



REHABILITACIÓN DE ESPACIOS MINEROS EXPERIENCIA ESPAÑOLA

Editor - Coordinador

Rafael Fernández Rubio

Dr. Ingeniero de Minas, Catedrático de la Escuela de Ingenieros de Minas de Madrid

Profesor Emérito de la Universidad Politécnica de Madrid

Premio Rey Jaime I a la Protección del Medio Ambiente

rfrubio@gmail.com

ÍNDICE

1	PREÁMBULO	1
2	INTRODUCCIÓN	2
2.1	¿Restauración o rehabilitación?	2
2.2	Orientaciones de la rehabilitación	2
2.3	Ámbito de la rehabilitación	4
3	REHABILITACIÓN DE INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURAS	6
3.1	Rehabilitación naturalística y forestal	6
3.2	Rehabilitación científica y cultural	13
3.3	Rehabilitación turística y para el ocio	49
3.3.1	Rehabilitación de trazados de antiguos ferrocarriles mineros	49
3.3.2	Rehabilitación de antiguos embarcaderos mineros	51
3.4	Rehabilitación urbana y residencial	61
3.5	Rehabilitación industrial y de servicios	66
4	REHABILITACIÓN DE MINAS SUBTERRÁNEAS	68
4.1	Rehabilitación científica y cultural	68
4.2	Rehabilitación turística y para el ocio	70
4.3	Rehabilitación urbana y residencial	100
5	REHABILITACIÓN DE MINAS A CIELO ABIERTO	104
5.1	Rehabilitación agrícola y ganadera	104
5.2	Rehabilitación naturalística y forestal	116
5.3	Rehabilitación científica y cultural	126
5.4	Rehabilitación turística y para el ocio	153
5.5	Rehabilitación deportiva y recreativa	174
5.6	Rehabilitación industrial y de servicios	177
5.7	Rehabilitación multipropósito	180
6	REHABILITACIÓN DE ESCOMBRERAS Y DEPÓSITOS DE ESTÉRILES	189
6.1	Rehabilitación naturalística y forestal	191
6.2	Rehabilitación turística y para el ocio	218
7	VALORIZACIÓN HIDROLÓGICA	231
7.1	Valorización agrícola y ganadera	237
7.2	Valorización naturalística y forestal	246
7.3	Valorización científica y cultural	256
7.4	Valorización deportiva y recreativa	260
7.5	Valorización urbana y residencial	263
7.6	Valorización industrial y de servicios	264
8	FUENTES DE INFORMACIÓN Y ENLACES	265
8.1	Bibliografía	265
8.2	Internet	267
9	AUTORÍA	268
9.1	Coordinador	268
9.2	Relatores	268
9.3	Colaboradores	268



9.4 Instituciones y Empresas que han aportado documentación 269

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Valores ecológicos pre-mina y post-mina, con un código de gradación en colores verdes, en el entorno de la mina Las Cruces (Sevilla).	4
Figura 2. Balance final de valores de las actuaciones de rehabilitación ambiental en el entorno de la mina Las Cruces (Sevilla) (pérdidas en rojo y ganancias en verde).	5
Figura 3. Esquema de localización del Paisaje Protegido Corredor Verde del Guadiamar (Fuente: elaboración propia).	6
Figura 4. Cauce y vega del río Guadiamar tras el vertido minero (Foto: Consejería de Medio Ambiente).	7
Figura 5. Labores de plantación de vegetación mediterránea (Foto: Consejería de Medio Ambiente).	8
Figura 6. Aspecto del Corredor Verde del Guadiamar en el año 2001 (Foto: Consejería de Medio Ambiente).	8
Figura 7. Anátidas en el Río Guadiamar (Foto: Miguel G.T.).	9
Figura 8. Estado actual de la vegetación de ribera en numerosos tramos del río Guadiamar (Foto: Francisco Carrascal Moreno).	9
Figura 9. Conexión entre la Reserva de la Biosfera de Sierra Morena y la Reserva de la Biosfera de Doñana (Fuente: elaboración propia).	10
Figura 10. Vivero de planta autóctona de El Albardinal (Foto: Rafael Fernández Rubio).	10
Figura 11. Flora de Andalucía oriental que muestra el pasado común europeo y africano del área de Rodalquilar (Almería, España) (Fotos Rafael Fernández Rubio).	12
Figura 12. Carteles indicadores en el vivero El Albardinal en las minas de Rodalquilar (Almería).	12
Figura 13. Acebuche, olivo silvestre autóctono de Andalucía, resistente a periodos secos y a altas temperaturas (Foto Rafael Fernández Rubio).	13
Figura 14. Museo instalado en el Hospital de Mineros de Almadén (Foto: Enrique Orche García).	13
Figura 15. Detalle de la Biblioteca Histórica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.	14
Figura 16. Parque Minero de Almadén (Foto: Enrique Orche García).	15
Figura 17. Mina Marcelo Jorissen, situada en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.	17
Figura 18. Visitantes en el Museo Histórico-Minero Francisco Pablo Olgado (Escuela Politécnica de Almadén, Ciudad Real) (Foto Rafael Fernández Rubio).	18
Figura 19. Entrada al Museo Minero de Riotinto (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).	20
Figura 20. Sala nº 12. El ferrocarril y la mina (Foto: Manuel Aragón Román).	21
Figura 21. Sala nº 1 Geología y Minería, Museo Minero de Riotinto (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).	22
Figura 22. Sala nº 5 del Museo Minero Ernest Lluch de Riotinto. Época Romana (Foto: Manuel Aragón Román).	23
Figura 23. Vista del interior de la reproducción de mina romana. Museo Minero (Foto: Manuel Aragón Román).	23
Figura 24. Vagón de Maharajá, el más lujoso en vía estrecha del Mundo, sala nº 14 del Museo Minero de Riotinto (Foto Manuel Aragón Román).	24
Figura 25. Fachada de la Casa nº 21 del Barrio de Bella Vista Sección Etnográfica del Museo Minero (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).	25



Figura 26. Salón en la planta baja de la Casa nº 21 del Barrio de Bella Vista (Foto: Manuel Aragón Román).....	26
Figura 27. Cocina de la Casa nº 21 del Barrio de Bella Vista (Foto: Manuel Aragón Román).....	26
Figura 28. Estudio, espacio expositivo en la Casa nº 21 de barrio de Bella Vista (Foto: Manuel Aragón Román).....	26
Figura 29. Locomotora de vapor en servicio en el Ferrocarril Turístico Minero (Foto: Archivo Fundación Riotinto).....	28
Figura 30. Ferrocarril Turístico Minero, tracción por gasoil (Foto: Archivo Fundación Riotinto).	29
Figura 31. Locomotora nº 51 construida en 1983 por Dübs. Estación de Los Frailes (Foto: Archivo Fundación Riotinto).....	30
Figura 32. Locomotora de vapor nº 14, fabricada en 1875 (Foto: Manuel Aragón Román).....	31
Figura 33. Locomotora Diesel 933, construida en 1960. En orden de marcha en el Ferrocarril Turístico Minero (Foto: Archivo Fundación Riotinto).	32
Figura 34. Archivo Histórico Minero (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).	33
Figura 35. Documentación antes y después de ser organizada (Foto: Archivo Fundación Riotinto).....	34
Figura 36. Fachada del Hospital de Mineros de San Rafael (Foto: Domingo).	35
Figura 37. Interior del Hospital de Mineros de San Rafael (Foto: Domingo).	36
Figura 38. Puerta de Carlos IV y pozo de San Joaquín al fondo (Foto: Domingo).....	37
Figura 39. Museo del Mercurio de Almadén (Foto: Domingo).	38
Figura 40. Hornos Bustamante y Museo del Mercurio al fondo (Foto: Domingo).....	39
Figura 41. Pozo San Aquilino (Foto: Domingo).....	39
Figura 42. Pozo San Teodoro. Acceso a la mina de Almadén (Foto: Domingo).	40
Figura 43. Fuente de mercurio en el Centro de Visitantes del Parque Minero de Almadén (Foto: MAYASA).	41
Figura 44. Vista general de las instalaciones y edificios del Archivo Histórico de HUNOSA.	42
Figura 45. Fondos documentales del Grupo HUNOSA, en el Archivo Histórico.	43
Figura 46. Documento de concesión minera firmado por la Reina Isabel II el 30 de Diciembre de 1856.	44
Figura 47. Trinchera del antiguo ferrocarril minero de Monterrubio de la Demanda a Villafría y sus diferentes yacimientos arqueológicos.	45
Figura 48. Sierra de Atapuerca.	46
Figura 49. Vista de uno de los yacimientos de la trinchera del antiguo ferrocarril minero en la Sierra de Atapuerca.	47
Figura 50. Cráneo número 5 de la Sima de los Huesos (campana de 1992 y posteriores).....	48
Figura 51. Evolución de los homínidos.	48
Figura 56. Embarcadero de mineral El Cable Inglés (Foto: Julio Verdejo Serrano).....	52
Figura 57. Embarcadero de mineral El Cable Inglés (Foto: Ayuntamiento de Almería).	52
Figura 58. Vista nocturna de El Cable Inglés (Foto: Rafael Fernández Rubio).	53
Figura 59. Vista aérea del muelle de Tharsis en Huelva en la década de los 70.	53
Figura 60. Detalle del muelle de Tharsis con sus grúas de carga.	54
Figura 61. Muelle de Tharsis con sus dos ramales en la década de los 70.	55
Figura 62. Detalle del muelle de la RTCL en Huelva (hacia 1923).	56
Figura 63. Parte del muelle de la RTCL que se adentra en la ría del Odiel.	57



Figura 64. Detalle del sector primitivo que se desmontó para el trazado de la actual Avda. Francisco Montenegro.	57
Figura 65. Muelle de Riotinto en la actualidad.	58
Figura 66. Muelle de carga de mineral en el Puerto de La Laja (río Guadiana).	59
Figura 67. Detalle de las grúas de carga en el muelle de carga del Puerto de La Laja.	59
Figura 68. Volcador mecánico de vagonetas en el Puerto de La Laja.	60
Figura 69. Embarcadero de El Hornillo, para mineral de hierro, en Águilas (Murcia).	60
Figura 70. Organización de los espacios mineros de la hulla en Asturias.	62
Figura 71. Vista general de Bustiello (Asturias): sanatorio, escuela de niñas y farmacia (Foto: José Luís Alperi Jove).	63
Figura 72. Vistas generales de viviendas de obreros en Bustiello (Asturias) (Foto: José Luís Alperi Jove).	63
Figura 73. Escuela de niños en Bustiello (Asturias) (Foto: José Luís Alperi Jove).	64
Figura 74. Bloques de viviendas en el núcleo urbano de Solvay – Lieres (Asturias) (Foto: José Luís Alperi Jove).	65
Figura 75. Vista general de la Barriada de El Serrallo en Sotrondio (San Martín del Rey Aurelio, Asturias) (Foto: José Luís Alperi Jove).	65
Figura 76. Vista general de la Barriada de Murias (Mieres, Asturias) (Foto: José Luís Alperi Jove).	66
Figura 77. Obras de mejora en la Barriada de San Pedro en Mieres (Asturias) (Foto: José Luís Alperi Jove).	66
Figura 78. Los tres drops cargando carbón en el Muelle de Gijón (Autor: Carlos Roces Felgueroso).	67
Figura 79. Acceso minero a la Cueva Victoria, en el Estrecho de San Ginés (Cartagena, Murcia) (Foto: Carmen Berrocal).	69
Figura 80. Conferencia impartida por el Dr. Gibert Clois en la Cueva Victoria (Noviembre 2006) (Fotos: Antonio Ros Esteban).	70
Figura 81. Taller de herramientas del pozo de San Aquilino en Planta 1ª (Foto: MAYASA).	71
Figura 82. Pozo de San Andrés en Planta 1ª con la bomba de desagüe (Foto: MAYASA).	72
Figura 83. Baritel de San Andrés (mina de Almadén) (Foto: Domingo).	73
Figura 84. Salida al exterior del tren minero (Foto: Domingo).	74
Figura 85. Explotación por testers en la mina de Almadén (Foto: Domingo).	75
Figura 86. Mina la Jayona (Fuente del Arco, Badajoz).	76
Figura 87. Conjunto de fotografías de la mina La Jayona.	77
Figura 88. Plano de niveles visitables en la mina La Jayona (Bernard Datcharry).	78
Figura 89. Falla de desgarre sinistra con estrías y escalones de falla. La flecha señala la dirección y sentido de movimiento del bloque ausente. Nivel 2.	78
Figura 90. Túnel de acceso a la explotación.	80
Figura 91. Plano topográfico de la mina Agrupa Vicente, con indicación de las labores mineras proyectadas para su visita (GPM).	80
Figura 92. Corte geológico de la mina, con la situación del hundimiento del techo de una cámara en la parte oeste de la mina.	81
Figura 93. Llaves de madera realizadas para estabilizar el hundimiento del techo de la cámara en el sector oeste de la mina.	82
Figura 94. Puntales.	82



Figura 95. Sostenimiento de techo mediante malla metálica y bulonado.....	82
Figura 96. Construcción de escalinatas con traviesas de madera ancladas al terreno, para salvar los desniveles entre las distintas plantas de la explotación.....	83
Figura 97. Soportes de pino anclados al terreno para la instalación de barandilla de cuerda.....	83
Figura 98. Barrera de protección de madera.....	83
Figura 99. Sondeo de ventilación.....	84
Figura 100. Trabajos de habilitación de salida de emergencia.....	84
Figura 101. Galería inferior de extracción.....	84
Figura 102. Instalación de vías y vagonetas, para la recreación del transporte del mineral.....	85
Figura 103. Reconstrucción de las tolvas de descarga del mineral desde un nivel a otro inferior.....	85
Figura 104. Localización de la mina Nieves en la Montaña de Sal (Cardona, Barcelona).Cartografía Magna (IGME, 1975).....	86
Figura 105. Corte NW-SE del Anticlinal de Cardona (IGME, 1975).....	86
Figura 106. Vista general de la Montaña de Sal de Cardona.....	87
Figura 107. Detalle de la mineralización que compone la Montaña de Sal.....	87
Figura 108. Restos mineros abandonados, estalactitas y coladas de sal, en el interior de la mina Nieves (Cardona, Barcelona).....	87
Figura 109. Cueva de El Soplao (Cantabria) (Foto: Rafael Fernández Rubio).....	88
Figura 110. Mina - cueva El Soplao. Galerías Gorda y de Los Fantasmas, que los mineros utilizaban como galerías de transporte. Se ha modificado la antigua vía de ferrocarril para facilitar la visita turística, respetando taludes y muros realizados para la explotación minera (Foto: Francisco Fernández Ortega y María del Carmen Valls Uriol).....	89
Figura 111. Mina - cueva de El Soplao. Falso Suelo. Próximo a la zona de paso de los mineros, y al recorrido de turismo-aventura (Foto: Francisco Fernández Ortega y María del Carmen Valls Uriol).....	90
Figura 112. Mina - cueva de El Soplao. Excéntricas o helictitas de aragonito, formadas en el hermetismo de la caverna, que posteriormente descubrió la mina (Foto: Francisco Fernández Ortega y María del Carmen Valls Uriol).....	92
Figura 113. Mina - cueva Soplao. Excéntricas o helictitas de aragonito, formadas en el hermetismo de la caverna, que descubrió la mina (Foto: Francisco Fernández Ortega y María del Carmen Valls Uriol).....	96
Figura 114. Asociación mina de Seldelhaya – cueva del Rescaño (Udías). Gran Cañón. Galería de les Pendants (Foto: Francisco Fernández Ortega y María del Carmen Valls Uriol).....	97
Figura 115. Diferentes soplaos en la mina Txomin (Vizcaya) (Foto: Francisco Fernández Ortega y María del Carmen Valls Uriol).....	98
Figura 116. Carranza (Vizcaya). Soplaos en la mina Ángela de Matienzo, con aprovechamiento turístico (Foto: Francisco Fernández Ortega y María del Carmen Valls Uriol).....	99
Figura 117. Geoda con cristales de yeso gigantes encontrada en la mina Quien Tal Pensara, en Jaravia (Pulpí, Almería), mucho después del cese de la actividad minera (Foto: José Manuel Cuesta y Fernando Gómez).....	100
Figura 118. Antigua cantera romana de calizas, en Córdoba, convertida en restaurante.....	100
Figura 119. Restaurante y bar instalados en antigua cantera subterránea romana, en Córdoba.....	101
Figura 120. Localización del Restaurante Balarés, construido sobre unas antiguas minas de titanio.....	101
Figura 121. Vista aérea de la Playa de Balarés, muelle y mina de wolframio.....	102
Figura 122. Playa y restaurante de Balarés construido sobre la mina Titanio.....	103



Figura 123. Perfilado de linderos y preparación de rampas a zona de acopio (Foto: TOLSA).....	104
Figura 124. Retirada y acopio de la tierra vegetal original (Foto: TOLSA).....	105
Figura 125. Minería de transferencia. Desmonte de estériles y limpieza de la capa de sepiolita (Foto: TOLSA).....	105
Figura 126. Limpieza de la capa de mineral (Foto: TOLSA).....	105
Figura 127. Preparación de cunetas de desagüe, si se requieren. (Foto: TOLSA).....	106
Figura 128. Relleno del hueco paralelo a la extracción de mineral (Foto: TOLSA).....	106
Figura 129. Extendido de tierra vegetal sobre explotación ya rellenada (Foto: TOLSA).....	106
Figura 130. Yacimiento de bentonita explotado y restaurado. (Foto: TOLSA).....	107
Figura 131. Repaso de baches y construcción de cunetas en los caminos compartidos (Foto: TOLSA).....	107
Figura 132. Vista general de la mina a cielo abierto de La Matona (año 2000) (Foto: Celso Penche García).....	108
Figura 133. Vista general de la mina a cielo abierto de La Matona (año 2004) (Foto: Celso Penche García).....	109
Figura 134. Vista panorámica de la plantación de kiwis (año 2007) (Foto: Celso Penche García).....	110
Figura 135. Vista panorámicas de la plantación de kiwis desde la entrada principal (año 2008) (Foto: José Manuel Casas López).....	110
Figura 136. Vistas panorámicas de la plantación de kiwis (año 2008) (Foto: José Manuel Casas López).....	111
Figura 137. Planta y fruto de kiwi (Foto: José Manuel Casas López, José Luís Alperi Jove y José Manuel Casas López).....	111
Figura 138. Preparación del terreno (Foto: José Manuel Casas López).....	112
Figura 139. Sistema de sostenimiento (Foto: José Manuel Casas López).....	112
Figura 140. Elementos principales del sistema de riego (Foto: José Luís Alperi Jove, Celso Penche García y José Luís Alperi Jove).....	113
Figura 141. Sistema de riego en funcionamiento (Fotos: Celso Penche García).....	114
Figura 142. En el centro de la imagen puede distinguirse la zona donde se ubicará la Central de Transformación de Gold Fruits XXI, dentro del área de la plantación (Foto: José Manuel Casas López).....	114
Figura 143. Conversión del espacio de una cantera para cemento gris, de CEMEX, en plantación de mandarinas (Foto: Francisco Márquez Sánchez).....	115
Figura 144. Recolección de mandarinas fruto de la rehabilitación de un espacio minero industrial (Foto: Francisco Márquez Sánchez).....	115
Figura 145. Explotaciones romanas de oro en Las Médulas (León, España), declaradas Bien de Interés Cultural y Patrimonio de la Humanidad (Foto: Enrique Orche García).....	117
Figura 146. Explotación por el método de <i>ruina montium</i> en Las Médulas (León) y trabajos de desagregación del aluvión aurífero.....	118
Figura 147. Paisaje residual de las explotaciones romanas de oro en Las Médulas (León), entre bosques de castaños que aportaron alimento a los mineros (Foto Rafael Fernández Rubio).....	118
Figura 148. Centro de Interpretación de Las Médulas (León) (Foto: Enrique Orche García).....	119
Figura 149. Vista general del Jardín de Cactus en Lanzarote en una antigua cantera de picón.....	120
Figura 150. Cactus sobre el suelo cubierto de picón.....	121
Figura 151. Monolitos de basalto a modo de cactus minerales.....	121



Figura 152. Delimitación aproximada de las zonas de estudio definidas en el proyecto de Investigación y Ordenación Minero-Ambiental de los recursos de roca ornamental de la Región de Murcia (IGME, 2005).	122
Figura 153. Escombreras de canteras de mármol que son resultado del simple apartado de los bloques del área de extracción y su vertido pendiente abajo.	123
Figura 154. Replanteo de la operación de desbroce, arranque de suelo en la superficie a afectar, acopio de tierras y construcción de un muro de bloques en área de vertido de estériles (IGME, 2005).	124
Figura 155. Construcción y preparación del talud exterior de la escombrera con un paramento de tierras e inicio del vertido interior (IGME, 2005).	124
Figura 156. Crecimiento de la escombrera hacia el interior y revegetación del talud del paramento exterior (IGME, 2005).	125
Figura 157. Repetición de las secuencia de operaciones en una segunda fase. (IGME, 2005).	125
Figura 158. Desarrollo constructivo de paramentos exteriores en escombreras con intercalación de elementos lineales antierosión.	126
Figura 159. Extremo septentrional del afloramiento principal de icnitas en la explotación de Carbones de Berga (Barcelona) (Le Loeuff y Martínez, 1997).	127
Figura 160. Huellas de pies y manos de titanosauros en las explotaciones de Carbones de Berga (Barcelona) (Le Loeuff y Martínez, 1997).	130
Figura 161. Pistas paralelas de dinosaurios (una de ellas desplazada por una falla) (Le Loeuff y Martínez, 1997).	131
Figura 162. Explotaciones de Asturreta (en primer término) y Nivel 130 (segundo término), en el año 1970. Ambas en operación. Planta y oficina antiguas (Foto: Paisajes Españoles, S.A.).	132
Figura 163. Explotación Nivel 130, perfil topográfico recuperado. Explotación Asturreta, inicio del relleno, en el año 1999. Antiguas instalaciones desmanteladas (Foto: Paisajes Españoles, S.A.).	133
Figura 164. Explotación Asturreta con bancos superiores activos y los inferiores rehabilitados, en el año 2008. Al fondo, explotación Azcárate con los bancos superiores rehabilitados (Foto: Paisajes Españoles, S.A.).	133
Figura 165. Vista general del yacimiento arqueológico de El Cabo en la mina Barrabasa (Andorra, Teruel) durante los trabajos de excavación (Foto cedida por ENDESA).	134
Figura 166. Vista general del poblado reconstruido en la ladera del cerro San Macario (Andorra, Teruel) (Foto: Francisco Molina Cortecero).	135
Figura 167. Vista parcial con algunos recintos reconstruidos con techumbre en el Cerro San Macario (Andorra, Teruel) (Foto: Francisco Molina Cortecero).	136
Figura 168. Paisaje lleno de cromatismo en la excavación de la mina de carbón en Andorra (Teruel). Minería de transferencia (Foto Rafael Fernández Rubio).	137
Figura 169. Corta Atalaya, en las minas de sulfuros complejos de Riotinto (Huelva). Explotación minera con miles de años de historia (Foto: Rafael Fernández Rubio).	139
Figura 170. Cromatismo en los minerales de neoformación en la Faja Pirítica Ibérica (Foto: Rafael Fernández Rubio).	140
Figura 171. Paisaje de las antiguas minas de hierro de Cabárceno (Cantabria). En primer término se observan dos tigres (Foto Juan Carlos Baquero).	141
Figura 172. Antigua mina Carlota (minas de Ojos Negros).	141
Figura 173. Escultura en la mina Carlota. Diego Arribas, 1992.	143
Figura 174. Instalación en la mina Menerillo. Javier Tudela, 2000.	143



Figura 175. Acción en la mina Filomena. Ánxel Nava, 2000.	143
Figura 176. <i>Performance</i> en el Barrio Minero. Nel Amaro, 2000.	143
Figura 177. Debates en las antiguas oficinas de la Compañía Minera Sierra Menera, año 2.000. ...	144
Figura 178. Molino de Ojos Negros (Teruel) (Foto: Rafael Fernández Rubio).	144
Figura 179. Instalación en la mina Menerillo. Josep Ginestar, 2005.	145
Figura 180. Escultura en depósitos de estériles. Bodo Rau, 2005.	145
Figura 181. Instalación en la mina Corcho. Diego Arribas, 2005.	145
Figura 182. Acción en Mina Filomena. Rafa Tormo, 2005.	145
Figura 183. Escultura en mina Corcho. Iraida Cano, 2005.	146
Figura 184. <i>Performance</i> en nave de vehículos pesados. Isabeella Beumer, 2005.	146
Figura 185. Fotografía mina Filomena. Diego Arribas, 2007.	147
Figura 186. Proyección en Nave de Mantenimiento. Marta Fernández, 2007.	147
Figura 187. Concierto de campanas en mina Barranco, Llorenç Barber, 2007.	147
Figura 188. Instalación fotográfica en mina Filomena. Carma Casulá, 2007.	148
Figura 189. Teatro-Auditorio de Cuenca en construcción, erigido en el espacio de una antigua cantera de caliza (Foto: Teresa Villarino Valdivieso).	150
Figura 190. Teatro-Auditorio de Cuenca recién construido (Foto: Santiago Torralba).	150
Figura 191. Estado actual del Teatro-Auditorio de Cuenca (Foto: Santiago Torralba).	151
Figura 192. Vestíbulo del Teatro-Auditorio de Cuenca (Foto: Santiago Torralba).	152
Figura 193. Sala principal del Teatro-Auditorio de Cuenca (Foto: Santiago Torralba).	153
Figura 194. Foto aérea Mina Peña del Hierro (Foto: Fototeca Fundación Riotinto).	154
Figura 195. Acción The Peninsular Company Ltd. (1863). Colección Lorenzo Gómez (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).	155
Figura 196. Acción The Peña Copper Mines Ltd. (1920). Colección Lorenzo Gómez (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).	155
Figura 197. Estado de partida de las instalaciones mineras de Peña de Hierro (Fototeca Fundación Riotinto).	156
Figura 198. Estado tras las labores de desescombro, limpieza y encauzamiento de las escorrentías (año 2006) (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).	156
Figura 199. Construcción del muro perimetral de la Corta de Peña de Hierro y de uno de los miradores (Foto: Fototeca Fundación Riotinto).	156
Figura 200. Tramo de muro perimetral y mirador año 2007 (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).	156
Figura 201. Estado de partida de la boca del túnel Santa María (Fototeca Fundación Riotinto).	157
Figura 202. Trabajos de limpieza de la boca del Túnel (Fototeca Fundación Riotinto).	157
Figura 203. Estado actual de la entrada (Foto Aquilino Delgado Domínguez).	157
Figura 204. Inicio de los trabajos de rehabilitación del túnel Santa María (Fototeca Fundación Riotinto).	157
Figura 205. Desarrollo de los trabajos de rehabilitación (Fototeca Fundación Riotinto).	157
Figura 206. Estado actual del Túnel Santa María (Foto Aquilino Delgado Domínguez).	157
Figura 207. Estado ruinoso del “Grupo Pilones” (2004). (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).	158
Figura 208. Centro de Recepción de Visitantes de Peña de Hierro (2008) (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).	158
Figura 209. Casa de máquinas en ruinas y malacate desmontado (2005) (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).	158



Figura 210. Trabajos de rehabilitación de la casa de máquinas, construcción de la reproducción del malacate (2006) (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).....	158
Figura 211. Estado actual tras finalizar los trabajos (2008). (Fotos: Aquilino Delgado Domínguez).....	158
Figura 212. Casa de obreros en estado ruinoso (2007) (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).....	159
Figura 213. Casa de obreros estado actual de los trabajos (2008) (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).....	159
Figura 214. Corta de Peña de Hierro (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).	159
Figura 215. Vista del poblado de mina Concepción y su Corta (Foto Aquilino Delgado Domínguez).....	160
Figura 216. Sección longitudinal Corta Concepción. Elaboración propia. Fuente: Pinedo Vara, 1963 y Archivo de Fundación Riotinto.	161
Figura 217. Sección Transversal Corta Concepción. Elaboración Propia. Fuente: Pinedo Vara, 1963 y Archivo de Fundación Riotinto.	161
Figura 218. Acción de la Compañía Electrólisis del Cobre S.A., última empresa explotadora de Mina Concepción (Colección: J. P. Lorenzo. Foto: Aquilino Delgado Domínguez).	162
Figura 219. Vista NE de Corta Concepción 2008 (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).....	163
Figura 220. Vista Panorámica NE – NO de la Corta Concepción, donde se aprecia el vallado y el sendero perimetral. (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).....	164
Figura 221. Izquierda: Museo geológico minero instalado en el mirador principal, al fondo se puede apreciar la maqueta de Corta Concepción. Derecha: mirador y señalización en Corta Concepción (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).....	164
Figura 222. Izquierda: Exposición “Mirando a cielo abierto” año 2007. Sala nº 1 Museo Minero de Riotinto. Derecha: Desplegable, libro y CD multimedia editados sobre los trabajos de rehabilitación desarrollados y el patrimonio minero. (Fotos: Aquilino Delgado Domínguez).....	165
Figura 223. Talud final con huellas de dinosaurios (Foto cedida por ENDESA Generación).	166
Figura 224. Reconstrucción de los dinosaurios y su hábitat. Proyecto de Ruta Minera.....	166
Figura 225. Huevos fósiles de dinosaurio de las minas de carbón de Berga (Barcelona) (Foto cedida por ENDESA Generación).....	167
Figura 226. Parque infantil en Tumí Oeste (Foto cedida por ENDESA Generación).....	167
Figura 227. Propaganda de la Ruta Minera.	168
Figura 229. Fotografías aéreas infrarrojas (falso color) de la antigua explotación de hierro de Cabárceno (Cantabria) (Foto: Archivo Frasa).	169
Figura 230. Paisaje de karst tropical exhumado por los trabajos mineros en Cabárceno (Cantabria) (Foto: Archivo de Cantur).....	170
Figura 231. En el Parque de la Naturaleza de Cabárceno (Cantabria), la fauna se distribuye en treinta amplios espacios, con una muy bien trazada red de carreteras (Archivo de Cantur).	170
Figura 232. Panorámica parcial del Parque de la Naturaleza de Cabárceno (Cantabria) (Foto: Pedro Cantero).....	171
Figura 233. Los animales en régimen de semilibertad, en la antigua mina de Cabárceno (Cantabria), se reproducen como en un hábitat natural (Foto: Archivo de Cantur).	171
Figura 234. En las antiguas minas de Cabárceno (Cantabria) encuentra refugio fauna de los cinco continentes, con más de cincuenta especies en peligro de extinción (Fotos: Archivo de Cantur).	172



Figura 235. Animales salvajes en régimen de semilibertad en Cabárceno (Cantabria) (Foto: Archivo de Cantur).	172
Figura 236. Fotografía aérea infrarroja de las antiguas cortas mineras para explotación del hierro (Foto: Archivo Frasa)	173
Figura 237. Antigua mina de Cerro del Hierro (San Nicolás del Puerto, Sevilla) (Foto: Rafael Fernández Rubio).	174
Figura 238. Escuela de escalada en taludes de la mina Cerro de Hierro (Sevilla) (Foto: Pedro Pavón).	175
Figura 239. Escalada libre en paredes de cantera de granito.	175
Figura 240. Auditorio de verano La Rodadera en Gerena (Sevilla), construido sobre una antigua cantera de granito (Fotos: Javier Vázquez de Prada y Manuel Ortiz Valderas).....	177
Figura 241. Planta de Tratamiento de Áridos en Valdilecha (Madrid).	178
Figura 242. Preparación del hueco final de la mina La Extranjera, por el Ayuntamiento de Puertollano, para Depósito Controlado de Residuos Inertes (Foto cedida por la Concejalía de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Puertollano).	179
Figura 243. Planta de Tratamiento de Residuos de Construcción y Demolición, montada junto al Depósito de Inertes (Fotos cedidas por la Concejalía de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Puertollano).....	180
Figura 245. El Tótem, en las Pedreres de s'Hostal (Ciudadella de Menorca) (Foto: Lluís Bertran)....	180
Figura 246. Escombros, sauló y basura en la cantera Anfiteatro y en las canteras antiguas (Foto: Laetitia Lara).....	181
Figura 247. Desescombro en las canteras Anfiteatro y Anfiteatro II (Foto: Laetitia Lara).	182
Figura 248. Concierto en el Anfiteatro (Foto: Lítica).	183
Figura 249. Encuentro de la Calçotada en cantera de Los Naranjos (Foto: Lítica).....	183
Figura 250. Trabajos de extracción en las Pedreres de s'Hostal (Foto: Laetitia Lara).	184
Figura 251. Cantera del Anfiteatro (Ciudadella de Menorca) (Foto: Ferran Puig).	185
Figura 252. El Tótem, obelisco antropomórfico símbolo de Lítica (Foto: Lluís Bertran).....	185
Figura 253. Cantera del Laberinto (Foto: Jaime García Pons).	186
Figura 254. El Laberinto (Foto Lluís Bertran).	186
Figura 255. Cantera de Los Naranjos (Foto: Laetitia Lara.)	187
Figura 256. Jardín Medieval (Foto: Luís Bertran).	187
Figura 257. Jardín Medieval (Foto: Jaime García Pons).	187
Figura 258. Circuito Botánico (Foto: Lítica).....	188
Figura 259. Diseño de rehabilitación de escombreras en la mina Las Cruces.....	189
Figura 260. Integración paisajística de las escombreras de la mina de Las Cruces. Vistas pre y post proyecto.....	190
Figura 261. Usos asignados a los suelos en la mina Las Cruces (Sevilla).	191
Figura 270. Primera fase de la rehabilitación edáfica y restauración ecológica de canteras de yesos en Sorbas (Almería) (Foto: Ricardo Castelló Montori.	192
Figura 271. Paraje Natural del Karst en Yesos de Sorbas (Almería) (Foto: Ricardo Castelló Montori).	192
Figura 272. Desarrollo de <i>Halogeton sativus</i> al segundo año de iniciados los trabajos de rehabilitación en las escombreras de las canteras de yesos de Sorbas (Almería) (Foto: Ricardo Castelló Montori).....	193



Figura 273. A la izquierda año 2001, antes de iniciar la restauración ecológica de la escombrera de finos. A la derecha igual zona de actuación en el año 2005 (Foto: Ricardo Castelló Montori).	194
Figura 276. Colocación de geosintéticos sobre la superficie remodelada de la escombrera de Almadén (Agosto, 2006) (Foto: Minas de Almadén y Arrayanes, S.A.).	195
Figura 277. Colocación de geosintéticos sobre la superficie remodelada de la escombrera de Almadén (Noviembre, 2006) (Foto: Minas de Almadén y Arrayanes, S.A.).	196
Figura 278. Estado de la escombrera de Almadén (Septiembre 2006) (Foto: Paisajes Españoles).	197
Figura 279. Colocación de geomembranas y geotextiles sobre la escombrera de Almadén (Marzo, 2007) (Foto: Minas de Almadén y Arrayanes, S.A.).	198
Figura 280. Vista panorámica de la escombrera de Almadén, en plena actividad de colocación de geotextiles y geomembranas (marzo, 2007) (Foto: Minas de Almadén y Arrayanes, S.A.).	199
Figura 281. Escombrera de la mina de Almadén, con los trabajos de rehabilitación casi concluidos (enero, 2008) (Foto: SAF, Servicios de Fotografía Aérea).	200
Figura 282. Escombrera de la mina de Almadén, en pleno estiaje (agosto 2008) (Foto: Minas de Almadén y Arrayanes, S.A.).	200
Figura 283. Fotografía aérea del entorno de la explotación de oro de El Valle – Boinas (Foto: Río Narcea Gold Mines).	201
Figura 284. Ejemplos de rehabilitación en la mina de oro de El Valle-Boinás (Belmonte de Miranda, Asturias), de Río Narcea Gold Mines. Situación antes y después de los trabajos de rehabilitación	202
Figura 285. Escombrera de Lignitos de Meirama con revegetación (Foto: Juan Luís Delgado Fernández).	203
Figura 286. Escombrera de Lignitos de Meirama en fase de construcción y revegetada (Fotos: Juan Luís Delgado Fernández).	204
Figura 287. Zona de lagunaje en escombreras (Foto: Juan Luís Delgado Fernández).	205
Figura 288. Madurez en la rehabilitación de las escombreras de LIMEISA (Foto: Juan Luís Delgado Fernández).	206
Figura 289. Evolución de los anfibios.	207
Figura 290. Evolución de los reptiles	207
Figura 291. Bandada de ánades al amanecer en escombrera de LIMEISA (Foto: Juan Luís Delgado Fernández).	208
Figura 292. Distintas superficies sobre la escombrera de la mina de As Pontes (Foto: ENDESA).	209
Figura 293. Bando de avefría europea en la escombrera nevada.....	210
Figura 294. Perdiz roja al borde de una pista.	210
Figura 295. Cisne cantor en una lagunilla creada artificialmente.	210
Figura 296. Zorro rojo vigilando.	211
Figura 297. Jabalí cruzando una pista.	211
Figura 298. Lobo solitario.....	211
Figura 299. Pareja de corzos en la escombrera de la mina de As Pontes (A Coruña) (Foto: ENDESA).	212
Figura 300. Una red de canales rodea a la escombrera (Foto: ENDESA).	213



Figura 301. En cada nivel se dispone de una pista de acceso y de una cuneta, para control de las aguas de escorrentía.....	213
Figura 302. Las formas irregulares dan naturalidad a la geometría de la escombrera (Foto ENDESA).....	214
Figura 303. Sectores rehabilitados de la vertiente oriental y septentrional (Foto ENDESA).....	214
Figura 304. Producción propia de plantas en vivero vital para controlar la calidad y regular el suministro (Foto ENDESA).....	216
Figura 305. Vista aérea general de la escombrera rehabilitada (Foto: ENDESA).....	217
Figura 306. Transcurridos algunos años las diferentes zonas se convierten en autosustentables (Foto: ENDESA).....	218
Figura 307. Tramo 4 de la Ruta de Don Quijote. Un lugar para la aventura (Instituto de Promoción Turística de Castilla-La Mancha, 2005).....	219
Figura 308. Esquema de la Etapa 1 del Tramo 4 de la Ruta de Don Quijote donde se aprecia la parada en la Mina de San Quintín en el Km 26,8 (Instituto de Promoción Turística de Castilla-La Mancha, 2005).....	219
Figura 309. Esquema de la Etapa 6 del Tramo 4 de la Ruta de Don Quijote, que se inicia en las Minas de Horcajo (Instituto de Promoción Turística de Castilla-La Mancha, 2005).....	219
Figura 310. Fotografía de satélite del Tramo 4 de la Ruta de Don Quijote a su paso por la Mina de San Quintín (tomada de Google Earth).....	220
Figura 311. Hito de la Ruta de Don Quijote situado en el camino de acceso a la mina de San Quintín, con indicación de la Cañada Real y de la etapa correspondiente (Foto: Cynthia Isabel Monescillo).....	220
Figura 312. Hito de la Ruta de Don Quijote con indicación de los condicionantes de circulación por la misma (Foto: Cynthia Isabel Monescillo).....	221
Figura 313. Hito con las instalaciones de la mina detrás. El relieve grisáceo al fondo de la parte derecha de la fotografía, corresponde al material arenoso de una balsa que migra sobre el dique de la misma a modo de duna (Foto: Cynthia Isabel Monescillo).....	221
Figura 314. Poste con indicación de las direcciones de la Cañada Real. Al fondo se pueden observar pequeños acopios antiguos (Foto: Cynthia Isabel Monescillo).....	221
Figura 315. Explotaciones abandonadas en la Sierra Minera (Murcia).....	223
Figura 316. Pozo de Mina en el Cabezo Rajao.....	223
Figura 317. Explotación minera abandonada.....	223
Figura 318. Suelo desarrollado sobre escombrera. Cabezo Rajao.....	223
Figura 319. Inmediaciones de la Bahía de Portman.....	224
Figura 320. Tres etapas de la Bahía de Portman: 1957, 1985, 2006.....	225
Figura 321. Esquema de deposición alteración.....	226
Figura 322. Panorámica de la Bahía después de unas lluvias.....	227
Figura 323. Zona cubierta con arenas negras.....	227
Figura 324. Instalaciones del Lavadero Roberto.....	227
Figura 325. Panorámica de la Bahía desde la Playa del Lastre.....	227
Figura 326. Proyecto "In situ".....	228
Figura 327. Zonas de actuación del proyecto piloto.....	229
Figura 328. Planta de experimentación del Proyecto.....	230
Figura 329. Portman en Octubre de 2008.....	230
Figura 330. Drenaje de mina en frente de galería (Foto: Rafael Fernández Rubio).....	231



Figura 331. Controles en el sistema de drenaje – reinyección en la mina de Cobre Las Cruces (Sevilla) (Foto: Rafael Fernández Rubio).....	232
Figura 332. Instalación de bombeo de fondo en la mina de Reocín (Cantabria), con capacidad para 2.500 litros/segundo (Foto Rafael Fernández Rubio).....	233
Figura 333. Control preventivo de drenaje de mina subterránea frente a sistemas de circulación kárstica (Foto Rafael Fernández Rubio).....	234
Figura 334. Instalación de bomba en sondeo vertical desde superficie.....	236
Figura 335. Antiguas graveras en el río Guadiamar (Sevilla) (Foto: Rafael Fernández Rubio).....	237
Figura 336. Explotación de hierro de Alquife a cielo abierto.....	238
Figura 337. Campo de sondeos de drenaje en la periferia de la mina.....	238
Figura 338. Balsa de recarga.....	239
Figura 339. Antiguas estructuras mineras en el distrito plomo argentífero de Linares – La Carolina (Jaén).....	239
Figura 340. Esquema geológico del batolito de Linares que incluye las trazas de los principales filones y la del socavón general de drenaje.....	240
Figura 341. Corte geológico esquemático idealizado, a lo largo del socavón de drenaje minero y de algunos de los principales pozos mineros.....	240
Figura 342. Salida del agua por el socavón de drenaje de Linares, aprovechada por los agricultores para regadío.....	241
Figura 343. Estimación de la distribución de reservas de agua por franjas de altitud, en relación con el conjunto de huecos mineros existentes en el batolito de Linares (Jaén).....	241
Figura 344. Evolución de caudales surgentes en el socavón de Linares (Jaén).....	242
Figura 345. Dique Grande.....	243
Figura 346. Corta Lagunazo.....	243
Figura 347. Cortas inundadas de Filón Norte y de Filón Sur.....	244
Figura 348. Planta de tratamiento de las aguas ácidas para el riego de naranjos.....	244
Figura 349. Plantación de naranjos regados con aguas ácidas de mina tratadas.....	246
Figura 350. Balsa de sedimentación de La Veiga.....	248
Figura 351. Balsas de sedimentación de Boinás.....	248
Figura 352. <i>Chioglossa lusitanica</i>	249
Figura 353. <i>Rana perezzi</i>	249
Figura 354. <i>Natrix sp.</i>	249
Figura 355. <i>Anas platyrhynchos</i>	250
Figura 364. Localización del humedal de la Cañada de Las Norias (Almería).....	251
Figura 365. Humedal Cañada de Las Norias. El testigo -foto izquierda- refleja la posición del suelo antes del comienzo de las extracciones (marzo 1998) (Foto: Antonio Pulido Bosch).....	251
Figura 366. Evolución del nivel del agua en la Cañada de Las Norias (datos: Ayuntamiento de El Ejido, Área de Agricultura y Medio Ambiente, marzo 2006).....	252
Figura 367. Área ocupada por el humedal (1986 y 2001).....	252
Figura 368. Laguna de Tarelo y lagunas de la desembocadura del Guadalhorce.....	253
Figura 369. Laguna de Tarelo (en el año 1998 y en el año 2005).....	254
Figura 370. Evolución del pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto en el agua de la Laguna de Tarelo (marzo/2004 a enero/2008) (Fuente de los datos: Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía).....	254



Figura 371. Panorámica de la laguna de Tarelo (18-05-2005).....	255
Figura 372. Laguna Grande del Paraje Natural de la Desembocadura del Guadalhorce (izquierda) y Laguna Eucaliptal (derecha).....	255
Figura 378. Ecosistema acuático de gran interés ecológico en la cantera Los Yesares (Sorbas, Almería) (Foto: Ricardo Castelló Montori).....	256
Figura 379. Nacimiento del río Tinto, Peña de Hierro (Nerva, Huelva) (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).....	257
Figura 380. Científicos del Centro de Astrobiología, trabajando en Corta Peña de Hierro, año 2005 (Foto: Archivo Fundación Riotinto).....	258
Figura 381. Bacterias heterotróficas acidófilas documentadas en el río Tinto (Foto: Centro de Astrobiología).....	259
Figura 382. Bacterias oxidadotas de compuestos de azufre, documentadas en el río Tinto (Foto: Centro de Astrobiología).....	259
Figura 383. Algas diatomeas en río Tinto (Foto: Centro de Astrobiología).....	260
Figura 384. Protozoo digiriendo una euglena y una diatomea observadas en su interior. (Foto: Centro de Astrobiología).....	260
Figura 385. Canteras abandonadas de granito en Alpedrete (Madrid).....	261
Figura 386. Uso recreativo de antiguas canteras de Alpedrete, como espacios acotados de pesca deportiva.....	262
Figura 387. Laguna de la Barrera, antigua explotación de arcilla para ladrillos (Foto: Wikimapia.org).....	262
Figura 388. Helicóptero medio dotado de helibalde, en tareas de extinción forestal, cargando agua en una balsa de la explotación de la mina Emma, de Encasur-ENDESA (Puertollano, Ciudad Real).....	263

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de rehabilitación en canteras y graveras (Gobierno de la Rioja y ANEFA, 2006).....	3
Tabla 2. Minas, instalaciones mineras e industrias relacionadas con ellas que están rehabilitadas o preparadas para ser visitadas.....	17
Tabla 3. Datos de diversos parques temáticos y minas museo.....	18
Tabla 4. Rutas o vías verdes sobre antiguos ferrocarriles mineros.....	51
Tabla 5. Recomendaciones sobre distancias de espaciamiento de elementos de ruptura de pendientes.....	126
Tabla 7. Catálogo de flora y fauna de la Escombrera Exterior de la mina de As Pontes de ENDESA (Gil <i>et al.</i> , 2003).....	217
Tabla 8. Tratamiento de las aguas del Dique Grande.....	245



1 PREÁMBULO

En el año 2006 el Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas, de España, me encargo de coordinar un Grupo de Trabajo, en el Congreso Nacional del Medio Ambiente – Cumbre del Desarrollo Sostenible, organizado por la Fundación CONAMA. Propuse el tema de **Activos Ambientales de la Minería Española**, por el interés dar a conocer, a la sociedad, la aportación de la minería española al conocimiento científico y técnico, y al desarrollo socioeconómico y cultural, abordando también la valorización de las aguas de mina y de los espacios mineros, campos que han ocupado lugar preferente en mi actividad profesional y docente.

A partir del material recopilado, y tras un esfuerzo de documentación complementaria, y con la inclusión de mucha información gráfica de indudable valor, el Consejo editó estas contribuciones, en un libro muy atractivo, en gran formato, en el que como Coordinador-Editor, aglutiné y homogeneicé las aportaciones de 76 colaboradores y 27 Instituciones y Empresas, junto a las mías propias.

Ahora se plantea un nuevo reto, con un objetivo concreto: dar a conocer y valorizar la **Rehabilitación de Espacios Mineros**, dando cabida a los muchos esfuerzos realizados por la minería española, y a las muy notorias actuaciones de empresas y especialistas, para minimizar los impactos de esta actividad y valorizar las áreas de actuación, para muy diferentes usos y desde distintas perspectivas. Todo ello forma parte de una recopilación, en curso avanzado de ejecución, referida a los países de la Comunidad Iberoamericana.

La necesidad de esta compilación es indudable, a la vista de los ataques que sufre la minería, con amplio eco en medios de comunicación, de tal manera que al público llega una imagen negativa y distorsionada, dificultando la valorización de los recursos minerales, imprescindibles para el desarrollo social, económico, tecnológico, industrial,... Todo ello hace que actuaciones encomiables de la minería sean desconocidas por el gran público e, incluso, por las propias empresas mineras y las instituciones y administraciones con ella relacionadas.

Para conseguir estos objetivos se ha contado con el apoyo desinteresado de técnicos, consultores y profesionales, de las muy diferentes áreas de la ciencia y de la técnica, relacionadas con la Rehabilitación de Espacios Mineros, pero también con el apoyo documental y de difusión de entidades, instituciones, asociaciones y empresas del sector.

Con esta aportación, se pretende mostrar, en un esfuerzo colectivo, las realidades del buen hacer minero, a través de aspectos concretos, ordenados temáticamente. Se presentan así actuaciones reales, con indicación precisa de su autor y de las fuentes de información, y con el acompañamiento de documentación gráfica de alta calidad.

Personalmente deseo, con este trabajo, hacer partícipes a todos los colaboradores, del honor del Premio Rey Jaime I a la Protección del Medio Ambiente, otorgado por un jurado internacional con participación de 20 Premios Nobel, que recibí de manos de su majestad la Reina Sofía, de España, por la actividad minero-ambiental, desarrollada a lo largo de muchos años, en más de cuarenta países. En justicia este premio es de cuantos trabajan por la minería sostenible.

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



2 INTRODUCCIÓN

2.1 ¿Restauración o rehabilitación?

Rafael Fernández Rubio

Queremos iniciar este texto aclarando una cuestión semántica. En algunos países la legislación minera hace referencia a *restaurar*, pero entendemos que es preferible utilizar, en el caso de minería, el término *rehabilitar*, ya que ni es posible ni es el objetivo devolver el entorno afectado a su situación primitiva, pero sí que lo es el darle el uso más favorable teniendo en cuenta los aspectos sociales, económicos y ambientales. Otros términos que entendemos podrían ser apropiados son los de *revitalizar* o *reacondicionar*.

Para esta rehabilitación es fundamental el diálogo con los moradores del entorno, con los entes locales, y con todas las instituciones que estén dispuestas a aportar contribuciones 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 deben plantear, 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 cultural... al espacio minero.

Para esta elección existen una serie de condicionantes, entre los que destacan: tipo de explotación; 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.



2.2 Orientaciones de la rehabilitación

Rafael Fernández Rubio

La actividad minera requiere cierta ocupación del territorio, no sólo para la explotación en sentido estricto (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 de 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.

Por todo ello la actividad minera debe plantearse, desde el momento inicial, acompañada por un estudio muy completo del estado pre-mina ("*estado cero*"), y de lo que se proyecta como estado final, sobre la base de un proyecto de rehabilitación continua, en el que deben anticiparse las acciones a adoptar tan pronto sea posible.

A modo de ejemplo, para el caso de rehabilitación de una cantera o gravera, La Asociación Nacional Española de Fabricantes de Áridos (ANEFA) y el Gobierno de La Rioja (2006) presentan como posibles tipos de rehabilitación los expresados en la Tabla 1.



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

Tabla 1. Tipos de rehabilitación en canteras y graveras (Gobierno de la Rioja y ANEFA, 2006).

Se puede decir que, de manera general, una excavación minera, sea subterránea sea a cielo abierto, ofrece posibilidades de un sinnúmero de utilidades lúdicas, recreativas, culturales, industriales, agroforestales, etc., consecuencia de que estos emplazamientos reúnen muchas veces características muy favorables para ciertos usos, como puede ser: almacenamiento de residuos (por su posibilidad de confinamiento y aislamiento); realización de actividades que producen ruido o polvo (por el efecto de apantallamiento); ubicación de actividades que requieran de aislamiento; 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.

Lo que es evidente es que dada esta diversidad de opciones, es evidente la necesidad de que los equipos que desarrollen los planes de rehabilitación tengan carácter pluridisciplinar. Esto no significa sólo que se integren ingenieros de minas, geólogos, biólogos, paisajistas, agrónomos,



forestales, y un largo etcétera, 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 un trabajo muy enriquecedor.



2.3 **Ámbito de la rehabilitación**

Rafael Fernández Rubio y David Lorca Fernández

Aunque, como veremos a lo largo de esta recopilación, muchas rehabilitaciones tienen orientaciones concretas, que hemos agrupado en: agrícola y ganadera, naturalística y forestal, científica y cultural, turística y para el ocio, deportiva y recreativa, urbana y residencial e industrial y de servicios, lo importante es conseguir el mejor balance en el marco del desarrollo sostenible, que tiene que considerar en equilibrio los aspectos económicos, sociales y ambientales.

En este contexto muchas rehabilitaciones son realmente multipropósito, aunque a algunos aspectos se les da mayor relevancia. Lo importante, en todo caso, es conseguir el mejor balance global de la actuación, para cuyo análisis se emplean herramientas que permiten comparar el valor ambiental, antes y después de la actuación, poniendo de manifiesto las ganancias o pérdidas derivadas de las actuaciones realizadas.

Como ejemplo ilustrativo nos podemos referir a la comparación efectuada, en la etapa de proyecto de la mina de Las Cruces (Sevilla), por la Cátedra de Ecología de la Universidad Complutense de Madrid, a través de FRASA Ingenieros Consultores (Frasa, 2001), dentro del Estudio de Impacto Ambiental.

Con este objetivo se aplicó una metodología novedosa en minería, con la que, a partir de un conocimiento profundo de la realidad pre-mina, utilizando el mayor número de parámetros indicadores relacionados con el Desarrollo Sostenible, y con una previsión de los resultados finales alcanzables (como consecuencia de todas las actuaciones programadas), es posible realizar la valoración ambiental del estado pre-mina y del estado post-mina (Figura 2).

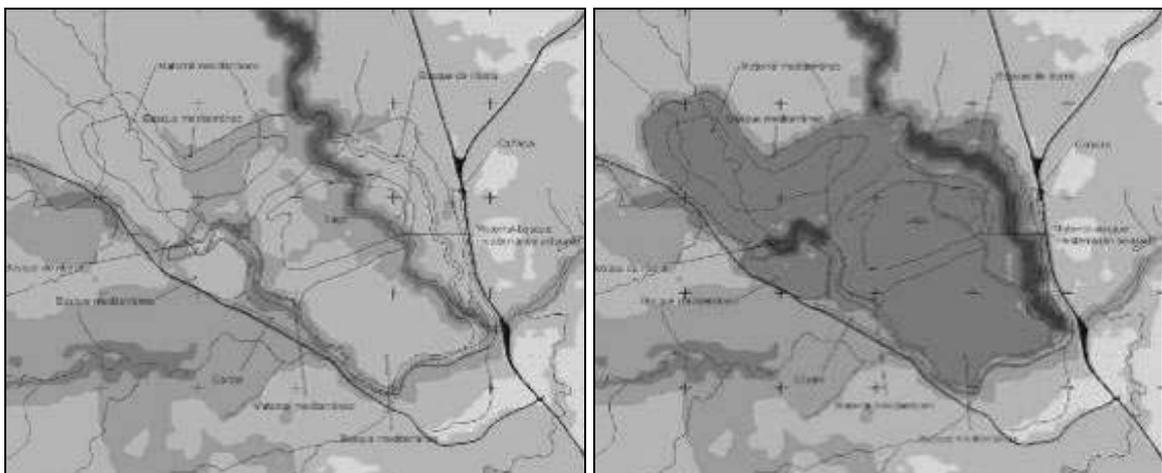


Figura 1. Valores ecológicos pre-mina y post-mina, con un código de gradación en colores verdes, en el entorno de la mina Las Cruces (Sevilla).

Comparando los resultados alcanzados, en ambas situaciones, y substrayendo, en el modelo matemático, a los valores post-mina los valores pre-mina, se establece el balance comparativo de pérdidas (rojo) y ganancias (verde) (Figura 2).



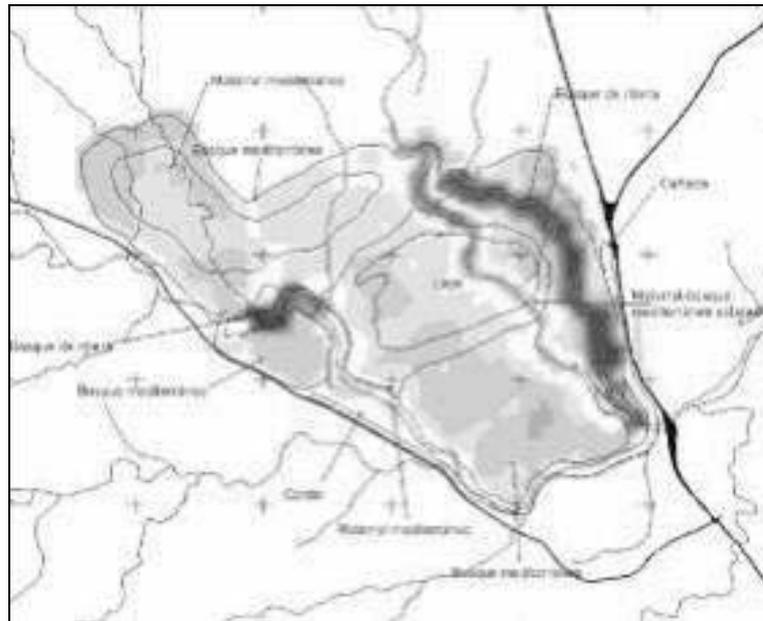


Figura 2. Balance final de valores de las actuaciones de rehabilitación ambiental en el entorno de la mina Las Cruces (Sevilla) (pérdidas en rojo y ganancias en verde).

La información a considerar tiene que ser tanto temática como sectorial, y el análisis debe contemplar todo el entorno receptor. En el caso de la mina de Las Cruces la interacción ecológica se analizó para todas las combinaciones resultantes, entre 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 fueron adaptados cartográficamente, mediante un sistema automático relacional (no jerárquico) geo-referenciado; igualmente se elaboraron programas específicos de integración de valores e impactos.

Así se llegó a poder estimar las pérdidas o ganancias del valor ambiental, basado en el cálculo de una regresión lineal múltiple, a través de un análisis multivariante. La conclusión alcanzada, de acuerdo con los criterios establecidos por un equipo multidisciplinar de especialistas, coordinado por la Cátedra de Ecología de la Universidad Complutense de Madrid, fue que la aplicación del plan de rehabilitación propuesto generaría una situación ambientalmente más valiosa, que la previa al comienzo de la explotación minera (Figura 2).



3 REHABILITACIÓN DE INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURAS

La implantación de cualquier actividad minera requiere la creación de infraestructuras de muy diversa naturaleza, tales como accesos, electrificación, abastecimientos de agua, instalaciones de telefonía, edificios, etc., que pueden prestar servicios muy variados y valiosos en el desarrollo futuro, dentro de los procesos de revalorización y rehabilitación de los espacios mineros. Indudablemente esos usos estarán estrechamente relacionados con el tipo de infraestructura, pero también con el destino que vaya a tener el área minera.

Importante es destacar que, al contrario de lo que acontece con la industria que, en general, se ubica en zonas que ya cuentan con las infraestructuras necesarias, la minería se desarrolla frecuentemente en zonas a veces remotas y aisladas, que se van a ver beneficiadas por esas instalaciones, para encarar el desarrollo de nuevas actividades en ellas.

En este capítulo se presentan una serie de ejemplos reales que, sin ser exhaustivos de estas posibilidades, ponen de manifiesto el interés de muchas de estas infraestructuras en la etapa post-mina.



3.1 Rehabilitación naturalística y forestal

Francisco Carrascal Moreno

El denominado “Corredor Verde del Guadiamar” (Figura 3), puede presentarse, sin duda, como un caso espectacular de recuperación de un territorio después de un accidente minero.

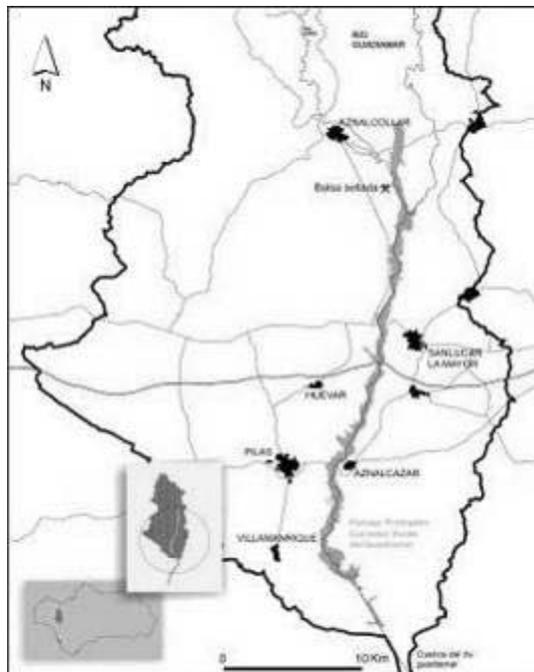


Figura 3. Esquema de localización del Paisaje Protegido Corredor Verde del Guadiamar (Fuente: elaboración propia).



En este sentido, y por las dimensiones del ámbito de actuación, y por las repercusiones ambientales que tuvo el vertido minero del 25 de abril de 1998, en el municipio sevillano de Aznalcóllar, este Corredor Verde del Guadiamar destaca por ser uno de los más importantes proyectos de restauración ambiental emprendidos a nivel europeo tras un accidente de carácter minero.

Tras la rotura de la balsa de estériles de la mina de Aznalcóllar (Sevilla), que supuso el derrame de 4 millones de metros cúbicos de aguas ácidas, y 2 millones de metros cúbicos de lodos estériles piríticos (Figura 4), fue preciso eliminar los principales factores de tensión: retirada de lodos tóxicos, remediación y acondicionamiento de suelos, retirada de fauna y flora contaminadas, etc.



Figura 4. Cauce y vega del río Guadiamar tras el vertido minero (Foto: Consejería de Medio Ambiente).

Una vez superadas las fases iniciales de medidas urgentes, se asumió, como línea de actuación, un escaso nivel de intervención en el medio, potenciando así la autorregulación de los sistemas naturales (Figura 5). Quizás el aspecto más destacado, de este ejercicio de recuperación ambiental, haya sido el marco de escala de lo acometido, así como la celeridad y pertinencia de las actuaciones llevadas a cabo en los primeros momentos.



Figura 5. Labores de plantación de vegetación mediterránea (Foto: Consejería de Medio Ambiente).

Los trabajos se centraron en dos grandes áreas de actuación. Por una parte se restauraron casi 1.800 ha de las marismas de Entremuros, dentro del Espacio Natural Doñana; zona que resultó afectada por la retención de las aguas ácidas del vertido minero. Las principales obras desarrolladas en esta área (tras la depuración del agua contaminada y la regeneración de la vegetación de saladares), consistieron en la eliminación de los obstáculos que desviaban el sistema de su funcionamiento natural (canalizaciones, muros, drenajes, etc.), así como en la reconstrucción del micromodelado de caños, vetas, bancos laterales o barras, tomando como imagen de referencia el estado que presentaban estos ambientes marismefíos en el año 1956.

Por otro lado, la restauración de los terrenos de la llanura aluvial del río Guadiamar, afectados por la deposición de lodos, con una superficie aproximada de unas 3.000 ha, y que estuvo dirigida a la recuperación de la dinámica del sistema fluvial, y a la restauración de los hábitat y paisajes naturales de ribera y de monte y matorral mediterráneo. En esta labor ha sido protagonista la plantación con vegetación autóctona, tanto con especies como álamo, fresno o almez, como con encina, alcornoque, acebuché, algarrobo o lentisco, por citar sólo algunas (Figura 6).



Figura 6. Aspecto del Corredor Verde del Guadiamar en el año 2001 (Foto: Consejería de Medio Ambiente).

Una década después del accidente, es significativo el grado de recuperación que se observa en el territorio (calidad ambiental de las aguas del cauce, presencia de fauna, y desarrollo de vegetación), especialmente para el grupo zoológico de las aves (Figura 7) (recordemos la condición de estos ambientes como antesala del Parque Nacional de Doñana), aunque también para peces o mamíferos de pequeño o mediano tamaño. Las reforestaciones efectuadas progresan a un ritmo adecuado, especialmente aguas abajo del cruce del río Guadiamar con la autovía Sevilla-Huelva hacia el sur.



Figura 7. Anátidas en el Río Guadamar (Foto: Miguel G.T.).

La declaración del Corredor Verde del Guadamar como Paisaje Protegido, y su integración en la Red Natura 2000, ha abierto una nueva etapa en la gestión de este espacio natural. Con ella se ha incorporado, al conjunto de espacios protegidos de Andalucía, un ejemplo singular de bosque de ribera (Figura 8), asociado a un río con régimen escasamente regulado, el cual reproduce fielmente los pulsos propios del clima mediterráneo.



Figura 8. Estado actual de la vegetación de ribera en numerosos tramos del río Guadamar (Foto: Francisco Carrascal Moreno).

El objetivo futuro, y así se contempla en la propuesta andaluza de espacios LIC (Lugares de Interés Comunitario), es que sirva de elemento conector entre dos grandes espacios biogeográficos y Reservas de la Biosfera: Sierra Morena y Doñana (Figura 9).



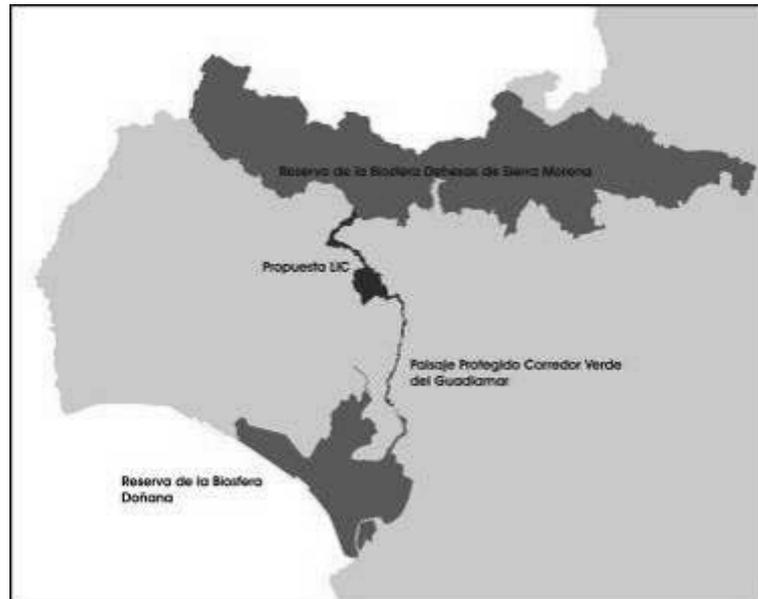


Figura 9. Conexión entre la Reserva de la Biosfera de Sierra Morena y la Reserva de la Biosfera de Doñana (Fuente: elaboración propia).



Rafael Fernández Rubio

En el Parque Natural del Cabo de Gata – Níjar, se ubican las antiguas minas de oro de Rodalquilar (Almería), actualmente inactivas, y también se localiza el antiguo poblado minero, situado en un entorno de gran belleza natural, circundado por los montes y lomas mineras. Aquí se ha restaurado la iglesia y algunas antiguas viviendas de los mineros, se ha instalado el Centro Administrativo del Parque y se ha creado un vivero (Figura 10), en la antigua huerta del poblado minero, para producción de material vegetal autóctono, para repoblaciones forestales, y específicamente de plantas del litoral almeriense (sierra y tierras bajas).



Figura 10. Vivero de planta autóctona de El Albardinal (Foto: Rafael Fernández Rubio).



Más aun merece destacar, en este entorno, la creación del Jardín Botánico El Albardinal,¹ dentro de la Red de Jardines Botánicos de la Consejería de Medio Ambiente, de la Junta de Andalucía, para preservar y conservar la flora amenazada y endémica del sector almeriense, ubicado en terrenos de estas explotaciones de oro de muy larga historia (Fernández Rubio, 2005).

De esta minería 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 explotación, 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.

El yacimiento minero se relaciona con una caldera volcánica, correspondiente a una estructura de colapso ovalada, de unos ocho kilómetros de largo por cuatro km de ancho, que se produjo hace once millones de años. El paisaje actual 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 esta área desértica se localiza una riqueza de endemismos muy frágiles, de indudable valor, que ha justificado la actuación de la Junta de Andalucía, creando este Jardín Botánico, integrado por un conjunto de viveros abancalados, que bien merecen la visita para recrearse e ilustrarse en la contemplación de especies vegetales que representan, tanto a la vegetación exclusiva de las zonas semiáridas de la Península Ibérica, como aquella específica de condiciones de sequía, pero también los cultivos que el hombre ha sabido desarrollar en estas situaciones extremas y, finalmente, palmeras, cactáceas y crasuláceas originarias de diferentes partes del mundo, adaptadas a vivir en condiciones de aridez extrema.

El Jardín Botánico se ubica así en el marco de una naturaleza salvaje, en ese lugar lejano y perdido para muchos, que es esta Parque Natural, al abrigo de los montes que lo circundan, y junto al antiguo poblado minero, 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 algunos endemismos exclusivos de esta parte del mundo, y otras especies que muestran el pasado común de los continentes europeo y africano (Figura 11). El Albardinal acerca al visitante a gran parte de la flora rara y amenazada de este territorio; plantas que en la naturaleza serían difíciles de ver, por estar muy dispersas por todo el área o en lugares inaccesibles.



¹ Albardín es el nombre popular de una especie de esparto, *Lygeum spartum*, planta gramínea de zonas secas y áridas, típica del Levante español y del Valle del Ebro. En la industria papelera tiene usos similares al esparto, aunque su calidad es peor.



Figura 11. Flora de Andalucía oriental que muestra el pasado común europeo y africano del área de Rodalquilar (Almería, España) (Fotos Rafael Fernández Rubio).

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 (Figura 12).



Figura 12. Carteles indicadores en el vivero El Albardinal en las minas de Rodalquilar (Almería).

En el recorrido los no especialistas se pueden familiarizar con el espartal y el matorral en suelos volcánicos y calizos; tomillar; pastizal efímero y vivaz; pino carrasco; vegetación zonal con matorrales béticos, halófilas, plantas dunares litorales y yesíferas; cultivos tradicionales arbóreos, herbáceos y hortícolas; endemismos (Figura 13); 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.





Figura 13. Acebuche, olivo silvestre autóctono de Andalucía, resistente a periodos secos y a altas temperaturas (Foto Rafael Fernández Rubio).



3.2 Rehabilitación científica y cultural

Rafael Fernández Rubio

El patrimonio histórico derivado de la minería, alcanza, con frecuencia, un inmenso valor para el acervo cultural y científico de los entornos mineros. Se trata, por una parte, de documentación acumulada en archivos de empresas e instituciones mineras, y se trata, también, del patrimonio construido, en relación con la minería, metalurgia y actividades conexas (Figura 14).



Figura 14. Museo instalado en el Hospital de Mineros de Almadén (Foto: Enrique Orche García).



En este aspecto la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (SEDPGYM), cuya Asamblea Constituyente tuvo lugar en 1995, está realizando un muy loable esfuerzo de defensa y divulgación de tan valiosísimo patrimonio de la minería española, de tan larga trayectoria.

Esta pujante Sociedad surge de una idea nacida en la Escuela de Minas de Madrid, orientada fundamentalmente hacia España, Portugal 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 es coherente con el hecho de que cada día existe más conciencia por la conservación de este rico patrimonio. Esta concienciación toma cuerpo tanto en las cuencas mineras históricas, como en el ámbito universitario (Figura 15), lo que llevó a la creación de esta sociedad.



Figura 15. Detalle de la Biblioteca Histórica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

En este esfuerzo están implicadas, fundamentalmente, las Escuelas de Minas españolas, junto a Facultades, Departamentos Universitarios, Museos, Parques, Fundaciones, Ayuntamientos, etc., y a colectivos procedentes de todo el país (ingenieros de minas, arqueólogos, geólogos,...). Así se ha consolidado, y constituye hoy un poderoso movimiento conservacionista, que ha adquirido gran dimensión popular, en pro de la defensa del patrimonio geológico y minero, y que se ha extendido a Portugal y a los países de Iberoamérica.



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. Igualmente es de destacar la participación muy activa como co-organizadores de eventos que, de manera directa o indirecta, están relacionados con su actividad.



Enrique Orche García

Abundando en lo que 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 (Figura 16). Por ello, cada vez es mayor el colectivo de personas, e instituciones, que defiende que su conservación es más lógica y defendible que su destrucción.



Figura 16. Parque Minero de Almadén (Foto: Enrique Orche García).

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 imprescindible papel, muchas veces desconocido, que ha jugado, juega y jugará la minería, como suministradora de materias primas que son necesarias 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 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 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 relacionada con la minería. La casuística, sin embargo, es muy variada, 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 Soplao); ferrerías (Legazpia); ferrocarriles mineros (Ponferrada); etc.

En lo que respecta a la rehabilitación de minas, instalaciones relacionadas con la minería e industrias afines, la Tabla 2 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) (Tabla 2)	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 (Zeraín, 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 de El 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 (Navafria, 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 2. Minas, instalaciones mineras e industrias relacionadas con ellas que están rehabilitadas o preparadas para ser visitadas.



Figura 17. Mina Marcelo Jorissen, situada en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

De algunas de estas 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 3.

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 Soplo-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 3. 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 (Figura 18). 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 superadas.



Figura 18. Visitantes en el Museo Histórico-Minero Francisco Pablo Olgado (Escuela Politécnica de Almadén, Ciudad Real) (Foto Rafael Fernández Rubio).

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 finaliza en 2007, mientras que el Parque

Minero de Puertollano (Ciudad Real) acaba de inaugurar un museo, 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).



Aquilino Delgado Domínguez

Parque Minero de Río Tinto

La crisis del sector minero, de mediados de los años 80, provocada por la caída de los precios del cobre, junto al hecho de que se agotaban pronto las reservas de mineral de gossan de las minas de Riotinto (del que se extraía oro y plata), llevó a la compañía propietaria (Río Tinto Minera S.A.), a crear la Fundación Riotinto para la minería y la metalurgia, institución cultural Benéfico-Docente, con carácter permanente, sin ánimo de lucro, que tiene como finalidad conservar y restaurar el Patrimonio Histórico, generado por casi 5.000 años de minería, en la Cuenca Minera de Riotinto.

Esta institución fue dotada de un importante patrimonio (arqueológico, industrial, documental y bibliográfico) que, desde su creación, ha venido rehabilitando y restaurando. En 1992 se da paso al proyecto "Parque Minero de Riotinto", con la finalidad de permitir la sostenibilidad y sustentabilidad del patrimonio restaurado, mediante el turismo cultural, difundiendo el patrimonio generado por la actividad minera desde el Calcolítico hasta casi la actualidad, y haciendo que el turismo suponga una alternativa económica, en una comarca con alto índice de desempleo.

El trabajo que ha desarrollado el Parque Minero de Riotinto, gestionado por Fundación Riotinto, ha consistido en convertir los pasivos, con los que fue dotado, en activos, puestos al servicio turístico. En este sentido el edificio que albergó el antiguo hospital, construido por Río Tinto Co. Ltd., en los albores del siglo XX, es en la actualidad el Museo Minero de Riotinto; las antiguas infraestructuras ferroviarias y el parque móvil del Ferrocarril Minero de Río Tinto, afectados por el abandono, el paso del tiempo y los chatarreros de la zona tras el cierre de la línea ferroviaria en 1984, una vez rehabilitados constituyen hoy el Ferrocarril Turístico Minero; las instalaciones abandonadas de la Mina de Peña de Hierro, tras su rehabilitación, permiten al visitante conocer cómo se desarrolló la minería en la Cuenca Minera de Riotinto, desde mediados del siglo XIX hasta el último tercio del XX.

La importancia del patrimonio gestionado, por Fundación Riotinto, ha sido reconocida en el año 2005 con la declaración de *Bien de Interés Cultural*, con la categoría de *Sitio Histórico*. La visita al Parque Minero fue declarada "*Destino de interés preferente para todos los escolares*" por la Consejería de Educación de la Junta de Andalucía, en 1994. La labor desarrollada por esta institución, en materia de rehabilitación y restauración del patrimonio minero, ha sido acreditada por diversos premios y galardones: *Premio Patronato de Turismo* (1992); *Premio Andalucía de Turismo* (1995); *Finalista Premio Henry Ford* (1997); *Mención Especial Premio Andalucía de Turismo* (1997); *Premio Patrimonio Henry Ford* (1998); *Premio Nacional Henry Ford* (1998); *Premio Uva Turística Cadena SER* (2000); *Premio Andalucía – Europa* (2001); *Premio Europa Nostra* (2003); y *Mención Especial Premio Andrés de Vandelvira* (2005).

Tras más de veinte años de la creación de Fundación Riotinto, el proyecto de parque temático cultural en torno a la historia de la minería y la metalurgia, el Parque Minero de Riotinto, es hoy una realidad que se acercaron a conocer casi 74.000 personas en 2007, y que proporciona más de veinte puestos de trabajos directos y numerosos indirectos.

El Parque Minero de Riotinto está compuesto actualmente por los siguientes conjuntos de interés:



- ↪ Museo Minero de Riotinto.
- ↪ Casa nº 21 del Barrio de Bella Vista, Sección Etnográfica del Museo Minero.
- ↪ Ferrocarril Turístico Minero.
- ↪ Mina de Peña de Hierro (apartado 5.4).
- ↪ Archivo Histórico Minero.

Actualmente están todos habilitados para ser visitados, excepto el Archivo Histórico Minero, destinado al uso de investigadores.

Museo Minero de Riotinto “Ernest Lluch”

El Museo Minero de Riotinto, gestionado por Fundación Riotinto, conserva y expone la cultura material generada por 5000 años de explotación minero-metalúrgica ininterrumpida. Abierto al público en 1992, está integrado en la Red de Museos de la Comunidad Andaluza, desde 1997 y declarado Bien de Interés Cultural, con la categoría de Sitio Histórico, en 2005. El Museo Minero debe su nombre al primer presidente de Fundación Riotinto, Ernest Lluch (1988 - 1991), asesinado por la banda terrorista ETA (21/11/2000); igualmente se puso su nombre a la plaza donde el museo se ubica (Figura 19).



Figura 19. Entrada al Museo Minero de Riotinto (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).

Como hemos indicado, la sede del Museo Minero es el edificio que albergó el antiguo Hospital de la empresa Río Tinto Co. Ltd., para dotar de asistencia sanitaria a sus empleados, tanto británicos como españoles. Construido en 1925, según el proyecto del arquitecto R.H. Morgan, consiste en un edificio de cuatro cuerpos paralelos, unidos por un pasillo central que los cruza, con cubierta a dos y a cuatro aguas, mediante teja plana de tipo inglés. Fue terminado e inaugurado en 1927, estando en funcionamiento hasta 1983. En 1987 pasó a formar parte de los activos de Fundación Riotinto, que lo gestiona (Figura 20), y ese año comenzó el proceso de rehabilitación y adaptación para uso museístico, abriendo las puertas al público cinco años después.



Figura 20. Sala nº 12. El ferrocarril y la mina (Foto: Manuel Aragón Román).

El Museo Minero cuenta con una superficie total de 2.340 m², distribuida entre espacio de uso público y privado. Dentro del espacio de uso público está la zona de asueto (320 m²), en el ala izquierda del primer cuerpo del edificio, donde se ubica la tienda y la cafetería. En esta misma área se encuentra la recepción y los aseos. La parte dedicada a solaz de los visitantes se complementa con el jardín, situado a la entrada del museo.

La zona de uso privado (320 m²), localizada en el ala derecha del primero de los tres cuerpos que componen el edificio, incluye las dependencias de Administración y Gestión; laboratorio de restauración; y biblioteca especializada en Minería y Metalurgia (con más de 900 volúmenes). Al final de esta ala derecha, del primer cuerpo, se alojan los fondos museísticos (120 m²).

La superficie dedicada a exposición permanente del Museo Minero (1.690 m²), está distribuida en siete espacios expositivos:

Geología y Minería (sala 1)

Espacio dedicado a mostrar y explicar mediante carteles y maquetas la geología de la Cuenca Minera de Riotinto y los procesos mineros y metalúrgicos desarrollados, desde mediados del siglo XX hasta el cierre de la actividad minera para la obtención de oro, plata y cobre. Este espacio expositivo cuenta con una buena colección de minerales, destacando la colección de sulfuros procedentes de Pozo Alfredo (Minas de Riotinto) (Figura 21).



Figura 21. Sala nº 1 Geología y Minería, Museo Minero de Riotinto (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).

Antiguo pueblo de Río Tinto (sala 2)

Esta área expositiva muestra la incidencia de las explotaciones mineras en el poblamiento de la cuenca minera de Riotinto, y concretamente en la desaparición del antiguo pueblo de Río Tinto, conocido también como la “Mina Vieja” o la “Mina Abajo”.

Del Calcolítico a época Turdetana (salas 3 y 4)

Salas donde se expone, muestra y explica la cultura material generada por las etapas más antiguas de la explotación minero-metalúrgica, desde el III milenio a.C. hasta el s. II a.C. El contenido está dispuesto en vitrinas, complementado con paneles explicativos de cada uno de los períodos, y recreaciones como la del dolmen de la Lancha (Nerva), o una tumba en cista de la Chaparrita (Nerva).

Época Romana (salas 5, 6, 13 y reproducción de Mina Romana)

Espacio dedicado a mostrar la cultura material generada durante el primer gran período de explotación minera y metalúrgica: la época romana. La sala nº 5 expone una muestra de las herramientas mineras romanas; distintos metales extraídos; cerámica de lujo y común; vidrio; joyería, contenedores alimentarios y material constructivo romano (Figura 22).





Figura 22. Sala nº 5 del Museo Minero Ernest Lluch de Riotinto. Época Romana (Foto: Manuel Aragón Román).

La sala nº 6 está dedicada a la religión romana, estando presidida por un Ara de gossan. El espacio expositivo está completado con la sala nº 13 Minería Romana y la Reproducción de la Mina Romana (Figura 23); un recorrido de 200 metros, por la antigua zona de calderas y sótanos, donde se muestran reproducidos los tres tipos de labores mineras (galería, cámara de extracción y pozo), haciendo especial hincapié en la tecnología empleada para desaguar las minas, reproduciendo a tamaño real una pareja de norias y dos tornillos de Arquímedes o cócleas.



Figura 23. Vista del interior de la reproducción de mina romana. Museo Minero (Foto: Manuel Aragón Román).

Edad Media (Sala 7)

Colección de artefactos arqueológicos de época islámica a moderna, asociados a los hábitat que explotaron la caparrosa, acije o aceche.

Arqueología industrial (Salas 8, 9, 10, 11, 12 y 14)

Espacio destinado al período comprendido desde el siglo XIX hasta el año 2001 (con el cierre de la explotación), donde se muestran las relaciones entre la sociedad española y la británica y los cuatro grandes departamentos que trabajaron en Riotinto: Minería, Fundición y Laboratorio, Oficina Técnica y Ferrocarril. En la sala 14 se ha recreado un andén, en el que se exponen tres piezas representativas del Río Tinto Railway: coche de viajeros de primera clase del tipo "B" conocido como Vagón del Maharajá, el vagón de pasajeros más lujoso del mundo en vía estrecha (Figura 24); locomotora de vapor nº 106, de la clase "K", construida por North British Locomotive en 1908 y locomotora - grúa de vapor nº 150, construida por Hawthorn Leslie en 1930, única en sus características en España.



Figura 24. Vagón de Maharajá, el más lujoso en vía estrecha del Mundo, sala nº 14 del Museo Minero de Riotinto (Foto Manuel Aragón Román).

Casa nº 21 del barrio de Bella Vista, Sección Etnográfica del Museo Minero

En 1873 un consorcio financiero extranjero, con mayoría de capital británico, compró las minas de Río Tinto, constituyendo la empresa Río Tinto Co. Ltd. Así se inicia la presencia británica en la Cuenca Minera de Riotinto, que perdurará hasta 1954.

La dirección técnica de las labores mineras fue llevada a cabo por técnicos extranjeros, principalmente británicos, que en un principio se alojaron en el antiguo pueblo de Riotinto. Pero, debido al hecho de que la actividad minera en Filón Sur iba a fagocitar el pueblo, y por la proximidad a los trabajadores (lo que equivalía a estar en primera línea de los movimientos obreros), Charles T. Prebble, *General Manager* de RTCL, comenzó a construir en 1883, tras la aprobación por el consejo de administración, la casa para el *General Manager* y otras 20 viviendas, entre las que se encontraba la actual nº 21 (Figura 25), originalmente numerada como nº 10. Siendo éste el origen del actual barrio inglés de Bella Vista en Minas de Riotinto (Huelva). El nombre de este *english quarter* se debe a que, para su construcción, se eligió una pequeña colina de escoriales antiguos, al oeste del pueblo, conocida como Bella Vista, debido a que desde ella se dominaban una serie de pequeños valles y planicies en dirección noroeste.





Figura 25. Fachada de la Casa nº 21 del Barrio de Bella Vista Sección Etnográfica del Museo Minero (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).

La estructura de este edificio es de forjados y cubiertas de madera, sobre muros de carga. Los muros, de 45 centímetros de espesor, están hechos de mampostería y ladrillo y posteriormente enfoscados. De muro a muro existen siete vigas de madera en las habitaciones, en sentido frontal a la calle, que soportan el entarimado del suelo. En la escalera, también de madera, se resuelve el forjado con una viga de madera ensamblada a otras dos. La cubierta es a dos aguas en el cuerpo de cocina y lavadero, de teja plana sobre pares de madera. En el resto de la casa existe un tejado a dos aguas, a calle y patio, del que emergen las ventanas abuhardilladas con cubiertas contrarias y hastiales a fachada. Se dispone pareada con su gemela la casa nº 20, usando el muro medianero como muros de carga comunes.

El alzado alineado de la vivienda, con las demás, recoge la idea victoriana de la “*terraced house*”, muy simplificada y adaptada al clima andaluz, como demuestra que sean completamente blancas en el exterior.

La Casa nº 21 posee tres plantas y dos jardines (superficie total de 540 m²). En la planta baja se sitúa la zona donde se realizaba la vida diaria (comedor, salón, vestíbulo, jardín delantero y trasero, etc.) (Figura 26), además de las zonas de servicio (cocina, lavadero, leñera, retrete del servicio, etc.) (Figura 27). En la primera planta se ubican los dormitorios, el estudio (Figura 28) y el w.c. En la segunda planta se ubican las habitaciones del servicio doméstico, el trastero y el cuarto de juegos.





Figura 26. Salón en la planta baja de la Casa nº 21 del Barrio de Bella Vista (Foto: Manuel Aragón Román).



Figura 27. Cocina de la Casa nº 21 del Barrio de Bella Vista (Foto: Manuel Aragón Román).



Figura 28. Estudio, espacio expositivo en la Casa nº 21 de barrio de Bella Vista (Foto: Manuel Aragón Román).



Manuel Aragón Román).

Además de restaurar todas las dependencias de la casa, se han dispuesto dos espacios expositivos. El primero situado en el estudio (Figura 28), está dedicado a exponer las razones que llevaron a la dirección de Río Tinto Co. Ltd. a construir el Barrio de Bella Vista, las distintas fases en que fue edificado y los edificios que lo componen (viviendas, capilla y club inglés). El segundo, ubicado en el antiguo cuarto de juegos, está dedicado a mostrar, con fotografías históricas y carteles, cómo se desarrolló la vida cotidiana de la colonia británica, durante casi un siglo. Por último, se ha instalado un sistema de audio que permite la visita libre. Así, acercarse a conocer esta sección del Museo Minero, es realizar un viaje en el tiempo a la época victoriana.

Fundación Riotinto adquirió la Casa nº 21, en 1996, y desde entonces ha venido trabajando en ella, con la finalidad de dar a conocer cómo se desarrolló la vida cotidiana del *staff* británico de RTCL. La labor realizada se ha desarrollado en tres fases. Primero se procedió a la recuperación de la arquitectura victoriana original, siguiendo los planos conservados en la cartoteca del Archivo Histórico Minero. Todos los trabajos de esta fase han sido realizados mediante programas formativos de Escuelas Taller y Talleres de Empleo. Segundo se dotó la Casa nº 21 con mobiliario de época, lo cual fue realizado mediante el Proyecto ITUR del Programa INTERREG III-A Cooperación Transfronteriza España-Portugal (Figura 26). En este punto se hace necesario reseñar que un 20 % de lo expuesto es fruto de donaciones, realizadas desinteresadamente. Tercero y último se llevó a cabo el montaje museográfico, realizado por el Departamento de Conservación de Fundación Riotinto. Siendo inaugurada el 28 de julio de 2005. Por último la Casa nº 21 de Bella Vista fue declarada, en 2005, al igual que el barrio donde se enclava, Bien de Interés Cultural, con la categoría de Sitio Histórico.

Ferrocarril Turístico Minero

El tercer punto integrante del Parque Minero de Riotinto es el Ferrocarril Turístico Minero. Los diversos trabajos de rehabilitación desarrollados han permitido poner en servicio 12 km, de la antigua vía general que unía Río Tinto Estación con Huelva, incluyendo tanto las diversas infraestructuras ferroviarias (plataforma ferroviaria, estaciones, apeaderos, sistemas de cambios, etc.) como el parque móvil. Esta labor permitió poner en servicio en 1994 el Ferrocarril Turístico Minero, en un principio con tracción diesel y, a partir de 1998, también con tracción vapor, contando actualmente con las dos locomotoras más antiguas de España en orden de marcha, la nº 14 y la nº 51 (Figura 29), que prestan servicio el primer domingo de cada mes de octubre a mayo.





Figura 29. Locomotora de vapor en servicio en el Ferrocarril Turístico Minero (Foto: Archivo Fundación Riotinto).

Así, tras diez años del cierre de la línea, renació el *Río Tinto Railway*, por lo que creemos necesario hacer un poco de historia. En 1873 se constituyó en Londres *The Río Tinto Co. Ltd.*, haciéndose necesario, desde un principio, la creación de un sistema ferroviario que transportara el mineral, a un precio razonable, desde la zona de extracción y procesado hasta el puerto de Huelva. Esta línea férrea, fue construida en un tiempo record, veinticinco meses. George Bairclays Bruce planeó y supervisó este ferrocarril de vía estrecha (1,0668 m), de 83,524 kilómetros, que unía la zona minera con la capital de la provincia. Además se construyeron 264 Km de ramales, que unían los distintos tajos (talleres, almacenes, filones, etc.) con las poblaciones y poblados mineros. Esta obra conllevó la construcción de ocho puentes y cinco túneles. A lo largo de la vía general se edificaron doce estaciones, para regular el tráfico de mercancías. En Huelva, donde moría la vía principal, se construyó un muelle, para descarga directa en los barcos atracados.

El importante tráfico de este ferrocarril determinó la existencia de un numeroso parque móvil, que llegó a contar con ciento cuarenta y siete locomotoras de vapor, nueve locomotoras diesel hidráulicas, seis automotores de tipos diversos, veintiuna locomotoras eléctricas de varias clases y una locomotora de aire comprimido. En cuanto al material remolcado contó con mil trescientos vagones de distintos tipos, y dos mil vagonetas de mina. Además de treinta y seis coches para el servicio de viajeros.

La pérdida de funcionalidad del ferrocarril sobrevino a partir de 1964, al construirse el Polo Químico de Huelva, dado que el mineral ya no se embarcaba hacia Inglaterra, por lo que resultó más rentable su transporte en camión. Así, en 1975 el muelle de Río Tinto dejó de funcionar y el ferrocarril transportaba el mineral sólo desde la zona de extracción hasta la estación de las Mallas (Niebla, Huelva). En febrero de 1984 se cerró la línea, terminando así ciento nueve años de historia del *Río Tinto Railway*, período en el cual se estima que llegó a transportar ciento treinta millones de toneladas de mineral.

Tras más de veinte años de trabajo Fundación Riotinto, ha conseguido poner en funcionamiento el Ferrocarril Turístico Minero (Figura 30), que ahora transporta a los visitantes interesados en conocer el Parque Minero de Riotinto. La importancia del Patrimonio Ferroviario, conservado y restaurado, fue reconocida con la declaración de *Bien de Interés Cultural*, con la



categoría de *Sitio Histórico*, en el 2005. El trabajo desarrollado, desde 1987 hasta la actualidad, se puede dividir en los siguientes apartados:



Figura 30. Ferrocarril Turístico Minero, tracción por gasoil (Foto: Archivo Fundación Riotinto).

Infraestructura Ferroviaria

La puesta en marcha del Ferrocarril Turístico Minero hizo necesario, que a la misma vez que se reparaba el parque móvil, como trataremos más adelante, se rehabilitara toda la infraestructura necesaria para el correcto y seguro funcionamiento del sistema ferroviario.

Tendido Ferroviario

Fue la primera de las infraestructuras en ser reparada, inicialmente el tramo de cinco kilómetros entre Talleres Mina y Zarandas y, posteriormente, el que une la estación de Zarandas con Los Frailes, que supone más de siete kilómetros. El trabajo consistió en reforzar la vía en todo el tramo descrito, sustituyendo los raíles, traviesas y diverso pequeño material cuando lo requirió. Además también se repararon y adecuaron todos los desagües laterales adyacentes a la vía.

Elementos de Señalización, Información, Cambios Ferroviarios e Infraestructura Auxiliar del Ferrocarril

La correcta circulación, en el tramo que une Talleres Mina con Los Frailes, conllevó que se tuvieran que recuperar todos los elementos de señalización y cambio, así como toda la infraestructura auxiliar necesaria para su correcto funcionamiento, que desde el cierre de la línea en 1984 había sufrido el paso del tiempo y de los chatarreros. Así se repuso toda la señalización del tramo que nos ocupa, cuando no se hizo con material original se reprodujo conforme al original, destacando la réplica de un sistema de pórtico de señales, de diseño Stevens, en la Estación de los Frailes. También se ha repuesto todo el sistema de cambios ferroviarios incluyendo la rehabilitación de la Casa de Palancas Norte o Naya y de la Casa de Palancas de Los Frailes; en Talleres Mina se construyó una placa giratoria, para el cambio de sentido, y en Zarandas y los Frailes dos triángulos para la maniobra de cabeza – cola. Por último, tanto en Talleres Mina como en Zarandas, se han construido depósitos de agua, para el servicio de las locomotoras de vapor. En la última de las dos también se ha dispuesto de una carbonera y un depósito de gasoil para el servicio Diesel.

Estaciones y Apeaderos



La puesta en funcionamiento de nuevo de la línea férrea, hizo necesario, además de poner en servicio el tendido ferroviario, reconstruir las estaciones y apeaderos. El primer problema a solucionar era que ya no existía el punto original: Río Tinto Estación, por lo que se decidió comenzar la recuperación del tendido ferroviario a 1.100 metros, en las cercanías de los antiguos Talleres Mina, donde existía un pequeño apeadero. Para ello se construyó una pequeña estación ferroviaria de 125 m, y tejado a tres aguas, que permitiera recibir a los viajeros y darles los servicios necesarios. La tipología de esta construcción se hizo siguiendo el tipo británico, que caracterizó las infraestructuras del Ferrocarril de Río Tinto. Para facilitar el acceso de los pasajeros al andén, de cuarenta metros *ex novo*, se edificó una escalera, además de una rampa para el acceso de minusválidos. En la zona anexa se construyó un aparcamiento para turismos y otro para autocares.

La estación de Zarandas fue el siguiente objeto de actuación. Las labores estuvieron destinadas a adaptar las instalaciones existentes para los viajeros del Ferrocarril. Así se procedió a construir un andén, en la zona derecha de la nave, al que se le ha añadido un porche, de similares características a las que tenían los apeaderos y estaciones en época británica. En el interior se dispuso un pasillo de 40 metros, para permitir que los visitantes conozcan el parque móvil en estado de marcha.

La estación de Los Frailes es la última que ha sido reparada, en el trazado ferroviario en servicio (Figura 31). La principal actuación estuvo centrada en el edificio, para ello se repararon todos los paramentos de la misma, respetando la división interior original, y recreciendo los mismos hasta su altura original, en aquellos puntos en que esto se hizo necesario. Una vez finalizada la intervención en el edificio, se reparó la zona anexa al mismo, reponiendo la valla de mampostería, y pintándola con cal a tres manos cruzadas. Por último se repusieron los arriates que originalmente tenía. En la entrada se recuperó el cartel de Los Frailes, con el mismo tipo de letra y color, letras blancas sobre fondo azul, que tenían las estaciones y apartaderos de la vía general del Río Tinto Railway.



Figura 31. Locomotora nº 51 construida en 1983 por Dübs. Estación de Los Frailes (Foto: Archivo Fundación Riotinto).

El servicio eléctrico se realiza mediante placa solar de células fotovoltaicas. En la puerta de entrada se construyó un porche, para proteger a los visitantes de las inclemencias del tiempo. Para favorecer el acceso de los visitantes, desde el ferrocarril al apeadero de Los Frailes, se construyó un andén de 40 metros de largo por 1,5 metros de anchura y 0,80 metros de altura. En la zona derecha



del edificio de Los Frailes se construyó una zona de merenderos, de mampostería, protegida por una pérgola metálica de 35 metros de ancho. Esta zona está destinada al esparcimiento y descanso de los visitantes.

Además de estas estaciones también se reparó y rehabilitó la estación de Nerva, siguiendo los cánones empleados por la Rio Tinto Co. Ltd. Una vez finalizados los trabajos en ella se adaptó como Albergue Juvenil, uso que conserva en la actualidad.

Parque Móvil

Para la puesta en marcha de la línea férrea, además de las diversas infraestructuras ferroviarias, hizo necesario restaurar tanto el parque móvil de locomotoras como el remolcado.

Parque Móvil de Vapor en Orden de Marcha

Se han restaurado, hasta la actualidad, dos locomotoras de vapor:

- Locomotora de vapor nº 14 tipo 0-6-0 *tender* de la clase "C", construida en 1875 por Beyer Peacock & Co. Ltd., la más antigua de España en orden de marcha (Figura 32)
- Locomotora de vapor nº 51 tipo 0-6-0 *tender* de la clase "I", construida en 1883 por Dübs, la segunda más antigua en nuestro país en funcionamiento (Figura 29 y Figura 30).



Figura 32. Locomotora de vapor nº 14, fabricada en 1875 (Foto: Manuel Aragón Román).

Parque Móvil de Vapor para exposición

Para este fin se restauraron dos locomotoras para ser expuestas en la sala nº 14 del Museo Minero:

- Locomotora de vapor nº 106 tipo 0-6-0 *tender* de la clase "K", construida en 1907 por North British Locomotive and Co. Ltd.
- Locomotora de vapor nº 150 tipo 0-4-0 *tender* de la clase "N" construida en 1930 por Hawthorn Leslie and Co., locomotora-grúa única en sus características en España.

Actualmente se trabaja en la reparación de la nº 146 tipo 2-6-2 + 2-6-2 clase "Garratt" construida en 1929 por Beyer Peacock & Co. Ltd, la de mayor tamaño del Ferrocarril Minero de Río Tinto y la nº 204 Gilda, tipo "Mogul" 2-6-0 *tender* clase "200".

Parque Móvil Diesel



Los trabajos de restauración, sobre el parque móvil diesel hidráulico, han permitido poner en funcionamiento cuatro efectivos:

- Locomotora Diesel Hidráulica nº 933 tipo 0-6-0 DH de la clase “300”, fabricada en 1960 por Fried-Krupp (primera locomotora diesel del Ferrocarril de Río Tinto) (Figura 33).
- Locomotoras Hidráulicas nº 931 y nº 932 tipo 0-6-0 DH de la clase “500”, fabricada en 1975 por S.E.C. Babcock & Wilcox (Bilbao), Licencia Hunslet (Figura 30)
- Automotor nº 941 tipo 0-4-0, “Dresina” Autovía para el servicio de jefes, construido en 1961 por Talleres Huelva.

Las tres primeras locomotoras son empleadas para el servicio de viajeros en el Ferrocarril Turístico Minero, mientras la Dresina se emplea para servicios auxiliares.

Actualmente se está trabajando en la puesta en marcha del Automotor nº 942, construido en 1967 por Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya, Licencia E. Billard, para el servicio de pasajeros.



Figura 33. Locomotora Diesel 933, construida en 1960. En orden de marcha en el Ferrocarril Turístico Minero (Foto: Archivo Fundación Riotinto).

Parque Móvil Eléctrico

De las dos locomotoras eléctricas con que cuenta el Parque Minero de Riotinto se ha rehabilitado una nº 1 tipo 0-2-2-0 de la clase “P”, construida en 1916 por General Electric, la primera de tracción eléctrica adquirida por RTCL, su gemela la nº 3 está en proyecto de restauración.

Parque Móvil Arrastrado

La puesta en marcha del Ferrocarril Turístico Minero hizo necesario poner en orden de marcha piezas del parque móvil arrastrado, tanto para el uso de los viajeros como para el servicio auxiliar en la vía. De forma sintética las unidades remolcadas disponibles actualmente son las siguientes:

- Vagón de pasajeros de tercera clase cubierto tipo J₃, 3 unidades.
- Vagón de pasajeros de tercera clase jardinera tipo J, 3 unidades.
- Vagón aljibe para el servicio de las locomotoras de vapor, 1 unidad.
- Vagón plataforma tipo “H”. Servicio auxiliar en la vía. 3 unidades.
- Vagón plataforma tipo “J”, Servicio auxiliar en la vía, 6 unidades.



- Furgón tipo A. Servicio auxiliar en la vía. 2 unidades.
- Vagón tolva tipo "A" de 10 toneladas. Servicio auxiliar en la vía. 1 unidad.
- Vagón tolva tipo "M" de 30 toneladas. Servicio auxiliar en la vía. 2 unidades.
- Grúa de sangre de 20 toneladas, Servicio auxiliar, 1 unidad.
- Grúa de vapor de 4 toneladas, Exposición, 1 unidad.

Por último, al tratar sobre el parque móvil conservado por Fundación Riotinto es obligado mencionar el vagón para pasajeros de primera clase tipo "B" conocido como "Vagón del Maharajá" construido en 1892 por Birmingham Railway Carriage and Wagon Co., para un viaje que la reina Victoria I iba a realizar a la India. Éste no se produjo y fue adquirido por RTCL para el transporte del staff desde Riotinto a Huelva. Está considerado como el vagón de vía estrecha más lujoso del mundo, y, tras ser restaurado, fue ubicado en la sala nº 14 del Museo Minero (Figura 24).

En definitiva, todos estos trabajos de restauración y rehabilitación, del patrimonio ferroviario descritos, permitieron poner en servicio, en 1994, el Ferrocarril Turístico Minero, en principio con tracción diesel, desde Talleres Mina a Zarandas, para llegar después, en menos de tres años, a la estación de Los Frailes con tracción vapor. Desde entonces los visitantes pueden disfrutar de un increíble viaje, en antiguos vagones y locomotoras restauradas, de tracción diesel y vapor (estos últimos el primer domingo de cada mes, de octubre a mayo), sobre esta antigua línea comercial, contemplando paisajes mineros y parajes naturales, a lo largo del río Tinto, que da nombre a este singular territorio.

Archivo Histórico Minero

El Archivo Histórico Minero tiene su sede en un edificio construido por Río Tinto Company Limited a fines de los años 20 del siglo XX, en la colina sur de "El Valle" (Figura 34). Conocido tradicionalmente como Agencia de Trabajo, pues estaba ubicada en el edificio que nos ocupa, y posteriormente denominado Oficina de Registro del Personal. Con la creación de Fundación Riotinto se dotó a esta institución del edificio y la documentación de todas las empresas que trabajaron en Riotinto. Desde entonces el trabajo desarrollado en el Archivo ha tenido una doble vertiente: adaptación del edificio para su uso actual y catalogación y estudio de la documentación.



Figura 34. Archivo Histórico Minero (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).

El Archivo Histórico Minero custodia la documentación de todas las compañías mineras que explotaron las minas de Río Tinto, y de otras minas de la provincia de Huelva, como Mina Concepción, Mina Peña de Hierro, Sociedad Minera de Nerva, Sociedad Francesa de Piritas de



Huelva. Aglutinando una abundante masa documental generada por estas compañías mineras que, prácticamente hasta la creación del Archivo, no habían tenido ninguna respuesta para su conservación y organización, ni ningún tratamiento archivístico adecuado, por parte de instituciones públicas o privadas especializadas. El Archivo coordina, de manera científica y técnica, la gestión documental, selección, conservación y difusión de los fondos de los distintos archivos mineros, garantizando la seguridad del patrimonio documental, respetando la unidad de los fondos, confeccionando los instrumentos de descripción, para permitir una óptima prestación de la información al servicio público. Se ha convertido, así, en un referente fundamental de los investigadores para la confección de la historia contemporánea.

Desde 1990 se comenzó con la clasificación sistemática de la documentación (Figura 35), labor que se continúa hoy, y que actualmente ha permitido poner a disposición de los investigadores 28.443 unidades de instalación documental, organizada en cuatro grandes departamentos: Archivo, Cartoteca, Fototeca y Biblioteca.



Figura 35. Documentación antes y después de ser organizada (Foto: Archivo Fundación Riotinto).

Esta documentación, perfectamente clasificada y organizada, hace del Archivo Histórico Minero de Riotinto una pieza clave del patrimonio histórico minero, y eslabón fundamental para el estudio de la Historia contemporánea económica, social y minera de España. La importancia de la documentación, conservada y custodiada en este archivo, ha sido refrendada por la inclusión en el Sistema Andaluz de Archivo (2005), y la declaración de Bien de Interés Cultural, con la categoría de Sitio Histórico (2005).



Francisco Javier Carrasco Milara

Es posible que la extraordinaria riqueza del yacimiento hiciese llegar a pensar, a muchos, que las minas de Almadén eran eternas y es quizá esta idea, la que nos impulsó a la difícil empresa de transformar un espacio minero complejo, formado por escombreras, minas subterráneas profundas, pozos de extracción y ventilación, talleres, hornos de tratamiento metalúrgico y un largo etcétera, en un espacio cultural con destino al turismo.

En este difícil empeño hemos recibido importantes apoyos. Así, el Instituto del Patrimonio Histórico Español, del Ministerio de Cultura, incluyó las minas de Almadén en el *Plan Nacional de Patrimonio Industrial*. Participó además, activamente, en la redacción del documento base de trabajo, el *Plan Director del Parque Minero de Almadén* y financió totalmente la restauración de dos elementos emblemáticos, en la historia de las minas de Almadén, la puerta de Carlos IV y los hornos de



aludeles, San Eugenio y San Julián, más conocidos como hornos Bustamante. Sin embargo, el apoyo más importante se recibió de los fondos FEDER y, seguramente, este proyecto no hubiera dejado de ser eso, un proyecto, sin la fuerte cofinanciación recibida. Existen otros apoyos que, no siendo tan importantes económicamente, han sido fundamentales: los recibidos de la Fundación Caja Madrid y las Consejerías de Cultura y Turismo de Castilla la Mancha.

Es así que el Parque Minero de Almadén, con una inversión superior a los 12 millones de euros, fue finalmente inaugurado el 16 de enero de 2008, por el Presidente de Castilla la Mancha, José María Barreda Fontes y el Ministro de Industria, Turismo y Comercio, Joan Clos Matéu.

Este Parque Minero persigue preservar el indudable valor excepcional y universal de la explotación minera de Almadén, consecuencia de que el yacimiento constituye la mayor anomalía geológica de mercurio del planeta, tanto en calidad como en cantidad. La mina, explotada ininterrumpidamente desde hace más de 2.000 años, es un registro excepcional de la evolución de la tecnología minera y metalúrgica en el mundo, y su influencia es indudable en todo el desarrollo de América, por la producción de plata mejicana por amalgamación con mercurio. Este hecho, además, estableció unas rutas de comercio con el mercurio que propiciaron un intercambio cultural y tecnológico bidireccional.

Todas las intervenciones incluidas en el Plan se han realizado sin afectar a las construcciones y obras existentes, para garantizar la autenticidad de todo lo recuperado. La preservación legal de los bienes era imprescindible y, a propuesta de Minas de Almadén, se incoa el expediente de declaración de Bien de Interés Cultural del Conjunto Histórico Minero de Almadén, por la Consejería de Cultura de Castilla La Mancha. Por otra parte, reunidos todos los requisitos, las minas de Almadén se han integrado en la candidatura a Patrimonio Mundial, Binomio mercurio y plata, en el Camino Real Intercontinental: Almadén, Idria y San Luís de Potosí, candidatura que se encuentra preseleccionada, para su evaluación en 2009.

El Parque Minero aspira, además, a convertirse en motor de desarrollo social, económico y cultural para Almadén y su comarca, a través del desarrollo de un turismo cultural, que asegure la calidad de la visita e impulse la creación de infraestructuras turísticas.

Este Parque Minero está formado por diferentes elementos:

Hospital de Mineros de San Rafael

Se encuentra situado fuera de los Cercos Mineros. Fue construido entre 1755 y 1773 y estuvo en servicio desde 1774 hasta 1975, fecha en que quedó en estado de semiabandono, hasta su rehabilitación en el año 2002, con fondos FEDER y de la Fundación Caja Madrid (Figura 36).



Figura 36. Fachada del Hospital de Mineros de San Rafael (Foto: Domingo).



El edificio, declarado Bien de Interés Cultural en 1992, se rehabilitó preservando y realzando el cuerpo del edificio primitivo. Su interior permite albergar el archivo histórico de las minas con fondos desde el siglo XVIII a nuestros días y dos museos permanentes dedicados a la historia del hospital y a la comarca de Almadén y a sus gentes. Una sala de exposiciones temporales y una sala de conferencias completan los principales elementos (Figura 37).



Figura 37. Interior del Hospital de Mineros de San Rafael (Foto: Domingo).

Los Cercos Mineros

El Cerco de San Teodoro, en cuyo interior se encuentran el Centro de Recepción de Visitantes, el Centro de Interpretación de la Minería (antiguo edificio de Compresores), los antiguos talleres mecánicos, de ajuste y de carpintería, el edificio de Oficina Técnica, así como los castilletes de los pozos de San Teodoro y San Aquilino.

El Cerco de Buitrones donde se encuentra el pozo de San Joaquín, hornos de diferentes épocas, con los hornos Bustamante del siglo XVIII, los Hornos Pacific, el Museo del Mercurio (antiguo Almacén del Mercurio), la Puerta de Carlos IV, la Puerta de Carros y un largo etcétera.

Puerta de Carlos IV (Figura 38), es el acceso al Cerco de Buitrones (o muralla perimetral de los hornos metalúrgicos) desde que se construyó en 1795. Es una obra de ladrillo con arco rebajado, doble columna adosada a doble pilastra, frontón triangular con escudo en piedra caliza.





Figura 38. Puerta de Carlos IV y pozo de San Joaquín al fondo (Foto: Domingo).

El escudo situado en la Puerta tiene representado el collar de la Orden del Toisón de Oro, aparece la Corona Real y por encima la Santa Cruz. Por debajo del escudo de la parte interior del cerco se lee: *REINANDO D CARLOS IV AÑO D 1795*. Por ella salían las carretas de bueyes y las recuas de mulas que transportaban el mercurio desde Almadén a Sevilla para la minería de la plata mejicana.

Su monumentalidad y belleza hicieron que fuera declarada Bien de Interés Cultural por la Junta de Comunidades en 1992. La restauración, que finalizó en el año 2004, fue realizada por el Instituto de Patrimonio Histórico Español (IPHE), dependiente del Ministerio de Cultura.

Puerta de carros, calzada y muralla oeste. Puerta antigua de acceso al Cerco de Buitrones, con arco rebajado de ladrillo y mampostería. Su geometría abocinada con su pequeña cubierta inclinada de teja árabe responde a la fisonomía del Cerco en su primera época, la calzada de acceso y la muralla anexa representan la fisonomía de las instalaciones mineras de Almadén en el siglo XVIII.

La obra de rehabilitación del conjunto se realizó en dos fases, durante los años 2006 y 2007. Fue financiada parcialmente por la Consejería de Cultura de la Junta de Comunidades de Castilla – La Mancha.

El Museo del Mercurio. El antiguo almacén de mercurio se encuentra en el Cerco de Buitrones. El edificio se construye en 1941, es de planta cuadrada, con patio interior abierto, planta baja y sótano (Figura 39).





Figura 39. Museo del Mercurio de Almadén (Foto: Domingo).

Es de sólida construcción, con muros de carga de piedra y mortero de cal. El alzado principal muestra una portada con arco de entrada, con dos medallones y un frontón sobre cornisa.

La intervención en el antiguo almacén de Mercurio como Museo del Mercurio ha supuesto la adaptación de un espacio industrial, contaminado y deteriorado, convirtiéndolo en un espacio cultural que posibilita la visita de público.

Las actuaciones más importantes han sido la rehabilitación de la cubierta, dejando a la vista las espléndidas cerchas que la sustentan, la integración de la instalación de tridestilado en la rehabilitación, la incorporación de los magníficos sótanos al edificio, con la adaptación de accesos para minusválidos y el cierre del patio interior con una cubierta acristalada para habilitar este gran espacio.

En este edificio se integran los museos más importantes de todo el Parque Minero. Se encuentran en la planta baja salas dedicadas a la geología y la paleontología de la zona, las ciencias del mercurio, con experimentos interactivos de física y química del mercurio, la historia de la metalurgia de este metal y la sala de pesaje y envasado de mercurio. El sótano está dedicado a la historia de las minas y al transporte desde Almadén a las atarazanas de Sevilla y desde allí hasta América.

Las obras de rehabilitación, que se cofinanciaron parcialmente con Fondos FEDER, finalizaron en 2006 y el Museo está abierto al público desde diciembre de 2006.

Los hornos Bustamante. Los hornos San Eugenio y San Julián son los únicos que se conservan de los dieciséis que se utilizaron entre 1646 y 1928. Están construidos en mampostería, disponían de una cavidad cilíndrica, dividida en dos compartimentos mediante una parrilla de ladrillos (Figura 40).





Figura 40. Hornos Bustamante y Museo del Mercurio al fondo (Foto: Domingo).

En 1994 se declararon Bien de Interés Cultural y durante 2006, fueron restaurados por el Instituto de Patrimonio Histórico Español (IPHE).

El **Centro de Interpretación de la Minería**. El antiguo edificio de compresores, es un sencillo edificio de los años 20 con planta rectangular de una sola altura, con ladrillo visto en esquinas, zócalo y huecos de ventanas y revocado en el resto de las fachadas. Todo este edificio se encuentra dedicado a la mina, en él se muestran los diferentes sistemas de explotación, que se han sucedido en la mina en las diferentes épocas, con todas aquellas otras labores relacionadas con la extracción del mineral (el desagüe, la iluminación y el transporte del cinabrio hasta superficie).

Los pozos y castilletes mineros.

El **pozo de San Aquilino** (Figura 41). Con su castillete metálico de 16,5 metros de altura situado sobre un pozo de sección rectangular de 3 x 2,5 m y 378 metros de profundidad. Toda la caña del pozo está revestida de ladrillo y conserva todo el guionaje de madera.



Figura 41. Pozo San Aquilino (Foto: Domingo).

El edificio de máquinas de planta rectangular con planta única de doble altura, muros de carga de ladrillo visto, con zócalo del mismo material y pilastras en las cuatro esquinas. En su interior se encuentra, en perfecto estado de uso, toda la maquinaria de tracción de dos tambores de primeros del siglo XX.

El **pozo de San Teodoro** (Figura 41). Presenta su último aspecto, una estructura metálica rectangular de 30 metros de altura que alberga una polea de fricción Koepe de dos cables, con toda la sala de máquinas intacta en su parte superior. Este pozo, excavado en 1757, fue el principal de la mina hasta 1975. Tiene una sección circular de 4 metros y medio y 550 metros de profundidad. En él se ha instalado el elevador eléctrico que simulando una jaula de mina, permite el acceso de las visitas a la planta primera de la mina de Almadén.



Figura 42. Pozo San Teodoro. Acceso a la mina de Almadén (Foto: Domingo).

Del resto de edificios destaca el **Centro de Visitantes**, ubicado en la planta baja del edificio de oficinas, que integra la recepción, una obra escultórica de la que forman parte casi 4 toneladas de mercurio (Figura 43), la tienda y consigna, aseos, la sala de presentación de la mina y una cafetería. En edificios aparte se encuentran los **Talleres Mecánico, de Ajuste y Carpintería** construidos a primeros del siglo XX, rehabilitados con su maquinaria original, el **Edificio de Oficina Técnica** con sala de planos y administración incluida, y toda la maquinaria minera que trabajó en la mina en su última etapa.





Figura 43. Fuente de mercurio en el Centro de Visitantes del Parque Minero de Almadén (Foto: MAYASA).

Las actuaciones realizadas han permitido restaurar y preservar muchos de los elementos minero-metalúrgicos existentes en Almadén. La visita a las instalaciones permite ahora explicar la riqueza geológica del yacimiento, la evolución de la técnica minera y metalúrgica y el impacto de la explotación de la mina de Almadén en el mundo. En cualquier caso, el elevado interés de muchos elementos, cuya recuperación ha quedado fuera de las obras de rehabilitación efectuadas, nos obliga a proyectar nuevas obras, para evitar así que ningún patrimonio minero de Almadén de interés, se pierda para siempre.



Miguel García Rúa

En el marco de recuperación de instalaciones mineras, con un alto valor añadido, podemos destacar las actuaciones realizadas por HUNOSA en el entorno del Pozo Fondón (Figura 44), en Asturias, donde se ha dado cabida al Archivo Histórico de HUNOSA, tras un amplio trabajo de recopilación, desarrollado desde el año 1994, que ha marcado un hito clave para la conservación de la historia de la minería asturiana.





Figura 44. Vista general de las instalaciones y edificios del Archivo Histórico de HUNOSA.

La creación del archivo histórico y centro de documentación se enmarca en la toma de conciencia del alto valor de este patrimonio documental, generado durante más de 150 años de actividad minera. La elección como sede del mismo de las instalaciones de este pozo minero, se apoya en sus valores arquitectónicos y en su propia historia, que llevaron a considerarlo como un digno y noble marco donde albergar estos fondos documentales.

Es así que este ambicioso proyecto se contempló desde una doble vertiente:

- ↳ recuperar y rehabilitar los inmuebles e instalaciones del Pozo Fondón, que por su singularidad arquitectónica, y por el interés del conjunto de elementos que lo configuran, constituyen un referente en el patrimonio industrial y arquitectónico minero, y
- ↳ centralizar y organizar los fondos documentales, para su conservación y puesta a disposición de la comunidad investigadora, de la cultura y de la sociedad en general.

La rehabilitación del patrimonio industrial, sobre el que asentar este nuevo espacio cultural, se ha desarrollado siguiendo las directrices marcadas por el proyecto del arquitecto Miguel García-Pola Vallejo, ganador del concurso convocado a tal efecto a nivel nacional, en 1995, en el que participaron 82 concursantes.

La ejecución del proyecto ha permitido rehabilitar las instalaciones más singulares de este emblemático pozo: bocamina de la Nalona y su fragua; Casa de Oficinas; Casa de Aseos; Casa de Máquinas; Polvorín; Reurbanización de la plaza del Pozo; etc.

La creación de este Archivo Histórico culminó, en el 2006, el trabajo de una década, durante la cual se han recuperado, organizado e informatizado los fondos documentales, de las diferentes empresas mineras que, a partir de 1967, dan lugar a la creación de HUNOSA.

Durante esta década un equipo de expertos, en historia y archivística, han catalogado, documento a documento, las masas documentales de empresas que, desde el siglo XIX, han marcado la historia minera, industrial y social de Asturias. Empresas tan significativas como: Duro Felguera; Hullera Española; Fábrica de Mieres; Hulleras de Turón; Carbones de la Nueva; Coto Musel; Veguín y Olloniego; Minas de Riosa; Langreo y Siero; y Minas de Solvay, entre otras.

Los fondos documentales catalogados, incluyen una planoteca que dispone del orden de 7.000 planos, una fototeca con 20.000 documentos gráficos y, lo que es el núcleo central, la



documentación de las citadas empresas, que en 4.000 cajas, aproximadamente, ocupan del orden de 600 metros lineales de estanterías (Figura 45). También forman parte de estos fondos más de 150.000 expedientes de personal, así como libros centenarios de registro de contabilidad, personal, producción y otras áreas de gestión.



Figura 45. Fondos documentales del Grupo HUNOSA, en el Archivo Histórico.

Este conjunto documental constituye el testimonio y la memoria de la actividad minera que, si por su dimensión es importante, lo es más por lo que ha significado en el desarrollo industrial, económico y social de Asturias, lo que sin duda alguna realza el valor y la riqueza cultural que se atesora, en las rehabilitadas instalaciones del Pozo Fondón (Figura 46).

A través de estos testimonios, documentales, se puede hacer un recorrido por la historia de la minería, desde el siglo XIX, pero también por el desarrollo económico y el tejido industrial, creado alrededor de la minería; el nacimiento de la siderurgia; las profundas transformaciones sociales vividas durante el último siglo; la historia del sindicalismo; las infraestructuras viarias, ferroviarias y portuarias ligadas al carbón; los ciclos económicos de esta fuente de energía; los avances en la tecnología y sistemas de explotación mineros; etc.

El Archivo Histórico está abierto a toda la comunidad de investigadores, y a quienes muestran su interés en conocer y divulgar la historia de la minería (Figura 46). El creciente número de consultas, y de visitas de investigadores, avala la necesidad y el acierto de su creación. En este sentido, y con el objetivo de facilitar y socializar el acceso a la cultura, está en marcha el proyecto de acceso al Archivo Histórico a través de Internet. Las nuevas tecnologías de la información, y de la comunicación, harán posible navegar por los registros de estos fondos documentales, desde cualquier punto del mundo, a través de la página web de HUNOSA, incorporándonos así al mundo virtual de los archivos y de la cultura.



Figura 46. Documento de concesión minera firmado por la Reina Isabel II el 30 de Diciembre de 1856.

Fruto del trabajo de los investigadores son diversas publicaciones, apoyadas o basadas en estos fondos documentales. Libros editados bajo los títulos: *“Fotografía Minera Antigua”*, *“Las lámparas de mina en el Archivo Histórico de HUNOSA”*, *“La Escombrera de Reicastro”*, *“La vivienda de Empresa en la planoteca del Archivo Histórico de HUNOSA”*, *“El archivo de HUNOSA y la construcción de la Seguridad en la Minería del Carbón Asturiana”*, *“Acciones y Obligaciones de las Empresas Mineras”*, así como diversas tesis doctorales y monografías corroboran el objetivo final de este proyecto: investigación y divulgación de la historia minera.

Según expertos en la materia, este archivo es actualmente uno de los de mayores dimensiones del Estado español, entre los de tipo empresarial. Aunque se marcó un hito temporal, en el año 1967, para delimitar los fondos históricos, realmente habría que decir que son los más históricos, porque la historia minera no se detiene, sino que continua y, a partir de aquella fecha, con un protagonista, casi único, HUNOSA, cuyos testimonios documentales, aparte de explicar su propia historia, darán continuidad a la que tiene sus orígenes en el siglo XIX.

En este sentido, se ha iniciado y se continuará una cuidadosa y rigurosa labor de recuperación y catalogación, de la documentación generada por HUNOSA, que en el momento oportuno será desclasificada, para pasar a formar parte del Archivo Histórico de la minería. En estos momentos 6.000 cajas, que ocupan 700 metros lineales de estanterías; 3.281 proyectos, que conforman una parte del Centro de Documentación del Conocimiento; así como 2.127 libros y 7.645 revistas catalogadas, recogen una parte importante de la historia de los 40 últimos años.

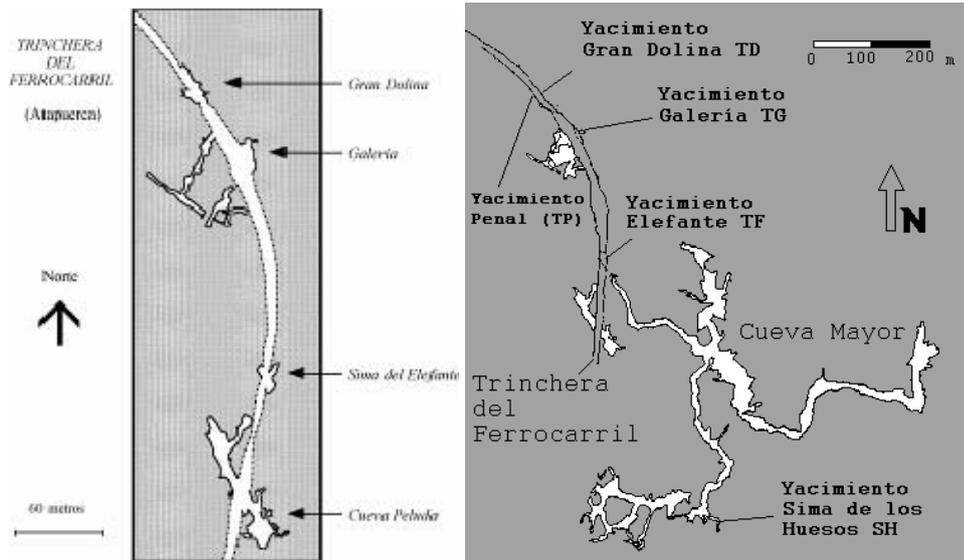
Desde diferentes Instituciones ha sido reconocida esta labor, de preservación de fondos documentales. Iniciativa que representa una muestra visible de responsabilidad social, y del compromiso de la empresa con su propia historia, con las cuencas mineras y con la sociedad destinataria de este legado cultural.





Rafael Fernández Rubio y Julio Verdejo Serrano

Sin lugar a dudas uno de los yacimientos arqueopaleontológicos más importantes del mundo, correspondiente al Pleistoceno Medio e Inferior, es el descubierto en la trinchera excavada para un ferrocarril minero (Figura 47), que atraviesa la sierra de Atapuerca, descubrimiento que no se hubiera realizado sin la realización de esta infraestructura minera.



(José Manuel Benito y www.tecnociencia.es)

Figura 47. Trinchera del antiguo ferrocarril minero de Monterrubio de la Demanda a Villafraía y sus diferentes yacimientos arqueológicos.

Esta sierra de Atapuerca, es un pequeño conjunto montañoso (Figura 48), 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.



www.aytoburgos.es/fotografias



(Foto: Mario Modesto Mata)

Figura 48. Sierra de Atapuerca.

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 sierra de Atapuerca, en profunda trinchera, de más de 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, con grabados de Isidro Gil.

La cueva se ubica en calizas del Cretácico Superior, con una cobertera de encinas, quejigos 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 existe 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 bloques de colapsos de techo, que provocan simas por las que en su día caen individuos y animales (en ocasiones empujados por los cazadores), colmatadas en muchos casos, pero conservando un tesoro muy valioso en su interior.

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 (Figura 49).



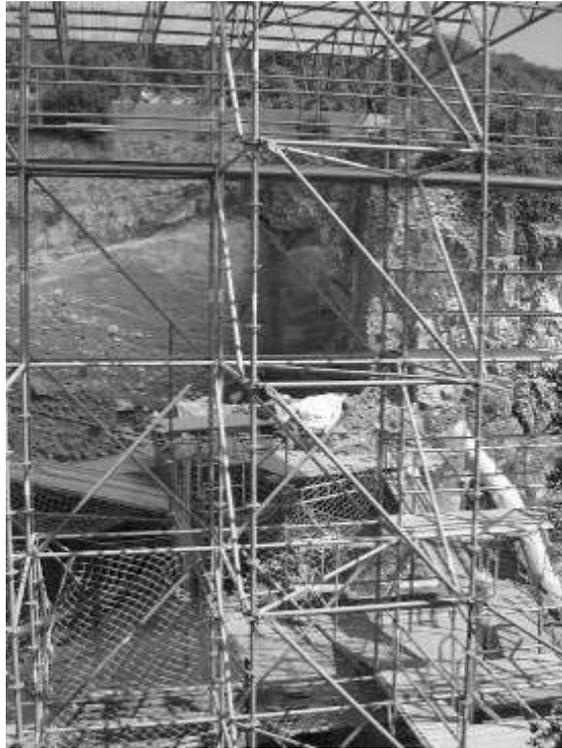


Figura 49. Vista de uno de los yacimientos de la trinchera del antiguo ferrocarril minero en la Sierra de Atapuerca.

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 de antigüedad.

Los útiles que se han encontrado corresponden a 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* (Figura 49), hasta entonces desconocido, último ancestro común del linaje que dio lugar a los neandertales, y que culminó con nuestra especie, los *Homo sapiens*, y los del pre-neandertal *Homo heidelbergensis* (Figura 51), estos últimos restos representan más del 90 % de los fósiles humanos recuperados del Pleistoceno Medio de todo el mundo.



Figura 50. Cráneo número 5 de la Sima de los Huesos (campana de 1992 y posteriores).

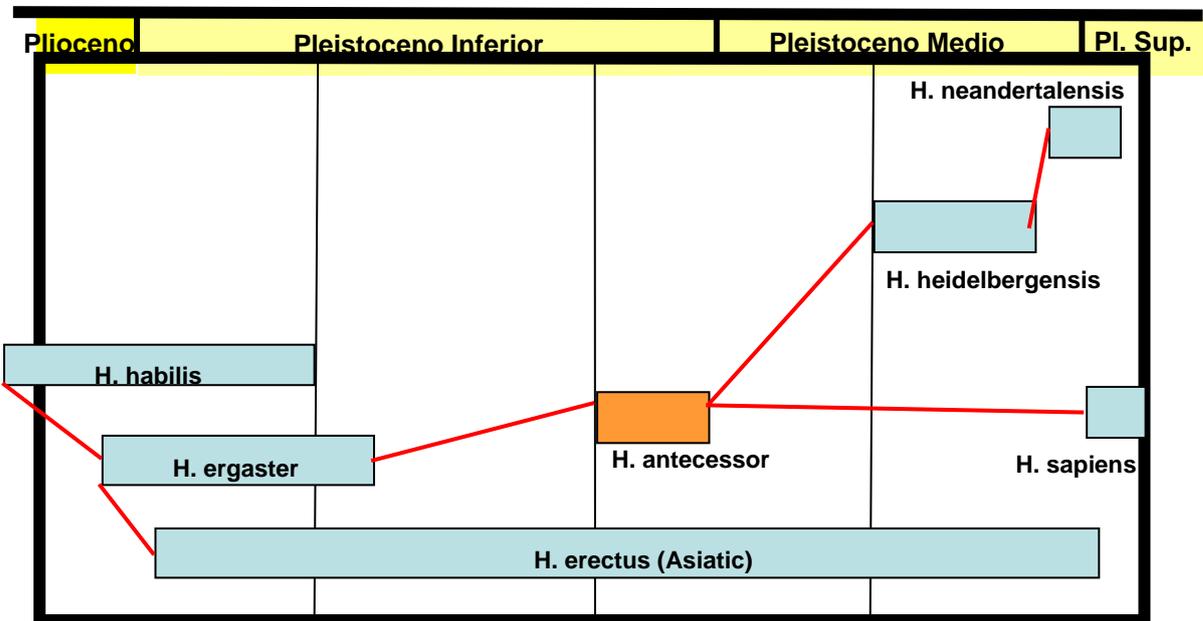


Figura 51. Evolución de los homínidos.



3.3 Rehabilitación turística y para el ocio

3.3.1 Rehabilitación de trazados de antiguos ferrocarriles mineros

Enrique Orche García

La riqueza minera de España, conocida desde la más remota antigüedad, ha supuesto que buena 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 tratamiento y de consumo o a los 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 fueron desmanteladas las grandes obras lineales, que en su día les dieron servicio, reutilizándose sus materiales aprovechables, o vendiéndolos como material de desguace, para caer 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 4 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.

Provincia	Ruta o Vía Verde	Origen del trayecto	km	Circulación		
				Peatones	Ciclistas	
Asturias	De la senda del oso	Tren hullero de las minas de Teverga	39	X		X
Asturias	De la Camocha	Tren hullero entre la mina La Camocha y Gijón	7	X		X
Asturias	Del valle de Turón	Tren hullero	12	X		X
Asturias	De Santa Bárbara	Tren hullero por el valle de Santa Bárbara	2	X		-
Asturias	De Loredo y La Pereda	Tren hullero de minas de Riosa	3,5	X		X
Asturias, Lugo	Del Eo	Tren de las minas de Villaodríz a Ribadeo	12	X		-
Burgos	De la Sierra de la Demanda	Tren minero	54	X		X
Cantabria	Del Pilugo	Tren de la mina de Udías por paisaje kárstico	3,5	X		X



Cantabria	Del Piquillo	Tren minero de Castro-Alén	1,5	X	X
Cantabria	De las minas de hierro de Dícido	Camino de las minas		X	X
Gerona	Del hierro y del carbón	Tren minero a las minas de Ogassa	12	X	X
Huelva	De molinos de agua	Tren minero de Valverde a San Juan del Puerto	36	X	X
Huelva	Del Odiel	Tren minero de Mina Concepción a Zalamea la Real	17	X	X
Huelva	De Riotinto	Tren minero de minas de Riotinto a Valverde del Camino	29	X	X
Huelva	Del Guadiana	Tren minero de minas de Herrerías con el puerto de Laja		X	X
Huelva	De minas de Cala	Tren minero de las minas de Cala a las minas de Teuler		X	X
Jaén	De las minas de Linares	Caminos de las minas del distrito minero de Linares	13	X	X
Jaén	Del aceite	Tren transportador de minerales y aceite Linares-Puente Genil	55	X	X
La Rioja	De Préjano	Tren hullero desde las minas de Préjano	5	X	X
León	De Mina Bardaya	Tren hullero por el valle del río Torio	4	X	X
Lugo	De las minas de Silvarosa	Caminos mineros a minas de Silvarosa		X	X
Lugo	De las minas de Veneira de Roques	Camino de las minas de Veneira de Roques a la ferrería de Penacova		X	-
Madrid	De la Plata	Camino a la torre de las minas de Bustarviejo		X	-
Navarra, Guipúzcoa	De Plazaola	Tren minero de las minas de Plazaola	44	X	X
Sevilla	De la Sierra Norte	Tren minero de las minas de cerro del Hierro	15	X	X
Sevilla	De Itálica	Tren minero de minas de Aznalcóllar	33	X	X
Soria	Del Moncayo	Tren minero de las minas de Ólvega a las Navas	11	X	X
Teruel, Castellón, Valencia	De Ojos Negros	Tren de la mina de Ojos Negros a los altos hornos de Sagunto	148	X	X



Toledo	De la Jara	Tren minero de minas de Santa Quiteria a Calera y Chozas	52	X	X
Vizcaya	De Galdames	Tren minero de minas de Galdames con Sestao	12	X	X

Tabla 4. Rutas o vías verdes sobre antiguos ferrocarriles mineros.



3.3.2 Rehabilitación de antiguos embarcaderos mineros

Julio Verdejo Serrano

El Cable Inglés

En algunas importantes ciudades españolas se integran “*huellas de la minería*”, que 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 mineral procedente de las minas de hierro de Alquife (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 (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. Ahora bien, 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 (Figura 52, Figura 53 y Figura 54).





Figura 52. Embarcadero de mineral El Cable Inglés (Foto: Julio Verdejo Serrano).



Figura 53. Embarcadero de mineral El Cable Inglés (Foto: Ayuntamiento de Almería).



Figura 54. Vista nocturna de El Cable Inglés (Foto: Rafael Fernández Rubio).



Emilio Manuel Romero Macías

El muelle de Tharsis

Las compañías mineras británicas explotaron, en España, durante el siglo XIX, las principales minas metálicas y de carbón, y construyeron gigantescos cargaderos en sus costas, para el embarque del mineral. De estos embarcaderos, construidos a imagen y semejanza de los numerosos existentes en Gran Bretaña, el primero en construirse fue el de Tharsis (Figura 55), si bien el más importante, sin duda, fue el muelle de Riotinto, construido también en Huelva, en 1874, por la compañía inglesa que explotaba las minas de Riotinto.



Figura 55. Vista aérea del muelle de Tharsis en Huelva en la década de los 70.

El proyecto del muelle-embarcadero de Tharsis, presentado por la compañía británica, ubicaba el muelle en el Puntal de la Cruz, en el río Odiel. Estaba redactado por William Moore, ingeniero de Glasgow, que firmaba también los proyectos de los puentes a lo largo de la línea férrea (desde la mina a Huelva), junto al ingeniero James Pring. Este proyecto fue aprobado por Real Orden de 24 de agosto de 1867, al tiempo que en 1868 se aprobaron los proyectos de los citados puentes, en todo el trazado Tharsis-Huelva, y el 9 de mayo de 1870 se firmó el certificado de terminación de las obras. La línea quedó abierta al tráfico el 6 de febrero de 1871.

El muelle, de una sola plataforma, medía 873 metros de longitud, con un ensanche en su extremo final, que permitía el atraque de 3 ó 4 barcos simultáneamente. Disponía de plataformas giratorias, en las que los vagones podían dar la vuelta, y de grúas que permitían cargar 2.500 toneladas diarias (Figura 56).



Figura 56. Detalle del muelle de Tharsis con sus grúas de carga.

En el proyecto se definían todas las características constructivas del ferrocarril, así como sus puentes, cimentados y aparejados en hormigón ciclópeo, cuyo director de obras dejó descritos en un trabajo publicado en la I.C.E. en aquella época.

El muelle se construyó y se inauguró en 1871. Estaba formado por un tramo curvo, enlazado a uno rectilíneo, que llevan las vías hasta la plataforma. Hasta muy cerca del embarcadero, que mide 100 metros de largo por 20 de ancho, existe una sola vía sobre pilotes pareados. Antes de entrar en el embarcadero la vía se bifurca en tres, que continúan hasta el final del mismo.

En 1915 la compañía minera de Tharsis encargó al ingeniero escocés Sir William Arrol, director de la consultora Arrol & Company Limited, el proyecto de nuevo embarcadero de mineral, quedando el primitivo destinado al desembarco de mercancías. El nuevo ramal enganchaba a 300 metros del extremo del existente, bifurcándose con un nuevo brazo (Figura 57).



Figura 57. Muelle de Tharsis con sus dos ramales en la década de los 70.

Poco antes del embarcadero, Arrol proyectó una oficina-puente con vigas de celosía, estructura modulada reflejada al exterior, escaleras metálicas exteriores simétricas y cubierta de chapa galvanizada sobre cerchas metálicas.

Cada amarradero de carga del embarcadero de minerales llevaba una grúa eléctrica de quince toneladas, que elevaba los vagones sobre los barcos a los que descargaba directamente. El muelle primitivo, destinado a embarque de mercancías, tuvo una grúa de cinco toneladas.

En la actualidad el muelle se encuentra en desuso desde hace 15 años, y su estado de abandono hace peligrar su integridad y permanencia futura. Las vías de acero del tren al embarcadero han sido desmontadas, y en su lugar se ha ejecutado un camino de tierra, con arbustos a los lados, que constituyen un paseo agradable hasta el muelle, por entre los caños del Odiel y sus marismas.

En cuanto a la conservación de su estructura, desgraciadamente y sin paliativos, tenemos que reconocer que su estado se encuentra muy próximo a la ruina. Los pilotes de fundición, excesivamente delgados, se encuentran en estado de oxidación muy avanzado, con grietas a lo largo del fuste y grandes exfoliaciones.

El primer embarcadero del muelle, construido en 1871, fue derribado hace unos años y queda como testimonio el arranque del mismo. El segundo embarcadero, de 1918, languidece hoy, abandonado al oxido y la corrosión. La caseta británica, que servía de puente de mando, en el extremo del embarcadero, aparece abandonada y degradada.

El futuro del muelle de Tharsis aparece, como su imagen ennegrecida, muy oscuro. La estructura necesita de una gran reparación tras la cual, quizás, podría transformarse en un lugar de ocio, al estilo de los embarcaderos británicos, destinados al esparcimiento. El camino arbolado que conduce al muelle, y la propia estructura metálica, constituirían un agradable paseo junto al agua, en el que la caseta británica ejercería de restaurante. Un atracadero de embarcaciones complementaría el uso de esta pieza de arqueología industrial, de gran valor, que necesita hoy una ayuda urgente para no desaparecer.

En Marzo de 1993 se realizaban una serie de 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, que se le suponía al inmueble.

Un año después se comunicaba a la "Compañía Española de Minas de Tharsis", propietaria del inmueble, a través de la Delegación Provincial de Huelva, 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.

Dos meses después la Delegación Provincial 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, que se publicaría en el Boletín Oficial de la Junta de Andalucía en Marzo de 1996.

El muelle de Riotinto

El embarcadero más importante de minerales construido por los ingleses en España es, sin duda, el de la compañía Rio Tinto, en la margen izquierda del río Odiel (Huelva).

Dos ingenieros ingleses intervinieron en la construcción de este embarcadero, uno como diseñador y creador de la idea (Sir George Barclay Bruce), y el otro como ingeniero a pie de obra, vigilante de los trabajos (Thomas Gibson), el cual trabajó en los muelles de Londres y otros puertos ingleses con estructuras de pilotes roscados, lo que le hizo adquirir gran experiencia en este tipo de construcciones. En 1868, fue ingeniero residente en el Reneough Bridge en Newcastle donde lo conoció Bruce, que le propuso ser director de la obra del muelle de la Rio Tinto Company en España, aceptando Gibson que se incorporó a Huelva en julio de 1874.

En su primer viaje de inspección y estudio a Huelva, Hugh Matheson, el financiero británico fundador de la Rio Tinto Company, se hizo acompañar de George Barclay Bruce, a quien Matheson 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 (Figura 58).



Figura 58. Detalle del muelle de la RTCL en Huelva (hacia 1923).

El muelle de Riotinto fue proyectado con pilotes de fundición y roscas helicoidales, con columnas de fundición y vigas de hierro forjado, con vigería y entablado de madera. El muelle tenía un primer cuerpo ejecutado en terraplén, con estribos de piedra, continuando por un segundo cuerpo de pilotes y vigas de madera, hoy día muy degradado y, terminado en un embarcadero metálico, parte del cual se adentra en la ría (Figura 59).





Figura 59. Parte del muelle de la RTCL que se adentra en la ría del Odiel.

El muelle se puso en marcha en 1876 y se cerró en 1975, casi un siglo después, habiéndose embarcado aproximadamente 130 millones de toneladas de mineral. Unos ensayos efectuados en las maderas de las plataformas de cimentación, hace unos diez años, dieron como resultado que se encontraban en magnífico estado y que seguían cumpliendo su misión resistente a la perfección. No obstante, las plataformas de madera, que descansaban en el fondo del río, encerraban un peligro que no fue advertido por los ingenieros ingleses: la imposibilidad de dragar en sus alrededores, por no debilitar la cimentación, lo que acarrearía una progresiva disminución del calado. Como consecuencia, 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, que ha dejado desconectados los dos sectores de la obra: la realizada en tierra y la que se eleva sobre el río Odiel (Figura 60).



Figura 60. Detalle del sector primitivo que se desmontó para el trazado de la actual Avda. Francisco Montenegro.

Pero lo más importante, para el futuro del muelle, ha sido, sin duda, la toma de conciencia, por parte de la ciudad de Huelva, del valor de este embarcadero 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 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 industrial. En el primero se ha rehabilitado su estructura metálica, y se encuentra a la espera el montaje de las vigerías y plataformas de madera. El tramo terrestre se encuentra totalmente terminado, a excepción de su arranque, ejecutado en madera, y permite pasear hoy por encima de la gran estructura, en espera de la unión de las 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, diseñados para el embarque del mineral y hoy ocio de los visitantes, como puede ser el caso del muelle de Riotinto que, una vez finalizada su actividad industrial, pueda iniciar una segunda etapa como muelle de ocio y recreo, para orgullo de los que supieron conservarlo y legarlo a la posteridad (Figura 61).



Figura 61. Muelle de Riotinto en la actualidad.

Muelle-embarcadero de la Cía. Bede Metal and Chemical, sobre el río Guadiana.

La compañía Bede Metal, con sede en Newcastle, explotó desde 1884 las minas de Cabezas del Pasto y Herrerías, en el noroeste de la provincia de Huelva, colindante con Portugal. Dada la navegabilidad del río Guadiana, en esta zona, ya existía, en la margen izquierda del río, un primitivo dique de atraque minero, de escasa envergadura, construido en la década de 1860 por empresas españolas exportadoras de manganeso. La compañía Bede Metal construyó un tendido mixto de ferrocarril (15 km) y cable aéreo (4 km) desde las minas hasta el lugar del antiguo embarcadero, que remodeló en 1905, montando una estación de descarga de los calderos de mineral, que eran transportados en el cable aéreo, e instalando dos grúas para la carga de mineral en los barcos (Figura 62 y Figura 63).



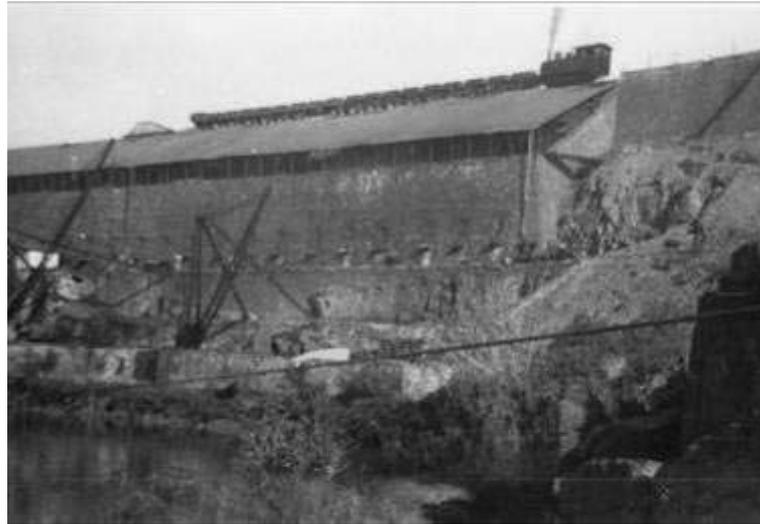


Figura 62. Muelle de carga de mineral en el Puerto de La Laja (río Guadiana).



Figura 63. Detalle de las grúas de carga en el muelle de carga del Puerto de La Laja.

En 1911 la compañía inglesa traspasó sus explotaciones mineras a la Société Anonyme St. Gobain de Paris. Esta compañía invirtió fuertes sumas de capital en esta minería onubense, realizando entre otros trabajos las remodelaciones del ferrocarril y el embarcadero. La compañía francesa eliminó el cable aéreo, y llevó el ferrocarril al embarcadero aunque, dado lo accidentado de la orilla, los últimos 400 metros de vía férrea los ejecutó paralelos al río, con la vía literalmente asomada al precipicio. Los trenes discurrían por una vía alta, descargando el mineral por el fondo de los vagones, o bien con un sistema de volcado mecánico a unos depósitos o tolvas techadas (Figura 64), ejecutadas en y situadas en posición inferior. De estos se sacaba el mineral por puertas situadas en la parte inferior de los cajones de piedra, y se vertía en otras vagonetas que, a su vez, se desplazaban sobre dos castilletes metálicos, que avanzaban sobre el río, desde los que se descargaban el mineral a la borda de los barcos, por medio de espitas. En la actualidad, el embarcadero se encuentra en desuso, habiendo desaparecido las cubiertas de chapa de los contenedores de piedra, así como la estructura metálica que se adentraba en el río, en espera de una

posible rehabilitación, por parte de una empresa de turismo rural, que ya ha rehabilitado parcialmente un conjunto de casas del primitivo poblado de Puerto de La Laja, asomadas al Guadiana.



Figura 64. Volcador mecánico de vagonetas en el Puerto de La Laja.



Rafael Fernández Rubio

El Hornillo (Figura 65) fue otro embarcadero notable, diseñado por Gustavo Gillman, para el mineral procedente de Las Menas (Serón, Almería), en la Sierra de los Filabres (Almería).



Figura 65. Embarcadero de El Hornillo, para mineral de hierro, en Águilas (Murcia).

El descubrimiento de los yacimientos de Serón y de Bacares, son consecuencia de la actividad desarrollada, a finales del siglo XIX, por ingleses, belgas y holandeses, que explorando las posibilidades mineras de la provincia de Almería, encontraron en esta sierra mineral de hierro de calidad, en forma de óxidos y carbonatos.

Como consecuencia de ello, en 1887, se inició la construcción del poblado, con el edificio de oficinas y el hospital, alrededor de los cuales se ubicaron, de manera perfectamente jerárquica, las viviendas de ingenieros, capataces y obreros y los talleres. Después de la segunda guerra mundial, llegó a tener 2.000 habitantes y disponía de cine y plaza de toros.

La actividad minera, ya en manos españolas, cesó en 1968 y el poblado fue totalmente abandonado y saqueado.

Hace poco tiempo la Diputación de Almería diseñó el "Plan de Recuperación Global de Las Menas", bajo cuya cobertura se ha recuperado el edificio de oficinas y las viviendas de mineros, convirtiéndolos en restaurante y hotel respectivamente.

Se ha urbanizado la zona y construido un monumento en memoria a los mineros de las tres minas más importantes. Últimamente se ha restaurado la ermita de Santa Bárbara. De la actividad minera quedan trazas de los ferrocarriles, grandes tolvas de carga de mampostería, y un puente de hierro de triple uso (ferrocarril y carretera por el tablero principal y dos pasarelas peatonales por los costados).

Al lado del puente está el túnel que penetraba bajo la tolva principal y que era la estación de arranque del cable, para bajar el mineral hasta la estación de Serón (línea de Baza a Águilas), para su transporte hasta el embarcadero de El Hornillo, en Águilas (Murcia).

Este embarcadero fue construido por los ingleses, para el embarque de mineral hacia Inglaterra, Gales y Escocia, y su cierre definitivo tuvo lugar en 1973



3.4 Rehabilitación urbana y residencial

Rafael Fernández Rubio

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 de la explotación minera, la cual está supeditada al emplazamiento geográfico del yacimiento, 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, incluyendo la urbana y residencial, para nuevos e interesantes desarrollos.

En el segundo caso la importancia radica en las posibilidades de potenciar el empleo y la calidad de vida, con actividades que aprovechen las mejoras habitacionales y de servicios, 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 situación post-mina.

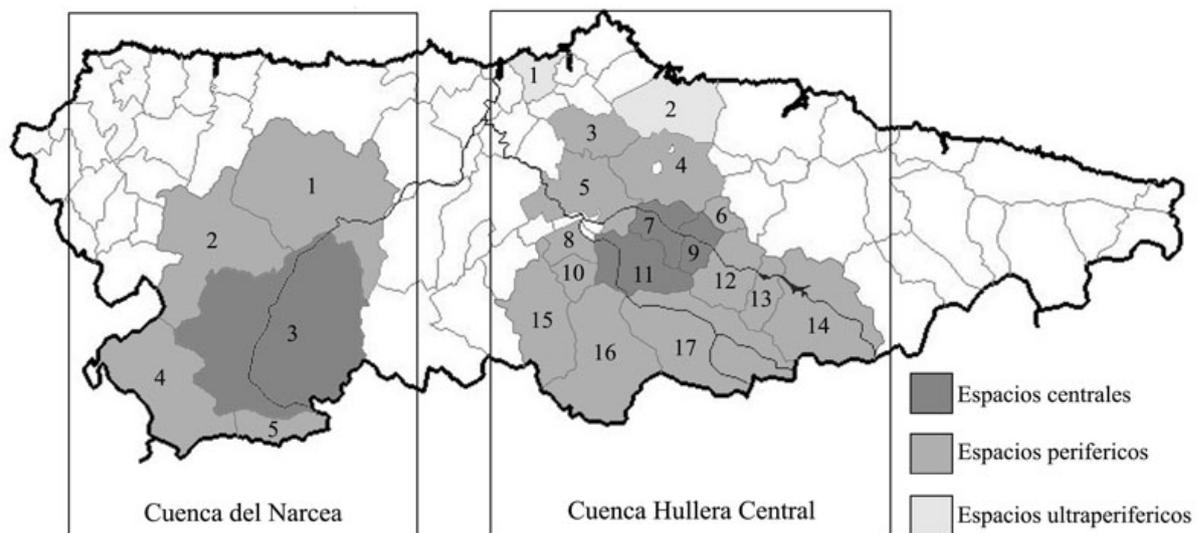


José Luís Alperi Jove (INFIDE)



Ejemplos del primer supuesto los encontramos en Asturias, Comunidad Autónoma de 10.564 km² de extensión, integrada por 78 concejos, donde la mayor población se concentra en la capital de la provincia (Oviedo), y los dos puertos marítimos asturianos más importantes (Gijón y Avilés), , siguiéndoles en importancia los concejos de las Cuencas Mineras del Nalón y del Caudal, 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. Actividad económica que requería gran cantidad de mano de obra, que no se encontraba en la zona.

Suárez Antuña, profesor del Departamento de Geografía de la Universidad de Oviedo, describe perfectamente esta situación en el artículo *"La organización de los espacios mineros de la hulla en Asturias"*, publicado por la revista electrónica *"Geo Crítica/Scripta Nova"*, de la Universidad de Barcelona (15/12/2005). En este artículo se dice (Figura 66) que: *"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)".*



(Faustino Suárez Antuña - Geo Crítica/Scripta Nova Universidad de Barcelona 2005).

Figura 66. Organización de los espacios mineros de la hulla en Asturias.

Ejemplos de esta rehabilitación urbana y residencial los podemos mostrar, por ejemplo, en el poblado minero de Bustiello y en 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*”, objeto de gran cantidad de estudios y debates, aunque destacaremos aquí sólo 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 (Figura 173). 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.



Figura 67. Vista general de Bustiello (Asturias): sanatorio, escuela de niñas y farmacia (Foto: José Luís Alperi Jove).

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 situadas en distintos niveles: el nivel más alto, y más alejado del río, para el personal más cualificado; el nivel intermedio, por decirlo de alguna manera, conformando el núcleo principal del poblado, y finalmente otro grupo más próximo al río (Figura 68).



Figura 68. Vistas generales de viviendas de obreros en Bustiello (Asturias) (Foto: José Luís Alperi Jove).



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 pro de la recuperación, restauración y rehabilitación del poblado.

La FUCOMI, mediante su programa de Escuelas Taller, realiza cursos de aprendizaje de 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 de Recuperación Turística de Comarcas Mineras, consiguieron recuperar una parte muy importante del patrimonio de Bustiello, rehabilitando edificios, realizando ajardinamientos y mejorando medioambientalmente el entorno (Figura 69).



Figura 69. Escuela de niños en Bustiello (Asturias) (Foto: José Luís Alperi Jove).

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 la Sociedad Especial Minera La Fraternidad fue 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 española, y otra en la posguerra. No sólo se construyeron viviendas, sino también escuelas, iglesia, hospital, economato, casino-cine (Figura 66). Nuevamente aparece el denominado “paternalismo industrial”, ya que la empresa cedía activos a sus empleados, y a cambio controlaba su alimentación, salud (mediante servicios sanitarios), ocio (a través de premios, cine, fiestas), etc., así como la educación de sus futuros empleados.





Figura 70. Bloques de viviendas en el núcleo urbano de Solvay – Lieres (Asturias) (Foto: José Luís Alperi Jove).

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 (Figura 71); los barrios de Candín, San José y La Nalona en Langreo; las barriadas de San Luís de Rubíes, en Murias (Figura 72); el barrio de San Pedro, en Mieres; el poblado de La Camocha, en Gijón, etc.



Figura 71. Vista general de la Barriada de El Serrallo en Sotrondio (San Martín del Rey Aurelio, Asturias) (Foto: José Luís Alperi Jove).





Figura 72. Vista general de la Barriada de Murias (Mieres, Asturias) (Foto: José Luís Alperi Jove).

Estos lugares de residencia siguen estando ocupados y, en una gran mayoría de ellos, se han ejecutado, se están ejecutando o está previsto ejecutar obras de recuperación urbanística y ambiental, con actuaciones que incluyen: instalación de fibra óptica, mejora de saneamientos, urbanización del entorno, mejoras medioambientales, etc. (Figura 73).



Figura 73. Obras de mejora en la Barriada de San Pedro en Mieres (Asturias) (Foto: José Luís Alperi Jove).



3.5 Rehabilitación industrial y de servicios

Carlos Roces Felgueroso y Rafael Fernández Rubio

Entre las muchas infraestructuras estrechamente relacionadas con la minería, en su origen o en su aplicación, unas muy específicas son los puertos, para carga o descarga de mineral, o de suministros relacionados con la industria minera y sus transformados, infraestructuras que prestan gran utilidad para el desarrollo local y regional y que, con el tiempo, pueden pasar a tener otros usos.

En este contexto se podría hacer referencia a muchos puertos distribuidos a lo largo de las costas españolas, si bien, a modo de ejemplo, podríamos referirnos al puerto de El Musel (Asturias), cuya construcción se inició en 1893, para entrar en actividad en 1907, y también a su muelle, en Gijón, que en su inicio y en su ampliación, pueden considerarse como esencialmente mineros.

En su entorno se construyen depósitos y cargaderos de gran capacidad, con las correspondientes vías ferroviarias, para embarcar el carbón hacia los puertos de Santander, Bilbao, Pasajes, La Coruña o Barcelona.



El desarrollo de este puerto está ligado, indudablemente, a la implementación de los ferrocarriles mineros, que permitían el transporte desde bocamina, especialmente del carbón de la mina de La Camocha. Con el tiempo el puerto de El Musel ha seguido creciendo, pero ya el carbón ha dejado de salir de sus diques, y ahora el Parque de Carbones de Aboño recibe mercancías de diversos orígenes.

Ya no hay “drops” ni pórticos para cargar carbón, y el puerto interior o muelle se ha transformado en puerto deportivo (Figura 74).



Figura 74. Los tres drops cargando carbón en el Muelle de Gijón (Autor: Carlos Roces Felgueroso).



4 REHABILITACIÓN DE MINAS SUBTERRÁNEAS

4.1 Rehabilitación científica y cultural

José Ignacio Manteca Martínez

En yacimientos minerales asociados a rocas carbonatadas no son extraños los hallazgos paleontológicos, especialmente de vertebrados superiores y homínidos, en relación con cavidades kársticas puestas al descubierto por los trabajos mineros. Esta relación cavernas - 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 con bauxitas, óxidos de hierro y de manganeso, carbonatos de cinc y de plomo, etc. Por ello es frecuente el caso de galerías mineras que en su avance, explotando un filón, irrumpen en una cavidad kárstica, parcial o totalmente fosilizada, con rellenos mineralizados, que son aprovechados por 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 (Figura 75), es una cueva-mina de hierro y manganeso, que forma parte de la mina Victoria, explotada desde finales del siglo XIX hasta la primera guerra mundial. En dicha mina se aprovechaban los filones y bolsadas de pirolusita y goethita, dentro de calizas del Trías del Complejo Alpujárride. 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 extraer el mineral, puso en evidencia la existencia de gran cantidad de restos fósiles, que formaban parte del relleno detrítico de la misma.





**Figura 75. Acceso minero a la Cueva Victoria, en el Estrecho de San Ginés (Cartagena, Murcia)
(Foto: Carmen Berrocal).**

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 de España, así como de los restos de homínidos más antiguos de España, junto con el llamado hombre de Orce (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 Clols, 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 (Figura 76).



Figura 76. Conferencia impartida por el Dr. Gibert Clois en la Cueva Victoria (Noviembre 2006) (Fotos: Antonio Ros Esteban).

La Sima de Las Palomas es igualmente una cavidad kárstica, de desarrollo vertical, localizada 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 esta cavidad, no fue puesto en evidencia hasta 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 130.000 y 30.000 años. Actualmente continúan las excavaciones y estudios, dirigidos por el Doctor Walker, de la Universidad de Murcia.



4.2 Rehabilitación turística y para el ocio

Francisco Javier Carrasco Milara

La mina de mercurio de Almadén (Ciudad Real) detiene su actividad extractiva en junio de 2001, y su abandono definitivo, con el cierre de los pozos, se produce en noviembre de 2002. En el momento de su cierre muchos siglos de historia minera quedan dentro de sus 700 metros de profundidad y sus 27 plantas.

Prácticamente al mismo tiempo, se plantea la recuperación de las instalaciones mineras, a través de la creación del Parque Minero de Almadén, incluyendo la rehabilitación de la mina (Figura 77), como origen y centro de toda la visita, lo que encierra numerosas complejidades en su realización.





Figura 77. Taller de herramientas del pozo de San Aquilino en Planta 1ª (Foto: MAYASA).

La recuperación de la mina se realiza, en principio, en la planta primera, por su mayor valor histórico, dado que constituye la zona accesible más antigua de la mina, y por tener acceso a superficie por socavones antiguos, de poca pendiente, que facilitan la realización de las obras, y luego han quedado como salidas de emergencia.

La planta primera de la mina del Castillo, de gran valor histórico, que presenta esa ventaja de ser accesible desde la superficie por un socavón, no tiene acceso a los pozos que se encuentran en las instalaciones mineras y que han de formar parte del Parque Minero. Es por ello que el diseño de la recuperación se planifica con la unión de dos zonas, la citada mina del Castillo, que incluye la conocida como galería de forzados, y la mina del Pozo. Esta última posee un socavón de acceso desde superficie, que se encontraba hundido, pero que ofrece la posibilidad de comunicación entre los pozos de San Teodoro y San Aquilino, situados dentro del recinto de las instalaciones. Estas dos zonas se encontraban en su día unidas por una galería ("la caña gitana"), hundida en su totalidad en el momento del inicio de la recuperación.

Paralelamente a la redacción del plan director del Parque Minero de Almadén se inician las labores de recuperación de la caña gitana, por ser necesario conocer la viabilidad de comunicación de ambas zonas, para el diseño del Parque. Las obras, que se llevan a cabo durante el año 2003, resultan lentas y costosas, ya que hay que realizarlas manualmente, debido a la escasa sección de la galería hundida.

La zona recuperada finalmente, que corresponde a la planta primera de la mina, está situada a unos 50 metros de profundidad, y tiene 1.580 metros de galerías, de los cuales 575 pertenecen a la mina del Pozo, 605 a la mina del Castillo y 400 a la galería moderna (de 16,5 m² de sección), por donde salía el mineral. Tiene también 201 metros de pozos, 45 de cada uno de los pozos de San Teodoro, San Aquilino y San Miguel, 32 metros en el torno de Castro y 76 en San Andrés (Figura 78).



Figura 78. Pozo de San Andrés en Planta 1ª con la bomba de desagüe (Foto: MAYASA).

Hemos de indicar, en todo caso, que no todas las galerías recuperadas están abiertas al público, al quedar como salidas de emergencia dos socavones: el del Pozo excavado en 1644 y el del Castillo en 1696, recuperados para la realización de las obras y que acceden a nivel de la calle; además de una antigua galería del siglo XVIII, por la que accedían los presos desde la cárcel a la mina, para realizar trabajos forzados. Desde esta última se construyó un acceso a una plaza pública.

El sostenimiento realizado, en las labores recuperadas, se ha llevado a cabo distinguiendo su posición:

- ↳ Lugares de explotación. Zona de explotación en hurtos, en testers y en bancos. Se ha realizado con las técnicas de la época, siglos XVII y XVIII. Entibación en madera.
- ↳ Lugares de paso. Se han utilizado todas las técnicas de sostenimiento empleadas en la actualidad, cuadros de madera, cerchas, bulones a la resina, hormigón proyectado y resina inyectada. Esta decisión ha permitido aumentar la seguridad y presentar al visitante los sistemas de entibación modernos.

Para hacer más cómoda la visita las galerías se ha rebajado el suelo, en su práctica totalidad, unos 40 centímetros, aumentando el gálibo de éstas hasta 1,80 - 1,90 m de altura, y se ha construido una solera de hormigón como pavimento, que alberga en su interior todas las conducciones de energía eléctrica, comunicación y seguridad.

El acceso de los visitantes a la mina debía realizarse indudablemente por el pozo de San Teodoro por varias razones. En primer lugar se encuentra centrado en las instalaciones mineras, su estructura es moderna y se encontraba razonablemente bien conservado, en el momento de la rehabilitación. Por otra parte su sección es amplia (circular de 4,5 m de diámetro), y su pared está hormigonada.

La máquina de extracción con sus jaulas funcionaba correctamente, pero los costes de operación y mantenimiento del sistema aconsejaron sustituir la jaula por un ascensor camuflado de jaula de mina.

Las labores de adecuación del pozo a la normativa de ascensores han sido largas y costosas. Ha sido necesario habilitar un sistema de escaleras paralelo al hueco, con puertas de acceso desde el ascensor en los niveles -8, -24 y -32, además de las salidas en las paradas normales en superficie, planta -16,5 y planta primera (-44 m). Por otra parte, se ha realizado la adecuación de la

torre, para albergar la maquinaria del ascensor, y cerrar con cristales preferentemente todas las zonas accesibles de cables.

La ventilación se realiza de forma natural por la diferencia de cota entre los pozos y los socavones abiertos. Aunque la ventilación natural resulta más que suficiente, durante las obras de recuperación se montó un ventilador, en el pozo de San Miguel, que se puede poner en funcionamiento en caso de necesidad.

Garantizar la seguridad de los visitantes ha sido objetivo prioritario de las obras. Para ello se han rehabilitado o construido hasta seis salidas de emergencia, además del ascensor, con señalización de evacuación por leds. Se ha instalado, también, alarma antiincendios con detectores de humo, en todos los lugares con armarios eléctricos o madera, iluminación de emergencia en todo el recorrido y autonomía de más de una hora, con el máximo consumo en caso de pérdida del fluido eléctrico en el exterior. Un circuito de once intercomunicadores, que permite hablar con el centro de recepción y el ascensor, completa el conjunto de las principales medidas de seguridad.

La incorporación de la galería de 16,5 a la visita ha permitido introducir un elemento de interés: un tren de mina real, que recorre la galería que transportaba el mineral y que transporta ahora a los visitantes, hasta la zona de metalurgia, haciendo así el mismo recorrido que hacía antes el cinabrio. Con este motivo se han recuperado 400 metros de galerías con vías modernas, y se ha montado una estación de carga para las locomotoras de baterías.

El recorrido final de la visita a la mina ha quedado definido de tal forma que permite, a los visitantes, conocer los métodos reales de explotación de los siglos XVII, XVIII y las labores del siglo XX. Además de recorrer sus galerías hasta llegar a lo que se considera la joya de la visita, el baritel de San Andrés (Figura 79), y descubrir también la galería de forzados.



Figura 79. Baritel de San Andrés (mina de Almadén) (Foto: Domingo).

Posteriormente los visitantes acceden a través del pozo de San Teodoro, de nuevo, a una galería superior, donde les espera un tren minero que transportará al grupo hasta la superficie (Figura 80).



Figura 80. Salida al exterior del tren minero (Foto: Domingo).

Las labores museográficas, realizadas en el recorrido, han pretendido recuperar la imagen de la mina, tanto por su baja iluminación que se apoya en candiles de aceite, como por la reproducción de los sistemas mineros de sostenimiento. La gran cantidad de máquinas utilizadas, como tornos de mano, carretillas y carretones, bombas, además del malacate de San Andrés, que constituye el verdadero centro de interés de la visita, contribuyen también a recrear el ambiente minero de la época. La incorporación de sonidos, imágenes y maniqués se ha realizado de forma cautelosa, sin abusar, pues las labores recuperadas son capaces de expresarse por sí mismas (Figura 81).



Figura 81. Explotación por testereros en la mina de Almadén (Foto: Domingo).

Podemos así decir que la recuperación de la mina de Almadén ha representado un enorme reto, con un sinfín de complejidades. Se ha pretendido integrar rigor histórico con seguridad y diversión, en un espacio que pretende impresionar al visitante en un medio nuevo para él.



Rafael Fernández Rubio y David Lorca Fernández

Otro acondicionamiento para visitas turísticas, es el que nos ofrece la mina La Jayona (Figura 82), declarada Monumento Natural, por la Junta de Extremadura, en 1997, que se localiza en el municipio Fuente del Arco (Badajoz), próxima al límite con la provincia de Sevilla.

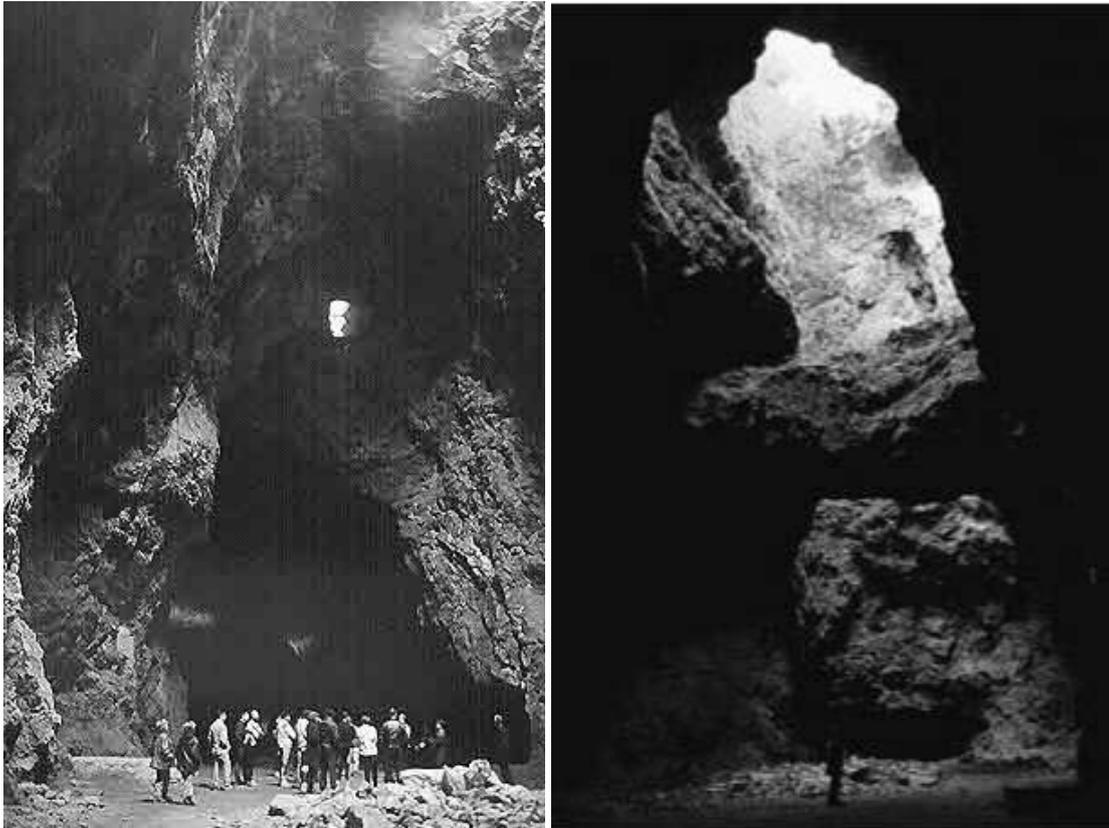


Figura 82. Mina la Jayona (Fuente del Arco, Badajoz).

http://www.cepalcala.org/ciencias1/geologia/mineria/la_jayona.htm
http://www.geocities.com/yo_soy2001/Iberica_1.html

La descripción que sigue se ha tomado de diversos autores en Internet, y se ilustra con fotografías de las mismas fuentes (Figura 83).



Niveles superiores.



Nivel 3 desde el Nivel 4.



Entrada del Nivel 3



Galería de salida del Nivel 2.



Sala de las Columnas del Nivel 2.



Galería en el Nivel 2.

Figura 83. Conjunto de fotografías de la mina La Jayona.

http://www.cepalcala.org/ciencias1/geologia/mineria/la_jayona.htm

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, mediante once niveles, siguiendo una corrida de unos 600 m de longitud, 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 dinamita, picos y palas.

Tras casi ochenta años de abandono, se han acondicionado los niveles superiores (Figura 84), 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) (Rebollada, 2006) (Figura 85); por su vegetación característica de zonas húmedas, condicionada por la humedad y temperatura existentes en el interior de la mina, y constituida por helechos, plantas trepadoras, higueras, musgos, etc., en claro contraste con la vegetación típicamente mediterránea del exterior.





Figura 84. Plano de niveles visitables en la mina La Jayona (Bernard Datcharry).



Figura 85. Falla de desgarre sinistral con estrías y escalones de falla. La flecha señala la dirección y sentido de movimiento del bloque ausente. Nivel 2.

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 y pequeños mamíferos).

En estas mismas líneas de actuación 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 minas: La Aliseda, Azuaga, Los Santos de Maimona y la propia 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 planteados destacaríamos 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.

Por lo que respecta a 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 de acondicionamiento incluye: construcción de un museo minero (en el que se ubique la importante documentación minera de los archivos); rehabilitación ambiental de la superficie; accesos y caminos; vegetación del entorno; limpieza y protección de escombreras; itinerario por las minas; etc.

Por su parte 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, mejorará la seguridad de las galerías, incluirá la creación de un centro de interpretación que llevará por nombre *“La minería y el hombre de Extremadura”*, y la construcción de un mirador y un observatorio de aves,...



Joaquín Luengo Burillo, José Ignacio Manteca Martínez y Cristóbal García García

Un excelente ejemplo de puesta en valor de una antigua mina subterránea de sulfuros, para su explotación turística, es el promovido por el Excmo. Ayuntamiento de La Unión (Murcia) y financiado por el Consorcio Turístico de la Sierra Minera, en base a un proyecto realizado por investigadores del Departamento de Ingeniería Minera, Geológica y Cartográfica de la Universidad Politécnica de Cartagena, en colaboración con la empresa Gestión y Planificación Minera, G.P.M.)

Se trata en este caso de una antigua mina subterránea, situada en el paraje de La Cuesta de Las Lajas (término municipal de La Unión), que llevaba abandonada 40 años, y que había sido seleccionada para su adaptación, de acuerdo con su situación (junto a la carretera del 33), accesibilidad (existencia de un cómodo acceso por túnel) y buen estado de conservación general. No obstante, pese a su aparente buen estado general de conservación, después de tantos años de abandono, la principal cuestión plantada ha sido la referente a las adecuadas condiciones de estabilidad y seguridad, para poder adaptarla a las visitas turísticas. Consecuentemente estos aspectos de seguridad, han sido prioritarios en el desarrollo del proyecto, que ha tenido un coste cercano a un millón de euros.

Las líneas principales de esta rehabilitación han consistido en:

- ↪ Asegurar las condiciones de estabilidad de la mina, como prioridad de las operaciones de adaptación, mediante oportunas medidas de sostenimiento (llaves, mampostas, bulonaje) en los lugares indicados por el estudio geotécnico previo.
- ↪ Mejorar las condiciones de accesibilidad y transitabilidad por el interior de la mina, adaptadas a la normativa legal, para la seguridad y comodidad de los visitantes. En este sentido la visita discurrirá por un sendero perfectamente señalizado, con barreras de protección, escalinatas provistas de barandillas, etc.
- ↪ Establecer las condiciones adecuadas de ventilación e iluminación, para un razonable confort del visitan, en lo que hay que destacar la perforación de un pozo para forzar la ventilación.
- ↪ Establecer una salida de emergencia. para el caso de una eventual obstrucción del acceso principal.



- Ofrecer al visitante la recreación del proceso minero y de las características del trabajo, a través de la Musealización de la mina.

En este contexto el acceso a las labores mineras se realiza mediante un túnel de 45 metros de longitud y sección de 2x2 metros, a cota 135 (Figura 86). La mina propiamente dicha tiene una extensión de unos 4.800 m², distribuida en 5 subniveles de cotas medias 238, 235, 231, 228, y 223. En la Figura 87 se muestra la topografía de la mina, con indicación de las actuaciones de rehabilitación y el itinerario seleccionado para las visitas.



Figura 86. Túnel de acceso a la explotación.



Figura 87. Plano topográfico de la mina Agrupa Vicente, con indicación de las labores mineras proyectadas para su visita (GPM).

Hay que señalar que la mina explotó una mineralización estratiforme de sulfuros, básicamente pirítica (manto pirítico), de unos 6 metros de potencia media. La explotación se realizó por el método tradicional de la Sierra Minera, de cámaras y pilares. La altura de las cámaras no supera los 5 metros, excepto en el sector central, donde las bóvedas de las cámaras alcanzan alturas

de 8 metros. La configuración de la mina, formando subniveles descendentes, es consecuencia de que la fracturación geológica produjo un escalonamiento del manto mineral. Por el cálculo del volumen de huecos se estima que de esta mina se extrajeron como máximo unas 60.000 toneladas de mineral, a lo largo de las diferentes épocas de explotación, entre los años 1902 y 1970.

Desde el punto de vista geotécnico se puede diferenciar que, mientras la capa mineral presenta magníficas condiciones geomecánicas, los esquistos de techo son muy poco competentes. Por ello, cuando se explotó la mina, en las cámaras se dejó a techo, por lo general, una “llave” de mineral, del orden de 1 metro de espesor, para evitar tocar a los esquistos de techo, ya que en caso contrario se producían desprendimientos. Debido a ello la mina presentaba varios hundimientos. El principal se encontraba el sector oeste de la mina, cerca de la entrada, donde se había formado una cavitación, no estabilizada, de unos 12 metros de altura (Figura 88).

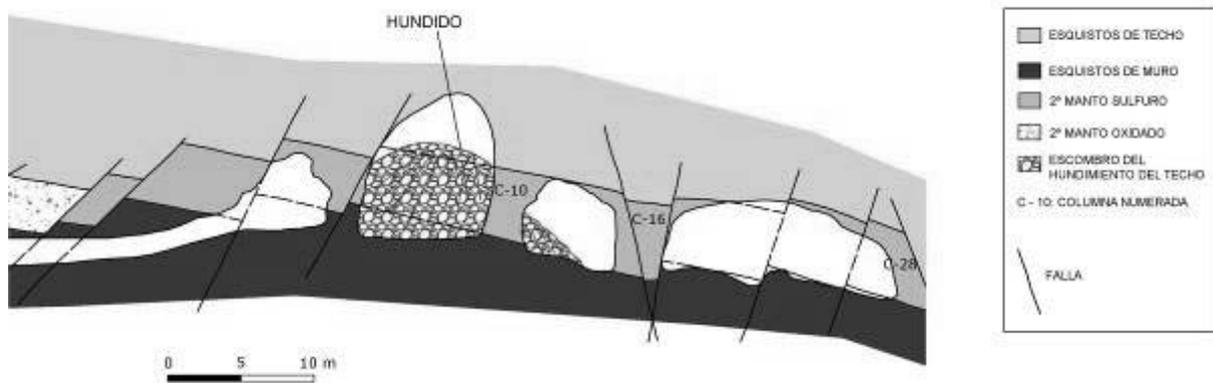


Figura 88. Corte geológico de la mina, con la situación del hundimiento del techo de una cámara en la parte oeste de la mina.

Por otra parte, en zonas localizadas de la mina, se han producido desprendimientos de placas rocosas de mineral del techo, desarrolladas por conjunción de diaclasas subverticales, con los planos de esquistosidad del manto mineral.

En cuanto a las etapas de rehabilitación deben diferenciarse las siguientes

Actuaciones de estabilización de la mina

En primer lugar se llevó a cabo una campaña sistemática de saneos del techo, consistente en desprender todas las placas que presentaban riesgo de colapso. Por otra parte, en función de las características de los techos a sostener, se han aplicado tres tipos de técnicas:

- ↪ Llaves de madera. Principalmente para la estabilización del hundimiento del techo en el sector oeste de la mina, donde se había producido una importante cavitación remontante. Las llaves de madera, además de su acción de sostenimiento, suponen contribuyen a la “dramatización” de la visita a la mina (Figura 89).
- ↪ Puntales de madera. En zonas de techos bajos, de cierta inestabilidad, con tendencia al desprendimiento de placas (Figura 90).
- ↪ Mallazo metálico con bulonado. En techos con tendencia a la formación de placas, pero que tienen mayor altura (Figura 91).



Figura 89. Llaves de madera realizadas para estabilizar el hundimiento del techo de la cámara en el sector oeste de la mina.



Figura 90. Puntales.



Figura 91. Sostenimiento de techo mediante malla metálica y bulonado.

Actuaciones de mejora de acceso y tránsito por el interior de la mina

Una vez definido el recorrido de las visitas, con arreglo a la configuración de la mina y las restricciones por las condiciones de seguridad de la misma, se ha procurado dotar a ese recorrido de las adecuadas condiciones de comodidad y seguridad.

Uno de los mayores inconvenientes, para el tránsito, era la existencia de cinco subniveles, lo que se ha resuelto con la construcción de escalinatas de madera, ancladas al terreno, dotadas de

la reglamentaria iluminación, y acompañadas de las correspondientes barandillas de cuerda, con apoyos de pino también anclados al terreno. En la Figura 92 se muestran aspectos de la construcción de esas escalinatas



Figura 92. Construcción de escalinatas con traviesas de madera ancladas al terreno, para salvar los desniveles entre las distintas plantas de la explotación.

Para evitar posibles caídas se han instalado barreras de protección de madera en el borde de las plataformas y en el borde de la senda, cuando éste se sitúa junto a un talud (Figura 93 y Figura 94).



Figura 93. Soportes de pino anclados al terreno para la instalación de barandilla de cuerda.



Figura 94. Barrera de protección de madera.

Actuaciones para dotar a la mina de las condiciones adecuadas de ventilación e iluminación.

La escasa ventilación natural de la mina, añadido al alto grado de humedad, se ha resuelto con la perforación de un sondeo de 800 mm de diámetro, realizado en el sector Este de la mina, opuesto a la galería de entrada (Figura 95).

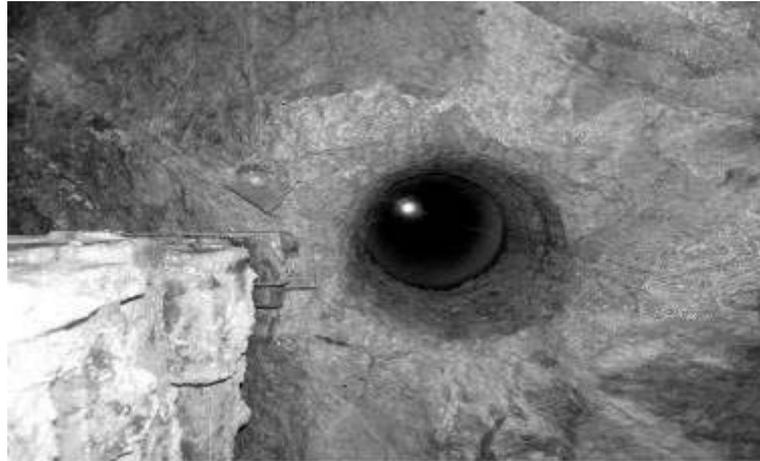


Figura 95. Sondeo de ventilación.

La instalación eléctrica se ha realizado soterrando los cables y registros, bajo el piso de la mina, lo que ha obligado a la excavación de las correspondientes rozas en la roca, con ayuda de martillo neumático.

En cuanto a la iluminación, hay que indicar que, si bien durante los trabajos de rehabilitación de la mina, se utilizó una iluminación intensa y directa, a base de tubos fluorescentes, que facilitaron el trabajo en condiciones de seguridad, posteriormente, y a efectos de la musealización, se han instalado luces indirectas, más tenues y de colores cálidos, para reproducir en lo posible el ambiente auténtico de la mina.

Habilitación de una salida de emergencia

En previsión de una eventual obstrucción del acceso principal, se ha habilitado una salida de emergencia, aprovechando la galería general de transporte del mineral y la existencia de una chimenea tolva por donde se lanzaba el mineral a una galería de extracción inferior, con salida a la ladera del monte.

Se han habilitado dos posibles vías de salida. Una de acceso relativamente fácil, consistente en un *by-pass* mediante escaleras metálicas (Figura 96), que desde la galería general de transporte permite retomar el túnel de entrada. La segunda, que podríamos llamar “de aventura” consiste en un sistema de tipo tirolina, que permite descender por la chimenea o contrapozo, y alcanzar la galería inferior de extracción (Figura 97) y, a través de ella, salir al exterior.



Figura 96. Trabajos de habilitación de salida de emergencia.



Figura 97. Galería inferior de extracción.

Trabajos de musealización



Una primera fase de estos trabajos ha consistido en restablecer las antiguas estructuras de carga y transporte del mineral, dentro de la mina, que habían sido desguazadas al abandonar la explotación. Para ello se han vuelto a instalar vías y vagonetas para el transporte de mineral en los diferentes subniveles, y en la galería general de extracción se han reconstruido las tolvas de descarga del mineral (Figura 98 y Figura 99).



Figura 98. Instalación de vías y vagonetas, para la recreación del transporte del mineral.



Figura 99. Reconstrucción de las tolvas de descarga del mineral desde un nivel a otro inferior

Una segunda fase ha consistido en la recreación y dramatización de aspectos del trabajo minero, para lo que se han adecuado varios “tajos” o frentes de trabajo, con muñecos representando a mineros realizando diversas tareas, como barrenar, cargar los explosivos, etc., con el apoyo de efectos especiales de luz y sonido. La iluminación se ha cuidado especialmente para ayudar a esta recreación.

A todo esto hay que añadir la elaboración de una serie de paneles explicativos, sobre la historia de esta mina, su geología y mineralogía, método de explotación, así como un audiovisual de temática minera.

Finalmente cabe destacar que:

- ↪ La rehabilitación, y adaptación para visitas turísticas, de esta antigua mina subterránea de sulfuros, en el histórico distrito minero de La Unión, responde a una demanda social y turística, reivindicada desde hace muchos años por distintos colectivos sociales.
- ↪ La adaptación ha cuidado especialmente los aspectos relativos a seguridad y comodidad de los visitantes, respetando al máximo el carácter genuino de una pequeña mina artesanal. El resultado de esta actuación ha sido altamente satisfactorio, y está siendo valorada muy positivamente, tanto a nivel técnico, como de los estamentos políticos, y se tienen magníficas expectativas sobre su futuro éxito de público, y su acción revitalizadora del turismo cultural de la comarca, a partir de su inauguración en 2009.
- ↪ A la rehabilitación de la mina Agrupa Vicenta se le ha otorgado el Premio al Desarrollo Sostenible “Santa Bárbara”, convocado por el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Minas de Cartagena, Castellón, Valencia, Albacete, Murcia, Alicante y Almería, con motivo de la celebración del VIII Concurso Nacional de Restauración de Espacios Afectados por actividades mineras.

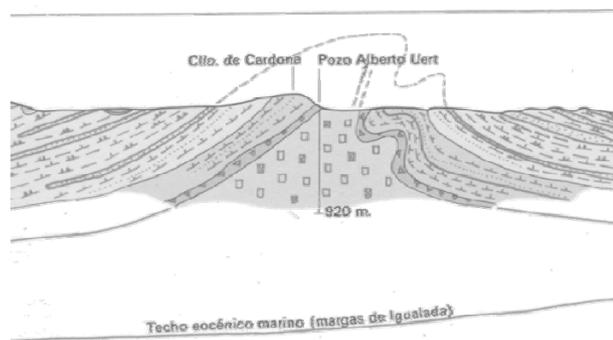


Juan Carlos Baquero Úbeda y Rafael Fernández Rubio

Otro ejemplo interesante, de acondicionamiento minero, es el referente a la mina Nieves, excavada en la Montaña de Sal de Cardona (Barcelona), en la comarca del Bagés, a orillas del río Cardener (Figura 100 y Figura 101).



Figura 100. Localización de la mina Nieves en la Montaña de Sal (Cardona, Barcelona). Cartografía Magna (IGME, 1975).



1: Formación salina. 2: Margas de transición. 3: Margas y areniscas turbidíticas. 4 Molasas.

Figura 101. Corte NW-SE del Anticlinal de Cardona (IGME, 1975).

Se trata de un diapiro salino perforante (Figura 102 y Figura 103) que, en un procesos activo de halocinesis, ha atravesado un pliegue anticlinal, en materiales del Eoceno Superior (Priaboniense Medio-Superior), rodeados por materiales del Oligoceno (Sannoisiense), abriéndose paso hasta superficie, para dar 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).



Figura 102. Vista general de la Montaña de Sal de Cardona.

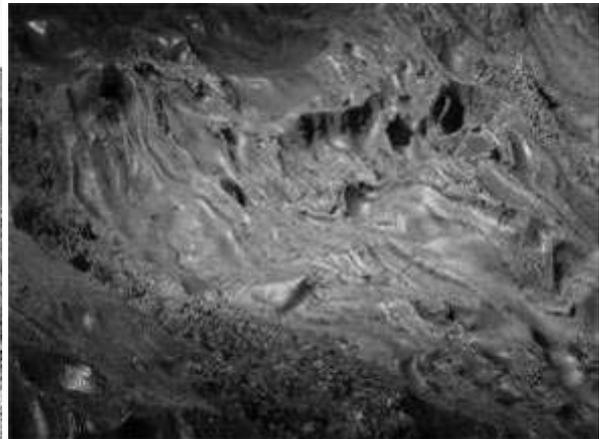


Figura 103. Detalle de la mineralización que compone la Montaña de Sal.

Si se observa de cerca la Montaña de Sal, se aprecia el acusado plegamiento de los estratos y el bien desarrollado 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, hasta las sales potásicas, anaranjadas o rosadas (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 (Figura 104).



Figura 104. Restos mineros abandonados, estalactitas y coladas de sal, en el interior de la mina Nieves (Cardona, Barcelona).



Rafael Fernández Rubio

Otro aspecto de interés, en la rehabilitación de minas subterráneas, deriva del hecho de que en minería subterránea en rocas solubles, existe la posibilidad de descubrimiento de cavidades kársticas naturales a través de las labores mineras.

Así, por ejemplo, Fernández Ortega y Valls Uriol (2004), al describir las minas y cavernas del Macizo Oriental de Picos de Europa (Cantabria), presentan varios descubrimientos 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 interceptado 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 al hallazgo 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, entre todas las cavidades descubiertas a través de la minería, los máximos honores corresponden a la cueva de El Soplao (Cantabria) (Figura 105), complejo que hoy ofrece un extraordinario desarrollo para el turismo, con excepcionales instalaciones de interior y exterior, cuya descripción dejamos en la pluma y las fotografías de Fernández Ortega y Valls Uriol.



Figura 105. Cueva de El Soplao (Cantabria) (Foto: Rafael Fernández Rubio).



Francisco Fernández Ortega y María del Carmen Valls Uriol

Desde 1856 el hombre explotó los criaderos de zinc y plomo, en calizas arrecifales y dolomías, del Cretácico Inferior, en una serie de minas en Cantabria, entre las cuales nos interesa destacar a las minas de La Florida y Udías, donde las labores mineras permitieron descubrir extraordinarias cavidades naturales (Figura 137).



Estas dolomías están formadas por sustitución de iones Ca^{++} por iones Mg^{++} , en el sedimento carbonatado original, sustitución que implica la creación de huecos en la roca (incremento de la porosidad de la roca de hasta un 13%). Esta circunstancia permitió la circulación de fluidos hidrotermales mineralizantes, a través de las dolomías, que depositaron su carga metálica (zinc y plomo principalmente) en los espacios vacíos, en forma de sulfuros, dando lugar a importantes yacimientos de blenda y galena (Figura 106).

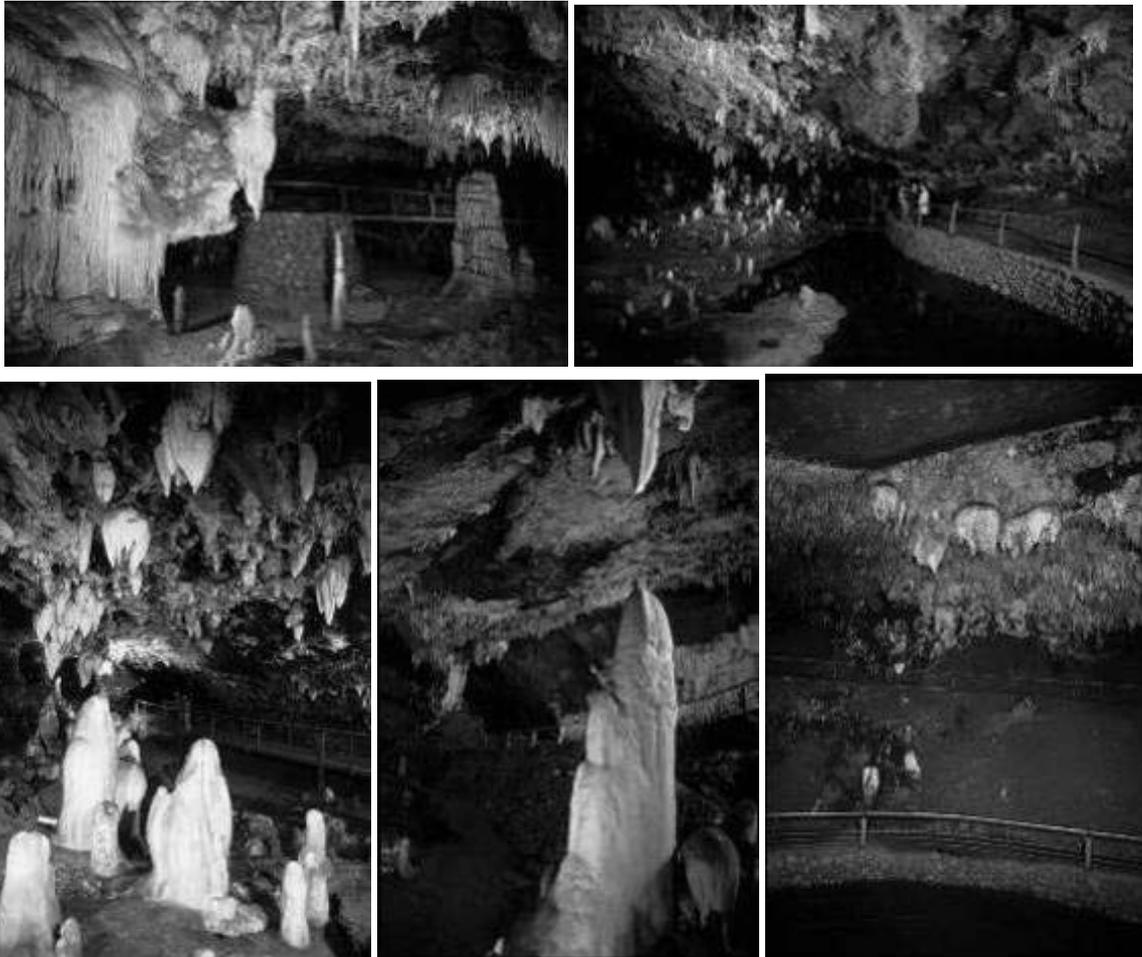


Figura 106. Mina - cueva El Soplao. Galerías Gorda y de Los Fantasmas, que los mineros utilizaban como galerías de transporte. Se ha modificado la antigua vía de ferrocarril para facilitar la visita turística, respetando taludes y muros realizados para la explotación minera (Foto: Francisco Fernández Ortega y María del Carmen Valls Uriol).

En este contexto es de destacar que, al interceptar una cavidad natural por una galería minera, se establece una fuerte corriente de aire fresco sobre las labores (por un proceso de 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 gran impulso a su explotación hasta su clausura definitiva en 1978.

En el 2003 el Gobierno de Cantabria, a través de su Consejería de Cultura Turismo y Deporte, tras un periodo de abandono 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 abrió al público esta mina-cueva, considerada como la más bella del mundo (Figura 107). Cavidad que no se hubiera descubierto si no hubiese sido por la minería.



Figura 107. Mina - cueva de El Soplao. Falso Suelo. Próximo a la zona de paso de los mineros, y al recorrido de turismo-aventura (Foto: Francisco Fernández Ortega y María del Carmen Valls Uriol).

Hay que resaltar que, en contra de lo que pudiera imaginarse, las labores mineras no afearon a 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.

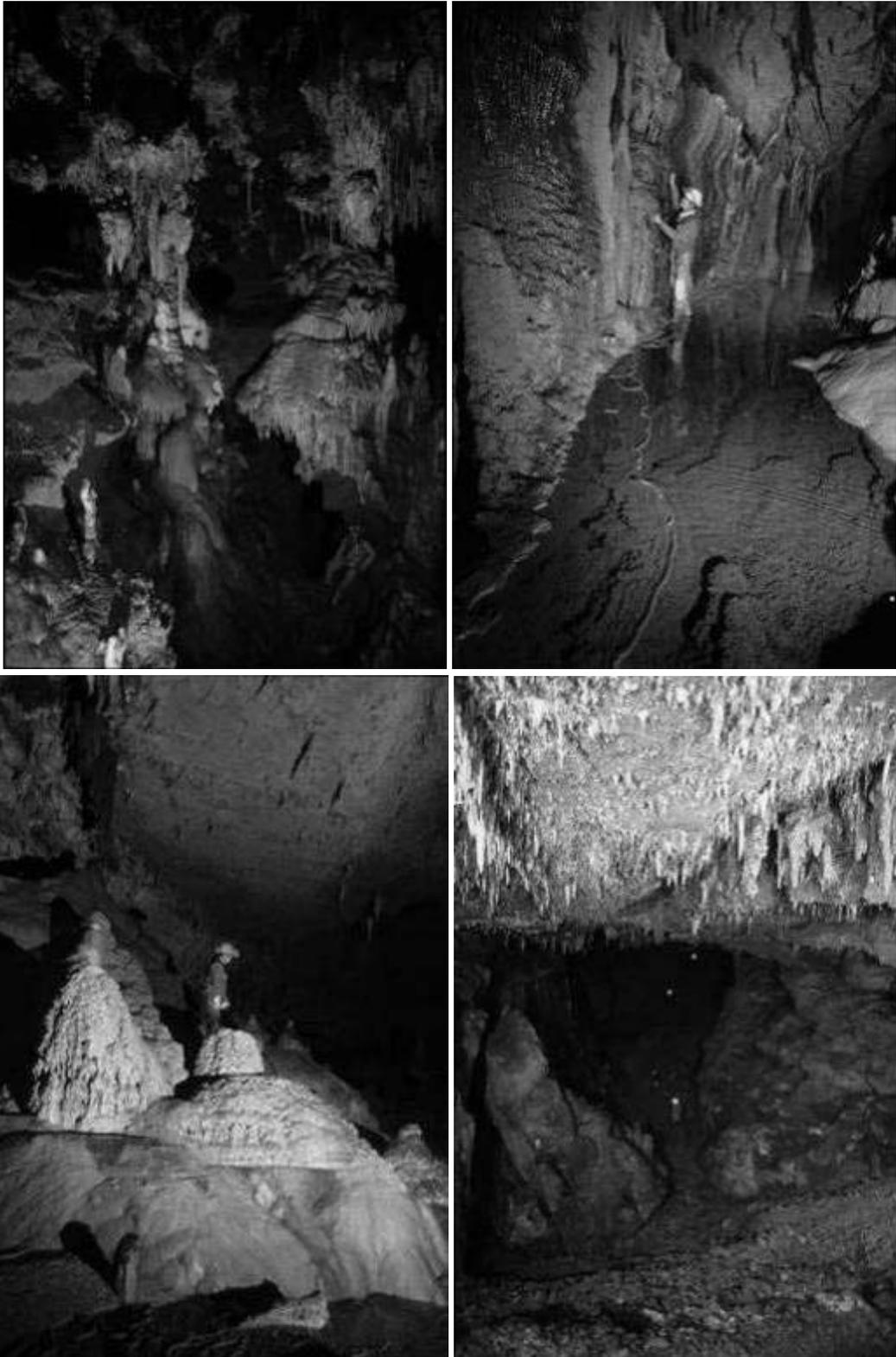
Por otra parte, el cierre hermético en el que se conservó esta caverna, con una atmósfera estable, a lo largo de largos periodos geológicos, se ha visto enriquecido por la mina, que ha propiciado la generación masiva de excéntricas de gran belleza (Figura 108)

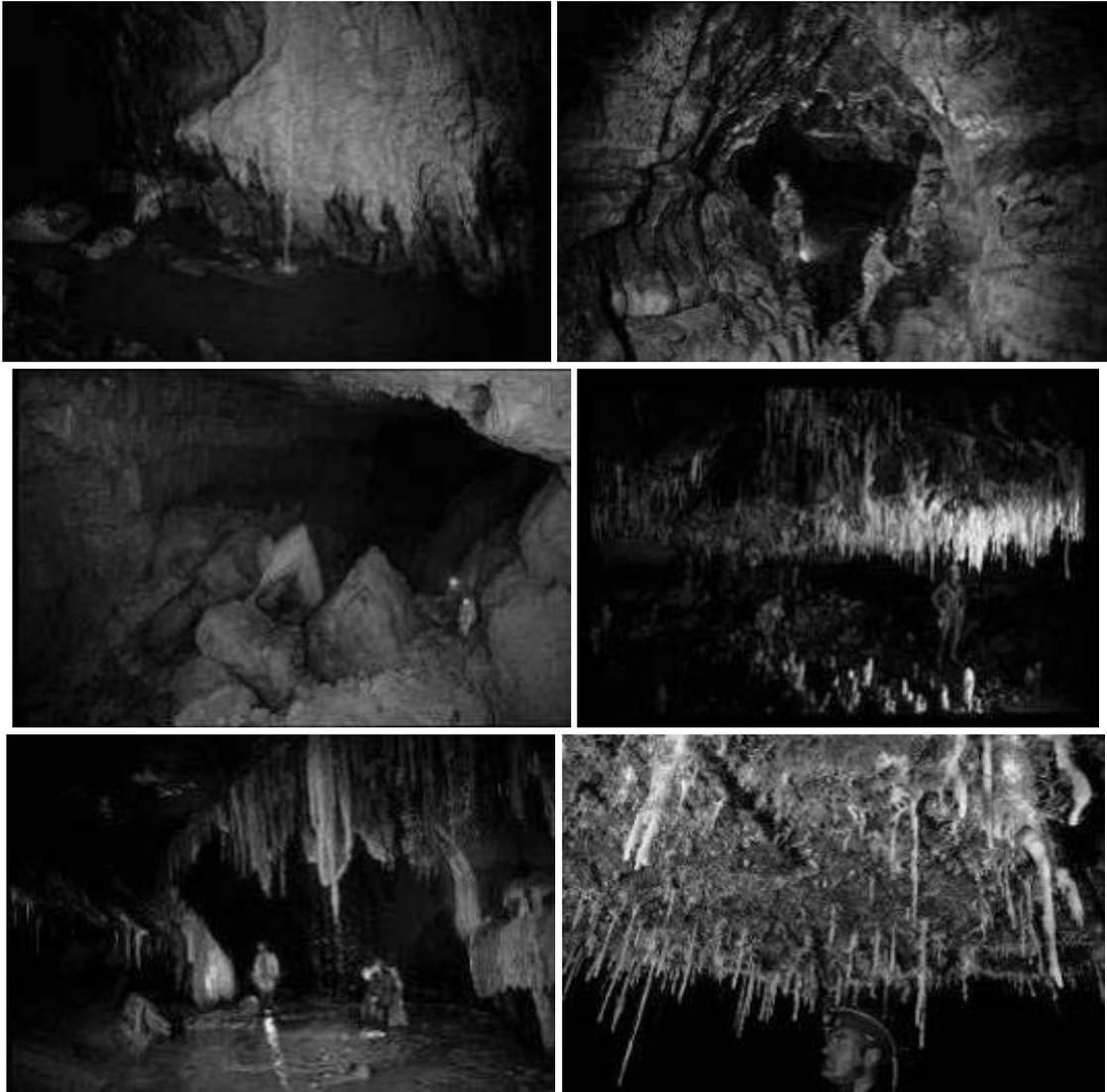


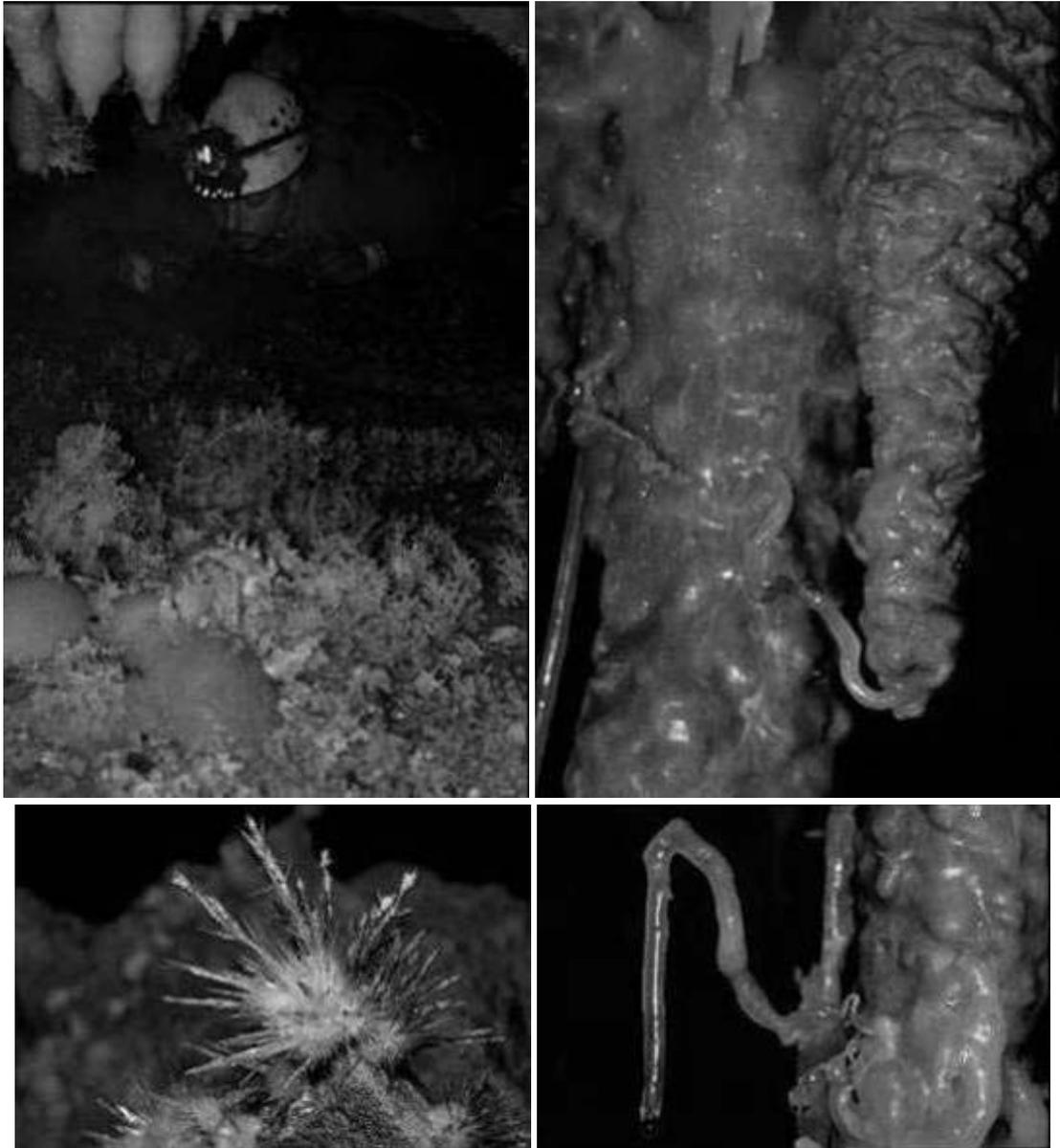


Figura 108. Mina - cueva de El Soplao. Excéntricas o helictitas de aragonito, formadas en el hermetismo de la caverna, que posteriormente descubrió la mina (Foto: Francisco Fernández Ortega y María del Carmen Valls Uriol).

Es así que este contexto minero – espeleológico, es ahora una cavidad excepcional desde el punto de vista de su conservación medioambiental, al tiempo que se ha convertido en un auténtico laboratorio natural que sirve, además de para deleitarnos con sus maravillas, para estudiar las condiciones que propician la génesis de tantos y tan variados espeleotemas (Figura 109).







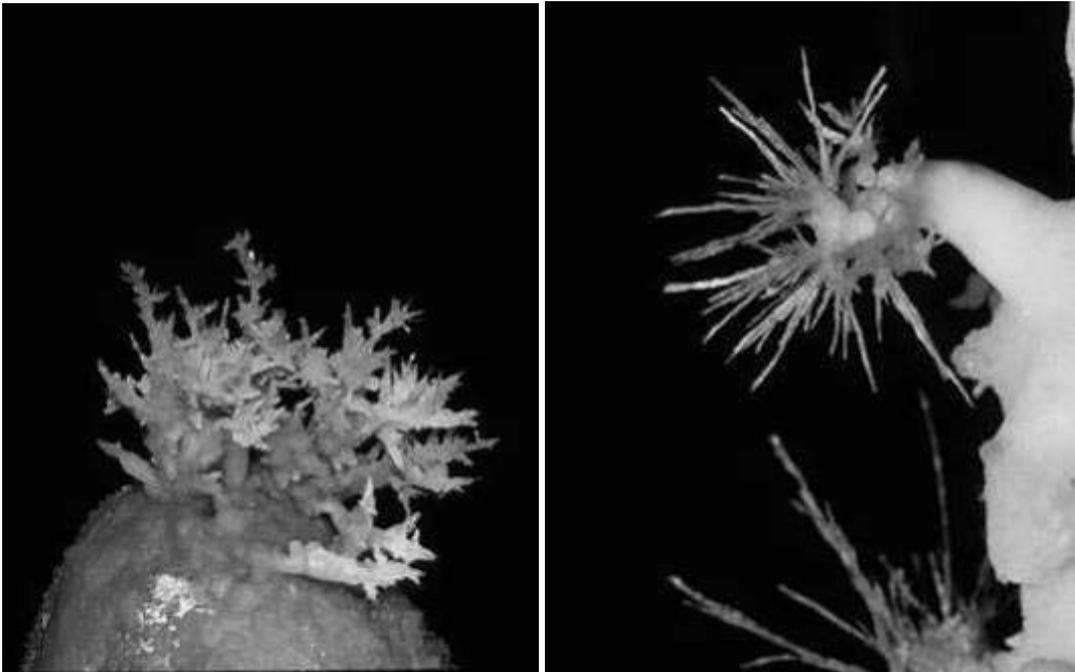


Figura 109. Mina - cueva Soplao. Excéntricas o helictitas de aragonito, formadas en el hermetismo de la caverna, que descubrió la mina (Foto: Francisco Fernández Ortega y María del Carmen Valls Uriol).

Otro gran cavernamiento natural, en Cantabria, descubierto a partir de labores mineras, y que goza de una merecida fama, se localiza en las laderas orientales del polje de Udías hendido por galerías mineras que han interceptado en varios puntos a la cueva del Rescaño, con más de 15 kilómetros de galerías naturales.

En este caso el descubrimiento de la cueva se produjo el 1 de febrero de 1912, cuando el capataz de la Real Compañía Asturiana de Minas, Rafael Lecuna, trabajando en la mina de Seldel haya, localizó una sima con fuerte corriente de aire. Tras descender, mediante un torno, se constató la existencia de una gran galería, por la que circulaba el río (Figura 110). Lecuna mostró 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 en forma de sima (torca de la Luna Llena) y la otra de sumidero (cueva del Rescaño), en el que desaparece el arroyo de Suvia, para surgir en la cueva de La Presa, próxima a Novales, que se abastece con esta agua, una vez depurada.

La entrada a la cueva del Rescaño por las bocas naturales es compleja, por hacerse necesario salvar verticales, o por tener que utilizar bote neumático para circular por el río. De manera que las cómodas entradas por la antigua mina permiten descubrir la belleza de esta magnífica cavidad maravillosamente concrecionada en muchos puntos.



Figura 110. Asociación mina de Seldelhaya – cueva del Rescaño (Udías). Gran Cañón. Galería de les Pendants (Foto: Francisco Fernández Ortega y María del Carmen Valls Uriol).

Igualmente, en el valle de Carranza, límite occidental de Vizcaya, otras dos explotaciones mineras subterráneas, de zinc-plomo, pusieron de manifiesto la presencia de cavidades naturales. Se trata de la mina Txomin, donde los trabajos mineros 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 (Figura 111).

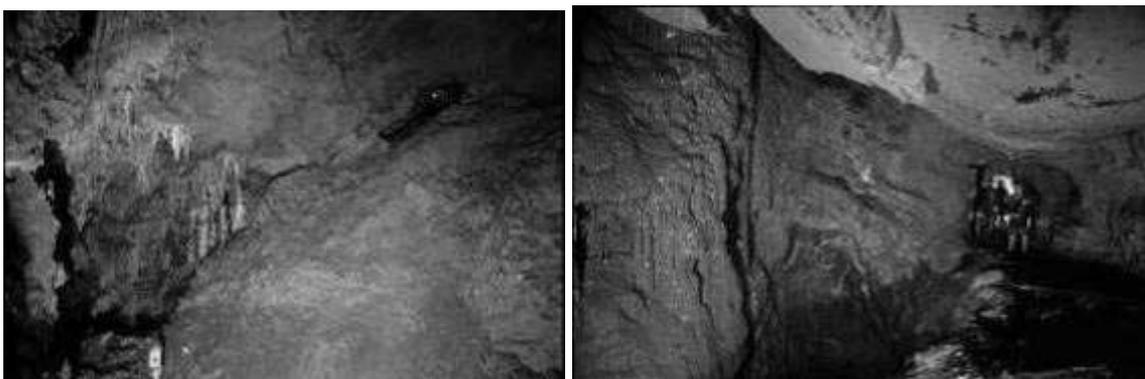




Figura 111. Diferentes soplaos en la mina Txomin (Vizcaya) (Foto: Francisco Fernández Ortega y María del Carmen Valls Uriol).

Ejemplo también de rehabilitación es la realizada recientemente por el ayuntamiento de Carranza, en la mina Ángela, para su visita turística, en la que igualmente la explotación minera permitió el descubrimiento de varios “soplaos”, de muy sencillo acceso y, como no, preciosamente adornados por multitud de formaciones (Figura 112).





Figura 112. Carranza (Vizcaya). Soplaos en la mina Ángela de Matienzo, con aprovechamiento turístico (Foto: Francisco Fernández Ortega y María del Carmen Valls Uriol).



Rafael Fernández Rubio

En el contexto en el que hablamos, las explotaciones mineras, llevadas a cabo en España, han sido origen, también, de descubrimientos de minerales en grutas naturales, como es el caso de los cristales gigantes de yeso en la geoda de la mina Quien Tal Pensara, en Pilar de Jaravia (Pulpí, Almería). Una geoda descubierta recientemente, en el interior de la mina, puede considerarse como un auténtico “monumento natural”, digno de conservación. El tamaño de estos cristales, del orden de un metro, se ve superado solamente por los de algunas minas mejicanas (Figura 113).

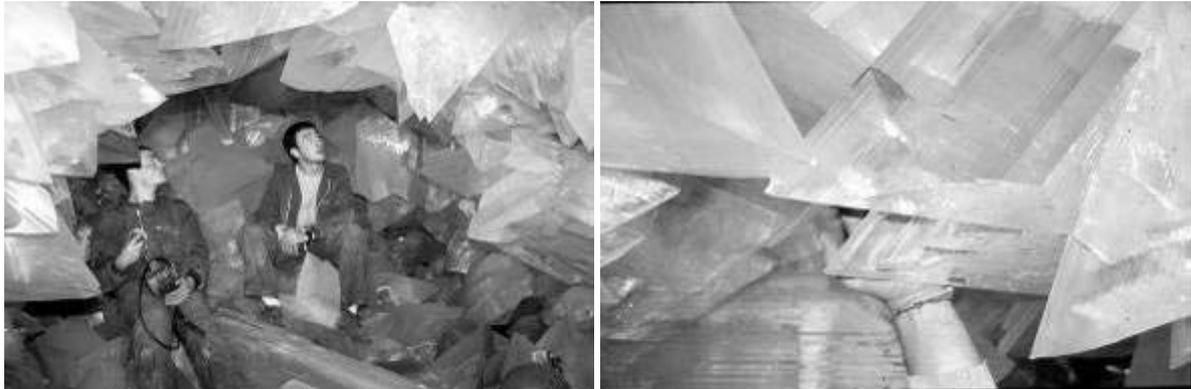


Figura 113. Geoda con cristales de yeso gigantes encontrada en la mina Quien Tal Pensara, en Jaravia (Pulpí, Almería), mucho después del cese de la actividad minera (Foto: José Manuel Cuesta y Fernando Gómez).



4.3 Rehabilitación urbana y residencial

Rafael Fernández Rubio

Un caso un tanto singular, de rehabilitación de una mina subterránea, se nos ofrece en la transformación de unas antiguas explotaciones de calizas de época romana, empleadas para la obtención de sillares para la construcción, ubicada en la falda de Sierra Morena, en el Cerro del Aulagar (Barriada de Nuestra Señora de Linares) apenas a 5 minutos de Córdoba. Hoy en ellas se aloja el Restaurante Cuevas Romanas.

Se trata de una cantera subterránea, de época romana, de indudable valor arqueológico, que se explotó por el sistema de cámaras y pilares, descubierta en 1929 (Figura 114). 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 de los hombres que allí trabajaron.



Figura 114. Antigua cantera romana de calizas, en Córdoba, convertida en restaurante.

Por su proximidad con la vía que unía las capitales romanas de Emerita y Corduba, podría haber servido como cantera para el abastecimiento de material utilizado en la construcción de

monumentos de la Colonia Patricia "Corduba" y en periodos posteriores. Actualmente se estudia en qué monumentos romanos, de Córdoba, se empleo la piedra extraída de estas canteras.

No cabe duda de que el emplazamiento de un restaurante, en su interior, supone un aprovechamiento singular e imaginativo de esta antigua explotación minera subterránea (Figura 115).



Figura 115. Restaurante y bar instalados en antigua cantera subterránea romana, en Córdoba.



Ángel Estebarranz 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 (Figura 116).



Figura 116. Localización del Restaurante Balarés, construido sobre unas antiguas minas de titanio.

Con respecto al origen de esta mina es de destacar que, en vísperas de la II Guerra Mundial, Alemania, 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 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 ya no volverá al esplendor de las épocas de guerra.

En este contexto, la mina Titania (Figura 117), 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; la mina estuvo en operación desde 1935 hasta 1964, dando trabajo a 60 empleados.



Figura 117. Vista aérea de la Playa de Balarés, muelle y mina de wolframio.

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", hasta Villagarcía, para suministro clandestino 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).

En el año 2000 se restauraron los hastiales 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 Ponteceso (A Coruña) y la Diputación, es de diseño moderno y concepción minimalista (Figura 118), según proyecto del grupo coruñés de arquitectos Quintáns, Raya y Crespo.



Figura 118. Playa y restaurante de Balarés construido sobre la mina Titanio.

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 vistas muy llamativas de la ría, desde el exterior o desde el comedor acristalado.



5 REHABILITACIÓN DE MINAS A CIELO ABIERTO

5.1 Rehabilitación agrícola y ganadera

Rafael Fernández Rubio

Con frecuencia, desde el inicio, la rehabilitación de muchas explotaciones mineras a cielo abierto se orienta en el uso agrícola, con gran diversidad de actuaciones.

Un buen ejemplo de esta utilización agrícola de áreas mineras explotadas a cielo abierto, es el que realiza la empresa TOLSA en sus explotaciones de arcillas especiales (sepiolita y bentonita), entre la zona meridional de Madrid y La Sagra (Toledo), donde aplica minería de transferencia, con la creación transitoria de huecos, que posteriormente son rellenados y revegetados, para ser reintegrados a la actividad agrícola (García García, 2004).

Estos yacimientos, tienen disposición marcadamente horizontal, adoptando forma de lentejones, más o menos grandes, y se extienden bajo una gran superficie, de relieve suave y alomado, donde la erosión no los ha hecho desaparecer. De acuerdo con la calidad del mineral (establecida por las analíticas de las campañas de sondeos), ratio de explotación (potencia y recubrimiento), distancia de transporte, así como otros aspectos físicos o administrativos, la empresa realiza una selección de los terrenos a explotar.

Hay que destacar que la superficie de actuación está muy parcelada, en fincas de aprovechamiento agrícola, generalmente explotaciones de secano para cereal, forraje o leguminosas, con superficie variable entre media hectárea y cuatro hectáreas, lo que hace preciso alcanzar acuerdos de alquiler temporal de las parcelas con un elevado número de propietarios.

Se practica minería por transferencia de estériles, evitando en lo posible la creación de acopios intermedios. La actuación viene precedida por el replanteamiento de los linderos de las fincas a ocupar (Figura 119), y las cotas de origen, que servirán de referencia para la rehabilitación y devolución de los terrenos en condiciones morfológicas idénticas a las de partida.



Figura 119. Perfilado de linderos y preparación de rampas a zona de acopio (Foto: TOLSA).

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 (Figura 120).



Figura 120. Retirada y acopio de la tierra vegetal original (Foto: TOLSA).

El desmonte de estériles se realiza con retroexcavadoras de tamaño mediano con dúmpers en número variable en función de la distancia al vertedero (Figura 121). Generalmente el material a arrancar es blando, siendo algunos niveles calcáreos y la propia sepiolita los horizontes más competentes (Figura 122). 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.



Figura 121. Minería de transferencia. Desmonte de estériles y limpieza de la capa de sepiolita (Foto: TOLSA).



Figura 122. Limpieza de la capa de mineral (Foto: TOLSA).

Hasta la fecha los trabajos se han realizado por encima del nivel freático, por lo que los fondos de excavación se conservan secos, con la salvedad de pequeños aportes de agua que tienen su origen en intercalaciones arenosas de la arcilla del recubrimiento. En período de lluvias, las

condiciones de trabajo en estas arcillas se dificultan notablemente, imponiendo la realización de cunetas de desagüe (Figura 123), y paradas temporales de la excavación.



Figura 123. Preparación de cunetas de desagüe, si se requieren. (Foto: TOLSA).

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 fábrica. La zona así explotada es en ese momento rellenable, por lo que se acompasan las tareas de extracción y relleno, de forma que se mantenga una continuidad de la actividad (Figura 124).



Figura 124. Relleno del hueco paralelo a la extracción de mineral (Foto: TOLSA).

Una vez que el hueco ha sido rellenado en su totalidad, y las áreas de encharcamiento indeseables han sido rectificadas, dirigiendo las aguas del modo más adecuado a los fines agrícolas, y suavizando las pendientes, se incorpora el suelo vegetal original (Figura 125), en una capa de espesor uniforme 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.



Figura 125. Extendido de tierra vegetal sobre explotación ya rellenada (Foto: TOLSA).

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 la finca, antes de ser devuelta, y así consta de hecho en el contrato que se firma entre las partes.

Por otra parte, la operación de desbroce y posterior aireado de la tierra, con el arado, 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 (Figura 126).



Figura 126. Yacimiento de bentonita explotado y restaurado. (Foto: TOLSA).

También se eliminan las frecuentes pedrizas de sílex, que los agricultores tienen que apartar de forma manual de sus campos. Para sus trabajos de relleno, se seleccionan 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, se realizan de forma sistemática tareas diversas, tales como 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 (Figura 127).



Figura 127. Repaso de baches y construcción de cunetas en los caminos compartidos (Foto: TOLSA).



José Luís Alperi Jove



Por considerarla de interés, vamos a presentar la rehabilitación ortofrutícola realizada en la mina a cielo abierto² La Matona (Langreo-Asturias), por Gold Fruits XXI.

Como se describe en los apartados 2.1 y 2.2, este es un caso significativo de rehabilitación de espacios mineros, en el sin duda se ha conseguido dar un uso más favorable a unos entornos en los que ha habido actividad minera, teniendo en cuenta los aspectos sociales, económicos y ambientales del territorio. Se trata, sin duda, de una iniciativa muy singular y totalmente pionera, que se está llevando a cabo en el municipio de Langreo (Asturias), ocupando parte de los terrenos de la antigua mina a cielo abierto de La Matona, explotada en su día por la Empresa Minera Hulleras del Norte, S.A.



Figura 128. Vista general de la mina a cielo abierto de La Matona (año 2000) (Foto: Celso Penche García).

Esta iniciativa, de la queremos dejar constancia, es el nacimiento tiempo atrás de la Sociedad Anónima Gold Fruits XXI, cuya actividad principal es el “Cultivo de frutas, frutos secos especias y cultivos para bebidas”; y tiene como objeto social “La realización de toda clase de explotaciones agrícolas, forestales y ganaderas. La fabricación, elaboración y venta de productos derivados de la agricultura y ganadería, incluidos licores, aguardientes y conservas”. Tras su creación, esta empresa apostó por la Rehabilitación del Espacio Minero desde un punto de vista innovador, moderno y avanzado: como decíamos al principio, siempre teniendo en cuenta los aspectos sociales, económicos y ambientales del territorio. La apuesta es clara, si se gasta dinero en rehabilitar ¿por qué no aprovecharlo en algo concreto que aporte valor añadido? ¿por qué no marcarse unas exigencias de devolver a la zona cierta riqueza y empleo? ¿por qué no ser exigente con el proceso? Así pues, estamos ante un muy buen ejemplo de desarrollo sostenible, respetuoso con el medio ambiente, sumidero de CO₂; siempre sin perder la perspectiva que la diferencia de costes entre este tipo de rehabilitación y la tradicional restauración es mínima, lo que supone otro aliciente más.

² En realidad La Matona es mina y es escombrera, ya que se trabajó en una especie de “minería de transferencia”: se iba explotando y a la vez rellenando el hueco dejado.



Figura 129. Vista general de la mina a cielo abierto de La Matona (año 2004) (Foto: Celso Penche García).

Gold Fruits XXI nace con la idea de vender productos hortofrutícolas de alta calidad, cada vez más demandados por el mercado, necesitado de alimentos que no se traten con fertilizantes ni con cualquier otro producto químico, en los que prime la alta calidad y la gran selección, productos que marquen la diferencia.

Para todo esto, se comenzó preparando, en unos terrenos contiguos a los de Matona, también rehabilitados y procedentes de la minería a cielo abierto, unos 50.000 manzanos de donde se obtiene manzana de mesa y manzana de sidra, con características muy peculiares para Asturias, ya que se trata árboles de poca altura, plantados muy cerca unos de otros, lo que permite una recolección mucho más fácil, con el objetivo final de obtener una manzana de calidad.

Posteriormente, el proyecto industrial de la empresa se reorientó hacia el cultivo de kiwi, con la idea de diversificar riesgos, y de aprovechar el potencial de un cultivo del que se obtienen muy buenos resultados productivos y de calidad. Es en este apartado en el que nos vamos a centrar, por sus peculiaridades, ya que en Asturias “manzanas hay muchas”, pero cultivo de kiwis no es tan común.

Las condiciones edafoclimáticas de Asturias, en cuanto a temperaturas medias anuales, porcentajes de humedad relativa, número de horas de frío anuales, así como las características específicas de los suelos procedentes de escombreras de minería (que, al estar formados en su mayor parte por pizarra y arenisca, son muy permeables), favorecen el cultivo de kiwi. Dadas todas las circunstancias señaladas anteriormente, esta Sociedad decidió que en la antigua mina a cielo abierto de La Matona se podría preparar el cultivo, para liderar la producción asturiana de kiwis en un horizonte de siete años. La plantación nació con la previsión de alcanzar las 26.000 plantas a lo largo del año 2008, en una superficie total de 40 Ha. Se piensa en obtener la primera cosecha completa en el año 2011, y producir a pleno rendimiento tres años después. En cinco o seis años, la compañía hortofrutícola suministrará al mercado 1.400.000 kilos de kiwi anuales, si todo transcurre con normalidad.



Figura 130. Vista panorámica de la plantación de kiwis (año 2007) (Foto: Celso Penche García).

En cuanto a las cifras de empleo e inversión, se estima una plantilla básica de 15 empleados, pero durante la recolección se elevará considerablemente. Serán empleos temporales, pero de cierta duración, pues se alternarán en la recogida de los kiwis y de las manzanas. Por otra parte, hay una cantidad considerable e importante de empleo inducido, ya que se tienen que preparar infraestructuras para la plantación, sostenimiento, sistema de riego, preparación de terreno, etc., donde redundará en actividad en las empresas auxiliares de la zona. Finalmente, también debemos considerar la incidencia positiva en el empleo del sector transporte



Figura 131. Vista panorámicas de la plantación de kiwis desde la entrada principal (año 2008) (Foto: José Manuel Casas López).

Centrándonos en el proyecto en sí, vamos a pasar revista a alguno de los aspectos fundamentales, que nos clarificarán su dimensión real:



Figura 132. Vistas panorámicas de la plantación de kiwis (año 2008) (Foto: José Manuel Casas López).

En relación con la plantación hay que destacar que el kiwi es una planta trepadora, originaria de las montañas de China, que tiene múltiples variedades. Algunas variedades destacan con buenos resultados, ya que se adaptan a las condiciones de clima y suelo apropiadas de las zonas donde se cultivan. En el caso que nos ocupa, se ha seleccionado, para la primera fase de la plantación, la variedad "Hayward". Esta variedad no se ha elegido al azar, si no que se escogió, entre otros, por los siguientes motivos:

- ↪ Calidad y tamaño del fruto.
- ↪ Elevado interés comercial.
- ↪ Buena conservación frigorífica.
- ↪ Variedad extendida.
- ↪ Posibilidad de aumentar la densidad de plantación, al ser una planta de mediano vigor, lo cual influye directamente en el nivel de producción.
- ↪ El tomento, o capa de pelos que recubre la superficie, es mucho más fina que en otras variedades, factor muy apreciado comercialmente, además de la consiguiente reducción en el proceso industrial de cepillado.



Figura 133. Planta y fruto de kiwi (Foto: José Manuel Casas López, José Luís Alperi Jove y José Manuel Casas López).

En relación con la plantación hay que indicar que, como primer paso de preparación del terreno, debido principalmente a la naturaleza de los materiales que conforman estas superficies, y al objeto de dotar de una cobertera vegetal adecuada a los plantones, se han abierto riegos, a modo de

zanja, de 1,20 m de ancho y 0,80 metros de profundidad; posteriormente se rellenaron con tierra vegetal, y se dejaron calles de separación para permitir la circulación de la maquinaria. Complementariamente, para proteger a las superficies plantadas de efectos erosivos y de inundación debido a escorrentías, se ha construido una red de cunetas para la correcta canalización de las aguas.



Figura 134. Preparación del terreno (Foto: José Manuel Casas López).

Para la plantación propiamente dicha se realizaron hoyos de 60-70 cm. de profundidad por 50 cm de ancho, colocando la tierra sobrante en forma de cono en el interior del hueco, hasta que sobresalga unos 15 cm por encima del nivel del suelo. La planta reposa sobre este montículo, quedando sus raíces bien extendidas.

Para el sustento de la planta de kiwi, al ser ésta de naturaleza trepadora, se implementa una estructura de conducción y sostenimiento adecuada. Se han empleado postes de hormigón, situados a 4 metros de distancia entre sí, y se pasaron 5 alambres que conforman el sistema de plantación denominado “túnel”, conducción en “T” o cruceta. Completando el sistema de sustento se empleó un “macarrón”, que atado desde el cuello de la planta se extiende hasta alcanzar el alambre central, punto más alto del “túnel”.



Figura 135. Sistema de sostenimiento (Foto: José Manuel Casas López).

Este sistema de sustento presenta una serie de ventajas entre las que podemos destacar:

- ↪ El flujo de aire es superior, lo cual favorece la polinización.
- ↪ Se asegura un mayor número de horas de radiación solar a todas las partes de la planta.
- ↪ El sistema en forma de túnel y la altura de los postes, facilita las labores de poda, pudiendo realizarse ésta con mayor frecuencia, lo que repercute favorablemente en la calidad del fruto.
- ↪ Se simplifican las tareas de recolección, reduciéndose el tiempo de recogida.

¿Cómo se riegan?



El cultivo del kiwi (cuya planta se denomina actínida) significa un cierto incremento de las necesidades de suministro de agua. Esta planta requiere, por un lado, que se mantengan condiciones de humedad adecuadas en el sistema radicular de la planta y, por otro lado, que se asegure un nivel de humidificación apropiado en el entorno de la planta. Es cierto que en Asturias, hasta el momento, las necesidades de agua están cubiertas, pero dadas las condiciones climáticas cambiantes, y la falta de uniformidad en la distribución de lluvias, se ha decidido dotar a la explotación de un sistema de riego para paliar los posibles efectos de una ausencia prolongada de lluvias.



Figura 136. Elementos principales del sistema de riego (Foto: José Luís Alperi Jove, Celso Penche García y José Luís Alperi Jove).

La actinidia es una planta con un amplio sistema foliar que transpira gran cantidad de agua, no resultando compensada esta pérdida de agua mediante la absorción vía radicular. Por tanto, la humedad relativa de la atmósfera es un factor limitante para su cultivo. En condiciones de humedad insuficiente, el crecimiento de la planta puede verse seriamente afectado, ya que el agua perdida por transpiración no puede ser compensada por la absorbida por las raíces. Para solventar esta circunstancia, se ha implantado un doble sistema de riego; por goteo, cuya finalidad principal es, además del riego propiamente dicho, la de facilitar un aporte convenientemente dosificado de nutrientes a los plantones, y por microaspersión.

El sistema de riego se compone de tres partes principales.

- ↳ Balsas de acumulación de agua.
- ↳ Cabezal de riego, bombeo y sistema de fertilización.
- ↳ Red de distribución.

Las balsas se abastecen de los manantiales existentes y están ubicadas en la cota más elevada posible, respecto a las superficies acondicionadas como plantaciones. Se han construido dos balsas de acumulación en La Matona: una balsa principal y otra auxiliar. La capacidad total de acumulación de agua es de unos 40.000 m³. Las balsas se han impermeabilizado adecuadamente, y disponen de un cierre perimetral, para impedir el acceso por parte de personal ajeno a la instalación.

Se ha construido una nave donde se han dispuesto los equipos correspondientes al sistema de bombeo y abonado. Se ha previsto un grupo de impulsión, que permite bombear el agua desde la balsa inferior a la superior, o aprovechar el almacenamiento de aguas de escorrentía.

La red de distribución de agua para riego consiste en tuberías de distribución general, formada por tuberías de PVC, de distintos diámetros entre 50 mm y 140 mm, y por tuberías de plástico de diámetros entre 40 mm y 75 mm, todo ello regulado por válvulas. Las tuberías de goteo son de polietileno de baja densidad con goteros autocompensantes (para poder trabajar a distintas presiones), embebidos en la propia tubería. Los goteros se montan en la tubería a 0,60 metros de distancia entre sí, colocados a nivel del suelo y montando una línea por cada fila de árboles.





Figura 137. Sistema de riego en funcionamiento (Fotos: Celso Penche García).

Para el equipo de microaspersión, se utiliza tubería de polietileno negro de baja densidad, resistente a la degradación, y los correspondientes microaspersores. La tubería de microaspersión se coloca a 1,90 metros del suelo, sujeta al alambre central (uno de los 5 que servirá de sustento a la planta, formando el denominado “túnel”). Los microaspersores se acoplarán a esta tubería cada tres metros, de manera que quedarán suspendidos a una distancia de 1,5 metros del suelo, y una línea por cada fila de árboles. Esta distribución hace que haya un microaspersor por planta.

¿Cuál es el destino final de los kiwis?

Evidentemente, el aprovechamiento frutícola de estos terrenos tiene carácter industrial, por lo que su objetivo final no es la mera producción, sino que pretende llegar a la fase de transformación necesaria para la comercialización de la fruta.

Por ello, se ha contemplado la necesidad de disponer de una superficie en la que se puedan llevar a cabo los procesos de preparación de la fruta (limpieza, clasificación y almacenado para su posterior venta).

En los propios terrenos de la antigua explotación de La Matona, se piensa como ubicación idónea para la Central de Transformación, en la que se realizarían los trabajos de recepción, conservación, selección, normalización y comercialización del kiwi. El emplazamiento inicialmente seleccionado se sitúa en el centro de la plantación, integrada en un paisaje frutal. En total, para el conjunto de las instalaciones se acondicionaría una parcela de 2,5 Ha, de los cuales unos 0,5 Ha aproximadamente se destinarán a edificación y el resto se dedicaría a aparcamientos, muelles de carga y descarga, zona de almacenaje de embalajes, etc.



Figura 138. En el centro de la imagen puede distinguirse la zona donde se ubicará la Central de Transformación de Gold Fruits XXI, dentro del área de la plantación (Foto: José Manuel Casas López).



CEMEX y Rafael Fernández Rubio

Otro ejemplo de aprovechamiento frutícola, interesante por su eficiencia y por los resultados alcanzados, es el referente a la conversión de una cantera de caliza, en explotación agrícola de frutales, realizada por CEMEX en la finca El Clotet (Alicante).

Se trata de un ejemplo de buenas prácticas, en el que se ha hecho realidad la regeneración de terrenos afectados por la actividad minera, siguiendo la filosofía de crear nueva riqueza en lo que son los terrenos afectados por la obtención de la materia prima para la fábrica de cemento gris de Alicante.

Estos trabajos, en la cantera agotada, se iniciaron en 1985, y hoy se puede decir que cuenta con una finca de 110 hectáreas, con más de 85.000 frutales, cuya producción ronda las 2.000 toneladas (Figura 139 y Figura 140)



Figura 139. Conversión del espacio de una cantera para cemento gris, de CEMEX, en plantación de mandarinas (Foto: Francisco Márquez Sánchez).



Figura 140. Recolección de mandarinas fruto de la rehabilitación de un espacio minero industrial (Foto: Francisco Márquez Sánchez).

Pero, además, esta iniciativa ha ido mas allá de la creación de una explotación agrícola en suelo restaurado. Otra mejora ambiental conseguida, de gran importancia en una zona de escasez endémica de agua, es la utilización exclusiva de agua reciclada para el riego y uso industrial.



Teniendo en cuenta que tanto la planta como la cantera están situadas en una zona de gran tradición hortofrutícola, conocida como “Font-Calent”, entorno que disfruta de un microclima ideal para el cultivo de árboles frutales. Con la puesta en marcha de esta explotación agrícola se ha creado un cinturón verde que rodea la fábrica, poniendo de manifiesto la posibilidad de convivencia armónica entre actividad industrial y agrícola.

La larga experiencia, los detallados estudios del terreno y las condiciones climáticas, así como la formación de profesionales de la empresa en temas agrícolas, han sido decisivos en el éxito de la nueva explotación

Para ello se regeneró y recuperó el suelo para hacerlo apto para este tipo de cultivos, con adición de materia orgánica, procedente de las tierras obtenidas de solares en construcción. Posteriormente, se incorporó abono orgánico animal y lodos. Se labró varias veces, y se esperó un tiempo para que la tierra asimilara los nuevos componentes. Sobre esa área de actuación se plantaron más de 85.000 árboles de nectarinas, melocotones, ciruelas y, posteriormente, mandarinas.

Uno de los mayores problemas, para el sostenimiento de la finca, era la falta de agua, recurso escaso en esta zona del Levante español, y muy necesario para la explotación de árboles frutales en terrenos muy áridos, que exigen importantes cantidades de líquido. La solución se encontró en agua reciclada, procedente de la depuradora de Alicante.

Para ello, en la finca se construyen dos embalses estratégicamente situados, con capacidades de 90.000 y 25.000 m³, que proporcionan el agua necesaria para el riego, a partir de agua procedente de la Depuradora de Rincón de León, a través de la Comunidad de Regantes Alicante-Norte, de la que CEMEX forma parte como socio comunero.

Una vez que el agua está en los embalses se distribuye mediante una red de tuberías, controlando los aportes mediante un programador electrónico, para el riego por goteo a los frutales.

Por otra parte, estos embalses disponen de agua en cantidad suficiente para abastecer en su totalidad a las fábricas de cemento de Alicante y San Vicente, en sus usos industriales, así como para el riego de todos los jardines y bosques ornamentales de las instalaciones de estas fábricas.

Es así que se puede considerar a El Clotet como la primera cantera de España rehabilitada para el cultivo de una gran extensión de árboles frutales, rentable económicamente, destacando que se utiliza agua residual depurada para la explotación agrícola y el abastecimiento de las plantas de Alicante y San Vicente en sus usos industriales.

Este proyecto pionero que pone de manifiesto, una vez más, que es posible compatibilizar la actividad minero-industrial con la agrícola, contribuyendo a mejorar la imagen visual y estética del entorno industrial, al estar rodeado de un gran cinturón verde.



5.2 Rehabilitación naturalística y forestal

Rafael Fernández Rubio

Junto a ejemplos de actuaciones recientes, de rehabilitación naturalística de minas a cielo abierto, tenemos otros que son reliquias del pasado minero, y que se nos ofrecen con orgullo, a propios y extraños, constituyendo un indudable valor patrimonial, certificado por las instituciones más relevantes.

El caso que vamos a presentar, como muchos otros, podría tener cabida en este apartado o en otros, porque lo que nos ofrece es relevante desde muchos puntos de vista.

Nos vamos a referir al entorno de las minas de oro de Las Médulas (León), de indudable interés histórico y de extraordinaria belleza natural y paisajística, donde los romanos desarrollaron una intensa minería, en los primeros siglos de nuestra era. Estas explotaciones de oro han sido



declaradas por la UNESCO como Patrimonio de la Humanidad (1997) y, con anterioridad ya fue declarado el conjunto arqueológico-minero como Paisaje Cultural (1931) (Fernández Rubio, 2005).

En pocos lugares como este 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 el 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 (Figura 141).



Figura 141. Explotaciones romanas de oro en Las Médulas (León, España), declaradas Bien de Interés Cultural y Patrimonio de la Humanidad (Foto: Enrique Orche García).

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 (*piscinae* o *stagna*) donde acumularla, 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 (por las que podemos hoy adentrarnos), 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 (Figura 142).





Figura 142. Explotación por el método de *ruina montium* en Las Médulas (León) y trabajos de desagregación del aluvión aurífero.

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 historia de aquellos mineros, recorriendo sus mismos itinerarios y observando la morfología residual tras la explotación de estos extensos aluviones consolidados, las infraestructuras hidráulicas, 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 (Figura 143).



Figura 143. Paisaje residual de las explotaciones romanas de oro en Las Médulas (León), entre bosques de castaños que aportaron alimento a los mineros (Foto Rafael Fernández Rubio).

La historia de esta minería la podemos seguir en el Centro de Interpretación (Figura 144). Se barajan cifras desde 10.000 hasta 60.000 mineros, y se evidencia un gran desarrollo tecnológico, con 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.



Figura 144. Centro de Interpretación de Las Médulas (León) (Foto: Enrique Orche García).



José Lorenzo Agudo

Un ejemplo interesante de rehabilitación naturalística es el de una cantera abandonada de “picón”, en las afueras de Guatiza, municipio de Tegui, en la costa nordeste de la isla de Lanzarote, donde el admirado artista lanzaroteño César Manrique construyó su última obra espacial, el denominado “*Jardín de Cactus*”, centro fundamentalmente turístico, 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 (Figura 145; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). 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.



Figura 145. Vista general del Jardín de Cactus en Lanzarote en una antigua cantera de picón.

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 tamaño comprendido entre 2 y 64 mm, disparados desde los volcanes hacia el aire, momento en el 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 más leyenda que realidad, pues al llegar el día, el agua que hubiera podido captar del rocío se evapora sin que haya podido transmitirse al suelo.

César Manrique revistió las paredes de los bancales con piedra suelta vista, del mismo material volcánico basáltico, para formar gradas, en las que se fueron situando los cactus sobre suelo cubierto de picón (Figura 146). Construyó también en un lateral, y apoyado 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.

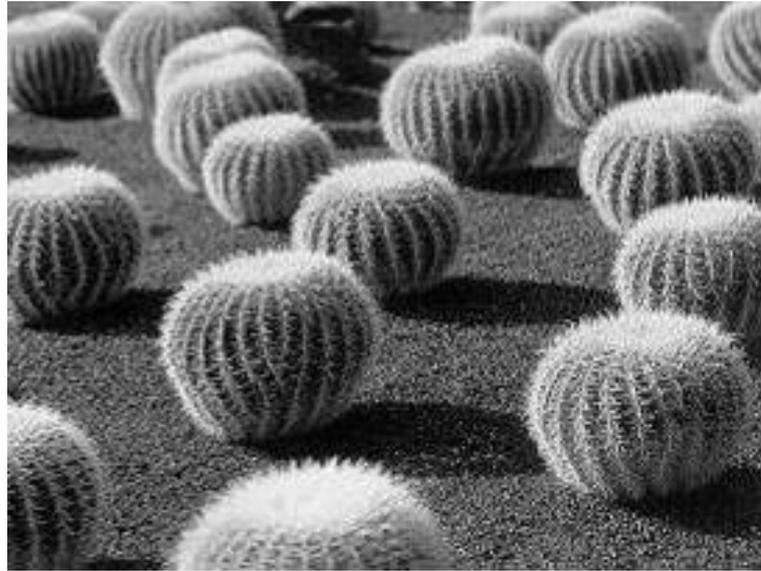


Figura 146. Cactus sobre el suelo cubierto de picón.

Además, en la parte baja, aprovechó 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 “cactus de roca”, que complementan el diseño del parque (Figura 147). También incorporó estanques con peces para dar frescura al ambiente.



Figura 147. Monolitos de basalto a modo de cactus minerales.

Este jardín de cactus obedece a una continuidad paisajística, ya que está situado precisamente en un paisaje agrario con gran presencia de otra cactácea, las chumberas (nopales o tuneras en el archipiélago), al haber sido durante más de un siglo una zona con gran concentración de 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.



Julio César Arranz González, Bruno Martínez Pleedel y Esther Alberruche del Campo

Las canteras de mármol producen, frecuentemente, importantes impactos paisajísticos consecuencia del gran volumen de roca no aprovechable, que se acumula en escombreras.

En este contexto vamos a presentar un resumen del proyecto *Investigación y Ordenación Mineroambiental de los Recursos de Roca Ornamental en la Región de Murcia*, desarrollado en el año 2005, en el marco de un Convenio entre la entonces Consejería de Ciencia, Tecnología, Industria y Comercio (siendo la Dirección General de Industria, Energía y Minas el organismo competente en la materia objeto del convenio), el Instituto de Fomento de la Región de Murcia, el Instituto Geológico y Minero de España, y la Universidad Politécnica de Cartagena, refiriéndonos a los trabajos cuya dirección técnica correspondió al Instituto Geológico y Minero de España.

En la Figura 148 se muestran las diferentes zonas sobre las que se efectuó el estudio. Uno de los trabajos realizados establecía esquemas generales, para tratamientos de integración ecológica y paisajística, de los diferentes tipos de superficies que pueden originarse, como consecuencia de la existencia de futuras explotaciones de roca ornamental. El objetivo de esta aportación es dar a conocer las principales propuestas, para la rehabilitación de las escombreras generadas por explotaciones de mármol en la Región de Murcia, considerando que es lo que puede tener mayor trascendencia de cara a un cambio de actitud y a una mejora de la situación actual, y que puede servir, adaptándolo, a otras situaciones.



Figura 148. Delimitación aproximada de las zonas de estudio definidas en el proyecto de Investigación y Ordenación Minero-Ambiental de los recursos de roca ornamental de la Región de Murcia (IGME, 2005).



La mayor parte de los materiales vertidos, en escombreras asociadas a las explotaciones de mármol, se componen de bloques de piedra de baja calidad estética y/o mecánica, bloques irregulares grandes, de formas o volúmenes inadecuados, o bloques demasiado pequeños para su procesado, además de los estériles del recubrimiento y rocas encajantes. En la mayoría de los casos, los estériles son desalojados de la zona de explotación mediante vertido libre (Figura 149), a veces realizado sobre fuertes pendientes, lo que provoca una afección superficial mucho mayor que la que sería necesaria, para albergar el mismo volumen, en una escombrera racionalmente construida en lugares mejor elegidos. En la actualidad, se puede afirmar, sin duda, que la gran mayoría no ofrecen posibilidades para la rehabilitación o integración paisajística, salvo a muy elevado coste.



Figura 149. Escombreras de canteras de mármol que son resultado del simple apartado de los bloques del área de extracción y su vertido pendiente abajo.

A las dificultades para la rehabilitación, que son inherentes a las características físicas de los frentes y escombreras de las explotaciones de mármol, se suma en esta región una climatología desfavorable. En términos generales, el principal inconveniente que ofrece el clima, de las zonas de estudio, es el desequilibrio en el balance hídrico, con excepción de la Zona Oeste, en la que los problemas derivados de falta de agua se reducen, aunque se presentan problemas derivados del prolongado periodo frío. Además, los taludes de orientación sur añaden, a las demás dificultades, una insolación elevada durante todo el año y, como consecuencia, una mayor aridez.

Si se plantea introducir vegetación, el elevado grado de aridez de todas las zonas, obliga a pensar en especies silvestres muy frugales y xerófilas, de temperamento robusto, pues el desarrollo en los primeros años se realizará en condiciones de fuerte insolación y baja disponibilidad hídrica. Las limitaciones impuestas por el clima obligan a contemplar aspectos tales como la reconstrucción de suelos, atendiendo a la optimización del almacenamiento de agua, la aplicación de labores y métodos de implantación que mejoren la captura de agua, y la oportunidad de aplicar riegos de apoyo durante las primeras fases de implantación vegetal.

En estas condiciones, el modelo propuesto para la rehabilitación ecológica y paisajística de estas escombreras de mármol, parte del hecho de que se componen mayoritariamente de rocas fragmentadas o bloques de diferentes tamaños.

Excepcionalmente, durante la apertura o ampliación de frentes de cantera, aparecen materiales terrosos que, sin ser verdaderos suelos en el sentido más clásico, pueden servir para crear una matriz de finos durante la construcción de una escombrera. Se pudo comprobar, sin embargo, que el simple vertido de este tipo de materiales, sobre los taludes de escombrera, es un esfuerzo de escasos o nulos resultados, pues buena parte de los mismos se cuelan o resbalan sobre los bloques, sin llegar a formar una masa uniforme de materiales finos y gruesos, que pudiera servir como esqueleto básico para soportar medidas de revegetación, debido a las evidentes dificultades para

realizar la operación (accesibilidad y traficabilidad). Además, por lo anteriormente comentado, se corre el riesgo de no conseguir un “acabado” aceptable, en el sentido de lograr un relleno continuo suficiente, del entramado de huecos existentes entre los bloques, conectado con la superficie exterior hasta recubrirla en un porcentaje mínimo.

Las anteriores consideraciones llevaron a plantear un modelo de construcción de escombreras que permite la introducción de medidas correctoras y enmiendas, sobre el sustrato, en paralelo al recrecimiento de la misma, lo que posibilita una rehabilitación desde fases tempranas. Así se propuso una secuencia constructiva semejante a la que se esquematiza en la Figura 150, Figura 151,

Figura 152. Crecimiento de la escombrera hacia el interior y revegetación del talud del paramento exterior (IGME, 2005).

Figura 153. Repetición de las secuencia de operaciones en una segunda fase. (IGME, 2005).

y Figura 153.

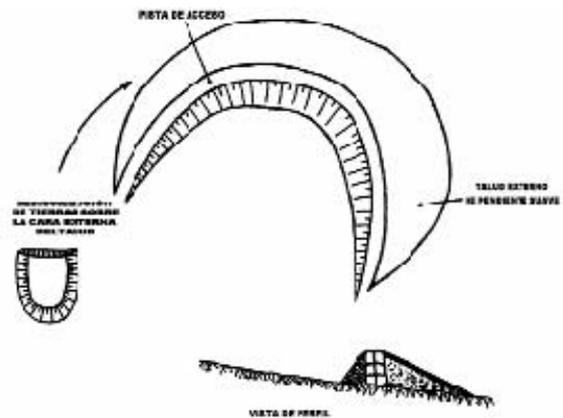
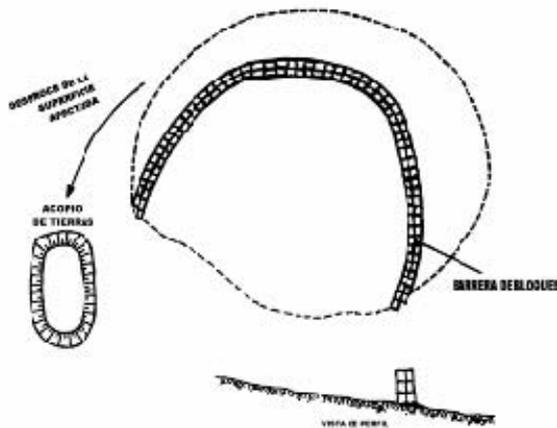


Figura 150. Replanteo de la operación de desbroce, arranque de suelo en la superficie a afectar, acopio de tierras y construcción de un muro de bloques en área de vertido de estériles (IGME, 2005).

Figura 151. Construcción y preparación del talud exterior de la escombrera con un paramento de tierras e inicio del vertido interior (IGME, 2005).

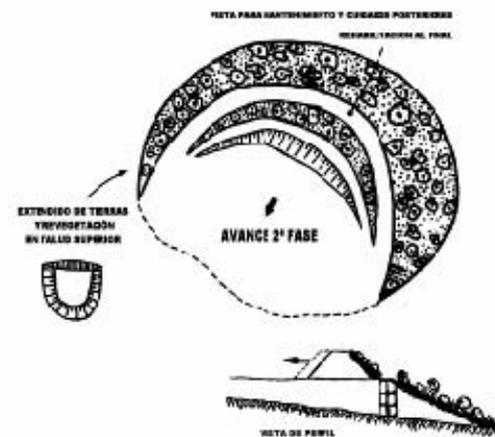
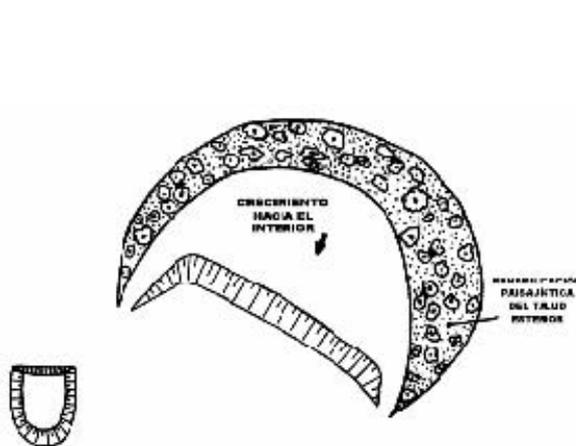


Figura 152. Crecimiento de la escombrera hacia el interior y revegetación del talud del paramento exterior (IGME, 2005).

Figura 153. Repetición de las secuencia de operaciones en una segunda fase. (IGME, 2005).

El esquema propuesto no es rígido, pretendiendo servir como inspiración para la elaboración o modificación de los Proyectos de Explotación y Planes de Restauración, tomando lo que pueda ser válido, en cada caso, y añadiendo iniciativas propias. También lo que se busca es promover la realización de mayores esfuerzos de planificación, para una explotación más racional, con la convicción de que las escombreras deben considerarse, desde el principio, elementos objeto de cálculo y de diseño, y no como el simple resultado de un rechazo de los estériles hacia los márgenes de las plazas de cantera, pistas y áreas de trabajo de los frentes.

En la Figura 150 se recomienda construir el paramento externo inferior con pendiente suave. Lo ideal sería que no superase el 30 % (aproximadamente 18°). En tal caso, la preparación del terreno para plantaciones, tales como laboreos ligeros, o acaballonados siguiendo curvas de nivel para la defensa contra procesos erosivos, se puede y se debe mecanizar (TRAGSA, 1999).

Es evidente que un paramento de pendiente suave, y revegetado, puede proporcionar un primer elemento de conexión e integración de la escombrera con el terreno natural, situado a menor cota, mientras la escombrera puede seguir creciendo a sus espaldas. Sin embargo, también es obvio que se requieren grandes volúmenes de tierras o materiales seleccionados, en relación con el volumen de estériles almacenados en la primera fase de crecimiento de la escombrera, aún pensando que ésta seguirá creciendo. La capacidad de almacenamiento de la escombrera, por unidad de superficie ocupada, aumenta claramente cuando la pendiente del terreno sea inferior, y el volumen de tierras necesario para construir los paramentos externos descenderá al aumentar la pendiente de los mismos. Las posibilidades que se estudiaron, en relación con estos aspectos, abarcan desde 15 a 25° para la pendiente del terreno natural, y de 20 a 30° para la pendiente exterior. Claramente, con una pendiente del terreno de 25°, la capacidad de almacenamiento disminuye mucho, al tiempo que las dificultades de integración paisajística aumentan. Además, con pendientes superiores a 18-21°, en los paramentos de tierra, las posibilidades de preparar el terreno con maquinaria prácticamente se anulan, siendo preferibles las denominadas labores puntuales (hoyos, casillas o banquetas) que pueden ser complementarias y posteriores a una cubrición areal con mulches o redes orgánicas, y siembras o hidrosiembras. Estos trabajos normalmente se realizan “a mano” y empleando las herramientas habituales, como el pico, azada, etc.

La consideración de todos los aspectos anteriores llevó, de nuevo, a plantear mejoras en la planificación de la construcción de los paramentos externos, de forma que se pudieran introducir elementos para el control de la erosión incluso con pendientes fuertes. La cuestión que se planteó consistía en cómo definir un módulo constructivo, de recrecimiento de los paramentos externos, que permitiera, sin dificultades, la intercalación de estructuras lineales y sencillas de control de la escorrentía (canales abiertos, caballones, terrazas granadinas, etc.). Ese módulo constructivo depende de la distancia de separación entre elementos defensivos, en la pendiente a proteger o distancia crítica.

Después de analizar diversas posibilidades, para establecer dicha distancia crítica (método USLE, fórmula de Manning), se llegó a la conclusión de que estos métodos proporcionaban valores de distancia crítica excesivamente pequeños (impracticables). Como consecuencia, se decidió establecer las recomendaciones sobre construcción de paramentos externos, después de consultar algunos trabajos de carácter menos teórico (NCURM, 1993; MPCA, 2000), y considerando posibilidades de trabajo realistas en las explotaciones murcianas. En la Tabla 5 se reúnen dichas propuestas.

Tipo de pendiente	Grado de pendiente	Espaciamiento (m)
-------------------	--------------------	-------------------



Pendientes fuertes	50% (26° 34')	6'0
	33% (18°)	11,0
	25% (14° 02')	14,0
Pendientes de gran longitud	15-25% (8° 32'-14° 02')	15,0
	19-15% (5° 43'-8° 32')	24,0

Tabla 5. Recomendaciones sobre distancias de espaciamiento de elementos de ruptura de pendientes.

Finalmente, se fijó un intervalo de recrecimiento vertical de cinco metros, lo que se traduce en espaciamentos en la pendiente del paramento semejantes a las recogidas en la tabla anterior. En la Figura 154 se esquematiza el resultado de construir escombreras con tal recomendación, para una pendiente del paramento externo de 30° y una pendiente del terreno natural de 15°.

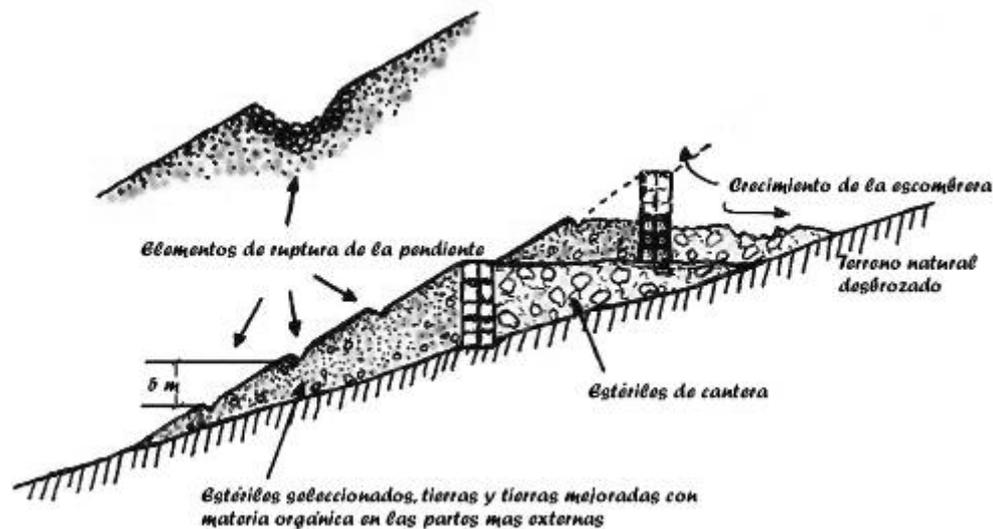


Figura 154. Desarrollo constructivo de paramentos exteriores en escombreras con intercalación de elementos lineales antierosión.

Durante el proceso de recrecimiento de la escombrera es posible trabajar en los paramentos externos, aportando mejoras al sustrato o suelo superficial, protegiéndolo con mulches o redes orgánicas y realizando siembras y/o plantaciones. El análisis de las características del terreno, y del entorno cercano a todas las explotaciones de mármol murcianas, hace aconsejable la introducción de vegetación silvestre (especies típicas de matorral y pinos), sobre aquellas superficies que hayan sido convenientemente preparadas.

5.3 Rehabilitación científica y cultural

Rafael Fernández Rubio y Javier Fernández Lorca

Un caso interesante se ofrece en las minas de Berga (Barcelona), explotaciones de lignito a cielo abierto, localizadas unos 20 km al Norte de dicha localidad, donde los trabajos mineros permitieron descubrir un conjunto de estratos con icnitas, correspondientes a la parte inferior de la facies continental Garumniense (Le Loeuff y Martínez, 1997).



El nivel principal de pisadas corresponde a una capa de calizas detríticas, con fragmentos vegetales, localizada en la base de la serie carbonosa. Los niveles inmediatamente superiores contienen fragmentos de huevos y de huesos de dinosaurios. Estas capas, que presentan fuerte buzamiento (60° - 70°), y pueden seguirse durante varios kilómetros, contienen 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 (Figura 155). 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)”*.

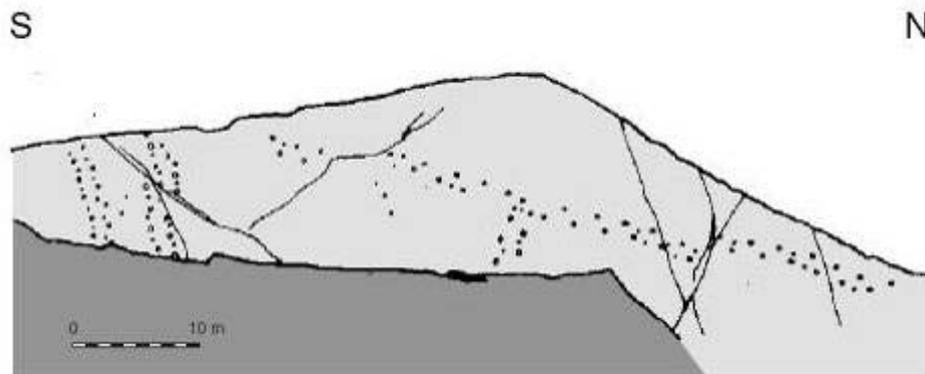


Figura 155. Extremo septentrional del afloramiento principal de icnitas en la explotación de Carbones de Berga (Barcelona) (Le Loeuff y Martínez, 1997).

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 (Figura 156). 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 2,5 m. Según las estimaciones de Thulborn (1990), la pista ha sido producida por un dinosaurio que tenía el acetabulum situado a unos 3,5 – 4 m del suelo, y con una longitud total de cerca de 20 m. Al sur de la pista principal, dos pistas paralelas de una decena de metros, una de ellas desplazada por una falla normal (Figura 157), pueden poner de manifiesto un comportamiento social (dos animales que se desplazan 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.



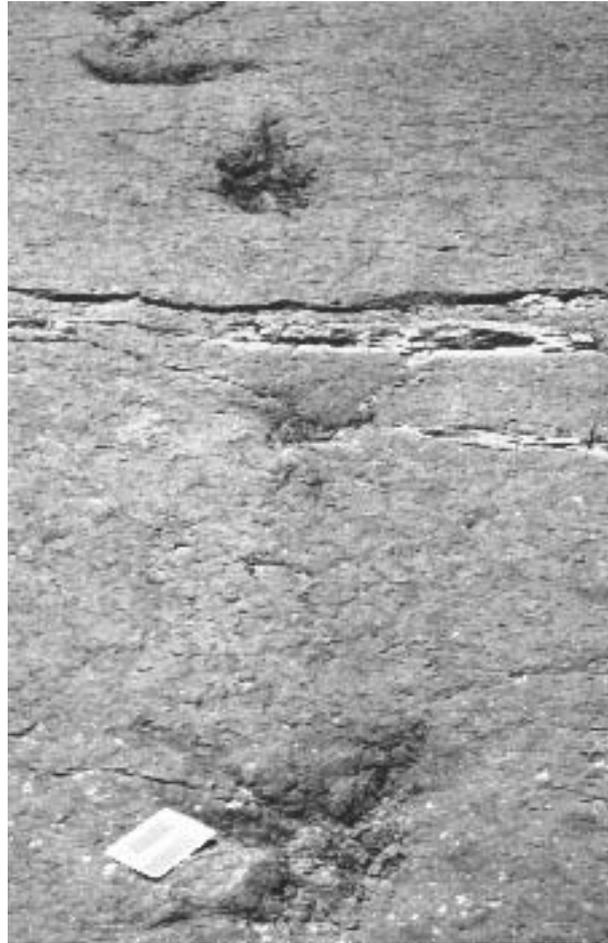




Figura 156. Huellas de pies y manos de titanosauros en las explotaciones de Carbones de Berga (Barcelona) (Le Loeuff y Martínez, 1997).



Figura 157. Pistas paralelas de dinosaurios (una de ellas desplazada por una falla) (Le Loeuff y Martínez, 1997).

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, y esto lo confirma el hecho de que 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.

Hay que destacar el esfuerzo de 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.



José Alberto Josa Mutuberría

Magnesitas Navarras (Magna) explota, desde hace más de 60 años, magnesita (carbonato magnésico), al Norte de la Comunidad Foral de Navarra. A lo largo de ese tiempo, la empresa ha



vivido una transición que, desde una concepción en la que primaba el aspecto productivo puro y la generación de empleo, pasando por la incorporación de la seguridad, más tarde fue la calidad y, desde ya hace más de una década, el medio ambiente.

Como explotación se ha desarrollado simultáneamente con la implantación de dos Leyes de Minas, 1944 y 1973 así como toda una colección de legislación medioambiental: Real Decreto. sobre restauración de espacios naturales afectados por las industrias extractivas, procedimiento de evaluación de impacto ambiental, consideración de la red NATURA, etc.

En este ámbito la empresa, a mediados de los años 90, decide apostar fuertemente por la incorporación del aspecto medioambiental en su actividad extractiva, recorriendo un largo camino de adaptación de modos de trabajo. Contempla soluciones variadas que, aun dentro de un concepto general de rehabilitación, en unos casos se acercan más a una visión clásica de restauración (recuperación de la topografía, recuperación de los usos anteriores del suelo) (Figura 158) y, en otros, corresponden a la valorización de nuevas situaciones (creación de un lago en el fondo de corta, conservación de puntos de interés geológico que aparecen con la explotación, etc.) (Figura 159).



Figura 158. Explotaciones de Asturreta (en primer término) y Nivel 130 (segundo término), en el año 1970. Ambas en operación. Planta y oficina antiguas (Foto: Paisajes Españoles, S.A.).



Figura 159. Explotación Nivel 130, perfil topográfico recuperado. Explotación Asturreta, inicio del relleno, en el año 1999. Antiguas instalaciones desmanteladas (Foto: Paisajes Españoles, S.A.).



Figura 160. Explotación Asturreta con bancos superiores activos y los inferiores rehabilitados, en el año 2008. Al fondo, explotación Azcárate con los bancos superiores rehabilitados (Foto: Paisajes Españoles, S.A.).

En lo referente a los puntos de interés geológico Magna explota el flanco normal occidental del anticlinal de Asturreta (Eugui-Navarra), en materiales del Namuriense, mientras que el talud oriental corresponde, en términos generales, con el contacto con los materiales de muro del yacimiento.



La presencia de una falla cabalgante, que corta de manera oblicua a dicho talud, coloca, de modo evidente, un amplio abanico de materiales de las formaciones del muro (dolomías con magnesitas – Formación Osaberri; pizarras versicolores con dolomías – Formación Arga; calizas pastel y dolomías – Formación Surlain) sobre el contacto mineralización-muro.

En el talud meridional, la explotación pone de manifiesto distintos modelos de pliegues formados en los materiales de techo (pizarras y dolomías grises alternantes y calizas negras (Formación Baserdi).

Fernando Jesús Galve Juan y Jesús Blasco Galve

Otro buen ejemplo, de actuación, en el ámbito que podríamos definir como científico y cultural, se localiza en el contexto 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 (Figura 161), asentado en el último tramo de la explotación, en un relieve estructural monoclinal o cuesta, en el término municipal de Andorra (Teruel).



Figura 161. Vista general del yacimiento arqueológico de El Cabo en la mina Barrabasa (Andorra, Teruel) durante los trabajos de excavación (Foto cedida por ENDESA).

Para proteger este bien arqueológico, 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 explotación minera en esa zona.

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. Se trata de un 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, que tiene una superficie de 1.200 metros cuadrados, y que ha sido datado, mediante pruebas de ^{14}C , 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 en agosto de 1999, a cargo de ENDESA, con la supervisión de un 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 conserva 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 (Figura 162). No obstante se han introducido mejoras ocultas, como cimentaciones de hormigón, drenajes, y conducciones eléctricas (para musealización).



Figura 162. Vista general del poblado reconstruido en la ladera del cerro San Macario (Andorra, Teruel) (Foto: Francisco Molina Cortecero).

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. (Figura 163).



Figura 163. Vista parcial con algunos recintos reconstruidos con techumbre en el Cerro San Macario (Andorra, Teruel) (Foto: Francisco Molina Cortecero).

Para completar el conjunto, se está terminando de construir 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.



Rafael Fernández Rubio

Un aspecto que muchas veces se olvida, es el relativo al valor paisajístico que pueden ofrecer las explotaciones mineras, tema que está siendo objeto de contribuciones muy importantes a través de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (SEDPGYM), y otras instituciones similares en diferentes países, así como diversos investigadores y estudiosos. Entre ellos podemos destacar las bien documentadas contribuciones de Puche Riart.

De acuerdo con este autor (Puche Riart, 2006b) las referencias (y por tanto la atención al tema), parece que son muy recientes: *“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.”* 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 marco (Puche Riart *et al.* 1994), se resalta que: *“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”*. A ello hay que unir, frecuentemente, aspectos cromáticos, que imprimen colorido especial a ese paisaje (Figura 164).





Figura 164. Paisaje lleno de cromatismo en la excavación de la mina de carbón en Andorra (Teruel). Minería de transferencia (Foto Rafael Fernández Rubio).

Así podríamos citar muchos paisajes minero – culturales, descritos en otros apartados de este libro, como es el caso de las minas romanas de Las Médulas (León), las minas de Cabárceno (Cantabria), las de la Sierra de Cartagena (Murcia), las de Cerro del Hierro (Sevilla),... En todos estos casos no es sólo el erudito quien goza del paisaje, y del esfuerzo humano, sino que muchas personas sensibilizadas pueden encontrar en ellos solaz y disfrute de los sentidos, en una contemplación en la que el espíritu se recrea.

En todo caso esa 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.

Por su parte Aguirre Murúa *et al.* (2002, *in* Puche Riart 2006b) proponen los siguientes pasos para el desarrollo turístico y la posterior gestión paisajística:

- ↪ Implementación de infraestructuras (accesos, aparcamientos, sendas, redes de abastecimiento de agua, alojamientos, recogida de residuos, construcción y 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 expliquen 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.



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, en lo que hoy puede ser una mina mañana se podrán instaurar múltiples actuaciones, con sus peculiaridades y su adaptación a las condiciones específicas del entorno minero, pero también a la imaginación creativa.

En esta situación se ha desarrollado lo que se ha dado en llamar "*Land Earth*" o "*Land Art*", 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", modelada mediante la excavación, hasta dar lugar a lo que podemos definir como la "ante-pirámide", reflejo del esfuerzo humano como antaño lo fueran las pirámides de Egipto o de la cultura maya (Figura 165).

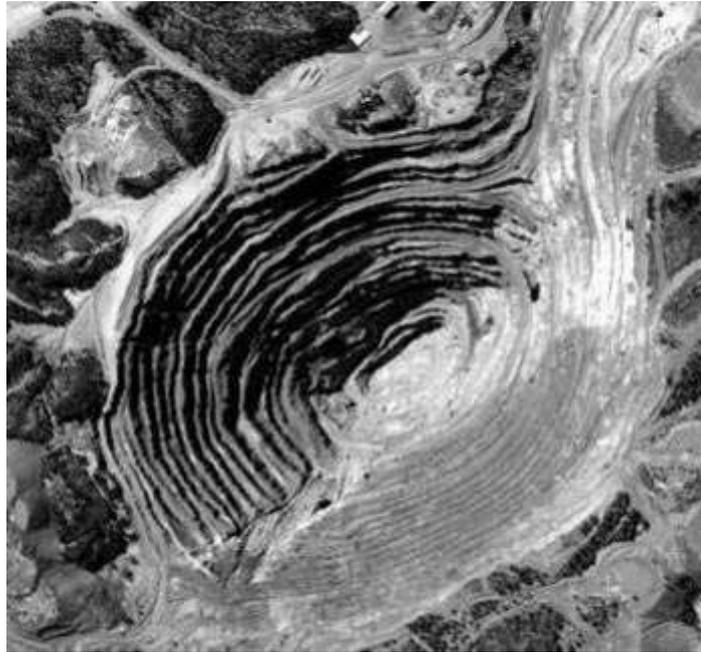


Figura 165. Corta Atalaya, en las minas de sulfuros complejos de Riotinto (Huelva). Explotación minera con miles de años de historia (Foto: Rafael Fernández Rubio).

Esta concepción es y puede ser muy rica en ideas, porque la visión del artista es creativa y más profunda y sensible que la de un ciudadano normal. Adalid de esta valoración es, sin duda, el polifacético escultor y Licenciado en Bellas Artes Prof. Diego Arribas (Universidad de Zaragoza), con su programa “Arte y Naturaleza”, desarrollado por instituciones locales, en las antiguas minas de hierro de Sierra Menera (Ojos Negros, Teruel), con la aportación de un conjunto de artistas plásticos.

La idea se ha plasmado en encuentros de artistas y especialistas, de diversos campos de la cultura, para debatir posibilidades que se ofrecen tras el cierre de la actividad minera. Iniciativa que 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*”.

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.

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. Como bien dice Arribas (2002b), 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 cortes a plomo de frentes de cantera, nos muestran todos los tonos posibles de la Tierra: ocre, pardos, rojizos... una extensa paleta cromática que abarca desde el intenso azabache de las pizarras bituminosas, hasta las níveas formaciones de los cristales de cuarzo” (Figura 166). Para decir más adelante: “*La explotación minera convirtió al paisaje natural en paisaje industrial y a éste, tras el cierre, en paisaje cultural*”. Idea profunda que hacemos nuestra.



Figura 166. Cromatismo en los minerales de neoformación en la Faja Pirítica Ibérica (Foto: Rafael Fernández Rubio).

Y no me resisto a dejar de citar 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.”*

La conclusión a la que llega el artista, compartida por el técnico, es 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”* (Figura 167).



Figura 167. Paisaje de las antiguas minas de hierro de Cabárceno (Cantabria). En primer término se observan dos tigres (Foto Juan Carlos Baquero).

En este planteamiento lo que es necesario, desde la luz del conocimiento pluridisciplinar, es aprovechar los múltiples valores de ese espacio geográfico, con aportaciones creativas. Lo que Arribas (2002b) 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 son reconfortantes para quien lleva gravada la imagen indeleble de esta geografía (en la que trabajó muchos años), 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”*.



Diego Arribas

En los primeros contrafuertes del Sistema Ibérico, a caballo entre las provincias de Teruel y Guadalajara (España), se levanta Sierra Menera. Sus ricos yacimientos de mineral de hierro, conocidos desde la antigüedad, han sido motivo de explotación a lo largo de la historia hasta el pasado siglo XX (Figura 168).



Figura 168. Antigua mina Carlota (minas de Ojos Negros).



Es en este entorno donde nace *Arte, industria y territorio*, en el año 2000, coincidiendo con el centenario de la creación de la Compañía Minera de Sierra Menera en Teruel. Su objetivo principal es suscitar el debate en torno a la revitalización de estas minas de hierro, que la compañía explotó entre 1900 y 1987. Tras el cese de la actividad minera la propiedad de las 2.500 hectáreas del coto minero, y de las instalaciones en desuso, acabaron en manos del Banco Bilbao Vizcaya Argentaria, que se desentendió completamente de la protección y control del patrimonio industrial heredado, el cual ha sufrido un continuo proceso de destrucción.

Tras el cierre de las minas, las poblaciones de su entorno sufrieron la implacable sangría del descenso demográfico. La pérdida de significación poblacional, y el declive de la actividad económica, se sintieron especialmente en la localidad de Ojos Negros, en cuyo término se encuentra la mayor parte de la concesión de explotación minera. La localidad pasó de los 3.000 habitantes, de la primera década del pasado siglo, a los 560 de la actualidad, de los cuales tan sólo 40 viven ahora en el Barrio Minero.

Aquel sobrecogedor espacio, fruto de una continua actividad extractora a cielo abierto, me cautivó desde el primer momento. El vacío, el silencio y el desconcierto de sus habitantes que, con el cierre de la compañía minera, habían visto interrumpida súbitamente su forma de vida, constituían un sugerente argumento para la práctica artística. Con aquel fascinante paisaje, las instalaciones abandonadas, los restos de materiales y los testimonios de los trabajadores como material, realicé varias exposiciones, desde 1998. Entre otras, *De minas... y derviches*, *Laboratorio* y *Memoria del lugar*³, que comenzaron a establecer un vínculo entre los vestigios de la actividad minera y el arte contemporáneo.

La actividad plástica, dio paso a la reflexión sobre la situación socioeconómica de aquel enclave, y publiqué el libro *Minas de Ojos Negros, un filón por explotar* (Arribas, 1999), en el que exponía algunas propuestas de actuación, para desplegar una programación cultural en las instalaciones mineras en desuso. La publicación sirvió de preámbulo a la primera convocatoria de *Arte, industria y territorio*, que ponía su énfasis en la relación del arte contemporáneo con los enclaves naturales, alterados por la actividad industrial, y su propuesta de utilización como soporte para la práctica artística.

El programa estaba dividido en dos actividades: por un lado, un encuentro científico a cargo de especialistas pertenecientes a diversas disciplinas: arte, arquitectura, sociología, desarrollo local y gestión cultural. Los ponentes participantes fueron: Fernando Castro, crítico de arte y profesor de la Universidad Autónoma de Madrid; Ángel Azpeitia y Jesús Pedro Lorente, profesores de Historia del Arte en la Universidad de Zaragoza; Nacho Criado, artista plástico; Pedro Flores, director del Parque Minero de Riotinto; Evelio Gayubo, galerista; Darío Gazapo y Concha Lapayese, profesores de la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid; Tonia Raquejo, profesora de la Facultad de Bellas Artes de Madrid; Antoni Remesar, profesor de la Universidad de Barcelona; Alexia Sanz profesora de sociología de la Universidad de Zaragoza; Andoni Sarasola, ingeniero de minas que dirigió durante 20 años la Compañía Minera Sierra Menera y Diego Arribas como coordinador.

Por otro lado, se convocó un certamen de artes plásticas en el que se seleccionaron cuatro propuestas artísticas a desarrollar en distintos puntos de las minas. Los artistas seleccionados fueron: el escultor vasco Javier Tudela, los asturianos Nel Amaro, Ánxel Nava y el grupo madrileño Nexatenaus (Figura 169, Figura 171 y Figura 172). Los textos de las ponencias y las obras de los artistas quedaron recogidos en las correspondientes actas-catálogo, que se editaron con posterioridad (Arribas, 2003).

³ Las exposiciones indicadas pueden consultarse en sus catálogos respectivos: 1.- *De minas... y Derviches*, exposición itinerante entre 1998 y 1999 por: Sala de exposiciones del Ayuntamiento de Auffay, Normandía, Francia; Escuela de Artes de Teruel; Galería Cruce de Madrid y Sala Barbasán de la CAI, en Zaragoza. 2.- *Laboratorio*: Museo Joan Cabré del Gobierno de Aragón, en Calaceite, Teruel, 2000. 3.- *Memoria del lugar*. Sala de exposiciones de la CAM, Caja de Ahorros del Mediterráneo, en Torrent, Valencia, 2001.





Figura 169. Escultura en la mina Carlota. Diego Arribas, 1992.



Figura 170. Instalación en la mina Menerillo. Javier Tudela, 2000.



Figura 171. Acción en la mina Filomena. Ánxel Nava, 2000.

Figura 172. Performance en el Barrio Minero. Nel Amaro, 2000.



Los debates y propuestas (Figura 173), vertidos en el encuentro, sirvieron como un primer impulso para que el ayuntamiento de Ojos Negros tomara conciencia del potencial de su patrimonio minero, integrándolo en el diseño de nuevas estrategias de desarrollo local.



Figura 173. Debates en las antiguas oficinas de la Compañía Minera Sierra Menera, año 2.000.

Entre otras actuaciones, abordó, como paso previo al resto de intervenciones; la adquisición de la propiedad de las minas; la declaración de Monumento de Interés Local de algunas de las instalaciones mineras, para su protección; la reparación y señalización de las pistas de acceso y la rehabilitación y transformación de las antiguas oficinas de la compañía minera, en un acogedor albergue y centro cultural. Con posterioridad, y consciente del valor del patrimonio industrial existente en su término, adquirió las Salinas Reales y restauró el molino de viento (Figura 174), único en la provincia de características similares a los molinos manchegos.



Figura 174. Molino de Ojos Negros (Teruel) (Foto: Rafael Fernández Rubio).

En 2005 se celebró una segunda edición, siguiendo el mismo esquema de la anterior, contando con la colaboración de especialistas en arqueología industrial, gestión del patrimonio, minería, arte contemporáneo y arquitectura. Las ponencias estuvieron a cargo de José Albelda, profesor de la Facultad de Bellas Artes de Valencia; Teresa Luesma, directora del Centro de Arte y

Naturaleza, CDAN, de la Fundación Beulas, en Huesca; Octavio Puche, profesor de la Escuela de Ingenieros de Minas de Madrid; Mercedes Replinger, profesora de la Facultad de Bellas Artes de Madrid, Sonia Sarmiento, de la empresa Historia Viva, especialista en musealización del patrimonio industrial; Julián Sobrino, profesor de la Escuela Superior de Arquitectura de Sevilla; Ernesto Utrillas, profesor de la Escuela de Arte de Teruel y vecino de Sierra Menera, así como Faustino Suárez y Natalia Tielve, profesores de Geografía e Historia del Arte, respectivamente, en la Universidad de Oviedo.

En la parte de las intervenciones artísticas, participaron seis artistas desarrollando sus propuestas en diversos espacios del complejo minero (Figura 175, Figura 176, Figura 177, Figura 178, Figura 179 y Figura 180): Iraida Cano, Josep Ginestar, Rafa Tormo, Diego Arribas y los alemanes Bodo Rau e Isabeella Beumer (Arribas, 2006). Todos ellos son artistas que, además de su actividad creadora y expositiva, están desarrollando iniciativas en el medio rural, desde el ámbito artístico, orientadas al impulso y dinamización social de su entorno. Trabajan con la recuperación de la memoria colectiva, con la valoración del patrimonio natural, cultural o industrial, acercando la práctica artística contemporánea a los ciudadanos, que pasan, de ser meros espectadores, al motivo principal y parte integrante de las intervenciones.



Figura 175. Instalación en la mina Menerillo. Josep Ginestar, 2005.



Figura 176. Escultura en depósitos de estériles. Bodo Rau, 2005.



Figura 177. Instalación en la mina Corcho. Diego Arribas, 2005.



Figura 178. Acción en Mina Filomena. Rafa Tormo, 2005.



Figura 179. Escultura en mina Corcho. Iraida Cano, 2005.



Figura 180. Performance en nave de vehículos pesados. Isabeella Beumer, 2005

Encuentro científico y acción artística, tenían como objetivo, en esta segunda convocatoria, llamar de nuevo la atención de la administración regional, para reclamar su ayuda en la puesta en marcha de un plan de actuación cultural, sobre el patrimonio minero de la localidad. El debate giró en torno a la necesidad de continuar el proceso de transformación en el que está inmersa Sierra Menera, que pasó de enclave natural a espacio industrial en una primera etapa. Ahora se pretende dar un nuevo paso, convirtiéndolo en un lugar cultural, que integre sus dos estadios anteriores: naturaleza e industria.

El tercer encuentro se desarrolló en septiembre de 2007. En esta edición contamos con las aportaciones de los profesores Augustine Berque, Director de Estudios de l'Ecole de Hautes Études en Sciences Sociales de París, Nieves Martínez Roldán, de la Escuela Superior de Arquitectura de la Universidad de Sevilla, Benjamín García Sanz, profesor de sociología rural en la Universidad Complutense de Madrid, Amparo Carbonell y Miguel Molina, catedráticos de Escultura de la Facultad de Bellas Artes de Valencia, Javier Tudela, profesor de la Facultad de Bellas Artes de Pontevedra, Rafael Fernández Rubio, catedrático de la Escuela de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid, que trabajó durante 12 años en Sierra Menera y Elena Barlés, directora del Departamento de Historia del Arte de la Universidad de Zaragoza.

Como artistas, se contó con las intervenciones de Llorenç Barber, Carma Casulá, Marta Fernández Calvo y Diego Arribas. Sus disciplinas fueron desde el concierto de campanas ofrecido por Llorenç Barber hasta la videoinstalación de Marta Fernández o los trabajos fotográficos de Carma Casulá y Diego Arribas (Figura 181, Figura 182, Figura 183 y Figura 184).





Figura 181. Fotografía mina Filomena. Diego Arribas, 2007.



Figura 182. Proyección en Nave de Mantenimiento. Marta Fernández, 2007.



Figura 183. Concierto de campanas en mina Barranco, Llorenç Barber, 2007.

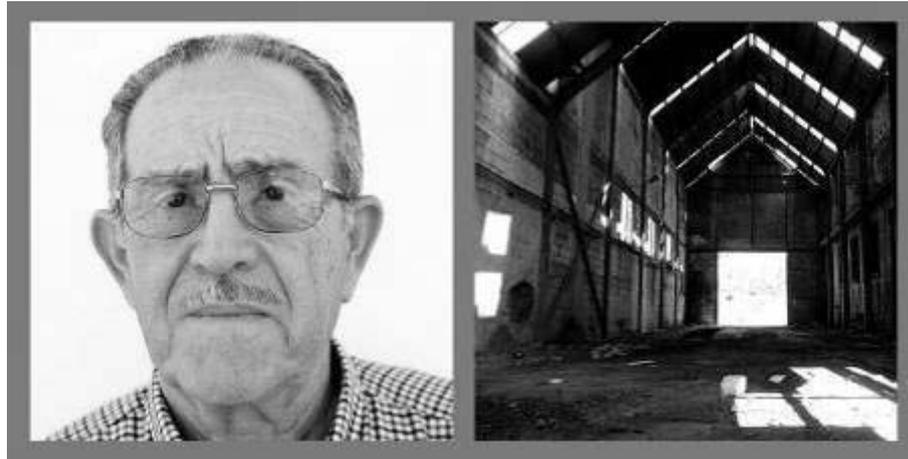


Figura 184. Instalación fotográfica en mina Filomena. Carma Casulá, 2007.

La fórmula empleada, al vincular el arte contemporáneo a la suerte del patrimonio industrial en desuso, creo que puede aportar nuevas perspectivas, al tratamiento de la puesta en valor del complejo minero, tras de su cierre. Por un lado, el arte está actuando como un aglutinante, que reúne distintas disciplinas científicas, creando nexos entre ellas y dándolas a conocer a un público más amplio. Las interferencias entre arte y patrimonio industrial han generado sinergias, que refuerzan cada uno de estos dos ámbitos. La propuesta principal, en este sentido, es la consideración del paisaje minero y sus instalaciones como soporte de la actividad creadora, dando cabida a los nuevos comportamientos artísticos, vinculados a los espacios naturales y a la historia del lugar.

La práctica artística en un escenario industrial, como el que nos ocupa, puede emplear distintos formatos de actuación, como escultura, instalaciones, acciones, arte sonoro, *performance* u otros. Todos ellos se plantean como una puesta en escena de las ideas, facilitando la visualización del discurso científico de las distintas disciplinas, y reforzándolo mediante su presentación en clave estética.

El escenario elegido, para su desarrollo, se integra en la obra como una parte fundamental de ella, quedando desde entonces unido a la propuesta artística desarrollada, en la memoria de los asistentes que la presenciaron. El *genius loci* del lugar se enriquece con esa nueva aportación, y los elementos o enclaves en los que se ha actuado, incorporan un nuevo valor añadido, consecuencia de su consideración como parte de una intervención artística.

Un aspecto muy positivo, de estos encuentros, ha sido la “contaminación” que se dio entre disciplinas, tanto en el grupo de alumnos asistentes a las conferencias, como entre los ponentes y entre ambos colectivos entre sí. Por ejemplo, personas que acudieron interesadas en principio por la geología, han conocido formas de manifestación artística que desconocían. Por otro lado, artistas o estudiantes, que acudieron a presenciar las intervenciones y las conferencias de arte, pudieron descubrir ese otro lado de la minería, más sensible hacia la estética del paisaje, o las posibilidades de la arqueología industrial como instrumento de desarrollo.

Como parte de los objetivos alcanzados, hay que señalar el anuncio del Director General del Patrimonio del Gobierno de Aragón del comienzo de un estudio, desde su departamento, para la declaración de Sierra Menera como Parque Cultural, una de las reivindicaciones del ayuntamiento de Ojos Negros. Su aprobación y puesta en marcha comportará la posibilidad de desarrollar actuaciones de mayor envergadura, sobre el territorio afectado, con la asignación económica correspondiente procedente de la administración regional. Algo fundamental para poner en marcha cualquier iniciativa, ya que las arcas de un pequeño ayuntamiento, como el de Ojos Negros, no pueden hacer frente a muchos de los planes diseñados para su patrimonio industrial, que esperan desde hace años sobre la mesa del consistorio, por falta de financiación.



Por su parte, el arte contemporáneo, ha recibido también el espaldarazo de otra institución aragonesa, para apoyar su continuidad en Ojos Negros. La Directora del CDAN, el Centro de Arte y Naturaleza de la Fundación Beulas, Teresa Luesma, ha propuesto una cooperación conjunta en distintas actividades artísticas. Este centro, que ha elegido como seña de identidad la relación entre arte, naturaleza y cultura contemporánea, ha visto en el planteamiento de *Arte, industria y territorio*, un enfoque que sintoniza plenamente con sus objetivos. La oferta se concretó en una primera colaboración en el ámbito editorial, en la que la Fundación Beulas asume el coste de la publicación de las actas-catálogo de *Arte, industria y territorio*, como preámbulo de nuevas actuaciones conjuntas.

Son dos buenas noticias, que dicen mucho de la sensibilidad de los responsables de estas dos instituciones, hacia los esfuerzos desplegados por pequeños colectivos ciudadanos, o municipios como el de Ojos Negros, en torno a la recuperación de su patrimonio y su puesta en valor.

Quiero hacer referencia, también, a otro elemento fundamental en el desarrollo de los encuentros de *Arte, industria y territorio*. Se trata de la implicación de los vecinos de la localidad. Si bien la gran mayoría de los mineros que fueron despedidos en 1987, abandonaron Ojos Negros, los que decidieron permanecer en el barrio minero, ya como jubilados, o como trabajadores en activo en otras ocupaciones, han manifestado abiertamente su interés hacia este cambio de función en las minas. Desde la puesta en marcha de esta iniciativa han percibido que su localidad, su trabajo, su historia y la de sus padres o abuelos, mineros todos ellos, es algo importante. Que ha sido motivo para que profesores, alumnos y artistas se desplacen desde distintos puntos de nuestra geografía para hablar de sus minas, sobre las minas de Ojos Negros y algunos enclaves similares. Muchos de ellos nos acompañan en los debates y conferencias, colaboran en el desarrollo del encuentro, y visitan las instalaciones de los artistas con los demás participantes, dando detalles a los asistentes sobre éste o aquel rincón de la mina, con el orgullo recobrado a flor de piel.

Creo que, durante los días que se desarrollan los encuentros, estos hombres y mujeres de Sierra Menera se sienten importantes. Ven cómo se vuelve a hablar de su trabajo, reconociendo sus esfuerzos y sus penurias; cómo, después de veinte años del cierre de las minas, aparecen artículos en los periódicos y se emiten entrevistas en los programas de televisión y las emisoras de radio, que cubren el encuentro. Se convierten de nuevo en testigos y protagonistas del reconocimiento de una forma de vida que, mientras duró la explotación minera, sólo tuvo la consideración de un duro trabajo mal reconocido.

Personalmente, creo que los comentarios de satisfacción que transmiten algunas personas del Barrio Minero, acerca de la actividad que se genera esos días en torno a sus minas, podrían ser el mejor balance de esta iniciativa. La complicidad surgida entre mineros y asistentes, nos hace pensar que la hipótesis de que el arte contemporáneo puede actuar como un catalizador, que acelera los procesos de transformación del territorio, está comenzando a cumplirse en este rincón minero. Al menos como ese primer impulso, siempre difícil, que venza el escepticismo inicial de la administración, y la anime a desplegar los mecanismos necesarios para abordar la recuperación de una localidad cuyo futuro, después del cese de la actividad industrial, ha quedado estancado en la encrucijada de la incertidumbre.



Rafael Fernández Rubio

A veces las rehabilitaciones de los espacios mineros tienen dificultad de adscribirse a un contexto específico, porque sus facetas cubren aspectos diversos y, desde luego, complementarios. Este es el caso que vamos a exponer, que podría considerarse como una actuación con orientación cultural pero también recreativa o para el ocio.

Se trata de la rehabilitación de una antigua cantera, realizada en el entorno de la ciudad de Cuenca, con importante valor añadido, al haber sido elegida para la construcción de su Teatro-Auditorio (Figura 185), 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.



Figura 185. Teatro-Auditorio de Cuenca en construcción, erigido en el espacio de una antigua cantera de caliza (Foto: Teresa Villarino Valdivieso).

De acuerdo con la información aportada por D. José Luís Muñoz, Director del Teatro-Auditorio, la antigua cantera, estuvo vinculada a las obras de construcción del Palacio de la Diputación Provincial, y comenzó a explotarse a finales del siglo XIX. Esta explotación minera 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 de este teatro-auditorio.

Tras el cierre definitivo de la cantera se produjo un largo periodo de discusiones, sobre el destino a dar a este espacio, en el que hubo diversas y en ocasiones divertidas propuestas, hasta que se adoptó finalmente la decisión de construir el teatro-auditorio (Figura 186).

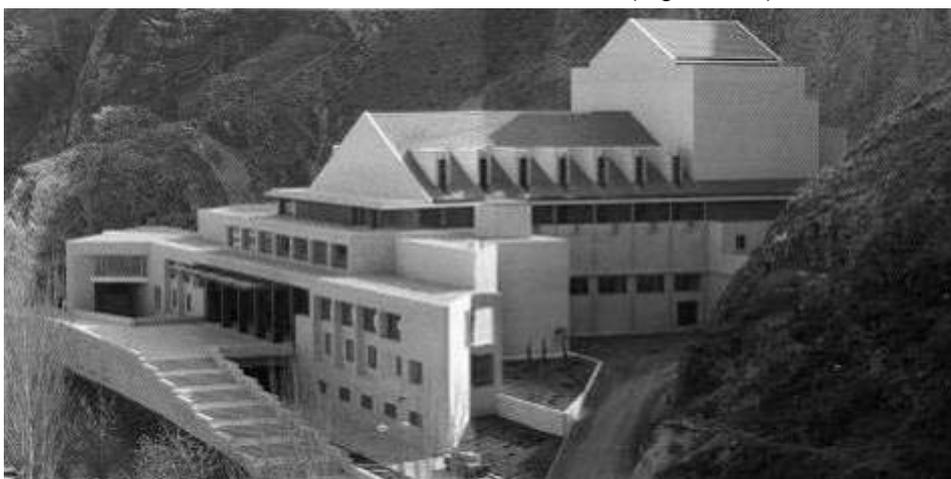


Figura 186. Teatro-Auditorio de Cuenca recién construido (Foto: Santiago Torralba).

El proyecto es obra del arquitecto José María García de Paredes, que falleció durante su construcción y que, con anterioridad, había diseñado edificios para albergar 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 (Figura 187), 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, alzado sobre el entallado roquedo.



Figura 187. Estado actual del Teatro-Auditorio de Cuenca (Foto: Santiago Torralba).

La claridad es la nota dominante de este teatro-auditorio, con amplios y luminosos vestíbulos (Figura 188). Sus 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, etc. (Figura 189). 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, presentación en “stands”, etc.



Figura 188. Vestíbulo del Teatro-Auditorio de Cuenca (Foto: Santiago Torralba).



Figura 189. Sala principal del Teatro-Auditorio de Cuenca (Foto: Santiago Torralba).

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.



5.4 Rehabilitación turística y para el ocio

Aquilino Delgado Domínguez

La mina de Peña de Hierro (Nerva, Huelva), parte integrante del Parque Minero de Riotinto (ver apartado 5.3), está situada al Norte del término municipal de la villa de Nerva (Huelva), a tres kilómetros del núcleo urbano y a diez de Minas de Riotinto, en la falda meridional de la Sierra del Padre Caro. La denominación de Peña de Hierro se debe a la existencia de un gran crestón ferruginoso, que corona la Corta.

Esta explotación a cielo abierto estuvo en funcionamiento desde el último tercio del siglo XIX hasta mediados del XX, alcanzando unas dimensiones de 330 x 190 m y 85 m de profundidad (Figura 190).



Figura 190. Foto aérea Mina Peña del Hierro (Foto: Fototeca Fundación Riotinto).

La primera etapa de explotación minera, probada, de este grupo minero, corresponde a época romana, como evidencian la presencia de galerías romanas o *cuniculi*, o el fortín romano en el cerro del Padre Caro. La explotación sistemática fue iniciada por Agapito Artaloitia en 1853, en forma de cesión, hasta que a finales de ese mismo año, todas las propiedades fueron vendidas a la compañía minera *Nuestra Sra. de los Reyes* que la explotó hasta 1866, cuando se paralizaron los trabajos, tras haber extraído 198.383 toneladas.

En 1883 se retomaron los trabajos de extracción por una compañía de capital extranjero The Peninsular Copper Company (Figura 191), que procesó 286.811 toneladas, hasta su disolución y liquidación por hipotecas en 1900. Un año después se constituyó The Peña Copper Mines Limited (Figura 192), empresa británica que trabajó Peña de Hierro durante 54 años, siendo este período el de máxima explotación del criadero mineral, con una producción de 3.922.780 toneladas de mineral, y con el mayor crecimiento de población, que alcanzó casi los 900 habitantes en los años 20 del siglo pasado, lo que conllevó también la construcción de diversas viviendas e infraestructuras, como el ferrocarril de Peña de Hierro, construido entre 1912 y 1914, que enlazaba con la línea férrea de la Mina de Cala a San Juan de Aznalfarache (Sevilla).



Figura 191. Acción The Peninsular Company Ltd. (1863). Colección Lorenzo Gómez (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).

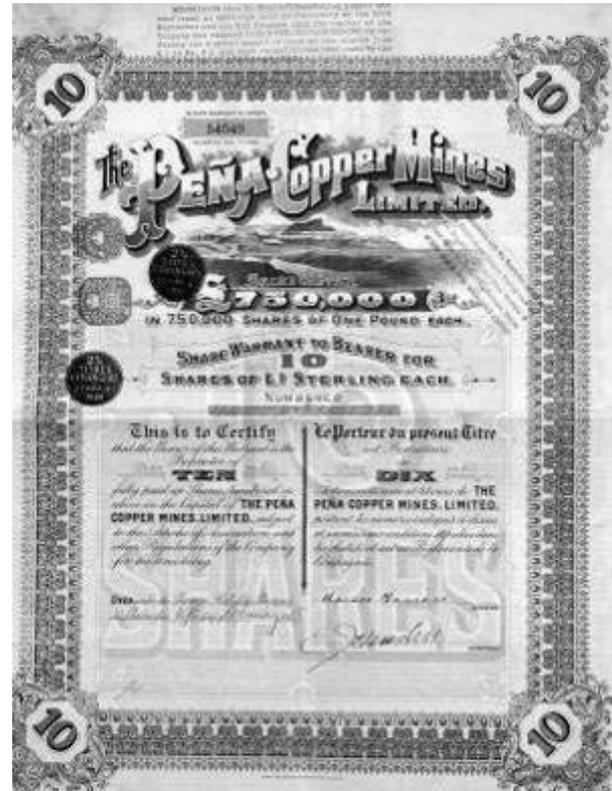


Figura 192. Acción The Peña Copper Mines Ltd. (1920). Colección Lorenzo Gómez (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).

En 1955 pasó a capital español siendo explotada por la Compañía Nacional de Piritas, S.A. (CONASA) hasta 1960, cuando se paralizó la extracción por falta de rentabilidad, habiéndose procesado en ese período 270.583 toneladas. En 1972 pasó la titularidad a Río Tinto Patiño, cesando en ese mismo año los trabajos de mantenimiento, que se venían desarrollando desde hacía más de diez años.

La última etapa del devenir de Peña de Hierro comenzó en 1987, cuando pasó a formar parte de los activos de Fundación Riotinto. Esta institución viene desarrollando la rehabilitación y restauración en esta mina, desde mediados de los 90 del siglo XX. Las intervenciones que se van a relacionar, a continuación, fueron posibles gracias a la colaboración de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa, de la Junta de Andalucía, a través de EGMASA, y del Proyecto ITUR, del Programa INTERREG III-A Cooperación Transfronteriza España-Portugal, liderado por la Diputación de Huelva, en colaboración con la Mancomunidad Cuenca Minera.

Las primeras acciones estuvieron dedicadas a la adecuación y acondicionamiento de los accesos a Peña de Hierro, concretamente el tramo de carretera de 1,1 km, desde el puente de Valdeburgos hasta la mina. A la vez se procedió a la limpieza y desescombro de las antiguas instalaciones (Planta Trituradora, Cargadores, Tolva, Almacenes de Piritas Trituradas, Cementación) (Figura 193 y Figura 194), se encauzaron las escorrentías y el canal de desagüe de la Corta, construyéndose también una zona de aparcamiento en la anexa a los antiguos depósitos de pirita.





Figura 193. Estado de partida de las instalaciones mineras de Peña de Hierro (Fototeca Fundación Riotinto).



Figura 194. Estado tras las labores de desescombro, limpieza y encauzamiento de las escorrentías (año 2006) (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).

Hacer visitable la corta de Peña de Hierro, conllevaba la seguridad de los visitantes, por lo que se procedió a la construcción de un muro perimetral de la corta, y a la adecuación medioambiental de la misma (Figura 195 y Figura 196). Este recorrido fue completado con la construcción de miradores, por todo el recorrido, para favorecer un conocimiento “seguro” de esta bella explotación a cielo abierto. Para permitir el acceso de los visitantes, al recorrido perimetral de Peña de Hierro, se urbanizó el acceso desde la zona de aparcamiento hasta los miradores, mediante rampas y escaleras, debidamente valladas y señalizadas. Durante estas labores también se construyó, frente a la zona donde nace el río Tinto, un mirador con sus correspondiente carteles, para facilitar el conocimiento de este ecosistema único en el mundo. También se construyó un mirador y el acceso a la zona del “canaleo”, donde mediante la señalética se explica el proceso para la obtención de “cáscara de cobre” con un 75 % de cobre metal.



Figura 195. Construcción del muro perimetral de la Corta de Peña de Hierro y de uno de los miradores (Foto: Fototeca Fundación Riotinto).



Figura 196. Tramo de muro perimetral y mirador año 2007 (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).

Así, una vez adecuado el acceso al complejo minero, y tras urbanizar en gran parte el recorrido, se procedió a rehabilitar los distintos bienes patrimoniales que lo componen. La primera intervención, en este sentido, tuvo como objetivo el túnel Santa María, que corresponde al segundo

nivel; la rehabilitación de esta antigua labor minera se realizó con una doble finalidad, por un lado valorizarla, pues se encontraba en estado de casi ruina, tras más de treinta años de abandono, y por otro permitir al visitante conocer de primera mano un trabajo minero de interior. Esta intervención constó básicamente de: destapar la boca del túnel (Figura 197, Figura 198 y Figura 199), que estaba cegada; limpiar y sanear el interior del túnel (Figura 200, Figura 201 y Figura 202); entibar las zonas que indicó la Jefatura Provincial de Minas y, por último, construir un mirador al final del túnel, a nivel del agua de la corta de Peña de Hierro.



Figura 197. Estado de partida de la boca del túnel Santa María (Fototeca Fundación Riotinto).



Figura 198. Trabajos de limpieza de la boca del Túnel (Fototeca Fundación Riotinto).



Figura 199. Estado actual de la entrada (Foto Aquilino Delgado Domínguez).



Figura 200. Inicio de los trabajos de rehabilitación del túnel Santa María (Fototeca Fundación Riotinto).



Figura 201. Desarrollo de los trabajos de rehabilitación (Fototeca Fundación Riotinto).



Figura 202. Estado actual del Túnel Santa María (Foto Aquilino Delgado Domínguez).

La segunda fase de rehabilitación tuvo dos actuaciones iniciales, correspondientes al Grupo Pilonos y a la Planta Trituradora. El Grupo Pilonos (Figura 203 y Figura 204), eran unas antiguas viviendas que tuvieron en el último momento uso como talleres. Si bien en un principio se intentó rehabilitarlas, las pésimas condiciones de conservación hicieron que los técnicos competentes optaran por reconstruirlo, empleando los mismos materiales y acabados. El uso previsto de este edificio rehabilitado es el de Centro de Recepción de Visitantes de Peña de Hierro, estando actualmente en proceso del montaje museográfico y equipamiento. La antigua planta trituradora fue desescombrada y limpiada, procediéndose a consolidar la zona inferior derecha de la tolva que presentaba peligro de ruina.



Figura 203. Estado ruinoso del "Grupo Pilonos" (2004). (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).



Figura 204. Centro de Recepción de Visitantes de Peña de Hierro (2008) (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).

La tercera fase de las labores desarrolladas, en esta mina, estuvo destinada a rehabilitar la antigua casa de máquinas del malacate o castillete, y a reproducir en su lugar (según los planos originales) y con los mismos materiales, el malacate de Peña de Hierro (Figura 205 a Figura 207). La Casa de Máquinas del Malacate es la futura sección tecnológica del Museo Minero, al estar en un lugar ideal, a medio camino entre el túnel Santa María y la Corta, para explicar la minería a cielo abierto y la de interior o por contramina; cuando y porqué se emplea una y otra; las ventajas que presenta uno u otro sistema y, por último, el impacto medioambiental potencial que implica el uso de un sistema u otro. La reproducción del malacate o castillete, a escala 1/1, tiene varios fines, que van desde musealizar y recontextualizar una zona de las instalaciones mineras, haciendo más comprensible las distintas labores mineras, hasta recuperar el paisaje minero.



Figura 205. Casa de máquinas en ruinas y malacate desmontado (2005) (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).



Figura 206. Trabajos de rehabilitación de la casa de máquinas, construcción de la reproducción del malacate (2006) (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).



Figura 207. Estado actual tras finalizar los trabajos (2008). (Fotos: Aquilino Delgado Domínguez).

La fase actual, la cuarta, ha estado destinada a rehabilitar una casa de obreros del grupo San Carlos, y su correspondiente urbanización, con el fin de constituir, en esta antigua vivienda minera, una sección etnográfica del Museo Minero (Figura 208). Así, al igual que la casa nº 21 del Barrio Inglés de Bella Vista permite conocer como se desarrolló la vida cotidiana, y las condiciones de vida



del staff británico, la Casa de Obrero pretende dar a conocer la vida cotidiana de una familia minera española de la época.



Figura 208. Casa de obreros en estado ruinoso (2007) (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).



Figura 209. Casa de obreros estado actual de los trabajos (2008) (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).

Así, tras más de diez años de trabajo continuado, las labores descritas han permitido poner en servicio turístico Peña de Hierro en noviembre de 2004, recibiendo 74.000 visitantes en 2007. La importancia del patrimonio minero conservado fue reconocida con la declaración de Bien de Interés Cultural, con la categoría de Sitio Histórico, por la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía en el 2005. La importancia medioambiental de Peña de Hierro fue refrendada con la declaración de Paraje Natural Protegido (2004), estando incoado actualmente para ser declarado Monumento Natural (Figura 210).



Figura 210. Corta de Peña de Hierro (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).



Aquilino Delgado Domínguez

Otro caso realmente interesante, en la Faja Pirítica Ibérica, nos lo ofrece la mina Concepción (Almonaster La Real, Huelva), de la que vamos a sintetizar los trabajos desarrollados en su



rehabilitación, para uso turístico y de ocio, por parte de la Junta de Andalucía, a través de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa.

Si bien esta mina no está dentro del circuito turístico del Parque Minero de Riotinto, el Museo Minero de Riotinto conserva varias piezas de arqueología industrial provenientes de Concepción, al tiempo que el Archivo Histórico Minero recogió, ordenó, catalogó y puso a disposición de investigadores la documentación proveniente de esta mina compuesta por: 261 legajos; 47 fotografías históricas; documentación gráfica compartimentada en: 63 planos de cartografía general; 211 planos específicamente mineros; 355 planos de maquinaria de todo tipo, utilizada en las instalaciones de Mina Concepción; 33 planos de arquitectura y, por último, 177 planos de perfiles, secciones, pisos y niveles. Además de todo lo anterior la proximidad a la Cuenca Minera de Riotinto, y el fácil acceso por carretera a esta mina, hace que acercarse a ella sea parada obligada para todos los interesados en el Patrimonio Minero (Figura 211).



Figura 211. Vista del poblado de mina Concepción y su Corta (Foto Aquilino Delgado Domínguez).

Esta mina, situada en el límite septentrional de la Faja Pirítica Ibérica, está enclavada en el término municipal de Almonaster La Real, muy próxima a las minas de San Platón y Esperanza-Angostura. En un paraje conocido como la Herrumbre. La masa de mineral de Concepción tiene dirección Este-Oeste y es casi vertical (buzamiento 80° N) (Pinedo Vara, 1963). La masa cobriza ocupaba la zona norte del criadero, donde se ubicaban las piritas de excelente calidad, debido a que, a pesar de tener leyes medias de entre 0,8 y 0,9 % de Cu, no eran muy ricas en azufre presentando muy pocas impurezas, con lo cual sus cenizas eran de muy buena calidad.

Antes de entrar a describir los trabajos de rehabilitación nos parece interesante sintetizar hacer una reseña histórica. Los primeros trabajos documentados en esta mina son de época romana, teniéndose constancia de la presencia de pozos y otras labores, como una galería de desagüe, aunque actualmente es la presencia del escorial, muy cercano al poblado de Mina Concepción, el que atestigua los trabajos mineros y metalúrgicos romanos. Los análisis de estas fayalitas (escorias) han permitido conocer que esta mina estuvo dedicada, en época tan pretérita, a la obtención de cobre (Pérez Macías, 1988).

Pero no se volverá a explotar hasta el último tercio del siglo XVI, aunque por breve tiempo, no teniendo mucha información sobre las labores desarrolladas ni sobre la cantidad de mineral extraído.



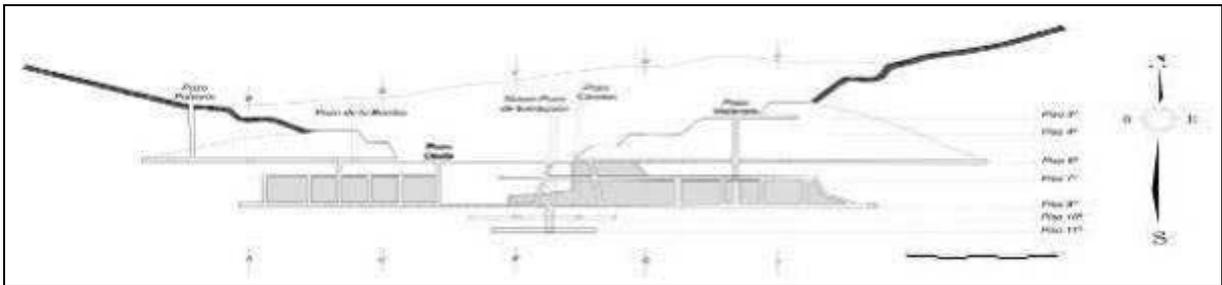


Figura 212. Sección longitudinal Corta Concepción. Elaboración propia. Fuente: Pinedo Vara, 1963 y Archivo de Fundación Riotinto.

A partir de mediados del siglo XIX, concretamente a partir de 1853, se vuelven a retomar los trabajos mineros en la mina Concepción, bajo la dirección del riotinteño Juan García Castañeda. De esta época conocemos que la extracción se realizó por el sistema de huecos y pilares, en dos pisos, siendo el primero una antigua labor romana llamada “socavón del Carmen”. Durante esta época sobre la zona occidental de masa minera se llevaron a cabo trabajos mineros a cielo abierto, hallando la masa mineral a casi 14 metros de profundidad, la producción para este primer período de explotación, en época contemporánea, pasó pronto de poco más de treinta toneladas a más de doscientas.

En 1860 la concesión pasó a manos de Ibarra y Cía, con sede en Sevilla. Durante la segunda mitad de la década de los sesenta, del siglo XIX, se llevó a cabo la apertura de un tercer nivel, también por el sistema de huecos y pilares que, debido a su “escaso rigor técnico”, como apunta Pinedo Vara (1963), conllevó la paralización de los trabajos mineros en 1867.

Así Concepción no volvió a trabajarse hasta 1874, cuando pasó a manos de James Hill Co. Durante la segunda mitad de los años 70 y los 80, del siglo XIX, los principales trabajos fueron el beneficio de minerales por combustión o teleras, regando posteriormente los morrongos obteniendo cobre metálico por cementación. Siendo entre mediados de los 90 del XIX y principios del siglo XX cuando, verdaderamente, se reiniciaron los trabajos mineros, profundizando en la corta hasta el nivel 6º, y extrayendo gran parte de la pirita que había quedado en los niveles de fines del XIX, que se habían hundido para lo cual profundizaron hasta el piso 9º.

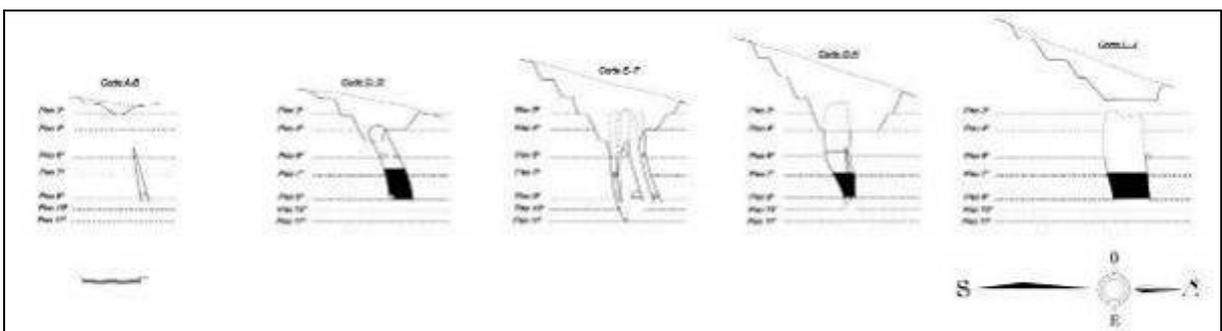


Figura 213. Sección Transversal Corta Concepción. Elaboración Propia. Fuente: Pinedo Vara, 1963 y Archivo de Fundación Riotinto.

En 1905 United Alkali Ltd, filial de la Compañía Anónima del Buitrón, ambas pertenecientes a Imperial Chemicals Ltd, adquirió Concepción y Poderosa. Siendo durante la presencia de esta empresa, período que se extiende hasta 1933, cuando se produjo el máximo volumen de explotación de este criadero, y cuando más se invirtió en la rentabilidad de esta mina y en el bienestar de sus trabajadores, construyéndose viviendas y diques. En 1905 se inició la construcción de una línea



férrea de 13.543 metros, que unía Concepción con Zalamea, aprovechando el ramal que unía Zalamea con Poderosa, ampliándolo hacia Mina Concepción y aumentando el ancho de vía de 762 mm a 1067 mm. Haciéndose necesario la construcción de un puente para atravesar el río Odiel, con una longitud de 112 metros, conocido como el Puente de Chapa. Además se construyó una pequeña red auxiliar de 762 mm de ancho que, mediante pequeñas locomotoras de vapor, unía la corta con el ferrocarril del Buitrón, a través del socavón de Parra Gorda, donde estaba la planta trituradora y la cementación.

Durante el último tercio del siglo XIX los principales trabajos fueron el beneficio de minerales por combustión o teleras, regando posteriormente los morrongos para obtener cobre metálico por cementación. Siendo a principios del siglo XX cuando verdaderamente se reiniciaron los trabajos mineros, profundizando en la corta y extrayendo gran parte de la pirita que había quedado en los niveles de fines del XIX, que se habían hundido.

En 1933 United Alkali Ltd cedió sus explotaciones, entre ellas Concepción, a la Compañía del Buitrón, que, además de la línea férrea, se dedicó principalmente a la exportación de la pirita lavada que tenía en cementación. En 1945 Joaquín Ribera se hizo con la concesión de Concepción y Poderosa, arrendando ambas a Electrólisis del Cobre S.A. (Figura 214), empresa que se mantuvo al frente de la explotación hasta inicios de los años setenta del siglo XX, cuando los bajos precios de la pirita en los mercados internacionales dejaron de hacer rentable la explotación de la mina, a principios de los años setenta, continuando labores de mantenimiento hasta 1975, cuando cesó toda actividad.



Figura 214. Acción de la Compañía Electrólisis del Cobre S.A., última empresa explotadora de Mina Concepción (Colección: J. P. Lorenzo. Foto: Aquilino Delgado Domínguez).

A fines de los años noventa, del siglo XX, Minas de Riotinto, S.A.L., llevó a cabo una intensa campaña de sondeos de exploración, que permitieron descubrir la extensión del yacimiento en profundidad, definiéndose unos recursos de 21 millones de toneladas de mineral cobrizo, con ley media de 1,26 % de Cu. Desde mediados del siglo XIX hasta el cierre de la actividad, en el último tercio del siglo XX, se estima que se extrajeron unas 370.000 toneladas, contando actualmente con una reserva de, al menos, 1.032.000 de toneladas de mineral.



Figura 215. Vista NE de Corta Concepción 2008 (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).

Tras esta larga historia, hay que señalar que, debido a la peculiar situación del cierre de la mayoría de las minas de Huelva, las empresas mineras, en la mayoría de los casos, no atendieron sus obligaciones en materia de seguridad minera, establecidas principalmente por la Ley y Reglamento de Minas, así como por el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad, por lo que las instalaciones y estructuras mineras abandonadas suponían un peligro para las personas y para el medioambiente.

Para solventar esta situación la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa, de la Junta de Andalucía, asumió la realización de las actuaciones relativas a la situación de inseguridad, además de proyectar la restauración y la adecuación del entorno de diversas minas a cielo abierto, o “cortas”, en concreto seis: Corta los Silillos, La Zarza (Calañas); Corta Filón Norte, Corta Filón Centro y Corta Sierra Bullones, Tharsis (Alosno); Corta Peña de Hierro (Nerva); Corta Confesionarios y Corta San Telmo (Cortegana) y Corta Concepción (Almonaster La Real).

Para tal fin se proyectó y desarrolló, por parte de la Junta de Andalucía, el *Proyecto de Restauración Medioambiental de Zonas Degradadas por la Actividad Minera en Seis Minas de Huelva*. Este proyecto recogía que las acciones a desarrollar, además de solventar la seguridad de las minas, estaban encaminadas a adecuarlas para su visita turística, de forma que, potenciando el desarrollo del turismo, éste se pueda convertir en un nuevo yacimiento de empleo, dentro de una zona económicamente deprimida, desde la primera mitad de los ochenta del siglo XX. El desarrollo de todos los trabajos necesarios fue realizado por mineros, que se encontraban en situación de desempleo, tras el cierre de las explotaciones, lo cual supuso un importante beneficio social. Por último, todas estas acciones están también destinadas a contribuir a la conservación del patrimonio minero, de las seis minas mencionadas.

En cuanto en las acciones desarrolladas en Mina Concepción el proyecto se desarrolló en tres fases:

1ª Fase: Las acciones estuvieron a destinadas a solventar todos los problemas de seguridad que planteaba la mina Concepción (Figura 216), principalmente el peligro que suponía el acceso a una explotación a cielo abierto; para tal fin se llevó a cabo el vallado perimetral de Corta Concepción. Además de este trabajo también se procedió a la adecuación de los accesos a dicha corta, mediante senderos, que permiten su contemplación desde todos los puntos.





Figura 216. Vista Panorámica NE – NO de la Corta Concepción, donde se aprecia el vallado y el sendero perimetral. (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).

2ª Fase: Las actuaciones estuvieron dirigidas tanto a la corta como a su entorno inmediato; así se dispusieron miradores en el recorrido perimetral de la corta (), donde el visitante puede descansar y contemplar, de forma reposada, la belleza de Corta Concepción; se adecuaron los senderos, tanto el que conducen desde el poblado de Mina Concepción a la corta, como para el de dos kilómetros que la une con la Mina de San Platón; se instalaron bancos y papeleras; se plantó arboleda; se señaló el acceso a la corta desde la carretera N-435; se elaboró e instaló señalización de interpretación, en todo el recorrido que rodea la corta, relativo tanto a la corta, donde se recoge la historia y geología, como a la faja pirítica en general; se instaló una maqueta de la mina en braille y macrotipos, que facilita el conocimiento de la corta a invidentes.



Figura 217. Izquierda: Museo geológico minero instalado en el mirador principal, al fondo se puede apreciar la maqueta de Corta Concepción. Derecha: mirador y señalización en Corta Concepción (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).

Las labores ejecutadas en la primera y segunda fase fueron realizadas por antiguos mineros, con lo que se dio empleo a los trabajadores que quedaron en situación de desempleo, tras el cierre de las explotaciones mineras. Los trabajos realizados en la segunda fase han permitido, no solo la señalización de todo el recorrido de Mina Concepción, sino la creación de un museo geológico - minero al aire libre, en el principal de los miradores.

3ª Fase: Las acciones desarrolladas, en esta fase, han estado dirigidas a difundir y divulgar tanto las actuaciones realizadas como el patrimonio minero rehabilitado. En este sentido se ha editado un desplegable informativo, un libro, un CD multimedia y, por último, con todo el material, se organizó una exposición para dar a conocer el trabajo realizado, como la entidad del patrimonio (Figura 218).



Figura 218. Izquierda: Exposición “Mirando a cielo abierto” año 2007. Sala nº 1 Museo Minero de Riotinto. Derecha: Desplegable, libro y CD multimedia editados sobre los trabajos de rehabilitación desarrollados y el patrimonio minero. (Fotos: Aquilino Delgado Domínguez).

Las acciones realizadas por la Consejería de Innovación Ciencia y Empresa, de la Junta de Andalucía, en el marco de este proyecto, en mina Concepción, se realizaron entre 2001 y 2006, y han permitido poner a disposición de los visitantes la Corta de Concepción. Actualmente ha surgido la Asociación Cultural Amigos de Mina Concepción, con vocación de difundir el conocimiento de esta mina, e intentar atraer el turismo a este bello enclave serrano, siendo esta misma la intención del autor de la presente contribución.



José Lorenzo Agudo

Las explotaciones a cielo abierto de lignitos cretácicos de Carbones de Berga, sociedad perteneciente en estos últimos años a ENDESA, en el norte de la provincia de Barcelona, han permitido descubrir, desde 1985, un conjunto espectacular de icnitas de dinosaurios, que se describen en otro apartado de este libro (Apartado 5.3).

Es de resaltar que en el talud calcáreo final de muro, de la explotación minera Fumanya, se ofrecen ahora los “rastros” de estas huellas en una superficie de hasta 80 m de longitud, constituyendo, según los expertos, el mayor afloramiento del mundo de pisadas de saurópodos del Maestrichtiense.

Se puede destacar que tres particularidades geológicas han permitido que quede “expuesta” una superficie tan importante de huellas:

- ↪ el muro de la formación lignitífera coincide prácticamente con el nivel de las huellas,
- ↪ este nivel es calcáreo y, por tanto, consistente y conserva las huellas, y
- ↪ la pendiente del talud final estable de la explotación coincide, 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.

En todo caso, el proyecto de rehabilitación de la mina se diseñó con el objetivo de resaltar y poner en valor las huellas y mostrar cómo se llevaba a cabo la explotación del carbón, y fue aprobado por el Departament de Medi Ambient de la Generalitat y por los municipios implicados.



Figura 219. Talud final con huellas de dinosaurios (Foto cedida por ENDESA Generación).



Figura 220. Reconstrucción de los dinosaurios y su hábitat. Proyecto de Ruta Minera.

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, basada en el aprovechamiento turístico cultural y de ocio de dichos recursos, con el proyecto de una ruta minera de montaña, que sería un complemento perfecto del Museo 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 *Consorci Ruta Minera* que ha venido trabajando muy activamente en este proyecto turístico.

Durante los trabajos de rehabilitación minera en el año 2000, realizados con gran cuidado por Carbones de Berga, se detectó una nidada de hasta diez huevos fósiles (Figura 221), 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 empresa minera. 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.



Figura 221. Huevos fósiles de dinosaurio de las minas de carbón de Berga (Barcelona) (Foto cedida por ENDESA Generación).

En los trabajos finales de rehabilitación 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 (Figura 222; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Tras los trabajos de rehabilitación, los terrenos mineros fueron cedidos al citado Consorcio.



Figura 222. Parque infantil en Tumí Oeste (Foto cedida por ENDESA Generación).

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 realizado también estudios y trabajos para la preservación de las superficies de las icnitas y la consolidación de las rocas que las contienen.

En el 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, localizados en los

términos de Figols y Vallcebre. 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 (Figura 223) se ofrece como ruta turística y de ocio con interés minero y paleontológico, por la comarca del Berguedá, por el propio Consorcio 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.

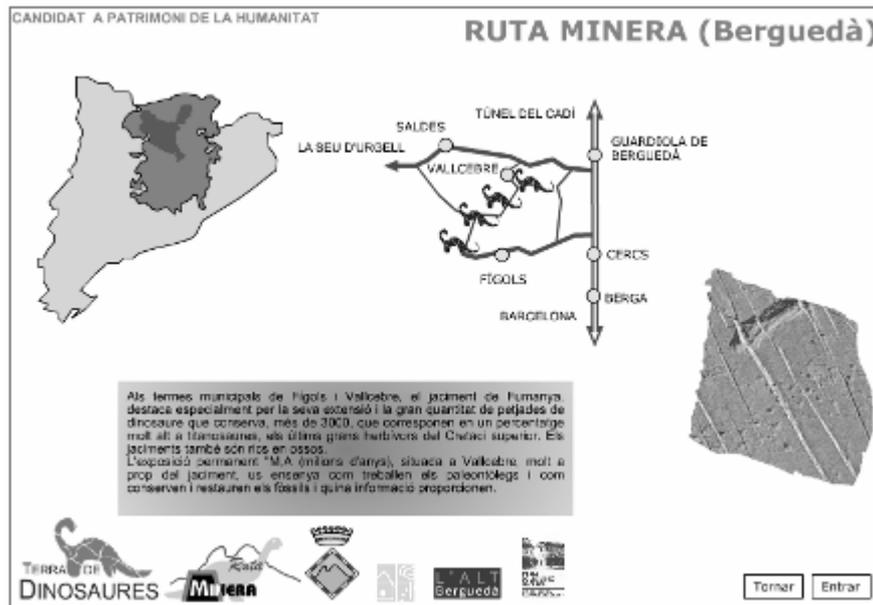


Figura 223. Propaganda de la Ruta Minera.

www.terradedinosaurios.com.

Actualmente está en ejecución, un ambicioso proyecto de Centro de Interpretación Paleontológica de Fumanya, financiado por el Instituto para la Reestructuración de la Minería del Carbón y Desarrollo Alternativo de las Comarcas Mineras.



Rafael Fernández Rubio

Siguiendo con esta presentación de actuaciones rehabilitadoras de espacios mineros a cielo abierto, podemos destacar el interés en conseguir el mejor hábitat, donde puedan habitar y reproducirse especies amenazadas, al abrigo de depredadores, que muchas veces puede ser el mismo hombre.

Un caso interesante, en este sentido, es el relativo a las minas de hierro de la sierra de Peña Cabarga (Cantabria), que han sido objeto de explotación 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 contienen óxidos e hidróxidos de hierro. En su génesis han desempeñado



papel muy destacado los procesos de karstificación de esas rocas, a favor de fracturas y discontinuidades, dejando, como consecuencia de la disolución, un residuo insoluble, constituido fundamentalmente por mineral de hierro (incluyendo chirtas y bulbatones), objeto de explotación minera (Figura 224).

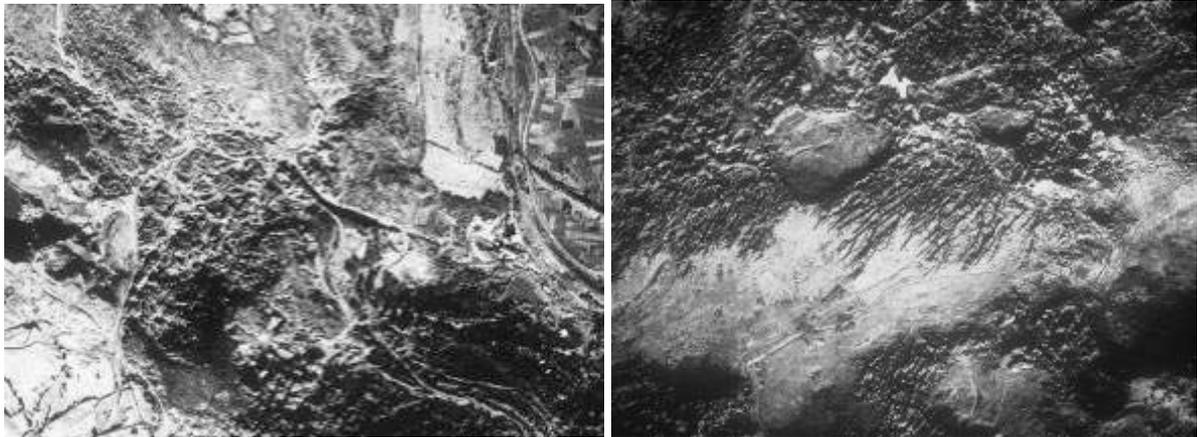


Figura 224. Fotografías aéreas infrarrojas (falso color) de la antigua explotación de hierro de Cabárceno (Cantabria) (Foto: Archivo Frasa).

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. En ese beneficio del hierro los mineros abrieron 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 (



Figura 225).



Figura 225. Paisaje de karst tropical exhumado por los trabajos mineros en Cabárceno (Cantabria) (Foto: Archivo de Cantur).

Al cesar la explotación, y fruto de un acuerdo entre el Gobierno de Cantabria y la empresa minera 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 exhumado, con espacios de singular belleza, sino también de un lugar de ocio y esparcimiento, en contacto con la naturaleza, que acoge a un centenar de especies faunísticas de los cinco continentes, incluyendo a más de cincuenta especies en peligro de extinción, que aquí encuentran protección total (Figura 226 y Figura 227).



Figura 226. En el Parque de la Naturaleza de Cabárceno (Cantabria), la fauna se distribuye en treinta amplios espacios, con una muy bien trazada red de carreteras (Archivo de Cantur).





Figura 227. Panorámica parcial del Parque de la Naturaleza de Cabárceno (Cantabria) (Foto: Pedro Cantero).

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 (Figura 228).



Figura 228. Los animales en régimen de semilibertad, en la antigua mina de Cabárceno (Cantabria), se reproducen como en un hábitat natural (Foto: Archivo de Cantur).

Para completar el disfrute se puede observar esta naturaleza, a la que los trabajos mineros han dado mayor belleza, a través de magníficos miradores, y de una red de caminos y carreteras, muy bien trazadas, con decenas de kilómetros, que permiten contemplar una variada fauna que aquí encuentra protección, refugio y alimento (Figura 229).



Figura 229. En las antiguas minas de Cabárceno (Cantabria) encuentra refugio fauna de los cinco continentes, con más de cincuenta especies en peligro de extinción (Fotos: Archivo de Cantur).

El visitante contempla, en treinta amplios espacios, a escasa distancia, pero sin producir interferencias, a cientos de animales, de todas las comunidades zoológicas (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), 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, 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.



Figura 230. Animales salvajes en régimen de semilibertad en Cabárceno (Cantabria) (Foto: Archivo de Cantur).

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 (Figura 231). Igualmente se cuenta con un complejo de restaurantes y cafeterías, aparcamientos, tiendas de recuerdos, y un reptilium con una especializada colección de serpientes.



Figura 231. Fotografía aérea infrarroja de las antiguas cortas mineras para explotación del hierro (Foto: Archivo Frasa)

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.



Rafael Fernández Rubio

Como ya nos ha ocurrido en otros ejemplos, es difícil a veces asignar un carácter prioritario a un caso de rehabilitación, porque podrían destacarse de él diferentes aspectos de interés que, en todo caso, son complementarios en la valorización del espacio.

Así nos ocurre con la antigua mina de Cerro del Hierro (San Nicolás del Puerto, Sevilla), en la Sierra Norte de Sevilla. Se trata de una explotación minera, fundamentalmente de oligisto, pero también de barita, que hoy se ofrece como un paisaje cultural, pero también destacan sus aspectos deportivos y naturalísticos.

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) construyó 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 cerró 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, declarado en el año 2001 como Monumento Natural de Andalucía (Figura 232).





Figura 232. Antigua mina de Cerro del Hierro (San Nicolás del Puerto, Sevilla) (Foto: Rafael Fernández Rubio).

El mineral aparece como relleno kárstico, de óxidos de hierro, presentes en las calizas marmóreas del Cámbrico (zona de Osa Morena). Este proceso de karstificación, que se produjo en condiciones tropicales (“karst de mogotes”), hoy es visible gracias a su exhumación, producida por los trabajos de explotación, que ha puesto de manifiesto 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 pueden contemplar hoy ejemplos muy notorios y espectaculares de: campos de lapiaz, dolinas, simas, cuevas,...

Desde el punto de vista deportivo el lugar ofrece hoy el atractivo de la práctica de varios deportes: escalada, “rappel”, espeleología, senderismo y cicloturismo (a través de la Vía Verde), sin perder de vista que aquí se encuentra la mayor concentración de robles melojos, y que se puede observar a la esquiva cigüeña negra.



5.5 Rehabilitación deportiva y recreativa

Juan Carlos Baquero Úbeda

La escalada es un deporte que se practica al aire libre, estimulante y saludable, que permite desarrollar la fuerza, destreza y afán de superación del individuo, además de afianzar vínculos con los compañeros de cordada, deporte que exige dedicación y entrenamiento continuo. Sin embargo, es una actividad poco conocida e incluso no apreciada por muchas personas, por considerarla peligrosa y falta de sentido.

En España, existen numerosas posibilidades para desarrollar este deporte, en cuanto a tipo de roca (granito, caliza, arenisca, conglomerado, etc.), altura o grado de dificultad, y son bien conocidas, por los practicantes del mismo, las posibilidades que ofrecen, para su práctica, las canteras y huecos mineros, hoy abandonados, próximos a núcleos urbanos, que permiten practicar este deporte cerca de casa, encontrando todo tipo de retos y dificultades (Figura 233).





Figura 233. Escuela de escalada en taludes de la mina Cerro de Hierro (Sevilla) (Foto: Pedro Pavón).

Es por ello que se han desarrollado numerosas escuelas de escalada o actividades de promoción deportiva, asociadas a estas excavaciones que, habitualmente, gracias a su fácil acceso y limitada altura, constituyen un marco inmejorable de entrenamiento y aprendizaje, constituyendo, sin duda, los mejores “rocódromos” (Figura 234).



Figura 234. Escalada libre en paredes de cantera de granito.

Prácticamente en todas las Comunidades Autónomas existen enclaves mineros donde se desarrolla, de forma espontánea, muchas veces no regulada, este deporte, proporcionando a las viejas canteras un interesante uso, para el ocio y la práctica deportiva.

De entre los numerosos ejemplos existentes, a continuación se destacan algunos:



- ↪ Antiguas canteras de la Sierra de la Encina de la Lastra, entre el Bierzo (León) y Valdeorras (Orense), bonito lugar donde se practica la escalada desde la década de los 70.
- ↪ Cantera de mármol abandonada de La Mola, en Chert, en la Sierra de Tormassal (Castellón), donde sus bloques y cortes geométricos permiten la práctica de este deporte.
- ↪ Canteras de areniscas de Serragrossa (Alicante), donde practican numerosos escaladores de la zona.
- ↪ Cantera de Murúa, en Zigoitia (Álava), donde existe un área recreativa de gran belleza.
- ↪ Canteras de Biescas (Huesca), donde desarrollan sus actividades diferentes escuelas de escalada en pareces limpias de maleza.
- ↪ Cantera del Eume, en Galicia, en la que destacan las vías existentes para la práctica de la escalada de adherencia.
- ↪ Canteras antiguas de granito de El Horno (Córdoba), a las que puede accederse en autobús “de línea”, y donde existen más de 15 vías de escalada.
- ↪ Canteras de Atxarte (Vizcaya), y especialmente el Untzillaitz, donde hay muchas vías de escalada, que sirven de escuela y lugar de entrenamiento.

Por no extendernos más, en este empleo de los espacios mineros, apenas queremos mencionar otras explotaciones mineras, de gran interés en la práctica de este deporte como son las: canteras de mármol rojo de Pic de Nore (Aragón); canteras de granito en Zarzalejo (Madrid); canteras de El Valle (Murcia); cantera del Candil en la zona de escalada de bloques de Biota (Zaragoza), y un largo etcétera.

Es así que prácticamente en todas las Comunidades Autónomas, en las que ha existido actividad minera, hoy abandonada, pueden encontrarse aficionados a la escalada, de cualquier nivel, edad y sexo, que aprovechan estos escarpes para practicar el deporte de la escalada.



José Lorenzo Agudo

En Gerena, localidad de 6.000 habitantes, situada a 25 km al noroeste de Sevilla, se ha aprovechado una vieja cantera de granito, que se había visto absorbida en el núcleo de la población, recuperándola como espacio cultural, construyendo en ella un auditorio municipal de verano, al aire libre (en términos mineros diríamos “a cielo abierto”), con un aforo de 700 personas, que se conoce como auditorio de “La Rodadera” (Figura 235).





Figura 235. Auditorio de verano La Rodadera en Gerena (Sevilla), construido sobre una antigua cantera de granito (Fotos: Javier Vázquez de Prada y Manuel Ortiz Valderas).

En este auditorio 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.

En el caso de Gerena, el trabajo de las canteras, fundamentalmente de granito (serían probablemente los granitos nacionales más sureños), ha sido desde antiguo uno de sus recursos económicos, 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 en 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 del ferrocarril minero de mina La Caridad (Aznalcóllar-Guadalquivir), ramal construido al efecto e inaugurado en 1911. 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 el Ayuntamiento también 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 laguna natural, más de 300 árboles y plantas, barbacoas y merenderos.



5.6 Rehabilitación industrial y de servicios

Juan Carlos Baquero Úbeda

El Grupo HANSON, que explota la cantera de Valdilecha (Madrid), para producir aglomerados calizos, construyó en el año 2003 su Planta de Tratamiento de Áridos en el hueco minero activo de la propia cantera (Figura 236) con objeto de reducir el impacto ambiental de la instalación para producción áridos.

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



trituration, molienda y clasificación de la roca. Su ubicación en el interior de la cantera supone una reducción sensible del impacto visual, así como del efecto de las emisiones de ruido y polvo.



Figura 236. Planta de Tratamiento de Áridos en Valdilecha (Madrid).



Un ejemplo interesante de utilización de un hueco minero a cielo abierto, para ubicación de servicios, es el que describe Lorenzo Agudo (2007), referente a la mina La Extranjera, en el libro “Activos Ambientales de la Minería Española”, y que transcribimos en su integridad.

José Lorenzo Agudo

Un hueco final de mina a cielo abierto en las proximidades de una ciudad, puede constituir un activo de extraordinaria importancia, para la gestión de los residuos urbanos de la ciudad y su zona de influencia. Vamos a describir uno de estos casos, referido a una mina reciente, que ha supuesto la valorización del hueco final de mina, a cielo abierto, como centro de gestión y vertido de residuos inertes y “punto limpio”.

Al sur de la ciudad de Puertollano, en el entorno del km 2 de la Carretera CR-502 a Mestanza, y en la margen occidental de la misma, concluyó su actividad, al final de la década de los noventa, la explotación de carbón a cielo abierto de la mina “La Extranjera”, realizada por Inversiones Terrales, concluyendo la misma con su hueco final en las proximidades del río Ojailén, cercano al núcleo urbano de Puertollano.

Este hueco final, y su área adyacente, han sido recuperados y valorados 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 han sido:

- ↪ preparación del hueco final para Depósito (Figura 237), con regularización e impermeabilización a base de arcillas compactadas, para evitar la contaminación de acuíferos,
- ↪ obras de recogida de aguas de escorrentía y de filtración del río Ojailén a media altura del hueco,
- ↪ construcción de la Planta de Tratamiento de Residuos, y
- ↪ acceso desde la carretera ya citada.





Figura 237. Preparación del hueco final de la mina La Extranjera, por el Ayuntamiento de Puertollano, para Depósito Controlado de Residuos Inertes (Foto cedida por la Concejalía de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Puertollano).

(Al fondo, Central Térmica Puertollano, de Enel-Viesgo).

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 un Punto Limpio, por lo que este conjunto cuenta ahora con las siguientes instalaciones:

- ↳ 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.
- ↳ 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.
- ↳ Punto Limpio con veintiún tipos de contenedores para recepción, tratamiento y recuperación de residuos domésticos especiales, que no deben depositarse con los residuos urbanos (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: acondicionamiento e impermeabilización del hueco, construcción de obras de drenaje; preparación de accesos, o construcción de la planta de tratamiento, entran dentro de lo que son trabajos y técnicas mineras habituales.

Los residuos que se admiten en estas instalaciones 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 recuperan 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) (Figura 238).



Figura 238. Planta de Tratamiento de Residuos de Construcción y Demolición, montada junto al Depósito de Inertes (Fotos cedidas por la Concejalía de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Puertollano).



5.7 Rehabilitación multipropósito

Asociación Lítica

Una rehabilitación interesante, y desde luego multipropósito, es la que se viene realizando por la Asociación Lítica⁴, fundada en 1994, por la escultora y arquitecta Laetitia Lara con los objetivos generales de preservar, rehabilitar y poner en valor las canteras de “marés” de Ciutadella de Menorca (Figura 239), como patrimonio histórico - etnológico de gran valor artístico y paisajístico.



Figura 239. El Tótem, en las Pedreras de s'Hostal (Ciutadella de Menorca) (Foto: Lluís Bertran).

⁴ Asociación cultural, sin ánimo de lucro.



El marés es una arenisca del Mioceno que, con mayor o menor grado de cementación, presenta buenas características para uso ornamental y para tallar bloques para la construcción, por lo que se ha empleado desde la cultura megalítica (periodo tayalótico) hasta que, tras dos siglos de explotación, la actividad en estas canteras cesó en 1994.

Es en este contexto donde la Asociación Lítica promociona, de manera general, el mundo de las canteras de marés de Menorca:

- ↳ Como lugares de especial valor histórico-etnológico, huella del trabajo del hombre en el paisaje.
- ↳ Como obras de gran valor artístico, exponentes de una arquitectura “en negativo”, como monumental escultura excavada en el paisaje.
- ↳ Como paisajes peculiares de especial valor medioambiental, donde el espacio excavado es recolonizado por la naturaleza

Pero también Lítica fomenta la conexión de las canteras de marés con otras canteras del mundo, buscando la creación de una “ruta de la piedra del Mediterráneo”, habiéndose establecido ya colaboraciones con proyectos afines en Italia, Francia y Malta.

Por otra parte, en las canteras de s’Hostal, la Asociación lleva a cabo un proyecto integral de recuperación, cuyos objetivos son:

- ↳ Recuperar y rehabilitar las canteras mediante limpiezas y desescombros (Figura 240 y Figura 241).



Figura 240. Escombros, sauló y basura en la cantera Anfiteatro y en las canteras antiguas (Foto: Laetitia Lara).



Figura 241. Desescombro en las canteras Anfiteatro y Anfiteatro II (Foto: Laetitia Lara).

- ↪ Adecuar el recinto a la visita del público, con la realización de obras de seguridad y señalización.
- ↪ Potenciar las canteras como pequeños barrancos de frondosa vegetación, en los que los antiguos canteros sembraron sus huertos, y recuperar en el presente las zonas verdes creando jardines.
- ↪ Potenciar la cantera como paisaje de piedra, memoria del antiguo oficio de cantero, y recuperar el uso del marés en arquitectura, escultura y artesanía, para lo cual se cuenta con los talleres de Marès Art.
- ↪ Convertir las canteras de s'Hostal en un espacio vivo y festivo, marco y estímulo para la celebración de actividades culturales y de ocio y para la creación artística (Figura 242).
- ↪ Abrir las canteras al encuentro social, las actividades juveniles y los deportes (Figura 243).



Figura 242. Concierto en el Anfiteatro (Foto: Líthica).



Figura 243. Encuentro de la Calçotada en cantera de Los Naranjos (Foto: Líthica).

Como consecuencia de la puesta en práctica de estos objetivos, hoy podemos considerar a las canteras de s'Hostal como un paisaje heredado de la actividad minera, en dos diferentes modos de actuación:

Las **canteras de extracción manual**, donde el trabajo, realizado con herramientas manuales, obligó al cantero a seguir los dictados de unos materiales que se presentan con calidades variables. Aquí, con oficio y experiencia, se trabajaba siguiendo la “veta” de la piedra de buena calidad, sorteando la “piedra viva”. Esta labor de “escucha” de la materia le condujo a la creación de espacios dominados por la irregularidad y las formas orgánicas, reflejo directo de la estructura interna del terreno.

El aumento de volumen de piedra extraída en cada capa, a medida que se ganaba profundidad, inclinó y abombó el plano de las paredes, al tiempo que el golpe de la escoda grababa sobre su superficie rasgaduras, formando espigas horizontales y líneas de golpes en vertical.

A modo de acceso al nivel de extracción, y para evacuar los sillares de piedra a la superficie, el antiguo *trencador* talló, en la propia pared de la cantera, escaleras minerales que ganaban escalones con cada nueva capa de piedra excavada.

Las **canteras de extracción mecánica**, donde sobre raíles, fijados en el suelo de la cantera, una vagoneta se desplaza, hundiendo en la piedra la sierra circular que realiza el corte. La nueva ley, impuesta por la máquina, da lugar a un amplio plano de trabajo horizontal, libre de todo obstáculo, sobre el que la sierra corta en perfecta vertical, creando el continuo ángulo recto que domina el espacio (Figura 244). La extracción se vuelve indiscriminada y absoluta. Se extrae la totalidad de la piedra, mientras que el trabajo consciente y reflexivo, de su clasificación, se realiza en una fase posterior al corte.

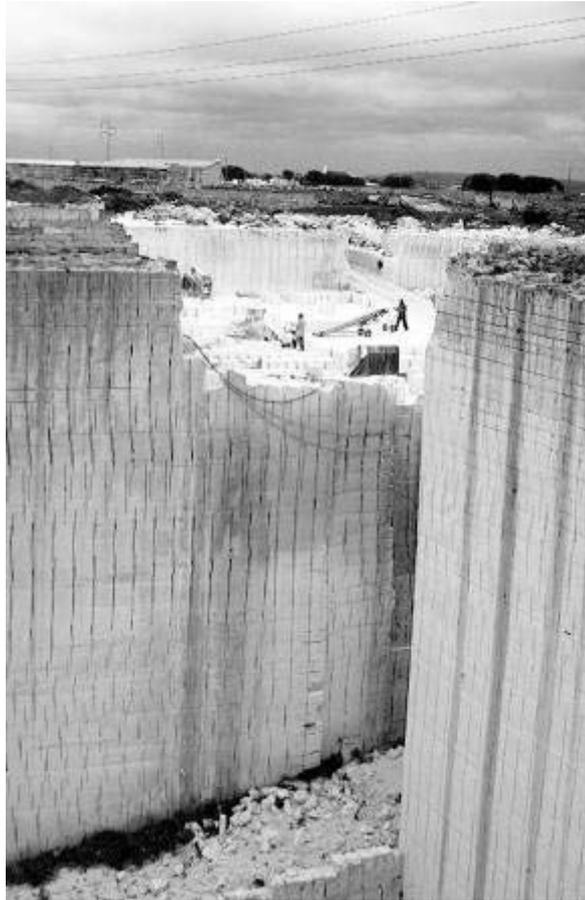


Figura 244. Trabajos de extracción en las Pedreres de s'Hostal (Foto: Laetitia Lara).

La morfología de la cantera deja de ser espejo de la estructura interna del terreno, para convertirse en un espacio geométrico monumental (Figura 245). Las dimensiones de la superficie de trabajo, necesarias para el avance de la máquina y el corte vertical, crean un amplio espacio cúbico. A su vez, la evacuación de los sillares, por métodos mecánicos, permite ganar profundidad en la cantera, donde, en la mayoría de los casos, la extracción sólo se interrumpirá al alcanzar el nivel freático. Las paredes se graban con profundas incisiones verticales, producidas por la sierra contra la pared, al final de cada línea de corte. Por el menor tiempo de exposición a la intemperie, la piedra presenta un tono beige claro, poco evolucionado aún desde el blanco inicial del momento de ser abierta por el disco.



Figura 245. Cantera del Anfiteatro (Ciudadella de Menorca) (Foto: Ferran Puig).

En este entorno podemos decir que se produce el encuentro y solapamiento de canteras de extracción manual y de extracción mecánica, siendo ésta una de las principales peculiaridades de s'Hostal, ya que se producen, a lo largo del recorrido de las canteras, numerosos puntos de encuentro, entre las dos técnicas, siendo estos los lugares más especiales y peculiares del recinto: la Brecha en la pared de la cantera del anfiteatro y el Tótem, un obelisco antropomórfico, símbolo de Líthica, la vista más característica de las canteras de s'Hostal (Figura 246).



Figura 246. El Tótem, obelisco antropomórfico símbolo de Líthica (Foto: Lluís Bertran).

En 1994, momento en el que finalizó la extracción en s'Hostal, Líthica tomó las canteras en alquiler, con el objetivo de evitar que fueran sepultadas bajo los escombros, y para convertirlas en un espacio natural – cultural, dándoles nueva vida, a través de un proyecto integral de recuperación, regido por la intención de potenciar las canteras como paisajes de piedra, herencia del trabajo del cantero, espacio laberíntico y gran jardín.

El **paisaje de piedra** potencia especialmente la esencia de la cantera, como lugar de la piedra, y las técnicas utilizadas en su creación. Por ello, las intervenciones que se realizan y las

técnicas utilizadas en la cantera retoman y reinterpretan la herencia de los viejos canteros, trabajando como en la arquitectura rupestre, abriendo el espacio en la piedra a través de la extracción de materia.

El **espacio laberíntico** (Figura 247 y Figura 247), destaca quizás por la propia esencia de los espacios de piedra excavada, donde algunas leyendas sitúan el nacimiento del mito cretense, o por la morfología ciertamente laberíntica de las canteras de extracción manual. La visita a las canteras de s'Hostal adentra al paseante en un auténtico laberinto, que puede ser vivido como paseo lúdico entre jardines o como verdadero viaje iniciático, cuyo hilo de Ariadna es el lenguaje de la piedra, declinado de mil maneras: piedra tallada, rascada, agujereada, erguida....



Figura 247. Cantera del Laberinto (Foto: Jaime García Pons).



Figura 248. El Laberinto (Foto Lluís Bertran).

Mediante un **gran jardín**, Lítica reconoce las canteras como resultado de la interacción del hombre y la naturaleza: un conjunto nacido de la creación de un espacio hundido por la extracción de piedra, de su uso posterior para el cultivo de huertos y de un largo periodo de abandono, en el que la naturaleza recolonizó el lugar.

Todas las intervenciones de jardinería se integran en el proyecto general **Laberint dels Vergers** (Laberinto de los Vergeles), que se viene desarrollando de forma gradual desde 1996. Inicialmente se intervino con limpiezas y podas selectivas y con la creación de una red de caminos, que pone en relieve la naturaleza laberíntica de las canteras. Desde el año 2000 se trabaja en diversas repoblaciones y en la creación de jardines.

A destacar, en esta filosofía de intervención de este paisaje, es que se realiza como continuación de la tradición del cantero-agricultor, que sembraba sus huertos en el fondo de los espacios excavados (Figura 249), aprovechando sus particulares condiciones de pequeños barrancos.



Figura 249. Cantera de Los Naranjos (Foto: Laetitia Lara.)

La labor de Lítica, en este jardín, se concreta en tres líneas de actuación básicas:

- ↪ Mantenimiento de la comunidad vegetal existente, interviniendo sutilmente, respetando y potenciando la magia silvestre de las canteras y una cierta sensación de abandono.
- ↪ Repoblaciones de bosque mediterráneo (zona superior) y de árboles frutales, parra y huertos de hortalizas (zona inferior).
- ↪ Creación de jardines. Se realiza un trabajo de intervención más intensiva con la creación de diversos jardines. En unos casos se sigue un espíritu histórico y cultural, como en el caso del jardín Medieval (Figura 250 y Figura 251). En otros, como en el circuito Botánico y de la Biodiversidad (Figura 252), la finalidad es de reproducción de la flora autóctona, y la divulgación de la flora y fauna de las canteras, la geología del marés y las técnicas de extracción que crearon los espacios de las canteras.



Figura 250. Jardín Medieval (Foto: Luís Bertran).



Figura 251. Jardín Medieval (Foto: Jaime García Pons).



Figura 252. Circuito Botánico (Foto: Lítica).



Rafael Fernández Rubio

Por su parte, las canteras de Santanyí (Menorca) se presentan hoy como una serie de explotaciones pequeñas, bajo una ligera capa de suelo rojizo, cuyo espesor 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 adecuados para bodegas abovedadas (“*celler*”), 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 al empleo para actividades generadoras de ruido o polvo, teniendo en cuenta que las paredes actúan como pantalla acústica: circuito 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 y 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. Podemos decir, con propiedad que se trata de un empleo multiuso de estas excavaciones mineras a cielo abierto.



6 REHABILITACIÓN DE ESCOMBRERAS Y DEPÓSITOS DE ESTÉRILES

Rafael Fernández Rubio

Las escombreras y los depósitos de estériles están entre las actuaciones de la minería con mayor impacto visual (sin olvidar otros posibles impactos), que puede perdurar por mucho tiempo. Es por ello que la minería moderna, con responsabilidad ambiental, trata de minimizar estos impactos, a través de la naturalización e integración ambiental, buscando al mismo tiempo darle usos, de los que en este capítulo se ofrecen diferentes ejemplos.

Este planteamiento se facilita si se aborda esta rehabilitación desde el momento inicial (situación de pre-mina), con proyectos muy elaborados, por equipos interdisciplinarios, que incluyen todos los aspectos tendentes a la mejor integración y aprovechamiento final de estas estructuras.

En este contexto muchas veces prima el uso naturalístico, con vegetación autóctona, pero con posibilidad de complementariedad con otros usos, siendo de destacar que la cubierta vegetal permite: estabilizar los terrenos sin consolidar, reducir la erosión, recuperar la producción biológica del suelo, proteger los recursos hídricos y favorecer la integración paisajística (Gil *et al.* 2003).

Un buen ejemplo de anticipación a la rehabilitación de los depósitos de estériles es el aplicado en el Complejo Minero – Hidrometalúrgico Las Cruces (Sevilla), en el que se diseñó, desde el inicio, un Plan de Rehabilitación basado en un proceso continuo de tratamiento progresivo y simultáneo con el desarrollo de la actividad, planteando para los depósitos de estériles una morfología naturalizada, integrada en el paisaje (Figura 253), con alturas limitadas y pendientes suaves (14°).

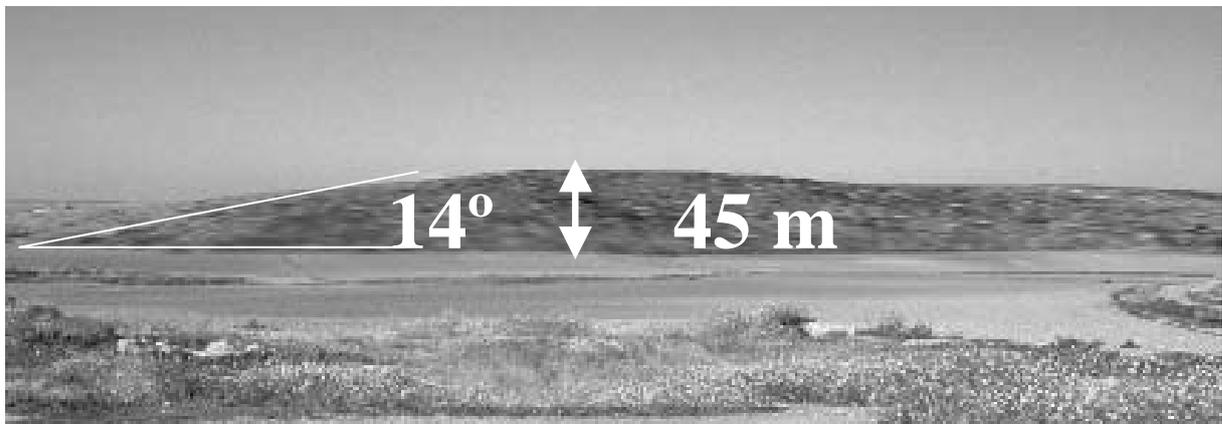


Figura 253. Diseño de rehabilitación de escombreras en la mina Las Cruces.

Este relieve posibilita los usos futuros del suelo, una vez concluida la operación minera, y dentro del marco del desarrollo sostenible, al tiempo que ofrece las máximas posibilidades para futuros usos alternativos, con recuperación y mejora de la biodiversidad (reintroducción de flora autóctona, vegetación riparia en cauces desviados, etc.).

En este sentido hay que resaltar que la altura, pendiente y morfología 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 implican mayor impacto visual y menor aprovechamiento del suelo.

Es por ello que en el caso de la mina de Las Cruces (Sevilla), se diseñó la construcción de las escombreras y depósitos con el concepto de optimización del futuro aprovechamiento naturalístico



del suelo, tras el cese de la actividad minera, con vegetación autóctona, y posibilidad de complementariedad con otros usos. Todo ello dentro de un conjunto de actuaciones de rehabilitación para favorecer la biodiversidad ecológica de esta zona. Este plan está programado, paso a paso, a lo largo de toda la vida de la operación minera.

Con esta actuación el relieve creado, sobre una superficie de unas 1.000 ha (inicialmente de terreno agrícola despoblado), posibilitará los futuros usos del suelo, una vez concluida la operación minera.

La estrategia de rehabilitación se planteó de forma progresiva y continua, de manera que sólo una pequeña parte de los estériles reactivos estuviesen expuestos al aire, a lo largo de la operación, y de manera que en la fase de clausura sólo quedará por completar una mínima parte de la rehabilitación (Figura 254), optimizando los futuros usos del suelo y mejorando el hábitat ecológico y los recursos hídricos.



Figura 254. Integración paisajística de las escombreras de la mina de Las Cruces. Vistas pre y post proyecto.

El Plan de Rehabilitación incluye, 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, u otros). Previamente, parte de las margas extraídas retornarán a la corta, para recubrir las rocas paleozoicas del fondo y al acuífero subhorizontal suprayacente, con el objeto de sellarlo.

Esa planificación para todo el depósito de estériles, tras el cese de la actividad minera (Figura 255), se inicio desde la fase inicial del Proyecto, y se continuará durante toda la vida de la operación minera, con los siguientes elementos clave de diseño:

- ↳ 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 realizará antes del comienzo de la producción,
- ↙ casi el 40% de la rehabilitación permanente se terminará en los primeros años de la fase de producción,
- ↙ las barreras visuales al Norte y al Este del área minera se terminan y revegetan dos años antes del inicio de la producción,
- ↙ se utilizan margas como material inerte para encapsular los estériles piríticos del tratamiento y los estériles mineralizados de la mina, impidiendo la generación de aguas ácidas,
- ↙ las margas y areniscas se dispondrán como relleno en la corta, durante la fase de producción, para reducir el volumen de escombreras,
- ↙ parte de las margas inferiores y areniscas retornan también a la corta como relleno, al final de la explotación, reduciéndose la superficie final ocupada por las escombreras (este relleno alcanzará la cota mínima de -85 m b.n.m.⁵ para asegurar el aislamiento del acuífero), y
- ↙ finalmente 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.

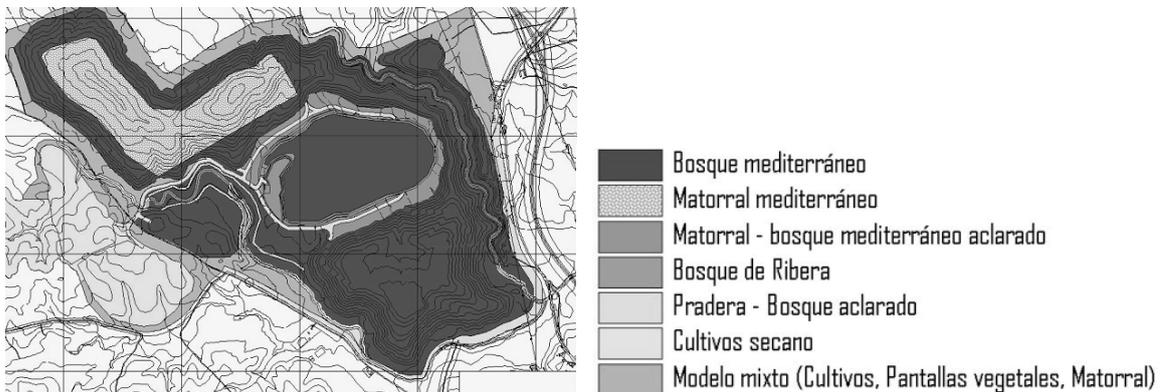


Figura 255. Usos asignados a los suelos en la mina Las Cruces (Sevilla).



6.1 Rehabilitación naturalística y forestal

Ricardo Castelló Montori

Un caso interesante de rehabilitación de escombreras, por su singularidad y por su dificultad, es el de escombreras en terrenos yesíferos, como son las actuaciones emprendida en las canteras de Los Yesares y de Río de Aguas, ambas en Sorbas (Almería). La peculiaridad que da más valor a esta rehabilitación es el hecho de encontrarse limitando con un territorio protegido, y la

⁵ m b.n.m. = metros bajo el nivel del mar.



presencia de especies vegetales que son endemismos gipsícolas. En esta actuación se han rehabilitado/ ecológicamente alrededor de treinta hectáreas de escombreras y zonas aledañas, mimetizando al máximo la geomorfología, e implantando vegetación autóctona endémica y sobre todo gipsófita preexistente (Figura 256).



Figura 256. Primera fase de la rehabilitación edáfica y restauración ecológica de canteras de yesos en Sorbas (Almería) (Foto: Ricardo Castelló Montori).

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 (Figura 257), si bien 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.



Figura 257. Paraje Natural del Karst en Yesos de Sorbas (Almería) (Foto: Ricardo Castelló Montori).

Qué duda cabe que las dificultades de “mimetizar” el desarrollo vegetativo de las escombreras de estériles, con el entorno preexistente, es mucho mayor que en el caso de las de depósitos de finos, que tienen composición mucho más homogénea. Por otra parte las metodologías a emplear son diferentes, y también los resultados finales.

Para esta actuación ha sido necesario estudiar y analizar, de forma continuada, tanto el proceso de rehabilitación y revegetación en sí mismo, como la evolución de las diferentes especies en las distintas zonas, para evitar actuaciones incorrectas e irreversibles, y ello porque, en el marco conceptual de este trabajo, el concepto de restauración ecológica se encuentra íntimamente ligado al concepto de ecosistema. Lo que 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 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 rehabilitación coberturas muy altas (Figura 258).



Figura 258. Desarrollo de *Halogeton sativus* al segundo año de iniciados los trabajos de rehabilitación en las escombreras de las canteras de yesos de Sorbas (Almería) (Foto: Ricardo Castelló Montori).

En 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 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 desarrollado mucho más de lo esperado en escombreras de estériles respecto a escombreras de finos.

Los objetivos perseguidos han consistido en:



- ↪ 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 en las escombreras una cubierta protectora similar a la del entorno,
- ↪ frenar los procesos de degradación y mejorar el paisaje mimetizando el preexistente o el inmediato más próximo, y
- ↪ optimizar el tiempo del proceso de rehabilitación y revegetación natural, de forma que sea posible reducir su duración sensiblemente.

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, en los cinco años que se lleva actuando, se ha alcanzado un recubrimiento vegetal medio del 64,8 %, con un porcentaje del 15,6% de gipsófitas (doble de la escombrera inicial en las zonas más favorables), pertenecientes igualmente a siete especies (Figura 259)



Figura 259. A la izquierda año 2001, antes de iniciar la restauración ecológica de la escombrera de finos. A la derecha igual zona de actuación en el año 2005 (Foto: Ricardo Castelló Montori).

Los estudios de seguimiento están dando ya resultados sobre la evolución de la rehabilitación-restauración ecológica, y marcando una metodología a seguir en años próximos, en las distintas zonas de las escombreras, en función de las diferencias apreciadas en su composición mineralógica.



Francisco Javier Carrasco Milara

Desde la paralización de la actividad extractiva en 2001, y el fin de la producción de mercurio en 2003, Minas de Almadén se planteó el acondicionamiento final de las instalaciones y edificios vinculados a la actividad minera. Resultaba obligado mantener el patrimonio heredado, tras milenios de laboreo, y la redacción de planes de rehabilitación ambiental y paisajística, en las zonas afectadas por la mina.

La principal afección ambiental era la escombrera del Cerco de San Teodoro, generada por los aportes de estériles de mina y residuos de la intensa actividad metalúrgica desarrollada en la zona desde época inmemorial. Resolver el problema requería un diagnóstico serio y riguroso de la situación inicial, desde una óptica ajena a Minas de Almadén, no habituada al mercurio y a los elevados niveles manejados en su actividad. Se realizaron estudios de caracterización ambiental del



entorno y de los materiales depositados en la propia escombrera. Las conclusiones más relevantes de los estudios fueron las siguientes:

- ↪ La escombrera está formada por materiales resultantes de diferentes métodos de explotación y tratamiento metalúrgico, por lo que sus materiales son poco homogéneos en procedencia, composición y época de vertido. En cualquier caso, se identifica el mercurio como potencial agente medioambiental.
- ↪ Todo el complejo minero-metalúrgico se encuentra localizado sobre el yacimiento de mercurio conocido más importante del planeta. La presencia de cinabrio (sulfuro de mercurio) origina un fondo natural de elevado contenido en ese metal. En este sentido, el estudio realiza la valoración del fondo natural de la zona con estudios de prospección geoquímica realizados en las décadas de los 70 y 80, en un contexto geológico análogo al de la escombrera.
- ↪ La permeabilidad del sustrato sobre el que descansa la escombrera es baja, sin diferencias significativas en la profundidad y sin cambios litológicos o fracturas preferentes de drenaje. La permeabilidad de la escombrera es considerablemente mayor que la del sustrato. La recarga de agua se produce únicamente por las infiltraciones de lluvia sobre su superficie, no existiendo entradas de flujo lateral. La descarga se produce, en su mayor parte, hacia los arroyos que la circundan; el resto debe infiltrarse en el sustrato inmediato, para descargar sobre los mismos arroyos un poco más aguas abajo. La influencia de la escombrera sobre las aguas subterráneas es por tanto de carácter local y, debido a la baja movilidad del mercurio, su impacto se limita al entorno más próximo de la escombrera. Por otra parte, la incorporación de las aguas del arroyo Azogado (que canaliza las aguas superficiales que circundan la escombrera) al río Valdeazogues no produce un incremento apreciable de la concentración de mercurio en éste.

En noviembre de 2004 se redacta la última versión del proyecto de rehabilitación de la escombrera del Cerco de San Teodoro, tras descartarse la posibilidad de trasladar la escombrera y construir un depósito de seguridad para albergarla. Las razones fueron económica y técnicas pero sobretodo ambientales. El citado proyecto recogía como solución final un encapsulamiento *in situ*.



Figura 260. Colocación de geosintéticos sobre la superficie remodelada de la escombrera de Almadén (Agosto, 2006) (Foto: Minas de Almadén y Arrayanes, S.A.).



Figura 261. Colocación de geosintéticos sobre la superficie remodelada de la escombrera de Almadén (Noviembre, 2006) (Foto: Minas de Almadén y Arrayanes, S.A.).

Al objeto de adecuar el proyecto a la realidad física, ha sido preciso modificar algunos aspectos significativos, durante la ejecución de la obra, sin renunciar a los objetivos finales de la intervención, que se alcanzan incidiendo en dos aspectos críticos:

- ↪ Condiciones de estabilidad de los taludes, conformando una morfología de menor pendiente, que permita la implantación de una cubierta vegetal y consiguiendo la integración paisajística de la escombrera en su entorno.
- ↪ Aislamiento de la superficie, para impedir la entrada de agua en la escombrera, evitando así la generación de lixiviados y la dispersión de materiales. Además, se produce un aislamiento térmico y la eliminación de la evaporación de mercurio, en toda la superficie de la escombrera. Este efecto se logra con la incorporación de un paquete de geosintéticos, formado por capas superpuestas de geotextil agujeteado, manta bentonítica, lámina de polietileno de alta densidad y geocompuesto drenante.

Vinculado a estos aspectos era primordial ordenar los flujos hidráulicos, tanto de aguas superficiales limpias, como de aguas interiores a la impermeabilización, evitando la formación de procesos erosivos y garantizando el correcto destino de las aguas.

Finalmente, la cubierta vegetal, con especies autóctonas, minimizaría los procesos de erosión, sirviendo de regulación térmica del subsuelo, además de aportar la integración paisajística de la escombrera.



Figura 262. Estado de la escombrera de Almadén (Septiembre 2006) (Foto: Paisajes Españoles).

Las obras se iniciaron en octubre de 2005. Previamente a su inicio se realizó un replanteo de la obra, ya que se detectaron ciertos detalles del proyecto constructivo que era necesario revisar, referentes a estabilidad de los taludes, volumen de movimiento de tierras y viabilidad de la colocación de los geosintéticos. Se realizaron varios diseños de la escombrera, considerando distintas posibilidades de configuración final, así como los correspondientes estudios de estabilidad de los taludes, de los elementos geosintéticos y de las tierras de cobertura.

Tras estos estudios de estabilidad se estimó conveniente construir diversas bermas, en los taludes más relevantes, con objeto de reducir el recorrido de los taludes, para aumentar así su estabilidad y hacer viables las operaciones de sellado con geosintéticos y de cubrición con tierra vegetal.

Para determinar el número óptimo de bermas se realizaron varios tests de estabilidad a los taludes. Se tuvo en cuenta el recorrido y la inclinación de cada uno de los tramos, tanto para el planteamiento de configuración según el proyecto, como para el planteamiento de insertar algunas bermas en los taludes de largo recorrido. Los estudios concluyeron que la mayor parte de los perfiles definidos, en los taludes del módulo principal de la escombrera, según proyecto, difícilmente cumplían los parámetros de estabilidad del conjunto de geosintéticos y tierras de cubrición, ni en el caso de la aplicación de una geomalla de refuerzo sobre las capas de impermeabilización.



Figura 263. Colocación de geomembranas y geotextiles sobre la escombrera de Almadén (Marzo, 2007) (Foto: Minas de Almadén y Arrayanes, S.A.).

Los resultados obtenidos ponían de manifiesto la necesidad de aplicar un refuerzo adicional en algunos taludes, así como la construcción de hasta siete bermas intermedias, que garantizaran que el paquete de geosintéticos no estuviese sometido a esfuerzos de tracción superiores a los de sus valores de resistencia nominal. Por esta razón, para mejorar las condiciones de estabilidad, se introdujo la instalación de una geomalla de refuerzo, como última capa de geosintéticos, además de la construcción de siete bermas, para acortar la longitud de los taludes. Por último, en los taludes de máxima pendiente, se incorporan geoceldas drenantes, sustituyendo la manta bentónica y la geomalla de refuerzo.

Se estableció, además, que el espesor de la capa de tierras de cobertura fuese de 0,5 m como mínimo. En las bermas dicho espesor debería ser suficiente para servir de anclaje de los geosintéticos, al tramo de talud inmediatamente inferior, y soportar su peso y el de la tierra vegetal final que cubra al talud.

La realización de las bermas también facilitó, en gran medida, los trabajos sobre el talud en las etapas de movimiento de tierras, sellado con geosintéticos, cubrición con tierras y revegetación. Se diseñaron con anchura mínima de cuatro metros, para garantizar el tránsito de maquinaria y el transporte de materiales.

El control hidrológico también se vio beneficiado por la construcción de las bermas. La acumulación excesiva de aguas de escorrentía, debida a las grandes superficies de recogida de aguas pluviales, hubiera producido inestabilidades y efectos acumulativos a gran escala, como la aparición de cárcavas y corrimientos superficiales de las tierras de cobertura. Estos efectos en la actualidad se ven frenados y minimizados por las bermas intermedias.



Figura 264. Vista panorámica de la escombrera de Almadén, en plena actividad de colocación de geotextiles y geomembranas (marzo, 2007) (Foto: Minas de Almadén y Arrayanes, S.A.).

Se produce también un efecto de elevado riesgo de inestabilidad, por la introducción de la barrera impermeable en el diseño de los taludes. Las aguas percoladas en las tierras de cobertera son conducidas por el geocompuesto drenante hacia los pies de talud. Se produce entonces una presión proporcional a la altura de la columna de agua, lo que provoca el empuje y la posibilidad del deslizamiento de toda la capa de tierras de cubrición. Ante este riesgo, se hizo conveniente la colocación de tubos ranurados de drenaje, canalizados a unas bajantes de aguas pluviales, que facilita la descarga rápida de la columna de agua, y minimiza la generación de las citadas presiones.

Con la construcción de bermas en los taludes de mayor recorrido, la incorporación de la geomalla de refuerzo y geoceldas en las zonas de mayor pendiente, así como la colocación de tubos ranurados de drenaje, canalizados a las bajantes de las bermas, se introdujeron importantes mejoras a la ejecución de las obras de sellado y de estabilidad, a medio y largo plazo, del emplazamiento restaurado (Figura 265).



Figura 265. Escombrera de la mina de Almadén, con los trabajos de rehabilitación casi concluidos (enero, 2008) (Foto: SAF, Servicios de Fotografía Aérea).

Las obras terminaron en junio de 2008, con un coste final de unos nueve millones de euros, poniéndose en marcha el plan de vigilancia ambiental, diseñado para este proyecto. El citado plan persigue verificar que los fines perseguidos se alcanzan, controlando ciertos parámetros, entre ellos el mercurio en aguas subterráneas, superficiales, suelos y aire. La duración prevista del plan es de 50 años.



Figura 266. Escombrera de la mina de Almadén, en pleno estiaje (agosto 2008) (Foto: Minas de Almadén y Arrayanes, S.A.).



Río Narcea Gold Mines

En los trabajos de rehabilitación de espacios mineros la eliminación del tapiz vegetal, en escombreras o explotaciones a cielo abierto, trae como consecuencia una fuerte alteración del medio, rompiendo el equilibrio biológico y modificando 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. Por ello la implantación de la cubierta vegetal, en una escombrera o depósito de estériles, es muy importante en las actuaciones de rehabilitación.

Es así que, mediante una adecuada cubierta vegetal, se puede crear un ecosistema capaz de suplir al primitivo. En este sentido, desde el inicio hasta el cese de la explotación, el correcto diseño de la retirada y apile de la tierra vegetal, así como la cubrición con esta de las tierras afectadas, simplifica notablemente el resultado final del proceso de rehabilitación.

En lo que sigue nos vamos a referir a la zona El Valle-Boinás, en Belmonte de Miranda (Asturias), 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 entorno de la zona minera 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, que constituyen los focos potenciales de observadores.
- ↪ Zonas de relieve más abrupto, generalmente en las partes elevadas, cubiertas por matorral y bosquete.
- ↪ Cresterías de roca desnuda emplazadas en las zonas altas de las sierras.

La explotación de oro de 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 de fuertes pendientes y sobre ella se encajan las distintas escombreras (Figura 267).



Figura 267. Fotografía aérea del entorno de la explotación de oro de El Valle – Boinas (Foto: Río Narcea Gold Mines).

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 trata de recuperar la productividad potencial del suelo, desarrollando para ello las siguientes acciones:

- ↪ Subsulado en profundidad en zonas con suelo compactado por el paso de maquinaria pesada, consiguiendo aumentar la permeabilidad del suelo, airear y desarrollar las raíces.
- ↪ Aporte de un horizonte superficial de tierra vegetal, previamente acopiada, para recuperar así la fertilidad de la capa superficial.
- ↪ Relleno de huecos, con el fin de lograr que la topografía final se aproxime lo más posible a la natural.
- ↪ Siembra y plantación 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 esta rehabilitación 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 cien toneladas de capacidad. Tras esta operación se procede a la remodelación topográfica de los taludes, con buldózer de orugas, para darles 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, consiguiéndose unas buenas integraciones naturalísticas (Figura 268).



Escombrera Boinás Sur.



Escombrera Boinás Suroeste



Escombrera Norte.

Figura 268. Ejemplos de rehabilitación en la mina de oro de El Valle-Boinás (Belmonte de Miranda, Asturias), de Río Narcea Gold Mines. Situación antes y después de los trabajos de rehabilitación



Juan Luís Delgado Fernández

Un aspecto importante en los trabajos de rehabilitación de escombreras es el relativo al seguimiento evolutivo de flora y fauna. En este sentido nos podemos referir a las escombreras de Lignitos de Meirama, correspondientes a la explotación a cielo abierto de un gran yacimiento de carbón (lignito pardo), en el valle de Meirama (A Coruña), para abastecer a la Central Térmica de 550 MW, situada a bocamina.

Con los aproximadamente ciento sesenta millones de metros cúbicos de estériles, se han formado dos escombreras, una interior en la zona ya explotada del yacimiento, y otra exterior situada a unos tres kilómetros de distancia (Figura 269).



Figura 269. Escombrera de Lignitos de Meirama con revegetación (Foto: Juan Luís Delgado Fernández).

En estas escombreras, tras el apilado del estéril, se han realizado las labores de rehabilitación (desde el año 1982), con la preparación del terreno (Figura 270) 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 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).





Figura 270. Escombrera de Lignitos de Meirama en fase de construcción y revegetada (Fotos: Juan Luís Delgado Fernández).

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 (Figura 271).



Figura 271. Zona de lagunaje en escombreras (Foto: Juan Luís Delgado Fernández).

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, la formación de matorral se ha 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 (Figura 272), y al borde de las líneas de agua han aparecido, al cabo de pocos años, como auténticos bosques de ribera.



Figura 272. Madurez en la rehabilitación de las escombreras de LIMEISA (Foto: Juan Luís Delgado Fernández).

Finalmente, en una última fase de madurez, con el hábitat estabilizado, se han acometido actividades complementarias, como el establecimiento de 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.

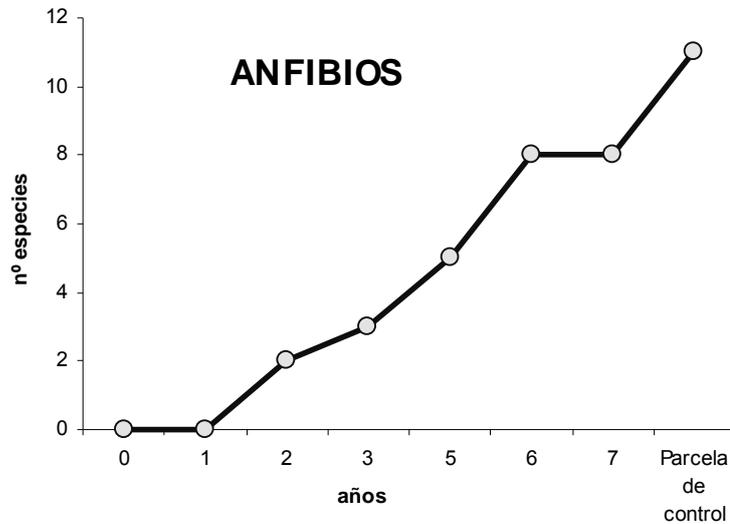


Figura 273. Evolución de los anfibios.

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 cinco años de antigüedad, hasta alcanzar valores muy próximos a los de las zonas no alteradas los años siguientes (Figura 274). 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.

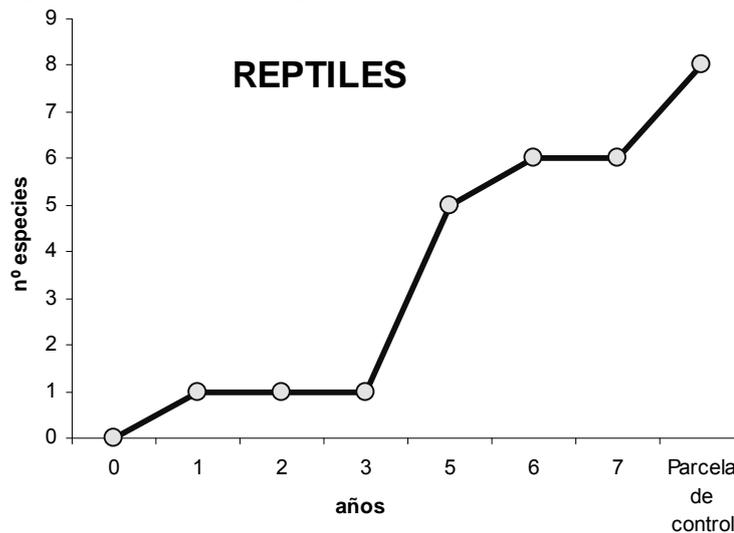


Figura 274. Evolución de los reptiles



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 veintiocho especies en la escombrera interior y dieciséis 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, ocupan de manera transitoria las escombreras, entre los meses de septiembre y abril, 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 en otras masas de agua de mayor entidad, se encuentran otras aves acuáticas como garzas reales, fochas y gallinetas (Figura 275). Como ejemplos de especies divagantes observadas podemos citar al sisón y la cigüeña blanca.



Figura 275. Bandada de ánades al amanecer en escombrera de LIMEISA (Foto: Juan Luís Delgado Fernández).

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*, cuya colonia está siendo objeto de un completo estudio desde hace cuatro 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.



Francisco Arechaga Rodríguez y Aníbal Gil Bueno

Especial atención merecen las actuaciones de ENDESA, en la escombrera exterior de la mina de As Pontes de García Rodríguez (A Coruña) que, al final de su etapa de apile, se ha convertido en un montículo de casi mil doscientas hectáreas de superficie, y una altura de ciento sesenta metros, diseñado para conseguir su mejor integración territorial, entre otros condicionantes. Pero ahora nos vamos a referir a sus aspectos faunísticos.

Desde el año 1982 ya se iniciaron los trabajos de rehabilitación de este espacio, en aquellas zonas cuya superficie iba alcanzando su posición final, mientras proseguía su formación y crecimiento en otras zonas. Aunque con las últimas áreas todavía en tutela, hoy la escombrera está completamente revegetada, y la superficie total antes indicada se distribuye entre: un 65 % de superficie arbolada con especies autóctonas (tanto de crecimiento algo más rápido como lento), un 21 % de pastizal, un 12 % de matorral autóctono y un 2 % de superficies de agua (Figura 276).



Figura 276. Distintas superficies sobre la escombrera de la mina de As Pontes (Foto: ENDESA).

La distribución de estas diferentes masas vegetales, combinada con las diferentes pendientes (bermas y taludes), las diferentes orientaciones, y las charcas, lagunillas y canales de borde, constituye finalmente un importante nuevo biotopo, rico, y variado en hábitat, que no ha pasado desapercibido a la fauna natural, que lo ha ido colonizando progresivamente pero con rapidez.

Los colonizadores no han sido solamente la pequeña fauna de invertebrados (gusanos, arácnidos e insectos), algunos de ellos incorporados a la zona con la tierra vegetal aportada, sino también la más importante fauna de vertebrados (reptiles, anfibios, aves y mamíferos). Y esta colonización se ha ido produciendo según una secuencia lógica, apareciendo en primer lugar los vertebrados herbívoros, y tras ellos los carnívoros.

Una adecuada colonización de la escombrera por la fauna autóctona, sería la mejor prueba de la calidad de los trabajos de restauración llevados a cabo sobre la misma. Y tanto más, cuanto mayor sea el rango de las especies colonizadoras, como ocurre con los vertebrados en general, y especialmente con los vertebrados carnívoros.

Por otra parte, al realizar las observaciones para el primer proyecto, pudo detectarse también, una presencia abundante de otras especies de fauna muy variada, especialmente de aves, entre las que no faltaban las especies cinegéticas como perdiz (muy abundante), y también paloma, tórtola y codorniz, pero dentro de un abanico amplísimo de aves de todo tipo (Figura 277, Figura 278 y Figura 279)



Figura 277. Bando de avefría europea en la escombrera nevada.



Figura 278. Perdiz roja al borde de una pista.



Figura 279. Cisne cantor en una lagunilla creada artificialmente.

Por todo ello se realizó la segunda investigación, en este caso sobre vertebrados en general, que ha revelado la presencia de una rica fauna, para un espacio relativamente reducido: un total de ciento sesenta y ocho especies, de las cuales nueve corresponden a anfibios, cuatro a reptiles, ciento veintidós a aves y treinta y tres a mamíferos.

Muchas de estas especies son de gran interés, pero como incluso una lista simplificada sería larga, sólo reseñamos seguidamente las que merecen especial mención, por su escasez o singularidad, dentro de la fauna gallega o española.

Entre los mamíferos, cabe citar, incluyendo para cada especie el grado de amenaza dado por la Unión Mundial por la Naturaleza (UICN, 2001), al lobo (*Canis lupus*, “casi amenazada”, predador de piezas grandes), la marta (*Martes martes*, “preocupación menor”, de hábitos arbóreos), la nutria (*Lutra lutra*, “casi amenazada”, cazadora de agua) y el gato montés (*Felis sylvestris*, “vulnerable”, cazador de suelo).

Y entre las aves, todas las que cabe citar están calificadas como “de interés especial” en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, y son: el aguilucho pálido (*Circus cyaneus*, aguilucho de espacios abiertos), el elanio azul (*Elanus caeruleus*, rapaz pequeña de colores muy claros), el esmerejón (*Falco columbarius*, halcón muy pequeño), el chorlitejo chico (*Charadrius dubius*, limícola pequeña), la lechuza o búho campestre (*Asio flammeus*, rapaz mediana), y la golondrina daúrica (*Hirundo daurica*, golondrina de campo abierto). Y de este grupo, las dos únicas especies que han podido ser evaluadas en el Libro Rojo de las Aves de España 2002 son el elanio azul y el búho campestre, y ambas han sido catalogadas como “casi amenazadas”.

De ambos proyectos hay que concluir que la escombrera está ocupada por una rica zoocenosis, de gran valor ecológico, dado el sorprendente grado de biodiversidad alcanzado. Y ello tanto por el elevado número de especies presentes (prácticamente las que a causa de la distribución



natural es posible encontrar), como por la amplia gama de nichos a que pertenecen, y como por la presencia de especies predatoras de los niveles más altos de las cadenas tróficas. Esto último significa que han sido restablecidos los procesos y funciones ecológicas, y hace que la fauna de vertebrados evaluada, constituya un valioso ejemplo de la comunidad de vertebrados y de las cadenas alimentarias del noroeste ibérico (Figura 280, Figura 281 y Figura 282).



Figura 280. Zorro rojo vigilando.



Figura 281. Jabalí cruzando una pista.



Figura 282. Lobo solitario.

Pero, además, dicho valor ecológico viene reforzado porque alberga una serie de especies protegidas en diferente grado y, también, porque acoge muy importantes efectivos poblacionales de numerosas especies más comunes, con densidades de población superiores a las existentes en áreas naturales protegidas.

Todo ello es la prueba más objetiva, y la mayor evidencia, de que los trabajos de restauración, han sido acertados en su diseño y muy logrados en su ejecución. Tras la finalización de los dos estudios ya se puede decir que, con su rápida ocupación, la fauna ha confirmado que la restauración creó un biotopo espléndido, variado en hábitat, con refugio, recursos alimentarios (buena disponibilidad trófica), agua, y escasa competencia (sin caza).

Con esta última fase de implantación de fauna, efectuada ya de manera autónoma por la naturaleza, la restauración ha alcanzado real y finalmente su última meta.

También habría que concluir, probablemente, destacando la potencialidad de la naturaleza, que en el ambiente favorable creado por una rehabilitación adecuada, en la que es fundamental una buena revegetación aunque sea incipiente, ha sido capaz de desplegarse con gran dinamismo.

Con objeto de mostrar la riqueza de la fauna cinegética de la escombrera, que en su momento, y a solicitud de ENDESA, quedó fuera de los Tecor (terrenos cinegéticamente ordenados para caza), se organizó una jornada de caza. Se realizó con la autorización correspondiente, tras su justificación por los daños que producen las excesivas poblaciones presentes de algunas especies, en el arbolado joven implantado.

A la vista del objetivo pretendido, más de mostrar piezas que de abatirlas (Figura 283), se organizó una caza “en gancho” con un total de 20 cazadores, casi todos empleados de la sociedad, pero con una presión muy ligera sobre la fauna de solo una pequeña jauría. A pesar de ello se vieron muchas piezas y, como muestra, se cobraron 4 jabalíes y 2 corzos.





Figura 283. Pareja de corzos en la escombrera de la mina de As Pontes (A Coruña) (Foto: ENDESA).



Francisco Arechaga Rodríguez, Aníbal Gil Bueno, Enrique Orche García y Rafael Fernández Rubio

Aunque se acaba de abordar la situación faunística de la Escombrera Exterior de la mina de As Pontes (A Coruña), no nos resistimos a destacar que esta realidad es consecuencia de un excelente ejemplo de rehabilitación, muy bien documentado en la publicación de Gil *et al.* (2003), de feliz título: “*Vida sobre estéril*”, de la que extractamos información complementaria, apoyada con observaciones personales.

Esta escombrera se inició en 1976, adosada a la antigua escombrera de ENCASO, que recogió hasta esa fecha los estériles de la explotación. En julio de 2002 finalizó el apile de estériles en ella y, a partir de esta fecha, todo el estéril se depositó en el interior del hueco minero, en una actividad de transferencia.

La ubicación de la Escombrera Externa 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 idónea 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 (Figura 284).





Figura 284. Una red de canales rodea a la escombrera (Foto: ENDESA).

La escombrera se diseñó con niveles de veintidós metros de altura, bermas de sesenta a cien 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 (Figura 285).

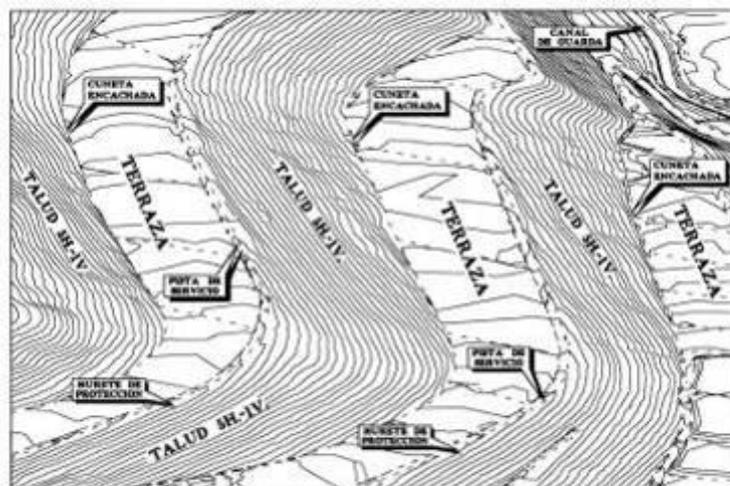


Figura 285. En cada nivel se dispone de una pista de acceso y de una cuneta, para control de las aguas de escorrentía.

Esta escombrera se planificó, con criterio a largo plazo, centrado en los niveles de apilado de los materiales y en su desarrollo completo, y 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 (Figura 286); 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 (Figura 287).





Figura 286. Las formas irregulares dan naturalidad a la geometría de la escombrera (Foto ENDESA).



Figura 287. Sectores rehabilitados de la vertiente oriental y septentrional (Foto ENDESA).

Durante toda la vida de la mina de As Pontes, el material, tanto estéril como lignito, ha sido arrancado selectivamente, con excavadoras de rodete, que 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. 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 setecientos veinte millones de metros cúbicos, de estéril, con altura máxima de ciento sesenta 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, y
- ↪ 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 diferentes 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 depositaron 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 consistió 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 aplicó uno de estos tratamientos: aporte de estériles seleccionados y tierra vegetal, enmienda con calizas y cenizas procedentes de la central térmica, 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 apoyó 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 utilizaron 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 consistió 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 fue 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 plántales, ENDESA habilitó un área como vivero en el recinto de la Central Térmica (Figura 288), 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.





Figura 288. Producción propia de plantas en vivero vital para controlar la calidad y regular el suministro (Foto ENDESA).

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, y
- ☞ 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 rehabilitada (Figura 289), 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.



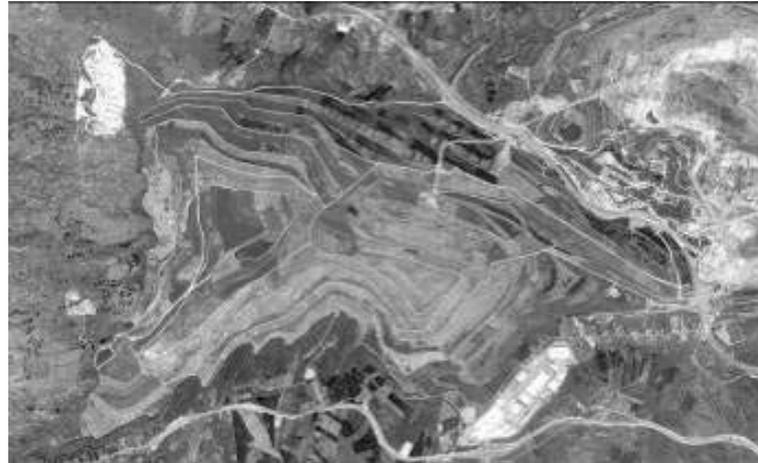


Figura 289. Vista aérea general de la escombrera rehabilitada (Foto: ENDESA).

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 refleja en la Tabla 6.

Flora	Fauna
Abedul	Aguilucho cenizo
Acacia de flor blanca	Ánade friso
Acacia de madera negra	Ánade real
Aliso	Codorniz
Anea de hopa 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 6. 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 (Figura 290).



Figura 290. Transcurridos algunos años las diferentes zonas se convierten en autosustentables (Foto: ENDESA).



6.2 Rehabilitación turística y para el ocio

Tomás Martín Crespo, David Gómez Ortiz y Silvia Martín Velázquez

Uno de los valores añadidos, que se confiere a la minería, es el turístico, recreativo y para el ocio, que permite convertir explotaciones mineras en objeto de interés, y en parada obligada para el visitante que busca obtener una panorámica económica y sociocultural, de los pueblos que visita como turista. En España son varias las regiones, históricamente mineras, que están poniendo en valor estructuras e instalaciones mineras, aumentando el interés turístico y, en muchas ocasiones, también la conciencia ecológica tanto del visitante como del residente.

En este sentido, varias explotaciones mineras antiguas, de la Comunidad de Castilla-La Mancha, han sido incluidas en lo que se denomina como *Ruta de Don Quijote, un lugar para la aventura* (Instituto de Promoción Turística de Castilla-La Mancha, 2005). Se trata de una serie de itinerarios turísticos, que el gobierno regional trazó en el año 2005, con motivo del IV Centenario de la publicación de la primera parte de la novela más importante de la literatura universal, “*El ingenioso hidalgo Don Quijote de La Mancha*”.

La ruta está dividida en 10 tramos, de fácil localización y acceso, que recorren los escenarios donde Cervantes situó las aventuras de los protagonistas de su novela. Esta ruta conforma el corredor verde, sostenible y ecoturístico más largo de toda Europa, y aspira a ser catalogada como Patrimonio de la Humanidad, por sus valores culturales y medioambientales. En marzo de 2007 fue declarada Itinerario Cultural del Consejo de Europa.

El tramo 4 de la ruta se denomina “*Del Valle de Alcudia al Campo de Calatrava. Volcán, mina y dehesa*”, y transcurre por una zona eminentemente minera, de la provincia de Ciudad Real (Figura 291).





Figura 291. Tramo 4 de la Ruta de Don Quijote. Un lugar para la aventura (Instituto de Promoción Turística de Castilla-La Mancha, 2005).

Recorre la mina de carbón de Puertollano, llamada Mina Emma, y dos antiguas explotaciones, la Mina de San Quintín (Figura 292) y las Minas de Horcajo (Figura 293).

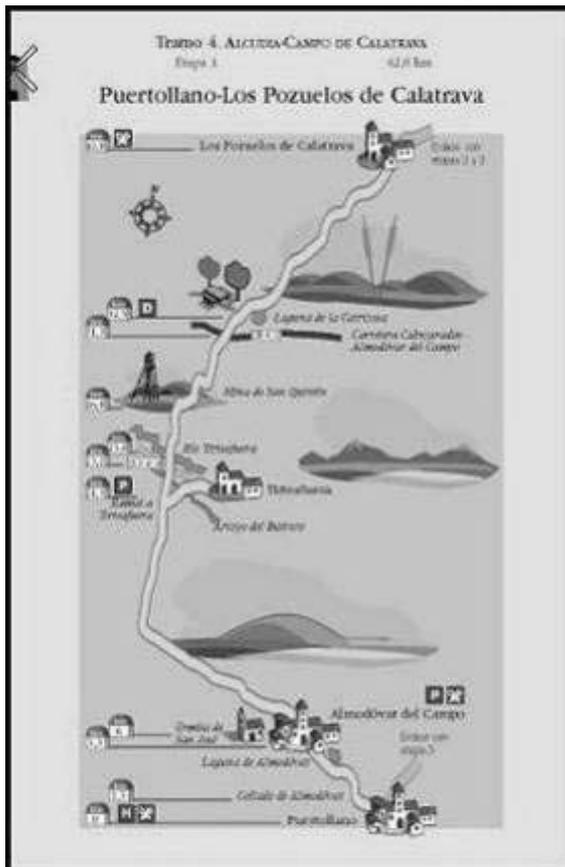


Figura 292. Esquema de la Etapa 1 del Tramo 4 de la Ruta de Don Quijote donde se aprecia

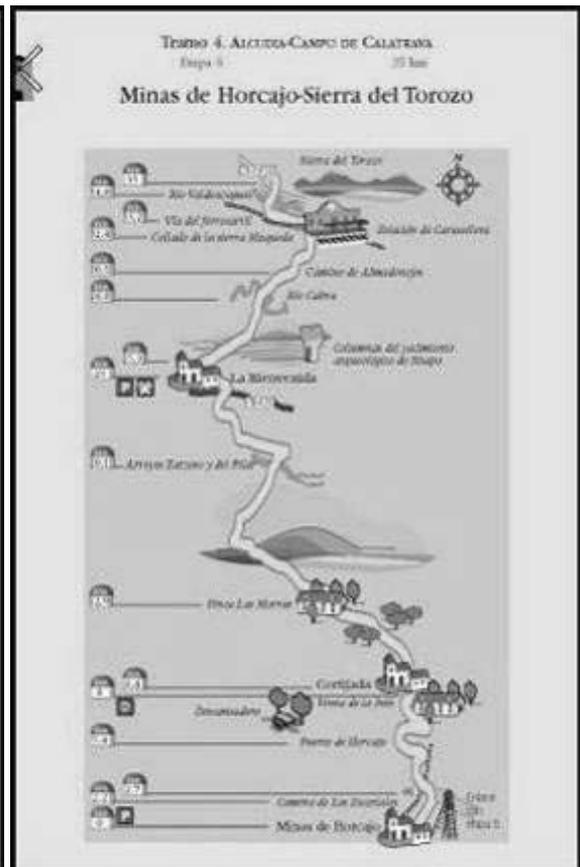


Figura 293. Esquema de la Etapa 6 del Tramo 4 de la Ruta de Don Quijote, que se inicia en



la parada en la Mina de San Quintín en el Km 26,8 (Instituto de Promoción Turística de Castilla-La Mancha, 2005).

las Minas de Horcajo (Instituto de Promoción Turística de Castilla-La Mancha, 2005).

Precisamente, la primera etapa de este Tramo 4 hace escala en la Mina de San Quintín (Figura 294), que fue uno de los grupos mineros más importantes de la región.



Figura 294. Fotografía de satélite del Tramo 4 de la Ruta de Don Quijote a su paso por la Mina de San Quintín (tomada de Google Earth).

En la descripción de la misma se hace expresa referencia a lo que la ruta denomina como “los nostálgicos restos de la mina de San Quintín”, y define el paisaje como “una curiosa meseta gris veteadada de azufre, producida por el lavado de mineral”, en clara referencia a las dos balsas de estériles que allí aparecen. La ruta se encuentra señalizada por una serie de hitos de color verde (Figura 295, Figura 296 y Figura 297).



Figura 295. Hito de la Ruta de Don Quijote situado en el camino de acceso a la mina de San Quintín, con indicación de la Cañada Real y de la etapa correspondiente (Foto: Cynthia Isabel Monescillo).





Figura 296. Hito de la Ruta de Don Quijote con indicación de los condicionantes de circulación por la misma (Foto: Cynthia Isabel Monescillo).



Figura 297. Hito con las instalaciones de la mina detrás. El relieve grisáceo al fondo de la parte derecha de la fotografía, corresponde al material arenoso de una balsa que migra sobre el dique de la misma a modo de duna (Foto: Cynthia Isabel Monescillo).

Además, esta etapa del Tramo 4 también discurre por una Cañada Real, la denominada Segoviana, con lo que el atractivo ecoturístico de este tramo se ve reforzado (Figura 298).



Figura 298. Poste con indicación de las direcciones de la Cañada Real. Al fondo se pueden observar pequeños acopios antiguos (Foto: Cynthia Isabel Monescillo).

El yacimiento del grupo minero San Quintín se encuentra situado en el término municipal de Villamayor de Calatrava, provincia de Ciudad Real. Los accesos son muy sencillos, ya que la carretera de Tirteafuera a Cabezarados pasa entre las ruinas de las instalaciones mineras y las escombreras de las minas (Figura 291 a Figura 294). También existe una carretera que comunica



directamente el yacimiento con Villamayor. Esta facilidad de accesos es uno de los alicientes para haber incluido este entorno minero en esta ruta ecoturística.

Desde el punto de vista mineralógico está constituido por un campo filoniano complejo, en el que se desarrollaron varias minas que explotaban uno o más filones diferentes. Se benefició fundamentalmente galena y esfalerita, aunque se trata de una mineralización hidrotermal compleja. Palero (1991) diferencia cinco fases mineralizadoras, que dieron lugar a un cortejo de minerales metálicos, como galena, esfalerita, pirita, marcasita, calcopirita, pirrotina, siderita, bournonita, boulangerita y ankerita, además de minerales de la ganga, como cuarzo, barita y calcita.

Este grupo minero ha tenido gran importancia económica en la región, desde tiempo de los romanos, aunque su actividad a gran escala, por parte de la Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya-España (SMMPE), discurre entre 1887 y 1934, realizando en los últimos años el relavado de las escombreras.

En esos casi cincuenta años de trabajo, la producción fue de 550.000 Tm de galena, 550 Tm de plata y unas 5.000 Tm de esfalerita. Entre 1973 y 1988 la empresa retoma las labores de lavado de las escombreras, por sus altos contenidos en Zn y Pb. Durante este periodo se trataron 1.263.656 Tm, con leyes medias de 1,56% Pb, 0,94% Zn y alrededor de 40 gr de plata por tonelada. Se consiguieron 22.991 Tm de galena al 59,46% de Pb y 1.196 gr de Ag, así como 10.585 Tm de esfalerita con 45,23% Zn y 552 gr de Ag.

En 1983 la empresa realizó un estudio de impacto ambiental, en relación con la explotación de escombreras en el Lavadero San Quintín. El lavado de las escombreras provocó su retirada, logrando en breve tiempo recuperar un espacio natural cultivable, que estaba perdido, depositando los residuos arenosos producidos en un espacio de terreno no cultivable, correspondiente al cauce de un pequeño arroyo, que se desvió para no contaminar sus aguas.

A lo largo del terreno de depósito se realizó un drenaje de base, con un lecho de gravas y arenas, para depurar y reutilizar las aguas residuales del lavadero. En la actualidad, aún sobreviven varias escombreras y balsas de lodos.

Este grupo minero, que forma parte de un conjunto de explotaciones mineras del Valle de Alcudia (Palero *et al.*, 2003), ha constituido una fuente de riqueza económica de la región y, tanto la minería metálica como la energética del carbón en Puertollano, han configurado una parte importante del paisaje y también de su historia económica, social y ahora ecoturística.



Carmen Pérez-Sirvent y María José Martínez Sánchez

En el Sureste español son abundantes las zonas en las que, en el pasado, se ha desarrollado una intensa actividad de minería metálica (Pb-Zn-Ag), abandonada en la actualidad. Este es el caso del término municipal de Mazarrón, y de la Sierra Minera (La Unión, Murcia), donde esa minería produjo afecciones al entorno natural, y alteraciones graves al paisaje.

Dentro de la dispersión espacial de los yacimientos de plomo y de zinc, la historia de cada emplazamiento minero es compleja, con varios ciclos de explotación, a través de casi tres mil años, marcados por sus correspondientes escombreras.

Podemos decir que la explotación de estos yacimientos comienza con los fenicios y los cartagineses (siglos V-IV A.C.), pero son los romanos los que llegaron a explotar galerías de hasta 500 metros de profundidad, situándose sus asentamientos directamente sobre las explotaciones mineras o en el entorno de pequeños hornos de tratamiento las menas. Tras una larga etapa de poca actividad, se reactiva la minería a finales del siglo XIX, y se va a prolongar hasta finales del siglo XX.

En esta última fase se pueden diferenciar dos etapas: una entre los años 1842 y 1950, que supuso un importante cambio demográfico en la zona, y el desarrollo de infraestructuras como redes viarias, ferrocarril y el acondicionamiento de los fondeaderos de Cartagena, Escombreras y Portman. La segunda se produce entre 1950 y 1990, consecuencia del desarrollo de nuevas tecnologías, hasta que las minas dejan de ser rentables. Es así que de la Sierra Minera de la Unión se obtuvo, hasta



1991, a partir de minerales sulfurados, una aportación a la producción nacional del 40% del plomo, el 60% de la plata, el 12% del cinc y 130.000 t/año de piritas (Dirección General del Medio Natural, Región de Murcia, 1998).

La explotación minera supuso la movilización de grandes volúmenes de tierras, alterando el relieve natural y el paisaje de la zona. En la actualidad pueden observarse castilletes, pozos, chimeneas y lavaderos en diferente estado de conservación, junto a escombreras, balsas, escorias de fundición, etc. (Figura 299, Figura 300, Figura 301 y Figura 302)



Figura 299. Explotaciones abandonadas en la Sierra Minera (Murcia).



Figura 300. Pozo de Mina en el Cabezo Rajao.



Figura 301. Explotación minera abandonada.



Figura 302. Suelo desarrollado sobre escombrera. Cabezo Rajao.

Los prolongados periodos de inactividad minera han dado lugar al desarrollo de suelos sobre los residuos procedentes de las minas (*Antrosoles úrbicos*), realizándose una estabilización natural en algunos casos (Figura 303).



Figura 303. Inmediaciones de la Bahía de Portman.

Un punto singular, de gran impacto de esta minería, se localiza en la Bahía de Portman, totalmente aterrada por 67 millones de toneladas de sedimentos, procedentes del vertido del Lavadero Roberto (Sociedad Minera Metalúrgica de Peñarroya), que funcionó desde los años cincuenta hasta 1990, tratando mineral procedente de distintas explotaciones de la Sierra Minera: Cantera Emilia, Tomasa, Sancti Spiritu, San José, Los Blancos, Mina Gloria, etc.

El mineral llegaba al lavadero tras su molienda, para ser sometido a un proceso de flotación diferencial, con separación de galena, blenda y pirita. Los residuos eran transportados, con la requerida autorización administrativa, por una tubería, para verter directamente al Mediterráneo. Los puntos de vertido se desplazaron varias veces y, debido a las corrientes marinas, la bahía fue progresivamente colmatándose (Figura 304). El vertido estaba compuesto por el propio estéril, con niveles elevados en metales pesados, y por las sustancias utilizadas en el proceso de separación del mineral (cianuro sódico, ácido sulfúrico, xantatos, etc.).

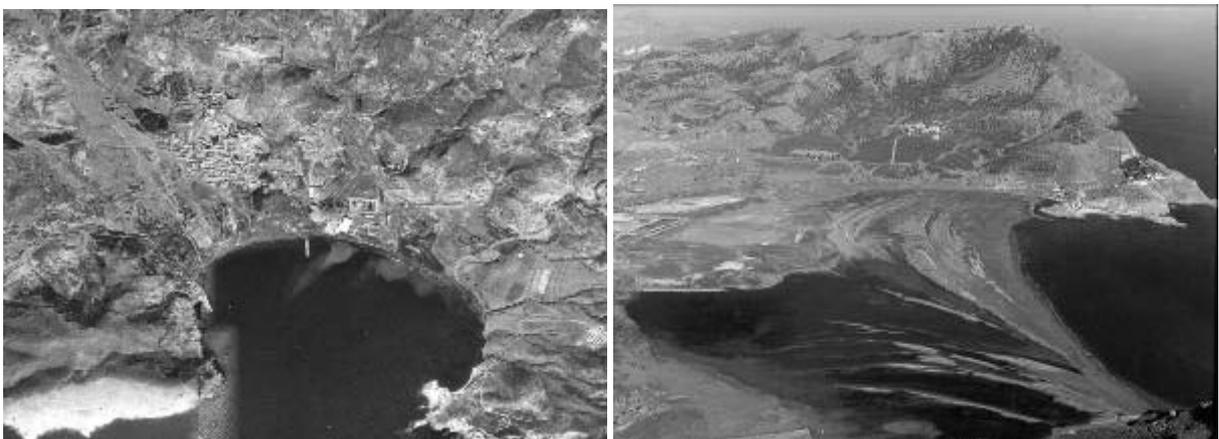




Figura 304. Tres etapas de la Bahía de Portman: 1957, 1985, 2006.

Cuando se produce el anegamiento de la bahía y, ocasionalmente, por averías, se deposita estéril directamente sobre la superficie libre del mar. Simultáneamente, frente al Lavadero Roberto, también se dragaba, con objeto de bombear agua de mar al lavadero. En los últimos tiempos, se alternaba el vertido directo, frente al lavadero, con una conducción sobre la “playa”, con el vertido en el acantilado.

Los diferentes materiales depositados en la Bahía de Portman, responden al esquema indicado en la Figura 305, dando lugar a una heterogeneidad muy alta en los sedimentos.

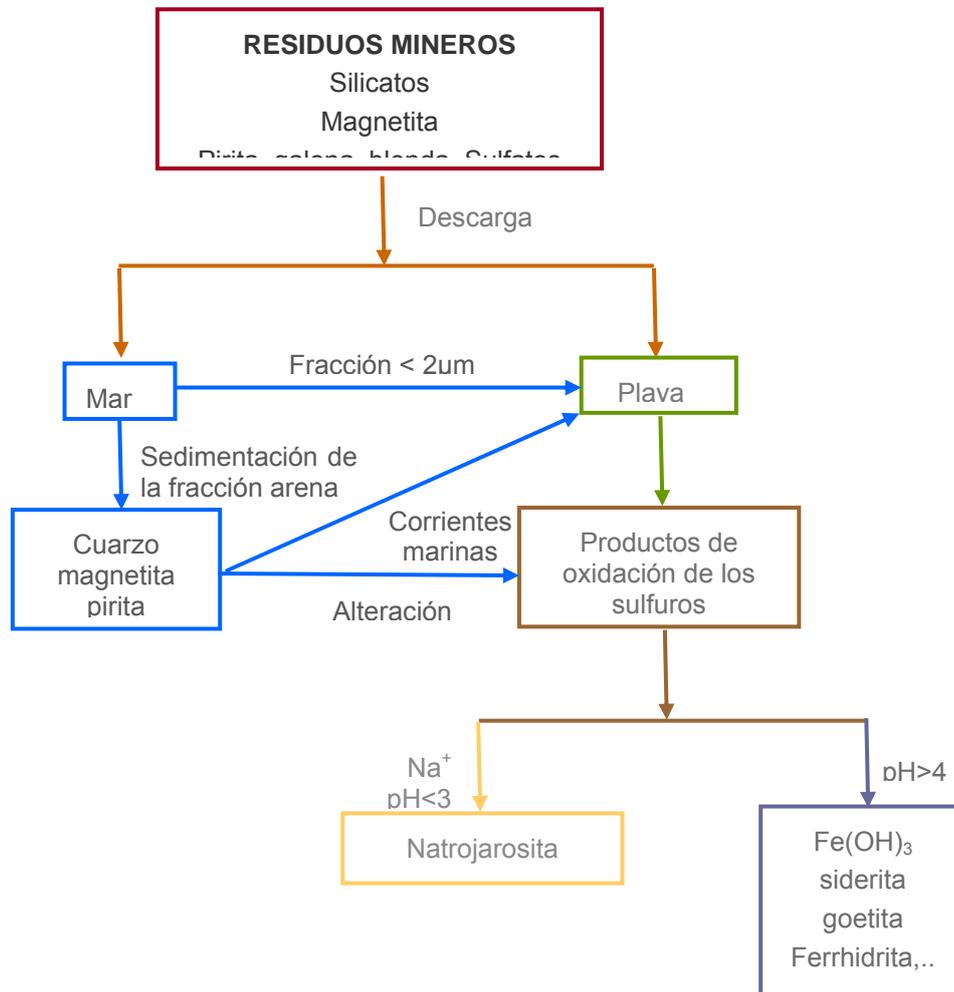


Figura 305. Esquema de deposición alteración.

La granulometría define el origen del sedimento: la textura fina corresponde a estériles sin lavar y la textura gruesa a estéril lavado. El estéril sin lavar, con un contenido más elevado en sulfuros, sufre el proceso de alteración supergénica, con oxidación de pirita, liberación de H_2SO_4 y formación de óxido de hierro y jarosita. Los óxidos de hierro dan coloraciones amarillentas y pardas, y provocan costras, algunas de gran dureza, alcanzando espesores de hasta 10-15 cm; estas costras coinciden con el nivel del agua, marcando la zona de oxidación o aeróbica. Bajo este nivel las condiciones dejan de ser óxicas para convertirse en reductoras, pasando el color a negro o gris (según la textura sea fina o gruesa respectivamente).

La alternancia de capas arenosas y arcillosas, aporta diferentes condiciones de permeabilidad, lo que puede dar lugar a diferentes zonas de aireación y, consecuentemente, a encostramientos más superficiales como consecuencia de la formación de charcos de diferentes extensiones. La capa superficial de la actual playa está constituida, en la orilla, por arena fina-media de color negro, mientras que en zonas más internas se identifican humedales con vegetación de agua dulce (carrizos), zonas de color amarillento muy plásticas y con eflorescencias en periodo seco, y zonas más estables empardecidas y muy oxidadas.



Tras cesar los vertidos se ha alcanzado cierto estado de equilibrio, aunque los sedimentos están sometidos a la dinámica marina, especialmente los más próximos a la línea de mar, y a los efectos de las lluvias, escorrentías y otros vertidos (Figura 306 y Figura 306).



Figura 306. Panorámica de la Bahía después de unas lluvias.



Figura 307. Zona cubierta con arenas negras.



Figura 308. Instalaciones del Lavadero Roberto.



Figura 309. Panorámica de la Bahía desde la Playa del Lastre.

El planteamiento de rehabilitación de este entorno ha requerido un largo periodo, hasta alcanzarse un consenso que permite acometer el proyecto de rehabilitación, ya que los condicionantes socioeconómicos obligan a las distintas administraciones a actuar con cautela, a la hora de abordar este problema medioambiental.

El planteamiento de soluciones comenzó en 1995, a partir de los estudios encargados al CEDEX por la Dirección General de Costas (ya que los sedimentos se encuentran en zona de dominio público marítimo - terrestre). La falta de consenso social y político, imprescindibles para acometer un proyecto de estas características, unido a unas inversiones muy cuantiosas, ha supuesto un retraso en la recuperación.

Finalmente, en el 2006, fue convocado un concurso de ideas, promocionado por el Ministerio de Medio Ambiente, la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia y el Ayuntamiento de



la Unión, con el objeto de seleccionar un proyecto que contemplara los problemas de la Bahía y aportara soluciones. El proyecto ganador del concurso fue “*In situ*” presentado por un grupo de arquitectos murcianos y dos profesoras de la Universidad de Murcia, proponiendo un espacio naturalizado, cubriendo los sedimentos que se sacarían de la bahía, una playa de media luna, y un puerto deportivo (Figura 310), siendo el único proyecto que abordaba la problemática ambiental junto a la restauración paisajística.



Figura 310. Proyecto “*In situ*”.

Paralelamente se firmó un convenio entre las entidades citadas (gobierno central, autonómico y local), en el que se establece que el Ministerio de Medio Ambiente se hará cargo de la restauración de la playa, y la Comunidad Autónoma del puerto deportivo.

Es así que en julio de 2007, cincuenta años después de iniciarse la actividad, se acometen las primeras actuaciones, con el Proyecto Piloto para la recuperación de la Bahía de Portman, promovidas por el Ministerio de Medio Ambiente y llevadas a cabo por la Empresa TRAGSA. La Universidad de Murcia, a través del grupo de investigación E48-08 (Contaminación de Suelos), y dirigido por las Profesoras Pérez Sirvent y Martínez Sánchez, ha definido la tecnología de estabilización / inmovilización, y ha realizado el estudio de caracterización del emplazamiento y el análisis de riesgos para el proyecto de restauración.

Para determinar la factibilidad técnica de alcanzar el objetivo de rehabilitación ambiental (eliminar, reducir o controlar la presencia de productos tóxicos en la bahía), y que no presenten riesgos mayores para la salud pública que los socialmente aceptables, el equipo investigador ha tenido en cuenta:

- ↪ los objetivos medioambientales de rehabilitación del proyecto,
- ↪ el desarrollo de alternativas de restauración y selección preliminar de las alternativas tecnológicas, y
- ↪ las investigaciones previas en relación con la rehabilitación de la Bahía de Portman.

Los objetivos medioambientales se apoyan en la recuperación de los sedimentos contaminados por metales pesados, mediante técnicas que cumplan con:

- ↳ la transformación de los tóxicos ambientales en sustancias menos peligrosas para el hombre y los ecosistemas,
- ↳ la tolerancia de los riesgos para la salud durante el proceso de limpieza,.
- ↳ los riesgos remanentes, después de terminada la actuación (que deben ser iguales o menores que los establecidos en las metas de rehabilitación), y
- ↳ la transformación en el mismo lugar donde se encuentran los elementos tóxicos, de ser posible sin tener que desplazarlos (técnicas *in situ*), o con el menor desplazamiento posible.

Estos objetivos han primado en las actuaciones propuestas para la recuperación de este emplazamiento.

Todo ello pasa por la realización de un proyecto piloto que, como puede observarse en la Figura 311, se plantea en tres parcelas con distinto acabado: zona verde (zona A), playa (Zona C) y parcela estabilizada (zona B), con el fin de determinar el método de inertización óptimo, para el tratamiento de los sedimentos contaminados.



Figura 311. Zonas de actuación del proyecto piloto.

En la actualidad la Dirección General está finalizando las obras de construcción de las parcelas previstas, y se ha edificado una planta experimental (Figura 312), para realizar las experiencias de estabilización / inmovilización necesarias, para el desarrollo del proyecto definitivo de rehabilitación total de la Bahía de Portman, equipada con laboratorios, nave de experimentación, despachos y una sala de usos múltiples para reuniones, conferencias, etc. Igualmente se llevará a cabo un programa de monitorización y seguimiento de las parcelas experimentales, con terminación zona verde y zona de playa.



Figura 312. Planta de experimentación del Proyecto.

La naturalización del entorno, la eliminación de las vías de transporte de los contaminantes, la optimización de los recursos y la rehabilitación del paraje son, entre otros, los resultados que se esperan en un futuro muy próximo. En la Figura 313 se muestra la situación de la Bahía de Portman en la actualidad.



Figura 313. Portman en Octubre de 2008.



7 VALORIZACIÓN HIDROLÓGICA

Rafael Fernández Rubio

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 (Figura 314). 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.



Figura 314. Drenaje de mina en frente de galería (Foto: Rafael Fernández Rubio).

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, a veces con grandes caudales, consecuencia del ámbito “captado”, y de que el escenario de las operaciones tiene que mantenerse drenado 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 la fase de investigación pre-mina hasta la post-clausura, 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 diseñarse 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 (Figura 315).



Figura 315. Controles en el sistema de drenaje – reinyección en la mina de Cobre Las Cruces (Sevilla) (Foto: Rafael Fernández Rubio).

Cuando se requiere efectuar el drenaje del ámbito minero, la tecnología más conveniente es la que hemos denominado Drenaje Preventivo en Avance 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 sin afección por la actividad minera, 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 $2,5 \text{ m}^3$ por tonelada de carbón lavado, con valores que oscilan entre $1,2$ y $4 \text{ m}^3/\text{t}$ (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 (Figura 316).

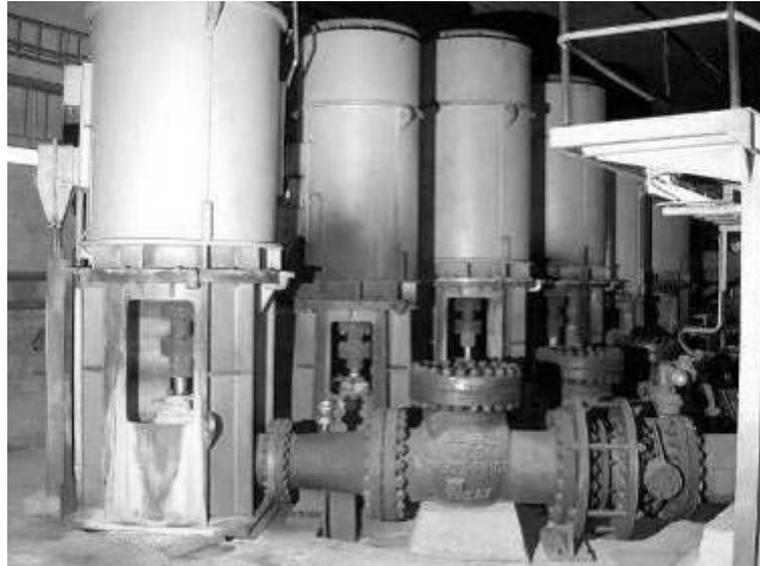


Figura 316. Instalación de bombeo de fondo en la mina de Reocín (Cantabria), con capacidad para 2.500 litros/segundo (Foto Rafael Fernández Rubio).

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 (Figura 317),
 - 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.



Figura 317. Control preventivo de drenaje de mina subterránea frente a sistemas de circulación kárstica (Foto Rafael Fernández Rubio).

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 especialmente la mina de Reocín (Cantabria), explotación superficial / subterránea de zinc y plomo, donde a lo largo de 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 conseguida 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 de agua 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 de aportes 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 contexto es frecuente que la normal disminución de la permeabilidad con la profundidad, provoque la reducción de aportes de agua, conforme profundiza la explotación.

En la mina del Marquesado (Granada), como consecuencia de una alimentación inducida, procedente de acuíferos colgados, 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 bombeos 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.



En todo caso, si se aplican tecnologías idóneas, las 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 (Figura 318).



Figura 318. Instalación de bomba en sondeo vertical desde superficie.

Cuando así acontece, y se emplea el Drenaje Preventivo en Avance 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 la que tendría cualquier captación en dicho acuífero subterráneo.

En otro sentido también hay que destacar que, en muchos casos, los lagos finales en las cortas de mina, una vez terminada la explotación, cuando quedan inundadas de agua de calidad, se constituyen como un indudable activo ambiental, del que veremos ejemplos en este capítulo. Es un activo que puede ser muy positivo para la biodiversidad (Figura 319), especialmente en cuanto a flora y a fauna, pero también por la posibilidad de aprovechamiento de estos almacenamientos de agua para diferentes usos.



Figura 319. Antiguas graveras en el río Guadiamar (Sevilla) (Foto: Rafael Fernández Rubio).

Para mejor entender la formación de estos almacenamientos de agua, hay que tener presente que, 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 hasta una situación de equilibrio, y con ello la formación de una lago en la corta. Es por esto que 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 requieren estudios bien documentados, que deben verse sustentados por un adecuado modelo hidrológico-minero conceptual y, frecuentemente por un modelo matemático, durante la vida de la mina y tras el cese de la actividad minera, del flujo de agua y de su quimismo, para predecir la calidad del agua a lo largo del tiempo.

Un aspecto importante es también el balance de agua, cuantificando la contribución de cada una de las distintas recargas y descargas al hueco minero, al igual que lo son los procesos físico-químicos con incidencia en la calidad del agua, a lo largo del tiempo, con apoyo de técnicas probabilísticas, para evaluar el rango de incertidumbre en la predicción.

En todo caso hemos de señalar que hoy es muy extensa la experiencia ganada en estas evaluaciones, tanto en la gran minería tradicional como en graveras y en canteras.

Pero no cabe duda de que, para conseguir las mejores validaciones del agua de mina, se requiere una actuación muy cuidada, desde el momento inicial, para desarrollar todas las actividades en el marco de un adecuado diseño hidrológico-ambiental.



7.1 Valorización agrícola y ganadera

Rafael Fernández Rubio

Las aguas de drenaje de minas, cuando presentan calidad adecuada, pueden ser utilizadas para atender las diferentes demandas planteadas en su entorno.

Un caso que fue significativo, durante la operación minera, es el de la mina de hierro de Alquife (Granada) (Figura 320), cuyas aguas de drenaje se utilizaron, hasta el cese de la actividad minera, sin necesidad de tratamiento, para atender a los requerimientos de la mina y a los regadíos



aguas abajo del punto de vertido, pero también para recarga artificial del acuífero de Guadix, al objeto de evitar la afección a los regantes.

Esta recarga, mediante balsas de infiltración, fue conducida con éxito por el Instituto Geológico y Minero de España, aprovechando el hecho de la buena calidad de las aguas subterráneas extraídas por bombeo del acuífero. El drenaje preventivo en avance de la mina se realizaba desde dentro y fuera de la corta, mediante sondeos (Figura 321).



Figura 320. Explotación de hierro de Alquife a cielo abierto.



Figura 321. Campo de sondeos de drenaje en la periferia de la mina

Esta recarga tenía por objeto compensar los efectos del drenaje (del orden de 400 l/s), para 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 (Murillo Díaz *et al.* 2007).

La recarga artificial conllevó la construcción de nueve piezómetros de control (Figura 322), 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 operaciones 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 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.



Figura 322. Balsa de recarga.



María del Carmen Hidalgo Estévez, José Benavente Herrera y Francisco Javier Rey Arrans

En el conjunto del distrito minero Linares-La Carolina (provincia de Jaén), se engloban numerosas minas subterráneas de sulfuros metálicos, abandonadas. Se trata de explotaciones de filones, principalmente de galena (Gutiérrez-Guzmán, 1999) (Figura 323).



Figura 323. Antiguas estructuras mineras en el distrito plomo argentífero de Linares – La Carolina (Jaén).

En el sector de Linares las mineralizaciones están asociadas a un batolito granítico, mientras que en el de La Carolina el ámbito geológico es más complejo, ligado a materiales paleozoicos intensamente deformados (Figura 324).

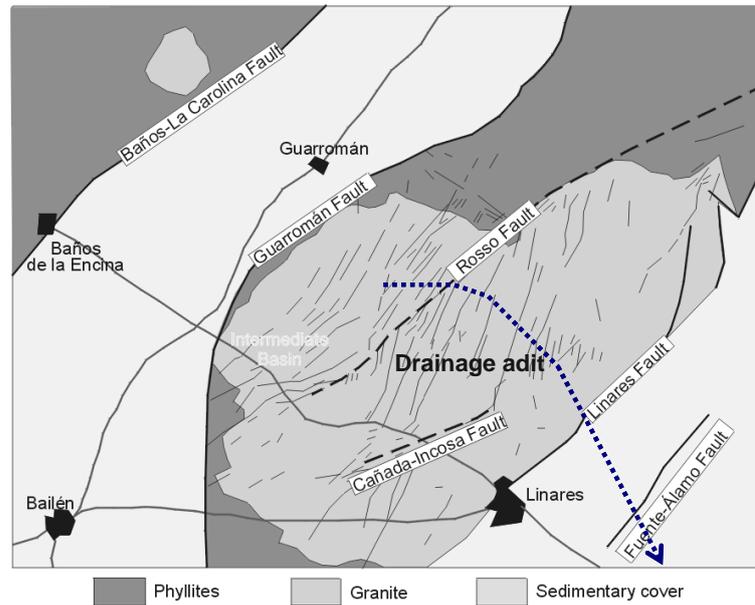


Figura 324. Esquema geológico del batolito de Linares que incluye las trazas de los principales filones y la del socavón general de drenaje.

En este entorno hay que destacar que, tras el cese de la actividad minera (última mina cerrada alrededor del año 1980), se ha producido una transformación agrícola, basada en la puesta en riego de olivar, con agua bombeada de las minas, conectadas en su mayor parte a través de un socavón minero, concebido originalmente para el drenaje de las explotaciones (Figura 325 y Figura 326).

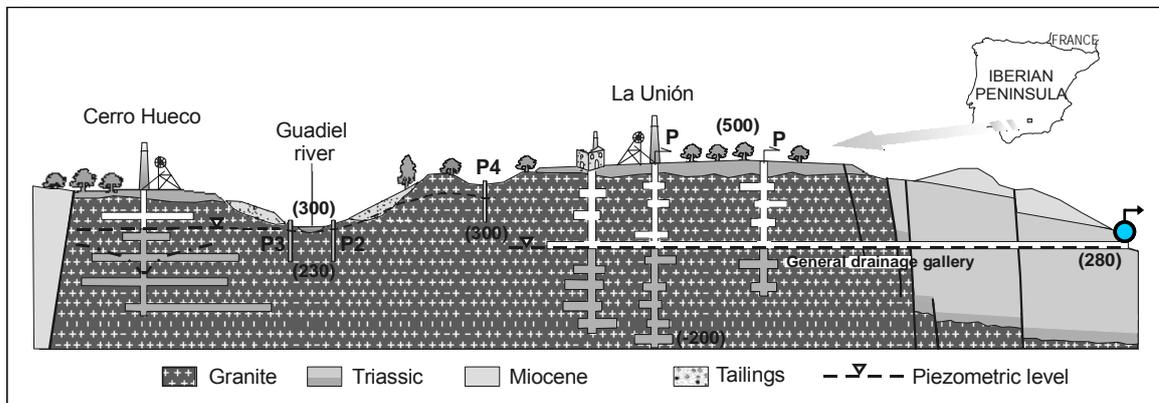


Figura 325. Corte geológico esquemático idealizado, a lo largo del socavón de drenaje minero y de algunos de los principales pozos mineros.



Figura 326. Salida del agua por el socavón de drenaje de Linares, aprovechada por los agricultores para regadío.

La recarga al batolito se ha estimado entre ocho y diez $\text{hm}^3/\text{año}$, 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 de aguas subterráneas, asociadas a los huecos mineros, se han evaluado en 8,5 millones de metros cúbicos (Figura 327). El bombeo desde pozos mineros representa, en la actualidad, del orden del 70-80% de los recursos medios del batolito (Benavente *et al.*, 2002).

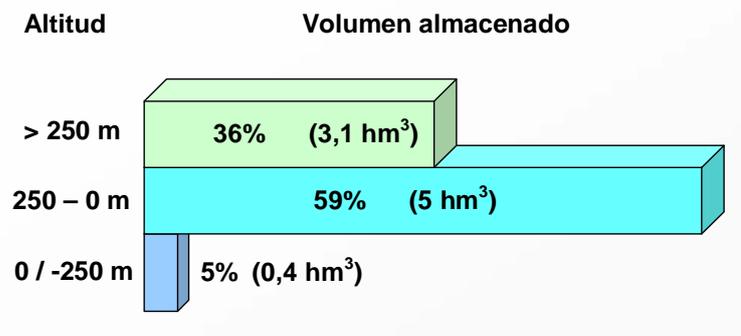


Figura 327. Estimación de la distribución de reservas de agua por franjas de altitud, en relación con el conjunto de huecos mineros existentes en el batolito de Linares (Jaén).

Los datos obtenidos sobre la descarga del socavón indican una disminución progresiva de sus caudales, consecuencia del bombeo directo en antiguos pozos mineros (Figura 328). Si el incremento en los bombeos sigue creciendo a un ritmo del orden de $0,5 \text{ hm}^3/\text{año}$, podría llegarse a la desaturación del batolito en un periodo de diez años.

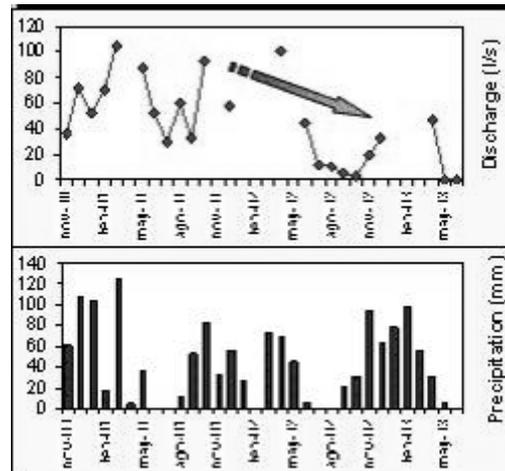


Figura 328. Evolución de caudales surgentes en el socavón de Linares (Jaén).

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).



Antonio Guijarro Franco y Santiago del Barrio Martín

Cuando se habla de gestión de aguas de mina, en general nos referimos a aguas de buena calidad, para alguno de los usos posibles, pero menos frecuente es la utilización de aguas contaminadas, como lo pueden ser las aguas ácidas de drenaje minero.

En este sentido hay que destacar que en la Faja Pirítica Ibérica, situada al SW de España (Provincias de Huelva y Sevilla), existe gran cantidad de embalses de aguas ácidas, procedentes de actividades mineras, así como explotaciones a cielo abierto y subterráneas abandonadas, con importantes volúmenes de aguas ácidas, que no tienen utilidad alguna.

Es aquí donde 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., viene desarrollando un proyecto integral para el tratamiento de las aguas ácidas de sus antiguas explotaciones, para su uso en el riego de cítricos u otros usos alternativos.

Este proyecto pretende poner de manifiesto que es posible la recuperación de aguas de mina y su posterior reutilización. Si consideramos que el agua es un bien escaso en general y en particular en la zona de estudio, es de vital importancia fomentar su regeneración y aprovechamiento.

Para ello se han caracterizado las aguas de distinta procedencia, tales como Dique Grande (Figura 329), Corta Lagunazo (Figura 330), Filón Centro y Filón Norte (Figura 331), etc., con pH que oscila entre 2,75 y 3,65 y contenidos metálicos que oscilan entre 5 y 325 mg/l de zinc y entre 1 y 2.850 mg/l de ión férrico, utilizando distintos sistemas para adecuar dichas aguas al riego agrícola u otros usos alternativos.





Figura 329. Dique Grande.



Figura 330. Corta Lagunazo.



Figura 331. Cortas inundadas de Filón Norte y de Filón Sur.

A la vista de los resultados obtenidos, en laboratorio, se construyó una planta de 150 m³/hora de capacidad de tratamiento (Figura 332), que está tratando las aguas ácidas de Dique Grande. Como ejemplo se incluye un cuadro (Tabla 7) con la composición química de las aguas de Dique Grande antes y después de su tratamiento.



Figura 332. Planta de tratamiento de las aguas ácidas para el riego de naranjos.

Elemento	INICIAL	TRATADA		
	Concentración (mg/L)	Concentración (mg/L)	Elemento	Concentración (mg/L)
Cu	1.25	< 0.08	Conductividad	0.82 mS/cm
Zn	10	1.2	Sólidos T disueltos	0.5 g/l
Fe	20	< 10	Potasio (K ⁺)	5.0 mg/l
Pb	0.7	< 0.1	Sodio (Na ⁺)	50 mg/l
Al	45	< 1	Calcio (Ca ²⁺)	35 mg/l
As	0.2	< 0.1	Magnesio (Mg ²⁺)	45 mg/l
Ca	45	48	Amonio (NH ₄ ⁺)	0.1 mg/l



Cd	<0.005	< 0.005	Carbonatos (CO ₃ ²⁻)	0 mg/l
Co	0.50	0.02	Bicarbonatos (CO ₃ H)	5.0 mg/l
Cr	<0.025	< 0.025	Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	525 mg/l
K	10	22	Cloruros (Cl ⁻)	50 mg/l
Mg	200	39	Nitratos (NO ₃ ⁻)	4.0 mg/l
Mn	15	2.53	Nitritos (NO ₂ ⁻)	0.0 mg/l
Na	35	34	Relación de calcio (meq)	0.23
Ni	0.4	< 0.1	Carbonato sódico residual (meq/l)	-5.55
Cl ⁻	55		Coefficiente alcalimétrico	37.3
			RAS	1.37
			RAS corregido Ca°	0.75
			RAS ajustado	1.2
			Relación de sodio (meq)	0.28
			Dureza (° Franceses)	28
pH	3,3	6,5	Valoración	BUENA

Tabla 7. Tratamiento de las aguas del Dique Grande.

Al mismo tiempo se ha realizado un tratamiento *in situ* de las aguas ácidas de la Corta Lagunazo, regándose con ambas aguas tratadas una plantación de 325 hectáreas de naranjos de Cítricos Tharsis, S.A. (Figura 333).





Figura 333. Plantación de naranjos regados con aguas ácidas de mina tratadas.

A la vista del éxito del tratamiento *in situ* de las aguas ácidas de la Corta Lagunazo, se está desarrollando el proyecto del tratamiento *in situ* de las aguas ácidas, primero de la Corta Filón Centro y luego de la Corta Filón Norte, para diferentes usos posteriores.

En 1988 se creó la Río Tinto, S.A., participada por importantes inversores del factor agropecuario del levante español, con una importante inversión inicial, 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 al mercado alemán, francés y británico.



7.2 Valorización naturalística y forestal

Rafael Fernández Rubio

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 flora y fauna del cauce desviado, creando un hábitat adecuado para las especies autóctonas de mayor interés.

En este cauce se trasplantan 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.

Por otra parte, cuando la situación final de una explotación a cielo abierto, cualquiera que sea el material aprovechado, sea la de un lago, es importante diseñar hábitat 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.

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 en calizas del Cretácico (Fernández Rubio, 2001a), donde las antiguas cortas a cielo abierto son hoy lagos perfectamente naturalizados, con abundante fauna piscícola y avifauna que encuentra un hábitat ideal.



Río Narcea Gold Mines

Lagunas y charcas no son ecosistemas frecuentes en el Cantábrico, ni tampoco en la zona donde se ubica la explotación de oro de Río Narcea Gold Mines, y la planta de tratamiento de mineral, en el concejo de Belmonte de Miranda (Asturias). Sólo 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 minera, ha generado nuevos hábitat idóneos para la fauna asociada a humedales, que los han colonizado, incluso estando en operación. Los principales sistemas de “aguas estancadas”, en la zona, han pasado a ser la balsa de sedimentación de La Veiga y las 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 periodos de lluvias, y un aporte mínimo durante el período mayo-septiembre, lo que permite el establecimiento de una comunidad de anfibios.

El principal ecosistema acuático ha pasado a ser la balsa de sedimentación de La Veiga (Figura 334), 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 vertiente, 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.



Figura 334. Balsa de sedimentación de La Veiga.

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.

Por su parte, las balsas de bocamina de Boinás son un conjunto de balsas de sedimentación, situadas a la entrada de estas explotaciones, que recogen la escorrentía de la cuenca Boinás (toda la mina menos la cuenca de La Veiga). Estas balsas, cuya última modificación se realizó en el año 1999, apenas tienen desarrollada la comunidad vegetal en sus orillas (Figura 335), a pesar de lo cual mantienen presencia constante de anfibios y reptiles en sus aguas.



Figura 335. Balsas de sedimentación de Boinás.

Las restantes zonas húmedas del área de actividad minera son de menor importancia, en cuanto a la extensión cubierta por agua, y a 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*) (Figura 336)
 - 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 perezzi*) (Figura 337.)
 - Rana patilarga (*Rana ibérica*)



Figura 336. *Chioglossa lusitanica*.



Figura 337. *Rana perezii*.

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 (*Cornonella 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.*) (Figura 338). 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.



Figura 338. *Natrix sp.*

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 (Figura 339). Durante las prospecciones de campo fueron observados varios ejemplares (un macho adulto y dos jóvenes) en la balsa La Veiga. En la zona también están citados: 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.



Figura 339. *Anas platyrhynchos*.

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.



Linda Daniele, Antonio Pulido Bosch, Ángela Vallejos Izquierdo, Kyle E. Murray y Luís Molina Sánchez

En el Campo de Dalías (Almería), caracterizado por un suelo con propiedades físicas y físico-químicas poco adecuadas, tanto desde el punto de vista agronómico como ambiental, se implantó, en las últimas décadas, una economía basada en cultivos bajo plástico, que generó la necesidad de suelos adecuados para la construcción de sustrato fértil (Ramos Miras, 2002).

Para aportar estos materiales, al principio de la década de los ochenta, se realizó la extracción masiva y continuada de arcillas y limos rojos, en la parte central del Campo de Dalías; materiales ligados a los sectores distales de los grandes abanicos aluviales que jalonan el borde meridional de la sierra de Gádor. Su extracción, en extensas graveras a cielo abierto, dio lugar a depresiones que posteriormente, una vez abandonada la actividad extractiva, se han visto inundadas con aguas subterráneas.

Es así que, en esta área endorreica, ubicada entre El Ejido y La Mojenera (Figura 340), se originó el humedal artificial permanente de la Cañada de Las Norias (incluido en la Convención RAMSAR, 1971), que aparece delimitado por la curva de nivel cerrada de cota 30 m (Figura 341), con sustrato limo-arenoso, y ausencia de protección por parte de las autoridades (Castro et al., 2001).

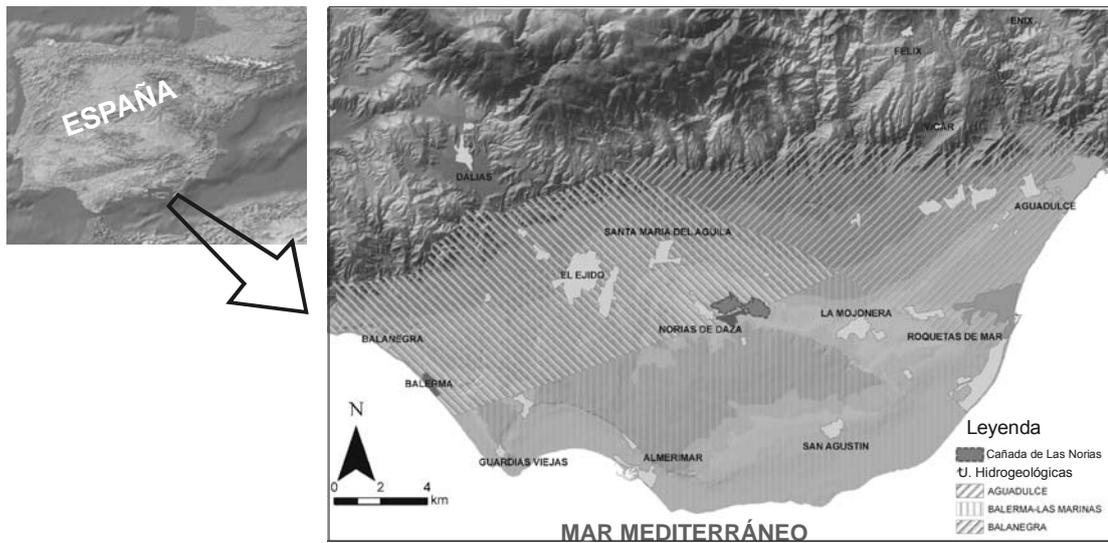


Figura 340. Localización del humedal de la Cañada de Las Norias (Almería).



Figura 341. Humedal Cañada de Las Norias. El testigo -foto izquierda- refleja la posición del suelo antes del comienzo de las extracciones (marzo 1998) (Foto: Antonio Pulido Bosch).

El abandono de los bombeos, como consecuencia de la mala calidad del agua para el riego, y el retorno de agua procedente de riego con agua de acuíferos profundos, han contribuido a que el nivel del agua que inunda el hueco de la antigua explotación aumente paulatinamente (Figura 342).

El resultado final ha sido el desarrollo de un humedal que se extiende por los terrenos inundables de 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, que ocupan un área deprimida, separadas por un camino vecinal.

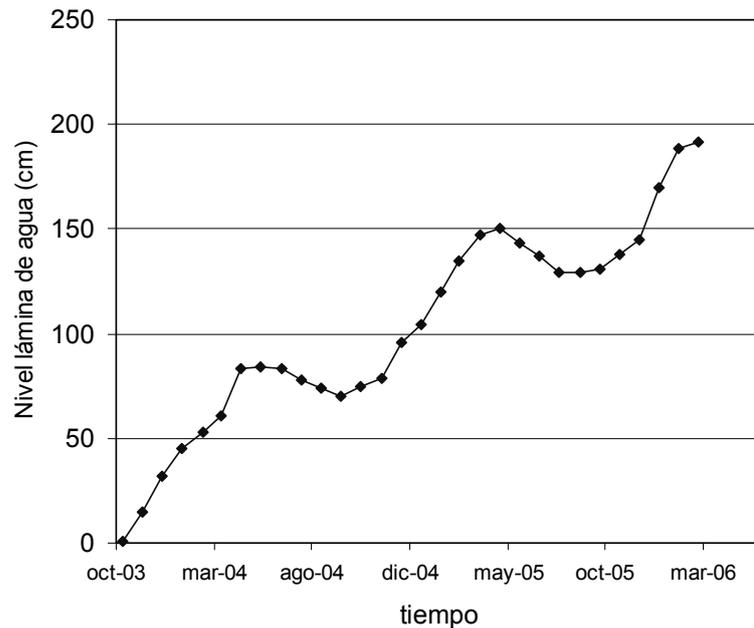


Figura 342. Evolución del nivel del agua en la Cañada de Las Norias (datos: Ayuntamiento de El Ejido, Área de Agricultura y Medio Ambiente, marzo 2006).

Este humedal, que se encuentra en el sector central del Campo de Dalías, recibe su alimentación principalmente por aguas subterráneas de la unidad hidrogeológica Balerna-Las Marinas, la de mayor extensión del Campo de Dalías, constituida por calcarenitas pliocenas, que ocupa unos 225 km² y se desarrolla a lo largo de toda la llanura litoral en la parte central del Campo.

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 (Figura 343), en las que 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. Estos humedales ocupan 55,8 ha y 59,6 ha.

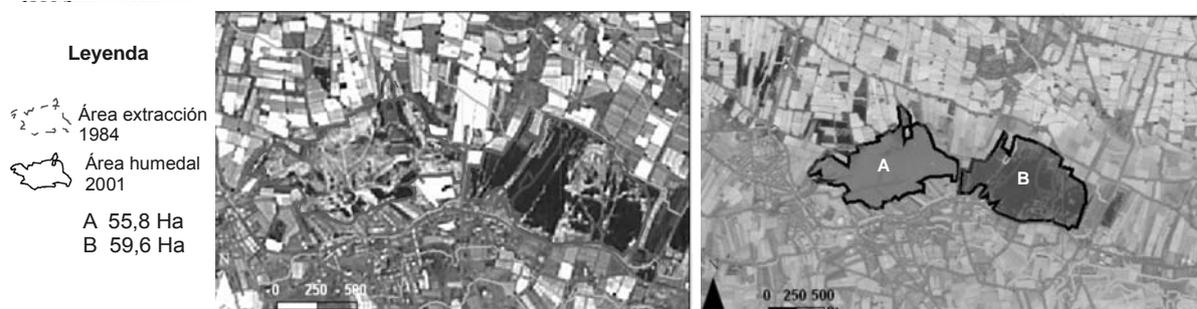


Figura 343. Área ocupada por el humedal (1986 y 2001).



Este humedal, originado en antiguas extracciones 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 esta antigua explotación minera, uno de los escasos puntos donde se reproducen con éxito (López Martos, 1997; Castro, 2001; Matamala, 2006).



Miguel Rodríguez Rodríguez, Francisco Moral Martos y José Benavente Herrera

Otros ejemplos interesantes, de humedales artificiales en Andalucía, formados como consecuencia de inundación de graveras, son los que nos ofrecen la laguna de Tarelo, situada en las marismas de la margen izquierda del Guadalquivir (en el interior del Parque Natural de Doñana, que es un humedal RAMSAR y Reserva de la Biosfera), y las lagunas de la desembocadura del río Guadalhorce, en Málaga (donde gran parte del suelo agrícola, entre los dos brazos del río, se destina actualmente a uso público, ya que estas lagunas constituyen un Paraje Natural protegido) (Figura 344).

Se trata de masas de agua permanente, con valores ambientales importantes, consecuencia de la rápida colonización de sus riberas por freatofitas (eneas, juncos, carrizos, etc.), y del establecimiento de comunidades planctónicas y bentónicas en sus aguas. Ambos hechos condicionan que estas graveras inundadas sean lugares propicios para la alimentación y nidificación de numerosa avifauna, tanto anual como migratoria, y en ambos casos se puede observar el importante cambio en los usos del suelo, desde mediados del siglo XX hasta la actualidad.



Figura 344. Laguna de Tarelo y lagunas de la desembocadura del Guadalhorce.

La laguna de Tarelo (Sanlúcar de Barrameda, Cádiz) constituye un buen ejemplo de humedal artificial con interés ecológico (Figura 345). Se trata de una laguna permanente, de 18 ha de extensión y algo más de 10 m de profundidad máxima. Su origen se debe a una explotación de arena, que se extrajo a principios de los años ochenta, para mejorar los suelos de las marismas situadas al Este (Benavente *et al.* 2006).



Figura 345. Laguna de Tarelo (en el año 1998 y en el año 2005).

Cuando se extrajo la arena no llegó a cortarse el nivel piezométrico, ya que se encontraba deprimido, como consecuencia de la explotación de las aguas subterráneas para los regadíos de la Colonia de Monte Algaida (esta colonia se puede observar al Sur de la laguna de Tarelo, en la Figura 344).

Tras la llegada, en 1986, de las aguas del río Guadalete para riego, se produjo un ascenso paulatino de la piezometría, hasta la situación actual de creación de la laguna (Figura 345). Desde entonces se aprecia un ligero incremento en la conductividad eléctrica del agua de la laguna (Figura 346).

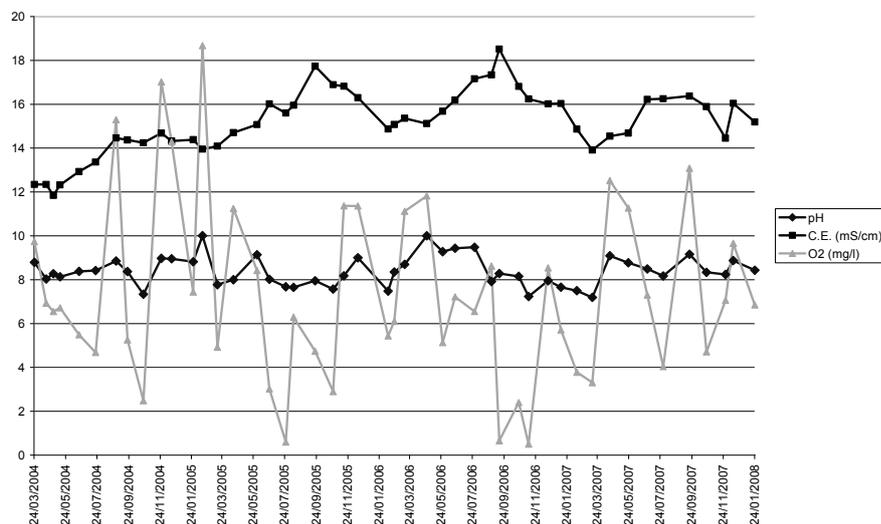


Figura 346. Evolución del pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto en el agua de la Laguna de Tarelo (marzo/2004 a enero/2008) (Fuente de los datos: Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía).



Este humedal (Figura 347) ha sido protegido por la Junta de Andalucía, a través del Inventario de Espacios Naturales de Andalucía (Ley 2/1989, de 18 de julio), al quedar incluido en el Parque Natural de Doñana, y en el Espacio Natural de Doñana (Ley 8/1999, de 25 de noviembre).



Figura 347. Panorámica de la laguna de Tarelo (18-05-2005).

Un caso parecido al anterior lo constituye el Paraje Natural de la desembocadura del Guadalhorce, en Málaga (Figura 348), que origina un humedal 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 graveras se fueron inundando progresivamente con aguas procedentes del acuífero detrítico asociado al delta del río, hasta alcanzar la situación actual.



Figura 348. Laguna Grande del Paraje Natural de la Desembocadura del Guadalhorce (izquierda) y Laguna Eucaliptal (derecha).

Estas lagunas tienen gran interés ornitológico, por ser utilizadas como lugar de escala hacia áreas de invernada, por gran número de especies de aves acuáticas (Moreira y Montes, 2005). Asimismo, la gradación de salinidad, existente entre las diferentes lagunas, con influencia marina y continental (aportes subterráneos del río Guadalhorce), incrementa la biodiversidad del ecosistema (Rodríguez-Rodríguez, 2002).



Ricardo Castelló 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 (Figura 349).

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 Hábitat 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.



Figura 349. Ecosistema acuático de gran interés ecológico en la cantera Los Yesares (Sorbas, Almería) (Foto: Ricardo Castelló Montori).



7.3 Valorización científica y cultural

Aquilino Delgado Domínguez

Con seguridad el río Tinto, en España, es un ecosistema único por su color, acidez, quimismo... pero también por sus características ambientales.

Acercarse a Peña de Hierro, es hacerlo también al lugar donde nace el río Tinto (Figura 350), cuyo conocimiento se complementa siguiendo el recorrido del Ferrocarril Turístico Minero, que es la mejor forma de conocer el curso alto, ya que la vía discurre paralela al río.



Figura 350. Nacimiento del río Tinto, Peña de Hierro (Nerva, Huelva) (Foto: Aquilino Delgado Domínguez).

El río Tinto se nos ha mostrado como ejemplo de desolación y falta de vida, desde la antigüedad; si a esto sumamos su color rojo es fácil comprender porqué los autores clásicos asociaron este río con la *palus erebea*, o Laguna del Erebo, equivalente a la laguna Estigia, que daba entrada al Hades, es decir al infierno, como refiere Avieno en *Ora Marítima* 241-253, o Estrabón en *Geographika* III, 5,9, 175. Suidas, por su parte, denomina la laguna del infierno como $\Delta\omicron\rho\nu\omicron\zeta\ \lambda\iota\mu\eta\nu$, y la sitúa en las cercanías de $\tau\alpha\rho\tau\eta\sigma\sigma\omicron\varsigma$; en el mismo sentido se pronuncia Aristófanes en *Ranas* 478.

Las fuentes medievales hacen referencia al río Tinto, mencionando lo raro de sus aguas y cómo es utilizado tanto para obtener acije, aceche, vitriolo, caparrosa o zay, empleado para teñir de color rojizo a los tejidos, o para obtener jeve, sabb, sabbud o alumbre, muy necesario en la industria tintorera como mordiente, es decir para fijar los tintes al paño. Lo cual es muy importante, si se tiene en cuenta que la ropa teñida tenía valor muy superior al que presentaba el color natural de la lana, el algodón o la seda.

Entre las fuentes islámicas, sobre este particular, la más relevante es Ahmad-Al-Razí, geógrafo árabe del siglo X, que describe los “veneros” del Tinto y cómo era aprovechado para la obtención de caparrosa y alumbre.

“E yaze sobre el rrio de Laxer que muchos le llaman rrio Tinto. E rrio Tinto sale del monte de Araçena e naçcen ay tres fuentes de que se faze el rrio. E una de las fuentes ha nonbre Laxer, e esta echa mas agua e mas duçe que ninguna de las otras. E la segunda fuente nasçe mucho ahume [alumbre] e toda el agua es ahumada. E la tercera fuente nasçe mucho azije e por eso cambian las aguas e no saben bien” (Catalán (Ed) (1965)⁶.

Esta misma información es de nuevo transmitida por otros autores, como Yaqut, autor de fines del siglo XII y principio del siglo XIII, e Ibn-al-Sabbat, autor del siglo XIII. Otros autores aportan algunos matices; en este sentido Al-Udrí, autor hispanomusulmán del siglo XI hace referencia a que la segunda fuente manaba alumbre (al-sabb); Ibn Galib en el siglo XII afirma que la segunda fuente es de aguas sulfúricas y que la tercera contenía sulfato de hierro; Al-Qazwini, ya en el siglo XIII, relata que la segunda fuente era la del alumbre, pues por ella manaba alumbre, y la tercera la del Acije, pues por ella mana acije, lo cual es refrendado por Al-Himyari un siglo después. Otros dos autores

⁶ *Crónica del Moro Rais*. Madrid, pp 90-91.



islámicos aportarán alguna información más, en el siglo XIV, como Kotobi, quien por el contrario sostiene que la segunda de las fuentes es alcalina y la tercera de vitriolo, y Xemsedin el Damasceno, quien atestigua la existencia de una mina de aljebe y otra de aceche.

Las fuentes documentales siguen refiriendo, en época moderna, el uso del río Tinto como fuente para la extracción de caparrosa, aprovechamiento del Tinto que se inició durante el califato, y que perduró por lo menos hasta el siglo XVII, y quizás hasta la reapertura borbónica de las minas de Río Tinto. En este sentido el clérigo Diego Delgado, en 1556, afirma que los habitantes de la Aldea de Riotinto (actual Nerva), perteneciente al término de Zalamea del Arzobispo (actual Zalamea la Real), pagaban al Arzobispo de Sevilla el diezmo en caparrosa.

“Asimesmo fuimos a ver otra cueva, la cual está llena de agua y salía de debajo della un río, el cual se dice río Tinto; la causa por qué nace por veneros de caparrosa, que por otras partes se dice aceche, de lo que sirve para tinta; y ansi todas las orillas de este río están llenas de aceche, principalmente en el mes de agosto y ansi todos los lugares por donde pasa este río, o cercanos son obligados cada concejo a enviar sus cuadrillas de mujeres y mozos e mozas, en todo el mes de agosto, a coger este aceche, y con este aceche pagan al Arzobispo de Sevilla ciertos tributos de los cuales ellos están obligados; los concejos y otras personas no lo pueden coger en ningún tiempo, porque es suyo, del Arzobispo, so pena de graves penas”.

Tras la reapertura de las minas, en época borbónica, decayó mucho la explotación del acije y el alumbre, por lo que las referencias sobre el Tinto vuelven a lo ya mencionado: un río rojo, muerto, sin vida y contaminado, como incluso refiere Juan Ramón Jiménez en *Platero y yo*. Así, tras dos mil años, las referencias sobre este insólito río no habían variado un ápice e, incluso, se planeó su descontaminación.

Pero la percepción y conocimiento del río Tinto va a cambiar, tras conocerse el resultado de los estudios realizados, en los últimos años, por el Centro de Astrobiología (en adelante CAB) y por la Nacional Aeronautics and Space Administration (NASA), que han puesto de manifiesto que no sólo el Tinto, no está muerto sino que posee una abundante y diversa vida microscópica, única en el planeta Tierra (Figura 351).



Figura 351. Científicos del Centro de Astrobiología, trabajando en Corta Peña de Hierro, año 2005 (Foto: Archivo Fundación Riotinto).

El río Tinto, y el ecosistema que constituye, integra microorganismos, que al interactuar entre ellos y entre estos y el medio ambiente, son los motores que lo hacen funcionar. Gracias a ellas los organismos son capaces, en muchas ocasiones, de modificar su ambiente y esto es en gran medida, el caso de río Tinto.



Las bacterias (Figura 352) ocupan una posición especial, entre las distintas poblaciones del río, ya que un grupo de estos organismos, las llamadas bacterias litotróficas, son en gran parte responsables de las extraordinarias características del Tinto. Tales bacterias son autótrofas, como las plantas, ya que utilizan CO_2 para generar los compuestos orgánicos que necesitan. La energía necesaria para fijar el CO_2 atmosférico, y convertirlo en materia orgánica, a diferencia de las plantas que realizan la fotosíntesis con este fin, la obtienen de la oxidación de algunos compuestos inorgánicos de azufre y hierro, que integran a ciertos minerales (pirita, calcopirita y otros sulfuros). Este tipo de rocas son muy abundantes en la Cuenca Minera de Riotinto.

Las bacterias litotróficas, a través de la oxidación de esos minerales azufrados, generan ácido sulfúrico, lo que provoca una gran acidez en el río. En estas condiciones ácidas, los metales que forman parte de los minerales, se liberan con más facilidad y aparecen como iones disueltos en el agua. Esta característica ha provocado que estas bacterias sean objeto de interés, para su utilización en la extracción y recuperación de minerales. Como ocurre con el empleo de la bacteria *Thiobacillus ferrooxidans* (Figura 352 y Figura 353) para la obtención de cobre por cementación.

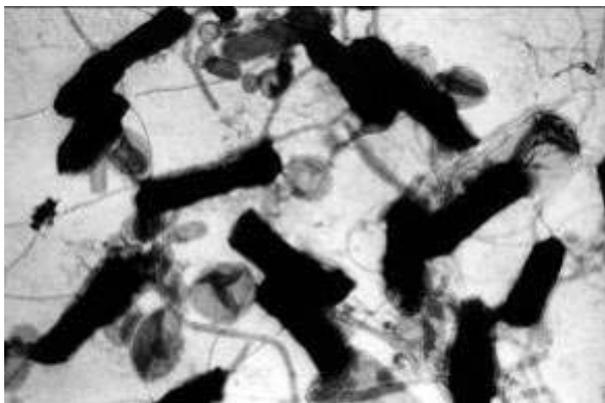


Figura 352. Bacterias heterotróficas acidófilas documentadas en el río Tinto (Foto: Centro de Astrobiología).

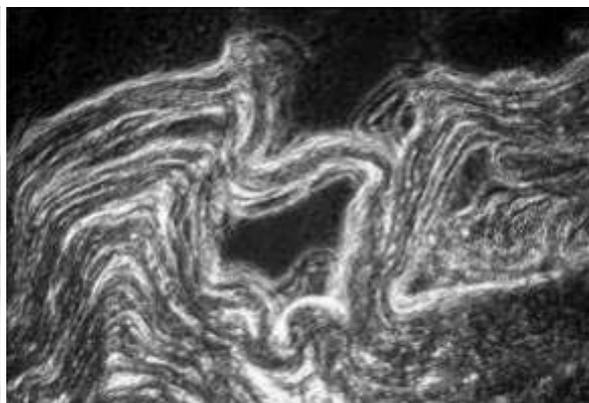


Figura 353. Bacterias oxidadoras de compuestos de azufre, documentadas en el río Tinto (Foto: Centro de Astrobiología).

Así las bacterias litotróficas están consideradas como las responsables de la acidez del río y, por tanto, de la alta concentración de metales pesados que presentan sus aguas (unos 6 gr/L), así como de su llamativo color, debido al hierro oxidado (hierro férrico) producido también por ellas.

Una vez generadas y mantenidas las características de este peculiar ambiente, se establecen otras poblaciones microbianas integradas por diversos organismos. La población algal (Figura 354) es muy abundante y resulta responsable, junto con las anteriores bacterias, de la producción primaria, al generar la mayor parte de la biomasa del ecosistema. Esta población está integrada por muy distintas formas algales, entre las que se encuentran organismos filamentosos y formas unicelulares independientes como euglenas (Figura 355), diatomeas, o algunas algas del género *Chlorella*.

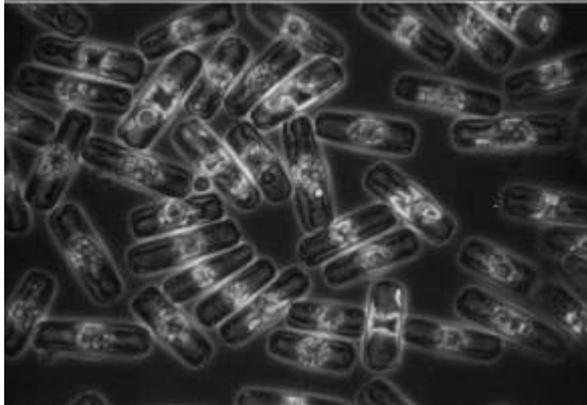


Figura 354. Algas diatomeas en río Tinto
(Foto: Centro de Astrobiología).

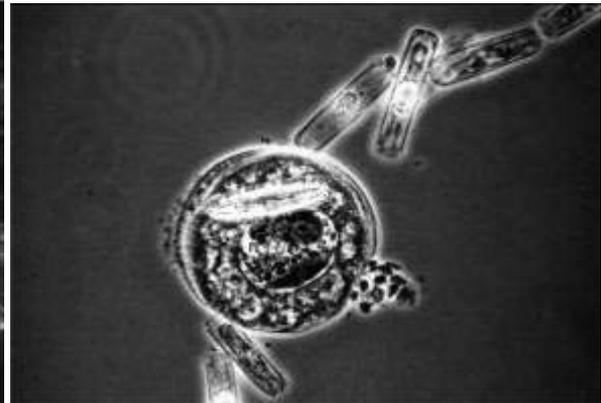


Figura 355. Protozoo digiriendo una euglena y una diatomea observadas en su interior.
(Foto: Centro de Astrobiología).

Los consumidores son escasos y están representados únicamente por protozoos (Figura 355), encontrándose en las aguas del río Tinto algunos ciliados, amebas, heliozoos y flagelados, que se alimentan de algas, hongos y bacterias. Por el contrario los organismos descomponedores, como las bacterias heterotróficas y los hongos, son muy abundantes alimentándose de los cuerpos muertos de los productores primarios, los consumidores o simplemente de la materia orgánica que llega al río.



7.4 Valorización deportiva y recreativa

Juan Carlos Baquero Úbeda

Un uso muy singular, en huecos mineros a cielo abierto inundados, es la creación de viveros de pesca o piscifactorías. Es, por ejemplo, el caso de las Canteras de Alpedrete (Madrid) (Figura 356), 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 fueron la base económica de la zona, y aún sigue siendo la denominada “piedra berroqueña” uno de los materiales básicos en la construcción. De hecho, de estas canteras salió gran parte de los sillares para la construcción de El Escorial o del Castillo de Manzanares el Real.





Figura 356. Canteras abandonadas de granito en Alpedrete (Madrid).

Es de destacar, en este caso, que las canteras de rocas duras y compactas, presentan formas geométricas, poco naturalizadas, aunque no exentas de belleza, que se ve realzada por su inundación natural, al ascender el nivel freático, hasta la cota que le corresponda, dando lugar 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 de nutrientes, etc. 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 mantiene bien aireada la superficie, cosa que no siempre sucede en el fondo, donde se puede acumular la materia en descomposición.

Durante el invierno, las capas superiores del lago se enfrían, aumenta su densidad y descienden, siendo reemplazadas por aguas 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. Mezcla vertical que da vida a la laguna.

La flora y fauna que encontramos es similar a la de los medios lacustres (sistemas eutróficos, oligotróficos y distróficos), constituida principalmente por moluscos, anfibios y especies piscícolas, en ellas introducidas, que crían y se alimentan del fitoplancton y desarrollo larvario, como si de una piscifactoría natural se tratase.

En Alpedrete, con imaginación, se ha sabido aprovechar este uso, creando una serie de espacios, en una antigua explotación minera, donde es posible practicar pesca deportiva, y capturar ejemplares que luego, tras realizar su medición y peso, podremos degustar en nuestra casa.



Figura 357. Uso recreativo de antiguas canteras de Alpedrete, como espacios acotados de pesca deportiva.



Juan José Durán Valsero

Un aspecto interesante es la utilización de algunas lagunas, de explotación minera inactiva e inundada, como “cotos de pesca”. Así, por ejemplo, hace unos 30 años se desarrolló una laguna en la depresión causada por la extracción de arcilla del Plioceno, para la fabricación de ladrillos, en la Colonia de Santa Inés (Málaga). Esta Laguna de la Barrera, hoy ya en medio urbano (Figura 358), se utiliza para pescar cangrejo de río, que se ha introducido artificialmente y se reproduce sin problemas.



Figura 358. Laguna de la Barrera, antigua explotación de arcilla para ladrillos (Foto: Wikimapia.org).



7.5 Valorización urbana y residencial

Ángel Luís Alonso Prieto

Las balsas de agua son un elemento omnipresente en las explotaciones mineras. En la etapa de explotación se dispone de balsas de acumulación de agua, para la protección contra el polvo (riego de frentes de explotación, pistas, etc.), o contra el barro (lavado de maquinaria y 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, previamente 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, o de 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 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) (Figura 359). Se han empleado helicópteros de tamaño medio, dotados de “helibalde” (depósito plegable que se cuelga del gancho de carga o baricéntrico del helicóptero).



Figura 359. Helicóptero medio dotado de helibalde, en tareas de extinción forestal, cargando agua en una balsa de la explotación de la mina Emma, de Encasur-ENDESA (Puertollano, Ciudad Real).

(En el fondo se aprecia la chimenea y torre de refrigeración de la Central Térmica de Enel-Viesgo)

La importancia de estos puntos de agua 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 de la escasez de estos puntos de agua, se refleja en las elevadas inversiones que, para su construcción, está realizando 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, 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.



7.6 Valorización industrial y de servicios

Rafael Fernández Rubio

El agua drenada, durante muchos años, de la mina de sulfuros complejos de Reocín (Cantabria), con un caudal final medio de 1.200 L/s, se ha utilizado no sólo para atender a las necesidades de la explotación minera, sino que también, en su mayor parte, se ha vertido al río Saja por tener calidad adecuada para atender a un caudal ecológico (muchas veces mermado por las extracciones), pero también para realimentar sistemas hidrogeológicos locales de los que se abastecen diferentes industrias aguas abajo (Solvay, Sniace, Firestone,...).

8 FUENTES DE INFORMACIÓN Y ENLACES

8.1 Bibliografía

- Aguilar Civera, I. 1995. El patrimonio industrial y la actividad artística. *Cimal*, n. 43-44, p. 124-126.
- Alguacil, I.; Ganado, M. y Vázquez, C. 2007. *Mirando a cielo abierto, una aproximación al patrimonio minero de Huelva*. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa, Delegación Provincial de Huelva, Sevilla.
- Aranguren, J. 1998. *El ferrocarril minero de Sierra Menera*. Madrid, Altaba.
- Arribas, D. 1999. *Minas de Ojos Negros, un filón por explotar*. Centro de Estudios del Jiloca. Teruel.
- Arribas, D. 2001. *Minas de Ojos Negros (Teruel)*. *Ecoarte* n° 7, especial sobre el Arte de la Tierra, Cenicientos, (Madrid), pp.3-7.
- Arribas, D. (Coord.). 2002. *Arte, industria y territorio 1*. Teruel, Artejiloca.
- Arribas, D. 2003. *Arte actual, patrimonio minero y sociedad. La experiencia de Ojos Negros (Teruel)*. , *Fabrikart*, n° 3, Bilbao, Facultad de Bellas Artes de la Universidad del País Vasco, pp. 138-156.
- Arribas, D. 2004. *Mudar la piel. Arte, industria y territorio*. *Actas del Foro Arte y Territorio, Encuentro Cero*, Burgos, Espacio Tangente, pp. 131-145.
- Arribas, D. 2004. *Ojos, guiños y miradas. Retos y estrategias en torno a un espacio minero*. *Actas de las V Jornadas Internacionales sobre Patrimonio Industrial*. Incuna, Asociación de Arqueología Industrial, Gijón (Asturias), pp. 109-122.
- Arribas, D. (Coord.). 2006. *Arte, industria y territorio 2*. Centro de Arte y Naturaleza (CDAN). Fundación Beulas. Huesca.
- Blanco, P.; Carrillo, J.; Expósito, M. 2001. *Modos de hacer. Arte crítico, esfera pública y acción directa*. Universidad de Salamanca.
- Borsi, F. 1975. *Le Paysage de l'Industrie*. Bruselas, Ed. Archives d'Architecture Moderne.
- Candela, P.; Castillo, J.J. y López García, M. 2002. *Arqueología industrial y memoria del trabajo: el patrimonio industrial del sudeste madrileño, 1905-1950*, Madrid, Colección Riada, n° 7, Editorial Doce Calles y Comunidad de Madrid.
- Carrasco Martiáñez, I. 2000. *Historia de la Faja Pirítica Ibérica*. In *Revista Bocamina* n° 5. Madrid.
- Delgado Domínguez, A. 2006. *Catálogo del Museo Minero de Riotinto*. Fundación Riotinto, Sevilla.
- Galofaro, L. 2003. *Artsapes. El arte como aproximación al paisaje*, Barcelona, Ed. Gustavo Gili.
- García Sanz, B. 1996. *La sociedad rural ante el siglo XXI*, Madrid, Ministerio de Agricultura, Secretaría General Técnica, Serie Estudios, n° 125.
- Girona Rubio, M. 1998. *Minería y Siderurgia en Sagunto, València*, Edicions Alfons el Magnànim. Institució València d'Estudis i Investigació.
- Girona Rubio, M. y Vila Vicente, J. 1998. *Arqueología industrial en Sagunto, València*, Edicions Alfons el Magnànim. Institució València d'Estudis i Investigació.
- IGME. 2005. *Investigación y Ordenación Minero-Ambiental de los recursos de roca ornamental de la Región de Murcia*. Inédito. Centro de Documentación del Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Lorente, J. P. 1999. *Vino nuevo en viejas cubas: artistas, galeristas y museos/centros de arte contemporáneo en antiguas naves industriales*, *Artigrama*, n° 14, Zaragoza, Departamento de Historia del Arte, Universidad de Zaragoza.



- Maderuelo, J. 2005. El paisaje. Génesis de un concepto, Madrid, Abada Editores.
- Maderuelo, J. (Dir.), 2006. Paisaje y pensamiento, Madrid, Abada Editores.
- Manteca Martínez, J.I., y García García, C. 2005. Valoración del patrimonio geológico-minero en La Unión - Murcia: Propuesta preliminar de adaptación de la antigua mina Agrupa Vicenta para su uso turístico Dirección General de Cultura. Servicio de Patrimonio Histórico. pp. 200-206. Murcia.
- Manteca, J.I.; García, C.; Aranda, J.M. y Luengo, J. 2006. Proyecto para adaptación de la mina de interior denominada Agrupa-Vicenta, sita en La Unión (Murcia) como museo para uso turístico-didáctico. Excmo. Ayto. de La Unión. Documento inédito.
- Manteca Martínez, J.I.; García García, C. y Ródenas Rozas F.J. 2000. Ruta Minera Carretera del 33, La Unión (Murcia). Ed Excmo. Ayuntamiento de La Unión. Concejalía de Turismo y Museos; pp. 1-33.
- Manzano, J.R.; Membrillo, E. y Romero, E. (Eds.). 2005. La Tierra Herida. Fundación El Monte, Sevilla.
- Martínez Roldán, N. 2000. La Cuenca Minera de Río Tinto. Marco territorial y bases para su reconversión y desarrollo. (Tesis doctoral), Sevilla, Dpto. de Urbanística y Ordenación del Territorio, E.T.S.A. de Sevilla.
- MPCA. Minnesota Pollution Control Agency. 2000. Protecting Water Quality in Urban Areas: Best Management Practices for Dealing with Storm Water Runoff from Urban, Suburban and Developing Areas of Minnesota. St. Paul.
- NCURM. National Conference on Urban Runoff Management. 1993. Training for Construction Site Erosion Control and Stormwater Facility Inspection: Enhancing Urban Watershed Management at the Local, County and State.
- Nogué, J. (Ed.). 2007. La construcción social del paisaje, Madrid, Biblioteca Nueva, Colección Paisaje y Teoría.
- Palero, F.J., 1991. Evolución geotectónica y yacimientos minerales de la Región del Valle de Alcodia, (Sector Meridional de la Zona Centroibérica). Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca, 827 pp.
- Palero, F.J.; Both, R.A.; Arribas, A.; Boyce, A.J.; Mangas, J. y Martín-Izard, A., 2003. Geology and metallogenic evolution of the polymetallic deposits of the Alcodia Valley mineral field, Eastern Sierra Morena, Spain. *Economic Geology* 98, 577-605.
- Pérez-Fuentes Hernández, P. (1993), Vivir y morir en las minas. Estrategias familiares y relaciones de género en la primera industrialización vizcaína (1877-1913), Bilbao, Servicio Editorial Universidad del País Vasco.
- Pérez López, J.M. 2007. Guía e Instrumentos de descripción del Archivo Histórico Minero. Fundación Riotinto, Sevilla.
- Pinedo Vara, I. 1963. Piritas de Huelva, minería y aprovechamiento. Ed. Summa.
- Raquejo. 1998. Land art, Madrid, Nerea.
- Replinger, M. 2006. Pasos desiguales, *in* Arte, industria y territorio 2, Huesca, Fundación Beulas. CDAN, Centro de Arte y Naturaleza, pp. 157-185.
- Rausell Köster, P y Carrasco Arroyo, S. 1999. El patrimoni industrial de Sagunt: un factor possible de desenvolupament territorial, *in* Reconversión y revolución. Industrialización y Patrimonio en el Puerto de Sagunto, València, Universitat de València, pp. 83-90.
- Rosell, Q. 2001. Después de. Afterwards, Barcelona, Gustavo Gili.
- Sanz Hernández, A. 2000. Ojos Negros. La memoria de un pueblo, Teruel, Instituto de Estudios Turolenses.
- Sarasola, A. 1999. Minas y ferrocarril Ojos Negros-Sagunto. Siderurgia integral. Testimonio de un ingeniero en la dirección de una empresa, Barcelona, Alba Editorial.



- Sobrino, J. 1996. *Arquitectura industrial en España, 1830-1990*, Madrid, Cátedra-Cuadernos de Arte.
- Suárez Antuña, F. 2003. El reto de un territorio en cambio: las comarcas mineras asturianas. Los vestigios industriales como potencial turístico, Actas del Congreso Territorios, cooperación y desarrollo sostenible, Cáceres (edición digital).
- Suárez Antuña, F. 2004. From production to protection. The invaluable legacy of an asturian coal mine: Solvay- Lieres (Asturias). The International Committee for the Conservation of Industrial Heritage (TICCIH), diciembre.
- TRAGSA. 1999. Técnicas de preparación del terreno en la restauración de la vegetación aplicadas en las zonas áridas españolas. I Jornada Técnica sobre Desertificación. Real Jardín Botánico, Madrid. DGCONA-MIMAN. Inédito.
- VV.AA. 1999. Monográfico: La arquitectura industrial, *in* Artigrama, nº 14. Departamento de Historia del Arte, Universidad de Zaragoza.
- VV.AA. 1999. Reconversión y Revolución. Industrialización y Patrimonio en el Puerto de Sagunto, València, Universitat de València.
- VV.AA. 2001. Revista Fabrikart (Arte-Industria-Tecnología-Sociedad), Número 1. Universidad del País Vasco.
- Watsuji, T. 2006. *Antropología del paisaje. Climas, culturas y religiones*, Salamanca, Ediciones Sígueme.

8.2 Internet

Mina de San Quintín

<http://www.donquijotedelamancha2005.com/ruta2005.php?tr=4>.

Minas de Ojos Negros

www.minasojosnegros.org

Ferrocarriles mineros

revista@monsacro.net

<http://www.cehfe.es/>

Vía Verde de La Camocha

www.viasverdes.com

<http://www.vivirasturias.com>.

<http://www.buscolu.com/index.php?noticia=0002438>

<http://www.telecable.es/personales/carlosrf1/I-Roces.pdf>

Plantación de kiwi en La Matona

www.hunosa.es

www.lne.es

Canteras de s'Hostal (Menorca)

<http://www.Lithica.es>

Minas de Rodalquilar (Almería)

<http://www.degata.com/html/visitas/albardinal.htm>



9 AUTORÍA

9.1 Coordinador

Rafael Fernández Rubio

9.2 Relatores

David Lorca Fernández

Julio Verdejo Serrano

9.3 Colaboradores

Esther	Alberruche del Campo
Ángel Luís	Alonso Prieto
José Luis	Alperi Jove
Francisco	Arechaga Rodríguez
Julio Cesar	Arranz González
Diego	Arribas
Juan Carlos	Baquero Úbeda
Santiago del	Barrio Martín
José	Benavente Herrera
Jesús	Blasco Galve
Francisco	Carrascal Moreno
Francisco Javier	Carrasco Milara
Ricardo	Castelló Montori
Linda	Daniele
Aquilino	Delgado Domínguez
Juan Luis	Delgado Fernández
Juan José	Durán Valsero
Ángel	Estebarranz Martín
Javier	Fernández Lorca
Francisco	Fernández Ortega
Rafael	Fernández Rubio
Fernando Jesús	Galve Juan
Cristóbal	García García
Miguel	García Rúa
Aníbal	Gil Bueno
David	Gómez Ortiz
Antonio	Guijarro Franco
María del Carmen	Hidalgo Estévez
José Alberto	Josa Mutuberría



David	Lorca Fernández
José	Lorenzo Agudo
Joaquín	Luengo Burillo
José Ignacio	Manteca Martínez
Tomás	Martín Crespo
Silvia	Martín Velázquez
Bruno	Martínez Pledel
María José	Martínez Sánchez
Luís	Molina Sánchez
Francisco	Moral Martos
Kyle E.	Murray
Enrique	Orche
Carmen	Pérez Sirvent
Antonio	Pulido Bosch
Francisco Javier	Rey Arrans
Carlos	Roces Felgueroso
Miguel	Rodríguez Rodríguez
Emilio Manuel	Romero Macías
Ángela	Vallejos Izquierdo
María del Carmen	Valls Uriol
Rafael	Varela Amado
Julio	Verdejo Serrano

9.4 Instituciones y Empresas que han aportado documentación

Se desea dejar constancia de agradecimiento a una serie de Instituciones y Empresas que, de forma desinteresada, han aportado información y material gráfico muy valioso. Por orden alfabético se reseñan a continuación.

Asociación Líthica
Asociación Nacional de Ingenieros de Minas
Ayuntamiento de La Unión
Ayuntamiento de Puertollano
CEMEX
Cobre Las Cruces, S.A. (CLC)
Consejería de Ciencia, Tecnología, Industria y Comercio del Gobierno de la Región de Murcia
Consejería de Cultura, Turismo y Deporte del Gobierno de Cantabria
Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía
El Soplao, S.L.
Empresa Carbonífera del Sur, S.A. (ENCASUR)



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid
FRASA, Ingenieros Consultores, S.L.
Fundación Riotinto
Gestión y Planificación Minera (GPM)
Gold Fruits XXI, S.A.
Grupo ENDESA
Grupo HANSON
Hulleras del Norte, S.A. (HUNOSA)
IBERPLACO, S.A.
INFIDE
Instituto de Fomento de la Región de Murcia
Instituto Geológico y Minero de España
Instrumentación y Control Remoto (ICR)
Lignitos de Meirama, S.A. (LIMAISA)
Magnesitas Navarras (MAGNA)
Minas de Almadén y Arrayanes, S.A. (MAYASA)
Parque Minero de Almadén
Río Narcea Gold Mines (RNGM)
Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y
Minero (SEDPGYM)
Sociedad Regional Cántabra de Promoción Turística
(CANTUR)
TOLSA
TRAGSA
Universidad Politécnica de Cartagena