.t1.html

Lista de sitios Ramsar españoles. <http://www.geocities.com/rainforest/3249/ramsar.html>

Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar. <http://www.degata.com>

Wikipedia. <http://es.wikipedia.org>

Información general sobre sal y salinas

Instituto de la Sal: www.saltinstitute.org

Instituto Geológico y Minero de España <http://www.igme.es>

Proyecto Europeo Interreg III B “SAL”: <http://www.sal-atlantic.net/>

Proyecto Europeo Phare/Ecos Ouverture ALAS “All About Salt”: www.aegean.gr/alas/

Servicio Geológico de los E.E.U.U. (Estadísticas de sal) <http://www.usgs.gov>

Asociaciones

Asociación de Amigos de las Salinas de Interior: <http://salinas.castillalamancha.es>

Asociación de Amigos de las Salinas de Poza (Burgos): www.salinasdepoza.net

Asociación Europea de Productores de Sal: <http://www.eu-salt.com>

Montaña de sal de Cardona: <http://www.salcardona.com/>

Parque Minero de Riotinto: <http://www.parquemineroderiotinto.com/>

9 AUTORÍA

9.1 Coordinador general

Rafael Fernández Rubio. *Áreas de actividad: hidrogeología, medio ambiente y minería.*

Premio Rey Jaime I a la Protección del Medio Ambiente. Dr. Ingeniero de Minas; Dr. Honoris Causa por la Universidad de Lisboa; Catedrático de Hidrogeología y Asesor para las Relaciones Internacionales en la Escuela de Minas de Madrid; Profesor Emérito de la Universidad Politécnica de Madrid. Asesor para las Relaciones Internacionales en la Escuela de Minas. Profesor Invitado en 53 Universidades de 20 países. World Ecologism Award (USA); Premio Biosfera (Brasil); Miembro de Honor de la European Environmental Press (Francia); Hidrogeólogo del Milenio (África del Sur); Miembro de Honor de la Asociación Iberoamericana de Enseñanza Superior de la Minería (Argentina); Medalla de Plata del Instituto de la Ingeniería de España y de la Universidad de Lisboa; Socio de Honor de la Asociación Nacional de Ingenieros de Minas de España; Experto en Proyectos Internacionales de: FAO, UNEP, UNESCO y UNIDO. Fundador, Presidente y Presidente Emérito de la International Mine Water Association; Fundador y Ex-Presidente de la Asociación Iberoamericana de Enseñanza Superior de la Minería (AIESMIN); Presidente del Club Español del Medio Ambiente. Fundador y ex Presidente del Club del Agua Subterránea. Presidente del Comité de Ingeniería y Desarrollo Sostenible del Instituto de la Ingeniería de España. Presidente de FRASA Ingenieros Consultores. Director de más de 450 proyectos de Agua y Medio Ambiente en Minería, en 48 países de los cinco continentes. Autor de seis libros y más de 300 publicaciones.

rfrubio@gmail.com

9.2 Colaboradores especiales

Juan Carlos Baquero Úbeda. *Áreas de actividad: hidrogeología, medio ambiente y minería.*

Doctor Ingeniero de Minas por la Universidad Politécnica de Madrid; Profesor Titular de Hidrogeología en la Escuela de Ingenieros de Minas de Madrid; Jefe de Proyectos de FRASA Ingenieros Consultores; *Award for Doctoral Thesis in Hydrogeological Modeling* (IMWA, 1999); Premio Fundación Gómez Pardo (1999); Premio Extraordinario de Doctorado (1999); Coautor de 2 libros. Ha participado en más de 150 proyectos; Autor de 14 artículos en revistas, 5 capítulos en libros y 29 ponencias presentadas en congresos nacionales e internacionales; Ha desarrollado su labor profesional en siete países de Europa, América y África.

jcbaquero@gmail.com

Juan José Durán Valsero. *Áreas de actividad: hidrogeología, medio ambiente y geología.*

Licenciado en Ciencias Geológicas. Dr. en Ciencias Geológicas. Licenciado en Geografía e Historia. M.A. en Administración Pública. Especialista en Economía del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Investigador Titular del Ministerio de Ciencia y Tecnología. Jefe de Área de Coordinación Hidrogeológica del Instituto Geológico y Minero de España. Ha participado y dirigido numerosos proyectos de investigación hidrogeológica y medio ambiente, de ámbito nacional e internacional. Es autor de más de un centenar de publicaciones científicas en revistas y congresos nacionales e internacionales. Es profesor de Geodinámica Externa de la Universidad Autónoma de Madrid y Editor Principal del Boletín Geológico y Minero. Ha sido galardonado con varios Premios de Investigación.

jj.duran@igme.es

José Lorenzo Agudo. *Áreas de actividad: minería a cielo abierto, carbón, energía, medio ambiente.*

Doctor Ingeniero de Minas por la UPM. Fue Jefe del Servicio Geológico de Mina, del Departamento de Explotación, y de la División de Extracción, en Fosfatos de Bu-Craa (ex-Sahara español); Jefe de Explotación en Andaluza de Piritas; Jefe de Misión de Enadimsa en Minero-Perú; Subdirector y Director del Centro de Puertollano de Encasur y Director Técnico de Minería de Superficie en Encasur, y Director de Planificación Minera en el Grupo Endesa. Su Tesis Doctoral, en el área medioambiental minera, recibió el Premio de Investigación Juan Artieda 1991 de Aitemín, y el de la Sociedad Hullera Vasco-Leonesa 1992 de la Real Academia de Doctores. Ha colaborado en el mundo de la minería y energía con numerosas presentaciones, artículos, charlas y ponencias en revistas, libros, cursos, seminarios y congresos, sobre evaluación minera, explotación, carbón y medio ambiente minero.

jlorenzoagudo@gmail.com

Enrique Orche García. *Áreas de actividad: minería, prospección minera, patrimonio geológico y minero.*

Dr. Ingeniero de Minas. Catedrático de Prospección e Investigación Minera en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad de Vigo. Miembro fundador y Secretario General de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (SEDPGYM). Miembro fundador de la Federación Iberoamericana de Sociedades para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (FISDPGYM). Ex-Jefe del Servicio de Minería de la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S.A. (ENADIMSA). Director de más de 100 proyectos de minería e investigación minera en España e Hispanoamérica. Autor de siete libros y más de 100 publicaciones.

eorche@uvigo.es

9.3 Colaboradores

Ángel Luis Alonso Prieto. *Áreas de actividad: minería, carbón, geología.*

Ingeniero de Minas por la Universidad Politécnica de Madrid. Ha desarrollado toda su carrera profesional en el Centro Minero de ENCASUR en Puertollano, del que actualmente es Director. Fue profesor asociado del Departamento de Ingeniería Geológica y Minera de la Universidad de Castilla-La Mancha. Ha colaborado en los trabajos paleontológicos de campo que los Doctores Roberto Wagner y Rodrigo Soler Gijón han desarrollado en el Carbonífero de Puertollano.

aalonso@encasur.es

José Luis Alperi Jove. *Áreas de actividad: medio ambiente, industria y minería.*

Ingeniero Técnico Industrial por la Escuela de Ingeniería Técnica Industrial de Gijón-Asturias. Actualmente desarrolla su trabajo en los Talleres Generales de Santa Ana, de la empresa minera Hulleras del Norte, S.A., en las áreas relacionadas con el mantenimiento, el medio ambiente y la seguridad. Es Colaborador Técnico del Instituto para la Formación, Investigación, Documentación y Estudios Sociales (INFIDE).

jluisalperi@hunosa.es

Juan Gualberto Apodaca Carro. *Áreas de actividad: medio ambiente en minería a cielo abierto, revegetación.*

Ingeniero Agrónomo por la Universidad Politécnica de Madrid. Ha sido uno de los pioneros en los trabajos de recuperación de las escombreras de los Centros Mineros de Encasur en Puertollano y Peñarroya. Fue Responsable de Protección Medioambiental de Encasur desde 1984 a 1997. Durante

esta etapa participó en varios cursos y seminarios, divulgando los diferentes trabajos realizados. Actualmente ejerce la responsabilidad de Aprovisionamientos dentro de la Dirección de Producción Minera de Endesa Generación.

japodaca@endesa.es

Enrique Aracil Ávila. *Áreas de actividad: prospección geofísica, geología.*

Doctor en Ciencias Geológicas por la Universidad Complutense de Madrid. Administrador Único de la empresa Análisis y Gestión del Subsuelo, S.L. Profesor Asociado de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Burgos. Vocal de la Comisión Nacional de Geofísica y Geodesia. Miembro de la Sociedad Geológica de España y de la European Association of Geoscientists and Engineers. Responsable y coordinador, en la actividad profesional, de más de 500 proyectos relacionados con Geofísica, Geología e Hidrogeología. Director de tres proyectos Fin de Carrera y de tres Tesis Doctorales en temas relacionados con Geofísica, Hidrogeología e Ingeniería. Autor de más de 40 publicaciones (artículos en libros, revistas, congresos y ponencias), todos ellos relacionados con Geofísica, Geología e Hidrogeología.

e.aracil@ags-geofisica.com

Francisco Arechaga Rodríguez. *Áreas de actividad: minería.*

Ingeniero de Minas. Toda su vida profesional discurrió en Endesa; primero en la mina subterránea La Oportuna, como Jefe de Mantenimiento y Preparación; en 1984 se incorpora a la Mina de Puentes, como Jefe de Ingeniería de Mantenimiento y, cuatro años después, pasa a ser Jefe del Departamento de Ingeniería. Desde 1991 hasta la actualidad es Director de la Mina de Puentes. Autor de más de 20 comunicaciones en congresos y publicaciones en revistas especializadas sobre temas de mantenimiento, minería, restauración, seguridad y gestión.

farechaga@endesa.es

José Benavente Herrera. *Áreas de actividad: hidrogeología y recurso hídricos.*

Doctor en Ciencias Geológicas por la Universidad de Granada. Ha desempeñado labores investigador y docentes en esta Universidad desde 1982. Es Profesor Titular de Hidrogeología. Ha sido Director del Instituto del Agua de dicha Universidad. Es Responsable del "Grupo de Investigación de Recursos Hídricos" del Plan Andaluz de Investigación. Ha sido Investigador responsable de Proyectos del Plan Nacional de I+D+I (Ministerio de Educación y Ciencia); de proyectos de Colaboración de la Agencia Española de Cooperación Internacional (Ministerio de Asuntos Exteriores); de la Consejería de Presidencia de la Junta de Andalucía, y de contratos de investigación con numerosos organismos públicos y empresas privadas. Ha dirigido ocho tesis doctorales y es autor de más de un centenar de publicaciones científicas. Coordinador del Proyecto Europeo SWIMED (2003-2006), con participación de equipos de seis países, sobre uso sostenible de recursos hídricos en acuíferos costeros mediterráneos.

jbenaven@ugr.es

Guillermo Blanco Gil. *Áreas de actividad: minería, geología y medio ambiente.*

Ingeniero de Minas por la Universidad Politécnica de Madrid. Técnico Superior en Gestión de Riesgos Laborales en las especialidades de Seguridad e Higiene Industrial. Máster en Dirección Empresarial (MBA) de la Escuela Internacional de Gerencia de Granada impartido por ESIC. Toda su carrera profesional la ha desarrollado en el Grupo Holcim, donde comenzó en 1997 en el cargo de Director Técnico Regional de Levante, en su división de áridos. Actualmente forma parte de la Dirección de Minería y Geología, que coordina las actividades minero-geológicas y de restauración de todas las

explotaciones, tanto las de áridos como las canteras para la fabricación de cemento, que el Grupo Holcim dispone en España.

quillermo.blanco@holcim.com

José Gerardo Cabezas Tejero. *Áreas de actividad: Rehabilitación de suelos degradados mediante aplicación de residuos; consultoría medioambiental.*

Ingeniero de Montes. DEA en Ingeniería Agroforestal (ETSI Montes, UPM). Master en Gestión Medioambiental (FAME-Tajamar). Master en Fertilizantes y Medio Ambiente (Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid). Desde el año 2000 desarrolla su actividad en el Dpto. de Investigación Agroambiental del IMIDRA (Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural Agrario y Alimentario). Ha colaborado en numerosos proyectos de I+D, en rehabilitación de emplazamientos degradados, gestión de residuos y descontaminación de suelos. Autor de contribuciones y artículos en libros y revistas especializadas, así como de comunicaciones y ponencias en congresos nacionales e internacionales. Seleccionado por la ANEP para participar en el Campus de Excelencia 2005 en el Área de Medio Ambiente. Ha compaginado sus labores de investigación con labores de consultoría ambiental como *freelance*, en EIA, valoración de fincas, peritajes y estudios ambientales.

jose.cabezas@madrid.org

Jesús Alejo Blasco Galve. *Áreas de actividad: minería subterránea y a cielo abierto de carbón.*

Ingeniero de Minas por la ETSI Minas de la Universidad de Oviedo, especialidad de Laboreo y Explosivos. Prácticamente ha realizado su recorrido profesional en la zona de Andorra (Teruel) de Endesa. Primero en minería subterránea, en las minas Innominada y Oportuna, y después, como responsable de explotación del Centro Minero, teniendo a su cargo también las explotaciones a cielo abierto de Barrabasa y Gargallo, así como la cantera de caliza para la desulfuración de gases de combustión de la Central Térmica Teruel. Desde 2002 es Director del Centro Minero de Endesa Generación en Andorra.

jblasco@endesa.es

Miguel Calvo Rebollar. *Áreas de actividad: Mineralogía topográfica e historia de la mineralogía y minería españolas.*

Doctor en Ciencias Químicas y Catedrático de Tecnología de los Alimentos en la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza, especialista en Bioquímica de los Alimentos. Ha dirigido trece Tesis Doctorales, publicado unos 70 artículos de investigación en revistas internacionales de ese campo, registrado cinco patentes y recibido dos premios de investigación. En el campo de la mineralogía topográfica y la historia de la minería española, es autor de artículos sobre múltiples localidades, publicados en Revista de Minerales, Bocamina, The Mineralogical Record y Le Regne Mineral, así como del libro Bibliografía Fundamental de la Antigua Mineralogía y Minería Españolas. Actualmente (además de dirigir un grupo de investigación en Bioquímica de los Alimentos con cuatro Tesis Doctorales en marcha), trabaja en la preparación de una mineralogía topográfica completa de España, de la que, con el título Minerales y Minas de España, ya se han publicado los tres primeros volúmenes, correspondientes a Elementos, Sulfuros y Sulfosales y Halogenuros, que totalizan casi 1.200 páginas.

calvoreb@unizar.es

Ricardo Castelló Montori. *Áreas de actividad: rehabilitación y restauración edáfica y ecológica de escombreras y espacios mineros (canteras de yesos); impacto de vertederos en acuíferos con litología yesífera.*

Dr. en Ciencias Geológicas. Pertenece al Departamento de Contaminación y Química Ambiental del CCMA del CSIC. Trabajó en la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S.A. (ENADIMSA) participando en 35 proyectos (21 como Jefe de proyecto) de minería e investigación minera en España (Dirección General de Minas, SISTEMINER, IGME, etc.). Autor de más de 35 trabajos de investigación y más de 20 trabajos como contribuciones a Congresos Internacionales y Nacionales; participante como moderador en temas de rehabilitación y restauración ecológica de canteras ("*Ecological Restoration of damaged sites. Mined zones*" en "*The World Conference on Ecological Restoration*" Zaragoza Spain 2005). Director de varias tesis doctorales, colaborando en la formación de más de 15 becarios pre y post-doctorales. Profesor "*Ad honorem*" de la ETSIM de la UPM. Imparte clases en cursos de Doctorado de la Escuela de Minas de Madrid (desde 1999), y en Master de la UPM. Ha impartido conferencias en Universidades de Colombia, Cuba, El Salvador, etc.

rcastello@ccma.csic.es

Miguel Colomo Gómez. *Áreas de actividad: minería del carbón, en todas sus variantes.*

Ingeniero de Minas por la Universidad Politécnica de Madrid. Técnico Superior de Prevención de Riesgos Laborales. Toda su carrera profesional la ha desarrollado en Encasur-Endesa, donde comenzó en 1979, habiendo desempeñado los puestos de Jefe de Explotación, Subdirector Centro Minero, Director Facultativo, Director Centro Minero y Director Técnico. En la actualidad es Director de Producción Minera de Endesa, y tiene a su cargo las cuatro minas de esta empresa en España. Fue Profesor Asociado, durante 10 años, del Departamento de Ingeniería Geológica y Minera de la Escuela Universitaria Politécnica de Almadén. En la actualidad es Vocal de la Junta Directiva de la Asociación de Empresarios de Carbón (Carbunión) y ha sido Vicepresidente de la misma durante dos años.

mcolomo@endesa.es

Linda Daniele. *Áreas de actividad: SIG, aguas subterráneas y geoestadística.*

Licenciada en Ciencias Geológicas "cum laude" por la Universidad "Federico II" de Nápoles (Italia), donde realizó una tesis de licenciatura sobre geoquímica de metales pesados en aguas subterráneas de la isla de Ischia (Italia). Durante un año trabajó en el departamento de SIG y Cartografía Ambiental de la empresa C.I.D. Software Studio de Nápoles y colaboró con el profesor B. De Vivo en cartografía de suelos del entorno de Nápoles. Ha realizado sus estudios de tercer ciclo en la Universidad de Almería, bajo la dirección del profesor Antonio Pulido-Bosch. En la actualidad completa su tesis doctoral relacionada con SIG y aguas subterráneas n acuíferos costeros. Desde su incorporación al Grupo de Investigación "Recursos Hídricos y Geología Ambiental" ha trabajado en diferentes proyectos y contratos. Además ha disfrutado de una beca del plan propio de la UAL y ha continuado su formación con estancias en el extranjero y cursos sobre SIG y geoestadística.

ldaniele@ual.es

Pedro Delgado Arenas. *Áreas de actividad: Minería, construcción y medio ambiente.*

Geólogo por la Universidad Complutense de Madrid. Ha desarrollado su carrera profesional en la investigación de hidrocarburos y aguas subterráneas. En el año 2001 entra a formar parte del Grupo Empresarial Aricam, S.L., en el área de materias primas. Es Director Técnico de Lodos Secos, S.L., empresa perteneciente al área de diversificación de Grupo Empresarial Aricam, S.L.

pdelgado@lodossecos.com

Juan Luis Delgado Fernández. *Áreas de actividad: minería a cielo abierto, restauración de escombreras y tratamientos de aguas.*

Ingeniero Técnico de Minas y Economista. Master superior en Gestión Medioambiental. Responsable de Calidad, Medioambiente e I+D+i de Lignitos de Meirama, S.A. 27 años de experiencia en Minería a cielo abierto. Autor de varios artículos en revistas especializadas y diez ponencias en congresos nacionales e internacionales. Investigador principal en tres Proyectos de I+D+i, en colaboración con varias Universidades españolas.

jldelgado@limeisa.es

Ángel Estebaranz Martín. *Áreas de actividad: ingeniería y gestión medioambiental; relaciones con organismos internacionales.*

Ingeniero de Minas. Experiencia ambiental en Chile, Ecuador, Sudáfrica, Nicaragua y México. Experto en Asuntos de la Unión Europea y sobre ésta y sus relaciones con América Latina. Trabaja actualmente con la Comisión Europea para Centro América, con sede en Managua (Nicaragua). Dirección del Departamento de Desarrollo Internacional de una consultora de ingeniería en España (GHI). Amplia experiencia en ingeniería medioambiental en la empresa privada; más de 6 años de experiencia en implantación y seguimiento técnico y económico de sistemas de gestión medioambiental de empresas del Grupo ACS-Dragados (España, Sudamérica y Norte de África). Gestión productiva de recursos minerales, con 1 año de control ambiental en minería de oro (Sudáfrica). Experiencia en diseño y gestión de proyectos medioambientales de cooperación al desarrollo (África y especialmente América Latina), colaborando con: Ingenieros Sin Fronteras, Amigos de la Tierra y Solidaridad con América Latina. Amplios conocimientos relativos a los principales organismos internacionales (especialmente de la Unión Europea (UE) y Naciones Unidas).

estebaranzmartin@yahoo.es

Francisco Fernández Ortega y María del Carmen Valls Uriol. *Áreas de actividad: espeleología científica, mineralogía y fotografía.*

Licenciados en Ciencias Geológicas (Universidad Complutense de Madrid). Profesores de Enseñanza Secundaria en Institutos de Santander. Francisco es miembro del Comité Científico de la cueva El Soplao. Siempre han estado vinculados al mundo de la mineralogía y de la espeleología científica, ciencias a las que dedican todo su tiempo libre. Autores de numerosos libros del mundo subterráneo: "Los Colores de la Oscuridad. Cantabria Paraíso Subterráneo"; "Cavernas y Minas. Patrimonio Subterráneo de Cantabria"; "Cueva de Pozalagua"; "Cueva El Soplao". Han participado en diversas publicaciones científico-divulgativas, siendo colaboradores habituales de la Revista de Cantabria (Caja Cantabria). Han presentado numerosas exposiciones fotográficas e impartido multitud de charlas sobre el karst de Cantabria.

pacomamen@ono.com

Ernesto Calixto Franco Aladrén. *Áreas de actividad: viticultura y enología, química del vino, análisis sensorial de vinos.*

Doctor en Ciencias Químicas, por la Universidad de Zaragoza. Graduado en Enología por la Universidad Rovira y Virgili de Tarragona. Trayectoria profesional de 28 años en el mundo del vino. Desde 1984 funcionario de la Diputación General de Aragón (DGA). Investigador, Responsable de Proyectos. Experto en enología y en análisis sensorial de vinos, con participación como profesor o coordinador en más de 60 cursos. Miembro de diversas instituciones relacionadas con el vino. Jurado oficial en numerosos concursos de vino de distintas Comunidades Autónomas y nacionales. Autor de más de 100 comunicaciones técnicas, ponencias, presentaciones, y conferencias. En la actualidad es Jefe de la Unidad Técnica de Enología del Departamento de Agricultura de la DGA.

efranco@aragon.es

ergio García-Dils de la Vega. *Áreas de actividad: espeleología de exploración; investigación de técnicas y materiales en espeleología; arqueología romana; epigrafía griega y latina; gestión del patrimonio arqueológico; Sistemas de Información Geográfica.*

Licenciado en Geografía e Historia, especialidad de Historia Antigua (Universidad de Sevilla). Estudios de tercer ciclo en las Universidades de Sevilla y Moscú. Tesis doctoral en curso. Académico de número de la Real Academia de Ciencias, Bellas Artes y Buenas Letras "Luis Vélez de Guevara" de Écija (Sevilla). Desde 1997 arqueólogo municipal de Écija. Vinculado al Departamento de Historia Antigua de la Universidad de Sevilla, participa en proyectos de investigación españoles y europeos. Autor de más de 30 artículos de investigación en publicaciones científicas españolas y extranjeras. Coautor de libros sobre epigrafía griega y arqueología romana. Director de diversas excavaciones arqueológicas en extensión. Director Técnico de la Escuela Española de Espeleología (desde 1999). "Deportista de Alto Nivel" (Consejo Superior de Deportes). Vigente récord del mundo de profundidad, establecido en 2001 (-1710 m), 2004 (-2080 m) y 2006 (-2158 m) en la sima Krúbera-Voronya (Cáucaso Occidental – República de Abkhazia). Premios de la Unión Internacional de Espeleología a la exploración más relevante en los periodos 1997-2001 y 2001-2005.

sergio.garcia-dils@arrakis.es

Elías García Fernández. *Áreas de actividad: minería y medioambiente.*

Ingeniero de Minas. Diplomado en Ingeniería Ambiental por la E.O.I. Funcionario por oposición del Cuerpo Especial de Ingenieros de Minas. Profesor Asociado en la Universidad de León desde 1993. Miembro de la Comisión Regional de Minería en Castilla y León. Vicepresidente de la Comisión de Seguridad Minera. Secretario de la F.S.B 1990 – 1994. Miembro de la Comisión Nacional de Seguridad Minera 1981- 1993. Miembro del grupo de trabajo "Salvamento, incendios y fuegos en minas" del órgano permanente de la Unión Europea para la seguridad y salubridad en las minas 1987-1993. Ha dirigido más de cincuenta proyectos de eliminación de riesgos y rehabilitación de antiguas explotaciones mineras.

garferel@jcyl.es

Gonzalo García García. *Áreas de actividad: minerales industriales.*

Ingeniero de Minas por la Universidad Politécnica de Madrid. Fundador del Grupo Mineralogista de Madrid en 1990. Profesor Invitado de la Universidad de Vigo en 1998. En 1999-2004 Jefe de Explotación de Tolsa, S.A. En 2003 miembro de la Junta de Gobierno del Colegio de Ingenieros de Minas del Centro de España. Desde 2005 Director de Producción de Phosphates de Thiès (Senegal) del Grupo Tolsa. Como pasatiempo, dirige desde su creación en 1994 la revista BOCAMINA sobre Minerales y Yacimientos de España, al amparo del Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas.

ggarcia@tolsa.com

Aníbal Gil Bueno. *Áreas de actividad: minería y docencia.*

Ingeniero de Montes por la Universidad Politécnica de Madrid. Master Superior de Ingeniería y Gestión Medio Ambiental. Responsable de Restauración y Medio Ambiente de la Mina de As Pontes de Endesa Generación. Profesor asociado de Proyectos Fin de Carrera de Ingenieros de Montes e Ingenieros Técnicos Forestales de la Universidad de Santiago de Compostela. Director de diversos Proyectos de Investigación en el marco de la Unión Europea. Autor de numerosas publicaciones y ponencias para revistas y congresos nacionales e internacionales.

agil@endesa.es

David González López (nombre artístico: “Zaafra”). *Áreas de actividad: pintor, artista plástico e ilustrador profesional.*

realizado centenares de exposiciones individuales y colectivas en Europa, Asia, África, y América. Ha trabajado como artista en: Francia, Alemania, Holanda, Bélgica y Suiza. Actualmente reside y trabaja en Huetor-Vega (Granada). Entre las exposiciones individuales destacan: Centro Cultural (Madrid); Casa Elizalde (Barcelona); Centro Cultural Manuel de Falla y Centro Cultural Gran Capitán (Granada); exposiciones Itinerantes por España; XIX y XXVI Congresos Internacionales de Arte Flamenco; XVII Festival Internacional de Jazz de Granada. Más de dos mil retratos (S.M. Rey Juan Carlos I; Severo Ochoa; Luis Rosales; Emilio Romero; Montserrat Caballé; Manuel de Falla; F. García Lorca; Camarón; Paco de Lucía; Félix Grande; Oscar Arias, etc.). Más de un centenar de carteles (Fiestas del 2 de Mayo en Madrid (1991 y 1992); Día de Andalucía (1993); Fiestas del Corpus de Granada (1996); 75 Aniversario del Primer Concurso de Cante Jondo en la Alhambra de Granada..). Ha ilustrado medio centenar de ediciones. Destacan dos ediciones litográficas sobre “Don Quijote”, y la edición litográfica de los “Cuentos de la Alhambra” (ambas de Editorial Blázquez). Otras ediciones artísticas son: “Paco de Lucía y Camarón de la Isla” (textos de Félix Grande; Editorial Lunwerk); “Vida y Arte de Carmen Amaya”; “Eros en el baile flamenco”; “Visiones de Camarón”; “Mariquilla Arte y Pasión Flamenca”; “Legends of the Alhambra”; “El Café de la Loba”,.... Ha realizado una colección de quinientos dibujos inspirados en la obra de Cervantes. En el 2005 se creó la Fundación Zaafrá en Costa Rica.

zaafra@hotmail.com

Antonio Guijarro Franco. *Áreas de actividad: ensayos tecnológicos y mineralurgia.*

Ingeniero de Minas, por la Universidad Politécnica de Madrid. Ha sido Director de Minas de Almagrera S.A. en el Grupo Minero Sotiel (Huelva), Director de S.M.M. Peñarroya-España S.A. en la Fundación Santa Lucía (Cartagena). Pertenece al Cuerpo de Ingenieros de Minas de la Junta de Andalucía. Actualmente es Jefe del Área de Ensayos Tecnológicos y Mineralurgia del Instituto Geológico y Minero de España.

a.guijarro@igme.es

María del Carmen Hidalgo Estévez. *Áreas de actividad: hidrogeología, medio ambiente y minería.*

Doctora en Ciencias Geológicas por la Universidad de Granada. Profesora Titular de Geodinámica Externa y Tutora de Ingeniería Técnica de Minas de la Escuela Politécnica Superior de Linares (Universidad de Jaén). Ha participado como investigadora en proyectos financiados por la CICYT, la Agencia Española de Cooperación Internacional, el Consejo de la Presidencia de la Junta de Andalucía y la Unión Europea, entre otros, sobre protección de los recursos hídricos: hidrogeología, transporte de contaminantes, modelización y aplicaciones prácticas. Así mismo, es autora de numerosas publicaciones científicas y contribuciones a congresos sobre hidrogeología y gestión de recursos hídricos.

chidalgo@ujaen.es

tia Hueso Kortekaas. *Áreas de actividad: investigación, recuperación, divulgación y puesta en valor del patrimonio y cultura de la sal.*

Licenciada en Biología por la Universidad de Leiden (Países Bajos). Ha trabajado algunos años como investigadora en ecología y conservación en diversos países. En la actualidad dirige la empresa

Anser Gestión y Proyectos S.L., una consultora en medio ambiente y desarrollo local, especializada en planificación de espacios naturales y en investigación socioambiental. Como presidente de la Asociación de Amigos de las Salinas de Interior desde 2002, investiga, defiende y divulga el paisaje y la cultura de la sal. Tiene en su haber numerosas publicaciones técnicas y divulgativas, organiza cursos y jornadas y participa en eventos nacionales e internacionales sobre el tema salinero.

katia@silente.net

Ángel Ilarri Junquera. *Áreas de actividad: geoquímica, mineralurgia y medio ambiente en la caracterización química, física y/o tecnológica.*

Ingeniero de Minas. Toda su vida profesional ha discurrido en el Instituto Geológico y Minero de España. Primero como ingeniero del Departamento de Servicios Comunes; después como Jefe del Laboratorio de Análisis Químicos y, tras un paréntesis de cuatro años (1979-1983), en que fue Jefe del Servicio de Infraestructura Metalogenética y Minera, y hasta la actualidad, Jefe del Área de Laboratorios y Técnicas de Apoyo, y Director del Laboratorio del IGME:

a.illarri@igme.es

Francisco Javier Lillo Ramos. *Áreas de actividad: mineralogía y geoquímica ambiental; impactos de la minería en el medioambiente; hidrogeología.*

Licenciado en Ciencias Geológicas y Diplomado en Ingeniería Geológica por la Universidad Complutense de Madrid. Doctor en Geología (Ph.D., Earth Sciences Department de la Universidad de Leeds, U.K.). Profesor Titular de Universidad. Director del Master Oficial de Hidrología y Gestión de Recursos Hídricos. Miembro de: Sociedad Geológica de España; European Association for Geochemistry; Grupo de Estudios en Minería y Medio Ambiente. Inició su actividad profesional en Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S.A. (ENADIMSA), desarrollándola posteriormente en Compañía General de Sondeos, S.A. (CGS), en proyectos de cartografía geológica y exploración minera. Autor de más de 40 trabajos de investigación (21 publicados en revistas internacionales incluidas en el Science Citation Index). Ha participado en 13 proyectos de investigación financiados con fondos públicos, en alguno como investigador principal. Ha impartido clases en masters y cursos de especialización en España y Chile, relacionados con minería y medioambiente.

javier.lillo@urjc.es

M^a Carmen Lobo Bedmar, *Áreas de actividad: Gestión de residuos y tecnologías de descontaminación de suelos.*

Doctora en Ciencias Químicas. Investigadora del Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural Agrario y Alimentario (IMIDRA). Coordinadora de Proyectos de Investigación en el área de: Aplicación de residuos a suelos. Evaluación físico-química y microbiológica. Procesos de recuperación de suelos degradados. Descontaminación de suelos. Aplicación de biorremediación. Utilización de bacterias autóctonas en la degradación de contaminantes orgánicos (plaguicidas). Fitorremediación y utilización de técnicas electrocinéticas para descontaminación de suelos con mezclas complejas. Ha publicado diversos artículos científicos, y participado en congresos nacionales e internacionales en temas de: aplicación de residuos a suelos y estudio de procesos de descontaminación de suelos. Ha participado como coordinadora o colaboradora en cursos de postgrado impartidos en el IMIDRA, así como en diferentes Universidades: Autónoma de Madrid, Alcalá de Henares, Burgos, Santiago de Compostela, etc. Imparte docencia en el Master de Gestión de Residuos (UAM) y en el Master de Biotecnología (ALITER). Coordina el Programa EIADES "Evaluación de impacto ambiental y recuperación del medio natural en emplazamientos contaminados" subvencionado por la Convocatoria de Grupos de Investigación de la Conserjería de Educación. C. Madrid.

carmen.lopez@madrid.org

Juan Antonio López Geta. *Áreas de actividad: hidrogeología.*

Dr. Ingeniero de Minas. Diplomado en Hidrogeología (Universidad Complutense de Madrid). Master en Dirección y Administración de Empresas (Instituto de Economía y Ciencia de Sevilla). Ingeniero de Minas al Servicio del Estado. Profesor "Ad Honorem" del Departamento de Ingeniería Geológica (Universidad Politécnica de Madrid). Profesor de Hidrogeología en la Licenciatura de Ciencias Ambientales (Universidad Politécnica de Madrid). Director de Hidrogeología y Aguas Subterráneas del Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Ha sido Jefe de Investigación y Desarrollo Tecnológico y de Geología Aplicada a la Ingeniería del IGME; Vocal de la Junta de Gobierno de la Confederación Hidrográfica del Sur de España; Miembro del Comité de Expertos sobre la sequía y Comité para la modificación de la Ley de Aguas (aspectos relacionados con el agua subterránea); Vicepresidente del Comité Español del Plan Hidrológico Internacional (PHI-Unesco). Vocal en el Patronato del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel (Ciudad Real) y del grupo de agua de la Reserva Natural de Fuente de Piedra (Málaga). Miembro de la Junta Directiva de la Asociación Española de Hidrogeólogos; Presidente del Club del Agua Subterránea y del Grupo Especializado de Aguas (Asociación Nacional de Ingenieros de Minas). Más de 30 años de experiencia en estudios científicos y técnicos en hidrogeología, nacionales e internacionales. Autor de numerosas artículos y publicaciones; editor y participe en varios libros; organizador de numerosos congresos, simposium y jornadas nacionales e internacionales.

lopez.geta@igme.es

David Lorca Fernández. *Áreas de actividad: hidrogeología minera y ambiental; impacto medio ambiental en minería.*

Ingeniero Técnico de Minas. Diplomado en Técnicas Jurídicas de Directores Facultativos. Diplomado en Evaluación de Impacto Ambiental. Ingeniero de Proyectos de FRASA Ingenieros Consultores. 20 años de experiencia profesional. Elaboración y coordinación de más de 300 proyectos nacionales e internacionales. Asistente a numerosos congresos nacionales e internacionales, con presentación de ponencias. Secretario del Comité de Expertos para el Estudio del Alto Guadiana. Co-autor de dos libros y de una veintena de artículos técnicos, relativos a hidrogeología, impacto ambiental en minería, calidad del agua y geología. Experiencia profesional en España, Brasil, Portugal y Timor Este.

dlorca@frasaingenieros.com

Jorge Loredo Pérez. *Áreas de actividad: recursos minerales; prospección e investigación minera, investigación suelo y subsuelo, minería y medioambiente, almacenamiento geológico CO₂.*

Dr. Ingeniero de Minas y Diplomado en Geología ambiental. *Impacto ambiental en zonas mineras. Estudios para vertederos de residuos. Puesta en valor de patrimonio geomínero* por la Escuela de Minas de París. Profesor Titular de Prospección e Investigación Minera y Director del Departamento de Explotación y Prospección de Minas de la Universidad de Oviedo. Autor o coautor de más de 150 publicaciones en congresos y revistas técnicas y científicas, nacionales e internacionales. Director e investigador en proyectos nacionales e internacionales sobre minería y medioambiente.

jloredo@uniovi.es

Alfonso Maldonado Zamora. *Áreas de actividad: Geofísica aplicada y gestión universitaria.*

Doctor Ingeniero de Minas (1977), por la UNiversidad Politécnica de Madrid. Catedrático de Geofísica Aplicada (1987). En la actualidad Director de la Escuela de Minas de Madrid (1999-).

Dirección.minas@upm.es

José Ignacio Manteca Martínez. *Áreas de actividad: recursos minerales, geología ambiental, impacto ambiental en zonas mineras, estudios para vertederos de residuos, puesta en valor de patrimonio geominero.*

Licenciado en Ciencias Geológicas y Dr. en Ciencias Geológicas (Universidad Complutense). Trabajó 20 años en minería, con la Sociedad Minero Metalúrgica de Peñarroya España, en su centro minero de La Unión, como geólogo de mina, especializándose en Control de Leyes y Evaluación de Yacimientos. A partir de 1985, y hasta el cierre de la empresa (final de 1988), fue Jefe del Departamento de Planificación Minera de dicho centro. Tras el cierre de Peñarroya se incorporó a la docencia universitaria. Es Profesor Titular del área de Geodinámica Externa (Departamento de Ingeniería Minera, Geológica y Cartográfica) de la Universidad Politécnica de Cartagena. Investigador principal del grupo de investigación Ingeniería de la Tierra y de los Recursos Geomineros. Miembro de la Junta Directiva de la SEDPGYM. Implicado particularmente en la defensa y puesta en valor del patrimonio geológico y minero de la Sierra Minera de Cartagena-La Unión(Murcia).

nacho.manteca@upct.es

Pedro Martínez Pagán. *Áreas de actividad: geofísica aplicada, minería, geotécnia.*

Doctor Ingeniero de Minas por la Universidad Politécnica de Cartagena (2006). Ingeniero de Minas por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad de Vigo (1999). Profesor Docente e Investigador de la Universidad Politécnica de Cartagena desde 1999. Miembro de la European Association of Geoscientists and Engineers (EAGE). Ha participado en más de 30 proyectos relacionados con minería, geotecnia y geofísica aplicada. Ha participado como coautor en varias ponencias tanto nacionales como internacionales. Coautor en varios capítulos de libros sobre minería y métodos de prospección geofísica.

p.martinez@upct.es

Josep M. Mata-Perelló. *Áreas de actividad:*

rocpetrus@gmail.com

Francisco Molina Cortecero. *Áreas de actividad: minería, carbón, restauración de terrenos.*

Ingeniero Técnico Agrícola por la Escuela Universitaria Politécnica de la Almunia de D^a Godina (Zaragoza) 1985. Becado por la Fundación Nebrija de Madrid en la Universidad de Indiana (USA) 1989. Diplomado en Gestión Ambiental de la Empresa por Cepade, 1998. Jefe del Servicio de Parques y Jardines del Ayuntamiento de Andorra (Teruel) 1987. Profesor de la Escuela Taller de Jardinería del Instituto Nacional de Enseñanza Media en Andorra en 1988. Desde 1990 a 1998 trabaja en la Dirección de Minas de la Zona de Andorra (Teruel) de Endesa, como Jefe de Restauración de Terrenos. Desde 1998 es Jefe del Área de Medio Ambiente en la citada Dirección.

fmolina@endesa.es

Luis Molina Sánchez. *Áreas de actividad: hidroquímica, contaminación, intrusión marina.*

Dr. en Ciencias Geológicas por la Universidad de Granada. Profesor Titular de Geodinámica Externa de la Universidad de Almería. Ha colaborado en la edición de dos libros. Ha participado en más de 40 proyectos de investigación. Autor de 30 artículos en revistas nacionales e internacionales y 40 ponencias en congresos nacionales e internacionales.

lmolina@ual.es

Luis Serrano Gil. *Áreas de actividad: Minería, construcción y medio ambiente.*

Su carrera profesional se ha desarrollado en el mundo financiero, permaneciendo en el mundo de la banca durante 21 años. En el año 2000 se incorpora a Grupo Empresarial Aricam, S.L., asumiendo la responsabilidad de Director Gerente de dos de sus plantas de fabricación de áridos Procosanz Aridos, S.A. y Graveras y Desmontes, S.A. En el 2004 con la creación de Lodos Secos, S.L. para la gestión de lodos de minería y construcción, asume un nuevo reto como Consejero Delegado de dicha sociedad.

Francisco Moral Martos. *Áreas de actividad: hidrogeología y medio ambiente.*

Licenciado en Geología por la Universidad de Granada y Doctor por la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. Premio Extraordinario de Doctorado. Profesor de Hidrogeología y Responsable del Área de Geodinámica Externa de la Universidad Pablo de Olavide. Ha participado en 7 proyectos de investigación sobre distintos aspectos hidrológicos. Autor de 8 artículos en revistas nacionales e internacionales, 5 capítulos de libros y 10 ponencias presentadas a congresos. Ha desarrollado su actividad profesional en las universidades de Granada y Pablo de Olavide y en empresas del grupo Agbar (Aguas de Barcelona).

fmormar@upo.es

José Manuel Murillo Díaz. *Áreas de actividad:*

Dr. Ingeniero de Minas y Diplomado en Hidrogeología y por la Universidad Politécnica de Madrid. Investigador del Ministerio de Ciencia y Tecnología. Jefe de Servicio de Técnicas Hidrogeológicas del Instituto Geológico y Minero de España. Asesor internacional de la Agencia Española de Cooperación Internacional y de la Organización Mundial de Meteorología, en proyectos de recarga artificial de acuíferos y gestión integral de recursos hídricos. Premio Carlos Ruiz Celaá de hidrogeología 2005. Profesor en diversos cursos de postgrado. Autor o coautor de más de 150 publicaciones en congresos y revistas técnicas y científicas, nacionales e internacionales, así como de 15 libros de hidrogeología. Director e investigador en más de 100 proyectos de índole hidrogeológica y medioambiental.

jm.murillo@igme.es

Kyle E. Murray. *Áreas de actividad: hidrogeología; modelización; sistemas de información geográfica.*

Profesor Asistente de Hidrogeología en el Departamento de Ciencias de la Tierra y Ambientales de la Universidad de Texas en San Antonio. Ph. D. en Ingeniería Geológica por la Escuela de Minas de Colorado. Sus temas de investigación incluyen modelos espaciales de procesos de aguas superficiales y subterráneas; sostenibilidad y recursos hídricos; caracterización y visualización tridimensional de aguas subterráneas. Dicta cursos en Ingeniería Geológica, Hidrogeología Ambiental, Sistemas de Información Geográfica (GIS) y GIS aplicados a los recursos hídricos.

kyle.murray@utsa.edu

Jesús Nogueras Montiel. *Áreas de actividad: Investigación relacionada con la ecología y conservación de quirópteros.*

Licenciado en Ciencias Biológicas, especialidad de Zoología, por la Universidad de Granada. Vinculado a la Estación Biológica de Doñana (CSIC) desde el 2000, y miembro del grupo de investigación RNM158: Sistemática y ecología de quirópteros. Ha participado en una decena de proyectos, con una aportación a la comunidad científica de dieciocho artículos, cuatro colaboraciones en libros, y varias ponencias en congresos y jornadas, todo ello relacionado con la sistemática, ecología y conservación de los quirópteros.

nogueras@ebd.csic.es

Pilar Orche Amaré. *Áreas de actividad: minería, medio ambiente y espeleología*

Ingeniero de Minas por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad de Vigo. Proyecto Fin de Carrera defendido en 2005 en la Escuela de Minas y Geología de la Universidad Politécnica de Silesia (Polonia). Ha desarrollado su corta experiencia laboral en el Departamento Técnico de Cobre Las Cruces, S.A. (Sevilla). Miembro de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (SEDPGYM). Técnico Superior en Prevención de Riesgos Laborales. Como espeleóloga participó en la expedición patrocinada por National Geographic que, en agosto de 2004, consiguió el récord del mundo de profundidad (-1840 m) en la sima Krúbera (Macizo de Arábika, Cáucaso Occidental).

pilar.orche@arrakis.es

Gobain Ovejero Zappino. *Áreas de actividad: exploración mineral, geología de mina, medioambiente, tramitación de proyectos mineros y relaciones externas.*

Geólogo. Desde 1970 trabaja en la empresa privada (Peñarroya-España, Du Pont de Nemours, Rio Tinto Corporation, Cobre Las Cruces/Inmet Mining/MKResources) en labores de minería metálica: exploración, geología de mina y desarrollo de proyectos. Actualmente es Director de Relaciones Externas de la empresa de Cobre Las Cruces (en fase de construcción de la nueva operación cuprífera minero-hidrometalúrgica Las Cruces) y Director Facultativo de exploración minera.

gobain.ovejero@cobrelascruces.com

José Manuel Patricio Cuenca. *Áreas de actividad: rehabilitación.*

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid. Ingeniero Europeo por la FEANI (París). Miembro de la Asociación de Ingenieros Civiles de España. Socio fundador de ASICA (Asociación de Ingenieros Consultores de Andalucía). Director de Patricio Consultora de Ingeniería, S.L. Miembro de Tecniberia- Asince. Autor de más de 400 estudios y proyectos técnicos y proyectos constructivos de ingeniería civil (especialmente obras hidráulicas). Actuaciones mediambientales en minería.

jpatricio@caminos.recol.es

Antonio Pulido Bosch. *Áreas de actividad: acuíferos kársticos y costeros, contaminación, caracterización hidrogeoquímica, simulación de acuíferos.*

Licenciado en Ciencias Geológicas; Doctor en Ciencias Geológicas y Diplomado en Estadística, por la Universidad de Granada. Catedrático de Geodinámica Externa en la Universidad de Almería. Ha realizado y dirige trabajos de investigación teórico-experimental sobre acuíferos kársticos y costeros, contaminación, caracterización hidrogeoquímica, simulación de acuíferos (20 tesis doctorales y 30

tesis de licenciatura). Investigador principal de siete proyectos sobre aguas subterráneas financiados por la CICYT, AEI, Unión Europea, Programas Copernicus, NATO, Sócrates, Tempus y Med-Campus. Ha publicado los resultados obtenidos en 14 libros y en más de 150 artículos en revistas científicas. Ha presentado comunicaciones y ponencias en congresos nacionales (un centenar) e internacionales (un centenar). Responsable de una treintena de contratos de investigación aplicada con diferentes entidades, empresas y organismos como Cajamar, Novartis, Dow AgroScience, Pridesa-Abengoa UTE, Pridesa, Aguas del Júcar, Consejerías de Turismo y Deporte, Obras Públicas y Transportes, Cetursa, IARA...

apulido@ual.es

Manuel Regueiro González-Barros. *Áreas de actividad: rocas y minerales industriales, geología minera y minería ambiental, prospección minera, patrimonio geológico y minero.*

Licenciado en Ciencias Geológicas por la UCM. Responsable de Relaciones Externas del Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Profesor Asociado del Departamento de Cristalografía y Mineralogía de la UCM. Con anterioridad especialista en el Área de Rocas y Minerales Industriales (IGME). Amplia experiencia en geología profesional (cemento, petróleo, minería e ingeniería geológica). Autor o co-autor de 10 libros, 80 artículos en revistas especializadas nacionales y extranjeras (desde recursos minerales a riesgos geológicos pasando por patrimonio geológico). Miembro de los comités editoriales del Boletín Geológico y Minero del IGME (Editor Adjunto); Environment, Development and Sustainability (Kluwer Academic Publishers, Holanda); National Geographic (edición española); revista Piedra Natural (Federación Española de la Piedra Natural y Afines); revista Roc Maquina (Elsevier), y Boletín de Geología de la Universidad Industrial de Santander (Colombia). Ex Presidente de la Federación Europea de Geólogos. Secretario General del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España. Miembro fundador y Secretario de la ONG Geólogos del Mundo.

m.regueiro@igme.es

Francisco Javier Rey Arrans. *Áreas de actividad: geología, medio ambiente y minería.*

Doctor en Ciencias Geológicas por la Universidad de Granada. Impartió docencia primero en esta Universidad (Departamento de Estratigrafía y Paleontología) y desde 1993, en la Universidad de Jaén. Actualmente es Catedrático de Escuela Universitaria del área de Estratigrafía del Departamento de Geología de esta Universidad. Ha trabajado en distintas líneas de investigación, entre las que destaca: sedimentología, análisis de cuencas sedimentarias e hidrogeología, lo que le ha permitido participar en más de un centenar de trabajos científicos. Actualmente, junto a la docencia-investigación, dedica su tiempo a la gestión universitaria. Así, desde el año 2004 es el Director de la Escuela Politécnica Superior de Linares.

irey@ujaen.es

Francisco Rivas Ródenas. *Áreas de actividad: geotecnia, ingeniería minera y recuperación del impacto ambiental de explotaciones mineras.*

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la UPM (1975). Desde 1997 ha dirigido, entre otros, el proyecto de recuperación medioambiental del hueco final de la mina de lignito de As Pontes (A Coruña), en donde previamente fue responsable del diseño y la restauración de la escombrera exterior, así como de la planificación minera. Con anterioridad a su incorporación a la minería de Endesa, S.A., se formó como especialista en geotecnia en Dames & Moore Iberia, S.A., en donde participó en distintos estudios geotécnicos para obra civil, industria y minería. Es autor de diversas publicaciones sobre temas mineros y geotécnicos.

frivasrodenas@gmail.com

Miguel Rodríguez Rodríguez. *Áreas de actividad: hidrogeología de humedales, gestión y conservación de recursos hídricos.*

Licenciado en Ciencias Geológicas y Ciencias Ambientales por la Universidad de Granada. Doctor en Ciencias Geológicas por la Universidad de Granada. Su principal línea de investigación es la hidrogeología de humedales continentales y costeros. Director-tutor de numerosos Proyectos Fin de Carrera en temas relacionados con gestión de humedales e hidrogeología de acuíferos detríticos. Ha publicado artículos de investigación en revistas especializadas nacionales (Geogaceta, Estudios Geológicos, etc.) e internacionales (Journal of Arid Environments, Limnologia Ecology and Management of Inland Waters-, etc.), así como en revistas de divulgación como National Geographic. Ha participado en numerosas conferencias, simposios y reuniones de investigación, tanto nacionales como internacionales, así como en numerosos proyectos de investigación. Es Profesor de Gestión de Recursos Naturales y Explotación de Sistemas Naturales en la Universidad Pablo de Olavide.

mrodrod@upo.es

Emilio Manuel Romero Macías. *Áreas de actividad: explotación de minas, patrimonio minero-industrial.*

Ingeniero Técnico de Minas y Dr. en Geología (Universidad de Huelva). Profesor Titular de Universidad (área de Explotación de Minas). Premio Extraordinario de Doctorado. Miembro de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero. Director de más de 60 proyectos Fin de Carrera en temas de minería y patrimonio minero. Autor de más de 60 publicaciones (artículos, congresos y ponencias), y cinco libros, algunos relacionados con el patrimonio minero-industrial de la provincia de Huelva. Coordinador del Grupo de Trabajo de la Consejería de Cultura en Huelva para elaboración de los informes técnicos de declaración BIC (Bien de Interés Cultural) de las comarcas mineras de la provincia de Huelva. Pertenece al Grupo de Investigación del Instituto de Desarrollo Local (Universidad de Huelva), trabajando en temas relacionados con turismo minero y recursos para el turismo industrial.

romaci@uhu.es

Juan Carlos Rubio Campos. *Áreas de actividad: hidrogeología, geomorfología, Cuaternario, gestión y conservación de recursos hídricos.*

Licenciado en Ciencias Geológicas y Doctor en Ciencias Geológicas (Universidad Complutense de Madrid). Jefe de la Oficina de Proyectos del Instituto Geológico y Minero de España en Granada. Ha participado en numerosos proyectos de investigación hidrogeológica en diferentes sectores de la Península y de Andalucía (fundamentalmente en el Alto Guadalquivir y en la Cuenca Mediterránea Andaluza). Experiencia en otros proyectos relacionados con: geomorfología, Cuaternario del Sistema Central y minería de estaño y wolframio). Autor de más de un centenar de publicaciones en revistas, aportaciones a congresos y libros. Ha impartido clases en diferentes cursos de postgrado y licenciatura.

jc.rubio@igme.es

José Manuel Sanchis Calvete. *Áreas de actividad: fotografía mineralógica y subterránea; alumbrado minero.*

Presidente Honorífico y socio fundador de AMYP. Fundador de la Sociedad de Amigos de la Geología. Miembro de diversas asociaciones mineralógicas y mineras nacionales y extranjeras. Fotógrafo del Museo Histórico-Minero D. Felipe de Borbón y Grecia (ETSIM), del Museo de Ciencias Naturales de Álava, y de las revistas Bocamina y Revista de Minerales. Autor de diversos estudios sobre alumbrado minero, filatelia y cinematografía minera. Asesor técnico de Producciones

Cinematográficas El Desierto. Ha pronunciado diversas conferencias sobre minería y fotografía mineralógica, y presentado varias exposiciones sobre estos temas. Sus fotografías de minerales han ilustrado medio centenar de libros y publicaciones, además de diversas páginas web internacionales. Ganador del segundo y tercer Premio Mundial de Fotografía Minera (Londres, 1977); segundo premio del Concurso de Fotografía Geológica y Minera de la Universidad de Salamanca (1999); ganador de los Premios a la Mejor Calidad Fotográfica y Mejor Conjunto Gráfico, otorgados por el Museo Mollfuleda de Mineralogía (2003); finalista del I Concurso de Microrrelatos Mineros Fundación Muñiz Zapico (2004). Colabora activamente con el Museo Minero de Escucha (Teruel), al que ha donado sus colecciones de minería.

jmsanchis@amyp.org

Ángela Vallejos Izquierdo. *Áreas de actividad: hidrogeología, hidrogeoquímica y medio ambiente.*

Licenciada y Doctora en Ciencias Geológicas por la Universidad de Granada. Ha participado en numerosos proyectos de investigación hidrogeológica y medio ambiente, de ámbito nacional e internacional. Autora de más de un centenar de publicaciones científicas en revistas y congresos nacionales e internacionales. Profesora titular del área de Geodinámica Externa de la Universidad de Almería. Miembro fundador de la Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst. Pertenece al Grupo de Investigación Recursos Hídricos y Geología Ambiental de la Universidad de Almería, trabajando en temas relacionados con recarga de acuíferos, intrusión marina y captación de agua subterránea para suministro a plantas desaladoras.

avallejo@ual.es

Rafael Varela Amado. *Áreas de actividad: hostelería y turismo.*

Técnico Especialista en Hostelería y Turismo. Es sumiller por la escuela de Marbella, y pertenece a la asociación de sumilleres Gallaecia, que desarrolla un gran trabajo en Galicia en el mundo del vino y la sumillería. Pertenece a una familia con larga tradición hostelera, que actualmente gestiona el restaurante Balarés, situado sobre la antigua mina Titania. Desarrolla su labor en La Coruña, en los restaurantes A Mundiña, de su propiedad junto a un socio; restaurantes de cocina tradicional basados en los productos de A Costa da Morte.

rafa@balares.com

Julio Verdejo Serrano. *Áreas de actividad: hidrogeología, minería y medio ambiente; informática.*

Ingeniero de Minas, por la Universidad Politécnica de Madrid, su actividad profesional se centra en los campos de la minería, el agua y el medio ambiente. En sus seis años de experiencia en la empresa FRASA Ingenieros Consultores ha colaborado en proyectos de consultoría a nivel nacional e internacional, con trabajos de campo en Portugal y Zambia y de gabinete en estudios y proyectos para minas en Argentina, Brasil, Perú y Portugal. Ha participado en diversos congresos sobre agua y medio ambiente, como ponente o asistente a la organización y es coautor de más de diez publicaciones en sus campos de actividad.

jverdejo@frasaingenieros.com

9.4 Instituciones y Empresas que han aportado documentación

Asociación de Amigos de las Salinas de Interior

katia@silente.net

Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos (ANEFA)

www.aridos.org/

BPB Iberplaco, S.A.

www.iberplaco.es

Cobre Las Cruces, S.A. (CLC)

www.cobrelascruces.com

Endesa Generación, S.A. Empresa Nacional de Electricidad, S.A. (ENDESA)

www.endesa.es

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas (ETSIM)

Universidad Politécnica de Madrid

www.minas.upm.es

Frasa Ingenieros Consultores, S.L. (FRASA)

www.frasaingenieros.com

Fundación Zaafra Costa Rica

www.fundacion.zaafra.net

Gobierno de La Rioja. Consejería de Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial

www.larioja.org/ma

Grupo Mineralogista de Madrid (Revista Bocamina)

www.bocamina.com

Grupo Tolsa

<http://www.tolsa.com/esp>

Hanson Hispania S.A.

www.hanson.biz/es

Instituto Geológico y Minero de España (IGME)

www.igme.es

Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural Agrario y Alimentario (IMIDRA)

www.madrid.org/imidra

Instituto para la Formación, Investigación, Documentación y Estudios Sociales (INFIDE)

Lignitos de Meirama, S.A. (LIMEISA)

Lodos Secos, S.L.

www.lodossecos.com

MAXAM – Fundación UEE

www.maxam-corp.com

Procosanz Aridos, S.A.

Río Narcea Gold Mines, S.A. (RNGM)

www.rionarcea.com

Xstrata Zinc- Asturiana de Zinc, S.A. (AZSA)

www.xstrata.com www.azsa.es

10 AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas que, en todo momento, ha alentado y apoyado este esfuerzo de recopilación, y la publicación de este libro.

A los colaboradores especiales: Juan Carlos Baquero Úbeda, Juan José Durán Valsero, José Lorenzo Agudo y Enrique Orche García, que han realizado la lectura del mismo, han hecho sus comentarios y sugerencias, han perfilado capítulos, han indagado en la documentación. Su contribución, diluida en las páginas, es indudablemente muy valiosa.

A todos los Colaboradores, que han aportado información muy valiosa y variada a este trabajo.