

# *Morfología derivada de la minería a cielo abierto en la Sierra de Cartagena*

Francisco LÓPEZ BERMÚDEZ\*

## INTRODUCCION

El hombre es un agente morfológico que excava canteras y túneles, terraplena desniveles, desfigura la topografía, descompone el paisaje natural, crea en definitiva un nuevo *sistema morfogénico*, el *antrópico*.

Los territorios de explotación minera, junto a las áreas urbanas e industriales, representan los espacios de la superficie terrestre más profundamente modificados por el hombre. Prácticamente, todos los aspectos del medio físico son alterados o destruidos: topografía, suelo, vegetación, hidrología, fauna, microclima, paisaje. En general, el grado de transformación está asociado al tipo y técnicas de extracción del mineral, así como a los procesos de tratamiento y lavado posteriores a los que se le suele someter.

Al analizar los impactos de la industria extractiva sobre el medio físico, debe distinguir entre *minería de superficie* o *a cielo abierto* y *minería subterránea* o *en galería*. La explotación a cielo abierto comprende una excavación, un sistema de transporte, almacenamiento y clasificación del producto vendible y vertederos de estériles (Pedraza y cols., 1981).

Los volúmenes de materiales que se mueven condicionan el que las áreas perturbadas sean extensas. El suelo, formaciones superficiales y cubierta vegetal desaparecen y, en consecuencia, la erosionabilidad del territorio se incrementa acusadamente. La construcción de taludes inestables, constituye un peligro potencial para personas e instalaciones. Los vertederos de escombros y estériles, plantean serios problemas de estabilidad cuando los diseños son defectuosos; además de constituir entonces

un riesgo, son una fuente inagotable de polvo que afecta a las poblaciones y a los cultivos próximos.

La minería subterránea ha sido, en la Sierra de Cartagena, el sistema tradicional de extracción del mineral, en la actualidad prácticamente no se utiliza, tan sólo cuando la relación estéril-mineral útil es tal que no resulta rentable a cielo abierto. Sus impactos morfológicos también han sido muy importantes y han quedado en el paisaje de la sierra en forma de subsidencias, socavones, pozos, galerías, escombreras, «gacheros», terrazas, etc.

## LA MINERÍA A CIELO ABIERTO

La Sierra de Cartagena registra los impactos de 2000 años relacionada con la extracción de plomo, cinc y hierro principalmente. En la década de los sesenta del presente siglo se abre una nueva etapa para la minería cartagena. Se produce una serie de cambios en la estructura económica del distrito minero; hasta este momento, el tamaño medio de las concesiones era de 88.000 m<sup>2</sup> y el método de explotación principal es el subterráneo. Hacia ese período, las menas se encuentran muy empobrecidas y los filones metalíferos profundos y de escasa potencia. Ante esta situación y los avances en los sistemas de flotación de los minerales complejos G.B.P. (= galena, blenda, pirita), la minería a cielo abierto ofrece la posibilidad de obtener un alto volumen de producción a costa del arranque y movimiento de grandes masas de rocas, que desde la superficie recubren la capa, filón o masa de mineral de interés económico. El minifundismo de las pequeñas concesiones de la sierra cartagenera desaparece al pasar a manos de la Sociedad Minero-Metalúrgica Peñarroya-España, la cual inicia la explotación en 1957.

Tras las fases de investigación y planificación, se lleva a cabo el arranque del mineral mediante perforaciones y voladuras con explosivos, salvo en materiales poco consistentes en los que se utilizan máquinas topoescalarificadoras. La *cantera* presenta una línea de «bancos» o gradas cuya disposición se asemeja a una espiral que desciende hacia las partes más profundas (fig. 1). Las características de estos bancos se ven condicionadas por las dimensiones y maniobrabilidad de palas mecánicas y excavadoras, y por el grado de selectividad de las tierras. En las explotaciones de superficie de la Sierra de Cartagena, las gradas de casi todas las canteras tienen alrededor de los 10 m de altura. Las rocas sin interés económico que han de removerse hasta llegar a los horizontes mineralizados, son almacenadas en escombreras, depósitos que presentan una gran variedad de litologías, granulometrías y morfologías. Los distintos tipos de materiales acumulados en estos depósitos (diabasas, tobas, dolomías, calizas tableadas, cuarcitas, filitas, calcoesquistos...) determinan también las diferencias en el grado de cohesión entre sus respectivas acumulaciones.



*Fig. 1. —Morfología en gradas que presentan las canteras a cielo abierto en la Sierra de Cartagena.*

## FORMAS Y PROCESOS ORIGINADOS POR LA MINERÍA A CIELO ABIERTO

Por el hecho de remover enormes cantidades de minerales, la minería de superficie, produce unos cambios morfológicos en el paisaje de grandes dimensiones. Las nuevas formas de modelado se superponen, amoldan, encajan o excavan en las originadas por los sistemas morfogénéticos actuales o heredados, ligados a las condiciones morfoclimáticas cuaternarias, recientes o presentes. Las dimensiones y profundidades de las excavaciones, la magnitud de los vertidos y acumulaciones de escombros y estériles son, en la actualidad, las formas más importantes y las que determinan del paisaje de la sierra minera de Cartagena, en la esquina mediterránea del Sureste peninsular.

Los procesos y formas de modelado resultantes de la explotación del mineral a cielo abierto, son las siguientes:

### *1. Desmontes y aplanamiento de relieves*

El proyecto de apertura de una cantera conlleva una fase previa de investigación mediante sondeos, que requieren superficies planas. Se trata de un abancalamiento más o menos regular del relieve, donde los taludes presentan desniveles considerables. El análisis de fotogramas realizados en 1982 y recorridos de campo, manifiestan que, en la Sierra de Cartagena y en la actualidad, los sectores situados al Sur de El Llano del Beal y en las proximidades de la Esperanza, son los más afectados por esta fase preliminar de transformación paisajística.

### *2. Arranque de materiales*

Se realiza mediante perforación y voladura combinados con medios mecánicos, a través de bancos de altura preestablecida y dispuestos en formas concéntricas, unidas por medio de rampas y pistas de transporte. La evolución de estas formas es muy rápida, constatable día a día y constituye la génesis de nuevos modelados en el relieve de la sierra; unas y otros quedan reflejados en los perfiles topográficos seriados de las canteras.

La geometría de las explotaciones responde, en gran parte, a los límites topográficos de las mismas: sentido de avance, gradas, etc., estando determinada por ellos. Una topografía favorable es un factor importante para la elección del lugar de inicio de la «corta» o excavado de la cantera.

El resultado morfológico de estos trabajos es una gran cavidad cuya magnitud crece por ensanche y ahondamiento (fig. 2). La transformación del paisaje físico de la sierra, la suministran los siguientes ejemplos:

En 1957 se inicia, con el nuevo sistema de explotación minera, la apertura de la cantera «Emilia»; entre ese año y 1982, fueron extraídos un total de  $9,7 \times 10^6$  tm., de materiales, de los cuales  $1,8 \times 10^6$  fueron de mi-



*Fig. 2. ---Cavidad abierta por el arranque de materiales. La magnitud del excavado puede apreciarse por el tamaño de la máquina perforadora del centro de la imagen.*

neral y el resto, es decir,  $7,9 \times 10^6$  tm., de rocas estériles. El hueco producido ocupaba, en la última fecha, una superficie de  $145.000 \text{ m}^2$ .

Los huecos ocasionados por el vaciado de rocas y minerales en otras canteras presentan una evolución mucho más llamativa. En la cantera «Los Blancos», por ejemplo, en el período 1972-1978 se profundiza hasta 100 m vaciando un relieve de 190 m de altitud; en los seis años de la corta, se desplazaron  $52,1 \times 10^6$  tm., de las cuales  $4,8 \times 10^6$  tm., fueron de mineral y el resto de materiales estériles. Se triplicó la superficie del hueco:  $130.600 \text{ m}^2$  en 1972,  $390.000 \text{ m}^2$  en 1978. La cantera «San Valentín» con un desplazamiento de  $61,8 \times 10^6$  tm. ( $17,3 \times 10^6$  de mineral y  $44,5 \times 10^6$  de rocas sin valor económico) en una superficie de corta de  $3,4 \times 10^6 \text{ m}^2$ , constituye, como en los casos anteriores, un ejemplo de inversión del relieve al transformar en un sector cóncavo, el perfil convexo del relieve del Santi Spiritu, vértice geodésico de primer orden con cota de 436 m que naturalmente perdió. El mojón del vértice ha sido trasladado a una cima próxima.

### 3. Acumulación de materiales

Las acumulaciones de rocas estériles procedentes de las cortas dan lugar a la formación de escombreras construídas con taludes de inclinación aproximada de  $36^\circ$ , aunque con algunas variaciones según se trate de materiales blandos y mal graduados, o materiales duros y compactos. Estas acumulaciones de estériles procedentes de la minería a ciclo abierto, son clasificadas por Haigh (1978) en función de su forma y procedencia, del siguiente modo:

a) Por su forma: *Lomas o cerros en abanico* («fan-ridges»), ofrecen un desarrollo longitudinal cuyo extremo o frente de avance tiene aspecto de abanico. *Montículos en plataforma con conos superpuestos* («plateau mounds topped with cones»), ofrecen perfiles lobulados en cuya superficie se sitúan pequeños conos de estériles. *Lomas o cerros múltiples en abanico* («multiple fan-ridges»); acumulaciones resultantes de la combinación semicircular del primer tipo. *Lomas bajas* («lower ridges by tramway»), acumulaciones no específicas de la minería, pero frecuentemente relacionadas con ella.

Se construyen para la instalación del transporte del mineral en el interior de las explotaciones y en el trazado de pistas.

Esta tipología básica ofrece, en combinación, un elevado número de variantes que están determinadas por las características topográficas donde se asientan y las litologías de los materiales que las constituyen. El sector-oriental de la Sierra de Cartagena ofrece un amplio muestrario de todas estas formas de acumulación.

b) Por su procedencia: *Acumulaciones de recubrimiento*. El recubrimiento es el material sin consolidar que debe removerse para dejar al descubierto el sustrato rocoso o el cuerpo mineral. Depósitos de este tipo

pueden ser observados, por ejemplo, en la ladera N. del Santi Spiritu, formando un talud de grandes dimensiones. *Acumulaciones procedentes de materiales rocosos*, presentan una granulometría más homogénea que las anteriores con claro predominio de gruesos, también una mayor uniformidad en la porosidad y retención de humedad. Su drenaje es relativamente rápido y las propiedades físicas y químicas pueden cambiar por lixiviación o arrastre. Estos depósitos constituyen la mayor parte de las acumulaciones de la minería a cielo abierto en la Sierra de Cartagena.

En todas estas formas de modelado antrópico y fuertes taludes, desprovistas de vegetación protectora y constituídas por materiales escasamente consolidados, los fenómenos de erosión hídrica por arroyada encuentran condiciones muy propicias para actuar eficazmente. La erosión laminar arrastra los finos ladera abajo depositándolos al pie de los taludes y originando conos; la erosión en surcos se manifiesta en una red de canales paralelos que entallan los depósitos, y con frecuencia, tales canales, se anastomosoman. Estos procesos denudatorios son particularmente intensos en los depósitos de recubrimiento, en donde tallan gran número de regatos cuyo avance y desarrollo parece evidente hacia un abarrancamiento generalizado, si no se detiene con una adecuada revegetación de taludes.

Los siguientes ejemplos explicitan la importancia superficial y progresión que, en el sector central de la Sierra de Cartagena, presentan las acumulaciones de materiales: En el área de «Los Blancos», los 154.000 m<sup>2</sup> que ocupaban los depósitos en 1972, pasan a cubrir 400.000 en 1978, las acumulaciones alcanzan una altura de 40 m a partir de las cotas más altas registradas en 1972. En el área de «San Valentín», el período 1978-1982 muestra un avance en superficie, desde los casi 80.000 m<sup>2</sup> en el primero de los años, a los 101.000 m<sup>2</sup> cuatro años después. En el sector de la «Emilia», el mismo período de tiempo, ofrece una gran alteración en la morfología de sus escombreras, sobre todo al E de la corta, más llamativa por el cortejo de formas originadas que por el avance superficial experimentado.

#### IMPACTOS MORFOLOGICOS DERIVADOS DE LA MINERIA DE SUPERFICIE EN LA SIERRA DE CARTAGENA

La importancia de los impactos derivados por la explotación minera a cielo abierto está relacionada con el tipo y volumen de la explotación, volumen de escombros y estériles, naturaleza de la mena, procesos de tratamiento metalúrgico y los aspectos geográficos del medio físico y humano. En la Sierra de Cartagena, la incidencia y riesgos de la minería de menas metálicas en el medio es muy variada y con desigual intensidad e importancia: *Destrucción del paisaje e impacto visual; contaminación del aire por partículas inertes (polvo) y compuestos sólidos (partículas metálicas*

y minerales) en solución coloidal (aerosoles), las escombreras y acumulaciones de estériles son un importante foco de polvo; *contaminación de las aguas* por incorporación de sustancias tóxicas (sulfuros metálicos, cationes pesados Pb, Zn... cianuros metálicos...) que destruyen los sistemas biológicos naturales ligados al agua y en general alteran el equilibrio ecológico; *contaminación acústica*, la minería genera gran cantidad de ruidos con efectos psicológicos y sociológicos bien conocidos; *vibraciones debidas a los explosivos*, generadoras de ondas que se transmiten por el terreno y que pueden tener efectos sobre taludes inestables, edificaciones, etc., y por último, *impactos morfológicos*, en los que nos detenemos.

La explotación minera de superficie ha introducido una profunda modificación en los *sistemas morfogenéticos naturales* de la sierra de Cartagena. La desestabilización de los *sistemas morfológicos* es importante en todas las explotaciones superficiales (Ordóñez, Calvo y Lunar, 1981). La minería a cielo abierto, genera el desarrollo vertical del excavado el cual se plasma en el medio, como se apuntó más atrás, en grandes cavidades o *vacies* y en un sistema de gradas o planos en espiral que permiten alcanzar grandes profundidades. Este sistema de explotación denominada genéricamente de «open pit mining», presenta unos volúmenes de materiales movilizados enormes, muy superiores a los que suministra la minería subterránea. Origina *escombreras* (depósitos de materiales no mineralizados y no tratados que se arrancan para acceder a las capas mineralizadas) y *embalses-diques de estériles* (constituídos por materiales que han sido tratados) que plantean graves problemas morfológicos explicitados en terraplenes de elevada erosionabilidad e inestables o fácilmente inestabilizables taludes.

En el sector central de la Sierra de Cartagena, el análisis de los datos de producción de mineral y escombros estériles desde 1957, muestra como causa principal de la evolución de las formas de excavado y acumulación, la relación entre los volúmenes de estériles/mineral, puesto que para mantener una producción de mineral metalífero cuando baja la ley del mismo, es necesario incrementar el arranque de rocas y minerales, con el consiguiente aumento de la cantidad de la cantidad de materiales inservibles. La sierra minera, explotada desde época púnica, han visto desaparecer los filones de mineral más ricos y superficiales, con el paso de los siglos; en la actualidad, las capas que se explotan son menos metalíferas y las leyes más empobrecidas, del orden del 3-5 por ciento. En el período 1974-1980, se registran unos máximos en la relación estéril/mineral, que coincide, por otra parte, con el máximo que presenta la curva de aumento de la producción de escombros. La apertura de nuevas canteras, con el auxilio de poderosos medios técnicos para extraer los minerales complejos de baja ley, ha permitido no sólo el mantenimiento de la explotación, sino el aumento progresivo de la producción y, en consecuencia, la transformación creciente del paisaje natural.

El impacto morfológico y ecológico reciente y actual de la explotación

es enorme, en determinados aspectos brutal; prácticamente, todos los elementos que configuran el medio físico y biótico son severamente afectados. Además de todo el conjunto de nuevas formas de modelado someramente descrito (aplanamientos, excavados, gradas, escombreras, diques, balsas o presas de decantación, taludes, etc.) que han dado una patética fisonomía al paisaje, (fig. 3) en la Sierra de Cartagena, por su ubicación junto al mar, estos efectos son ampliados a un medio tan frágil como es el *litoral*, una interfases geográfica particularmente rica en relaciones e influencias de todo tipo (Rosselló, 1982) y un espacio de los más amenazados para la conservación de la Naturaleza. Desde este punto de vista, el litoral E de Cartagena y, en concreto, la bahía de Portmán y en menor grado la de Gorguel hasta ahora, vienen sufriendo desde el año 1957, una de las más intensas mutaciones del litoral mediterráneo español, por el aterramiento implacable del vertido de estériles procedentes de la planta de tratamiento de la explotación minera. El lavadero vierte anualmente más de dos millones de toneladas de residuos sólidos (Ros Vicent, 1984), con la consiguiente colmatación de la línea de costa. En Punta Galera, en el extremo occidental de la cala de Portmán, se vierten al Mediterráneo diariamente, entre 7.000 y 10.000 Tm de materiales sólidos de la explotación minera (Faraco, 1984), unas 80 has. de bahía (las tres cuartas partes) ha desaparecido bajo los vertidos (fig. 4). Los residuos cubren buena parte de la estrecha plataforma continental entre Cabo de Palos y Cabo Tiñoso hasta una profundidad de 150 m (Instituto Oceanográfico, 1984); una flecha de sedimentos avanza hacia el Oeste (hacia la rada de Escombreras) impulsada por las corrientes y deriva litoral, habiendo alejado la base del acantilado, en algunos tramos, en varias decenas de metros (López Bermúdez, 1981). Los bióticos y biocenosis del sector litoral se hallan profundamente degradados, la vida animal y vegetal es mínima, el grado de contaminación muy alto. Sin estos vertidos, la dinámica y acumulación litoral, en este segmento de costa, originaría una morfología muy diferente y mucho más moderada.

## EN CONCLUSION

No se puede renunciar a la extracción de los recursos minerales; sin embargo, sí se puede y debe minimizar los impactos sobre el medio, por la extracción minera a cielo abierto en la Sierra de Cartagena. Planificación adecuada y racionalización de la explotación; rehabilitación de escombreras, taludes y depósitos de estériles mediante revegetación; reordenación y relleno de las canteras abandonadas con materiales de las canteras explotadas o en explotación; suspender el vertido de estériles al mar. Considerar en definitiva, los impactos de la minería de superficie, en el campo conceptual y aplicado de las alternativas múltiples que en la actualidad se ofrecen, para impedir o disminuir la incidencia que este tipo



*Fig. 3. —Un paisaje de formas cóncavas (excavaciones) y convexas (relieves sin desmontar), acumulaciones de estériles y rocas, ausencia de vegetación, desorganización de la hidrología... es el que caracteriza los sectores mineros de la Sierra de Carragena.*



*Fig. 4. —Portmán. Aterramiento de su bahía por el vertido de millones de toneladas de materiales.*

de explotación tiene en los sistemas morfogénéticos y ecosistemas de la Sierra de Cartagena.

#### BIBLIOGRAFÍA

- AYALA CARCEDO, J. J. (1983): «Técnicas actuales de diseño y construcción de presas y residuos mineros, metalúrgicos y energéticos». *Industria minera*. (ene.-feb.). Madrid, 3-25 pp.
- BOSQUE MAUREL, J. (1962): «La minería en las sierras costeras murcianas». *Estudios Geográficos*, n.º 86, Madrid, 103-105 pp.
- HAIGH, M. J. (1978): «Evolution of slopes on Artificial Landforms». *Department of Geography Research*, Paper 183. Blaenavon, U.K., University of Chicago.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. (1981): «Aspectos geomorfológicos del litoral Cartagena-Mazarrón». *I Curso de Geomorfología Litoral Aplicada*. E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Univ. Politécnica. Valencia, 97-104 pp.
- ORDÓÑEZ, S.; CALVO, J. P.; LUNAR, R. (1981): «Impactos derivados de la explotación de recursos: Minería de menas metálicas y rocas industriales». En *Geología y Medio Ambiente*. CEOTMA, MOPU., Madrid, 341-352 pp.
- PEDRAZA y cols. (1981): *Geología y Medio Ambiente*. CEOTMA, Serie monográfica 11, MOPU., Madrid, 462 pp.
- ROSSELLÓ VERGER, V. M.\* (1981): «Aspectos geográficos y legales de la transformación del litoral mediterráneo». *Coloquio Hispano-Francés sobre Espacios Litorales*. Madrid, 53-64 pp.