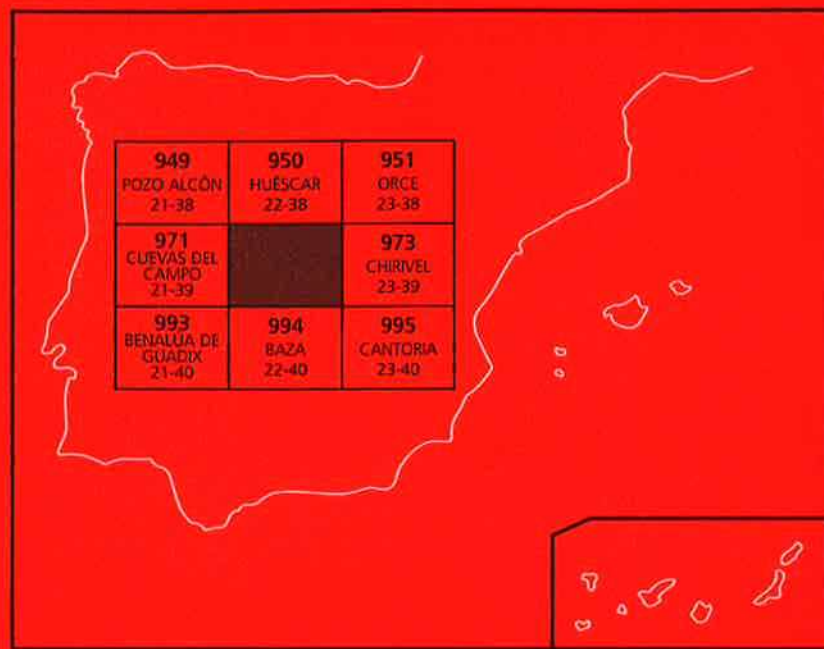




# MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1 : 50.000

Segunda serie-Primera edición



## CÚLLAR - BAZA

# MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLÓGICO A LA MISMA ESCALA

## CÚLLAR - BAZA

Ninguna parte de este libro y mapa puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluido fotocopias, grabación o por cualquier sistema de almacenar información sin el previo permiso escrito del autor y editor.

© Instituto Geológico y Minero de España

Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid

NIPO: 657-06-008-0

ISBN: 84-7840-659-X

Depósito legal: M-51360-2006

La presente hoja ha sido realizada por INVESTIGACIONES GEOLÓGICAS Y MINERAS, S.A. (INGEMISA) con Normas, Dirección y Supervisión del INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), habiendo intervenido:

**Cartografía y Memoria:**

ROLDÁN GARCÍA, F.J., Dr. en Ciencias Geológicas (INGEMISA)  
LUPIANI MORENO, E., Lic. en Ciencias Geológicas (INGEMISA)  
VILLALOBOS MEGÍA, M., Lic. en Ciencias Geológicas (INGEMISA)

**Sedimentología:**

ROLDÁN GARCÍA, F.J., Dr. en Ciencias Geológicas (INGEMISA)  
CALVO SORANDO, J.P., Dr. en Ciencias Geológicas (Univ. Madrid)  
RODRÍGUEZ ARANDA, J.P., Lic. en Ciencias Geológicas (Univ. Madrid)

**Paleontología:**

MARTÍN PÉREZ, J.A., Lic. en Ciencias Geológicas (Univ. Granada)  
BOUCHRA EL MAMOUNE, Lic. en Ciencias Geológicas (Univ. Granada)  
SERRANO LOZANO, F., Dr. en Ciencias Geológicas (Univ. Málaga)

**Datación por racemización de aminoácidos:**

TORRES PÉREZ-HIDALGO, T., Dr. Ingeniero de Minas (Univ. Polit. Madrid)

**Petrología:**

**Metamórfica**

SÁNCHEZ CARRETERO, R., Lic. en Ciencias Geológicas (INGEMISA)

**Sedimentaria**

MARTÍN PENELA, A., Dr. en Ciencias Geológicas (Univ. Granada)

**Macropaleontología:**

RUIZ BUSTOS, A., Dr. en Ciencias Geológicas (Univ. Granada)

**Geomorfología:**

VILLALOBOS MEGÍA, M., Lic. en Ciencias Geológicas (INGEMISA)  
ROLDÁN GARCÍA, F.J., Dr. en Ciencias Geológicas (INGEMISA)

**Hidrogeología:**

LUPIANI MORENO, E., Lic. en Ciencias Geológicas (INGEMISA)

**Geotecnia:**

HIDALGO RUIZ, J., Lic. en Ciencias Geológicas (INGEMISA)

**Dirección y Supervisión del IGME:**

FERNANDEZ-GIANOTTI, J., Dr. en Ciencias Geológicas

**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

Se pone en conocimiento del lector que en el Instituto Geológico y Minero de España existe para su consulta, una documentación complementaria constituida por:

- Muestras y sus correspondientes preparaciones.
- Album fotográfico.
- Mapa de situación de muestras.
- Columnas estratigráficas.
- Informe y mapa neotectónico.
- Informe estructural.
- Informe de amino-estratigrafía.
- Fichas bibliográficas.

## INDICE

|   | <u>Pág.</u>  |
|---|--------------|
| <b>INTRODUCCIÓN .....</b>   | <b>7</b>     |
| SITUACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS .....   | 7            |
| ANTECEDENTES .....  | 7            |
| MARCO GEOLÓGICO .....   | 8            |
| <br><b>1.- ESTRATIGRAFÍA .....</b>  | <br><b>9</b> |
| 1.1.- ZONAS INTERNAS .....  | 9            |
| 1.1.1.- Complejo Alpujárride .....  | 9            |
| 1.1.1.1.- Filitas y cuarcitas grises y verdosas (1) ( <i>Permotriásico</i> ) .....  | 10           |
| 1.1.1.2.- Calizas y dolomías (2) ( <i>Triásico medio-superior</i> ) .....   | 10           |
| 1.1.2.- Complejo Maláguide .....  | 11           |
| 1.1.2.1.- Conglomerados, areniscas y pizarras. Calizas<br>y calcarenitas (5) ( <i>Pérmico-Cretácico</i> ) .....   | 11           |
| 1.2.- ZONAS EXTERNAS .....  | 12           |
| 1.2.1.- Calizas masivas y dolomías (3) ( <i>Lías</i> ) .....  | 13           |
| 1.2.2.- Calizas con sílex (4) ( <i>Dogger-Malm</i> ) .....  | 13           |
| 1.3.- CUENCAS INTERIORES NEÓGENAS .....   | 14           |
| 1.3.1.- Conglomerados y arcillas rojas (6). Gravas, arenas, arcillas y<br>carbonatos violáceos (7). ( <i>Plioceno-Pleistoceno</i> ) .....                   | 14           |
| 1.3.2.- Margas, margocalizas, arenas y conglomerados blanquecinos.<br>Localmente niveles de lignito y de yeso (8).<br>( <i>Plioceno-Pleistoceno</i> ) ..... | 15           |
| 1.3.3.- Limos, arcillas y yesos con niveles de margocalizas y arenas (9)<br>( <i>Pleistoceno</i> ) .....  | 18           |
| 1.3.4.- Brecha Marginal (10) ( <i>Holoceno</i> ) .....  | 20           |
| 1.4.- FORMACIONES SUPERFICIALES .....   | 21           |
| 1.4.1.- Conglomerados, arenas, arcillas con costras carbonatadas.<br>Glacis de primera generación (11) ( <i>Holoceno</i> ) .....                            | 21           |

|   | <b><u>Pág.</u></b> |
|---|--------------------|
| 1.4.2.- Conglomerados, arenas, limos y arcillas. Glacis de segunda generación ( <i>Holoceno</i> ) ..... | 21                 |
| 1.4.3.- Gravas, arenas y limos. Terraza alta (13) ( <i>Holoceno</i> ) .....                             | 22                 |
| 1.4.4.- Gravas, arenas y limos. Terraza media (14) ( <i>Holoceno</i> ) .....                            | 22                 |
| 1.4.5.- Gravas, arenas y limos. Terraza inferior (15) ( <i>Holoceno</i> ) .....                         | 23                 |
| 1.4.6.- Calizas oquerosas. Travertinos (16) ( <i>Holoceno</i> ) .....                                   | 23                 |
| 1.4.7.- Arenas, limos y arcillas. Fondos de Valle (17) ( <i>Holoceno</i> ) .....                        | 23                 |
| 1.4.8.- Arcillas y cantos. Coluviales (18) ( <i>Holoceno</i> ) .....                                    | 23                 |
| 1.4.9.- Arcillas con cantos. Coluviales indiferenciados (19) ( <i>Holoceno</i> ) .....                  | 24                 |
| 1.4.10.- Arenas, limos y arcillas. Conos de deyección (20) ( <i>Holoceno</i> ) ....                     | 24                 |
| 1.4.11.- Gravas, arenas, limos y arcillas. Llanura de inundación (21) ( <i>Holoceno</i> ) .....         | 24                 |
| <b>2.- TECTÓNICA .....</b>  | <b>25</b>          |
| 2.1.- TECTÓNICA REGIONAL .....  | 25                 |
| 2.2.- DESCRIPCIÓN DE UNIDADES O ZONAS ESTRUCTURALES .....   | 26                 |
| 2.2.1.- Zonas Internas .....  | 28                 |
| 2.2.2.- Subbético .....   | 28                 |
| 2.2.3.- Cuenca de Guadix-Baza .....   | 29                 |
| 2.2.4.- Sistemas de fractura .....  | 29                 |
| 2.3.- CRONOLOGÍA DE LA DEFORMACIÓN .....  | 30                 |
| <b>3.- GEOMORFOLOGÍA .....</b>  | <b>31</b>          |
| 3.1.- RASGOS FISIOGRÁFICOS .....  | 31                 |
| 3.2.- ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO .....   | 32                 |
| 3.2.1.- Estudio Morfoestructural .....  | 32                 |
| 3.2.1.1.- Relieves exteriores de Sierra .....   | 34                 |
| 3.2.1.2.- Relieve aislado del Jabalcón .....  | 34                 |
| 3.2.1.3.- Planicie superior .....   | 34                 |
| 3.2.1.4.- Vertientes .....  | 35                 |
| 3.2.1.5.- Planicie inferior .....   | 35                 |
| 3.2.1.6.- Valles .....  | 35                 |
| 3.2.2.- Estudio del Modelado .....  | 36                 |
| 3.2.2.1.- Fluvial .....   | 36                 |
| 3.2.2.2.- Laderas .....   | 37                 |
| 3.2.2.3.- Poligénico .....  | 37                 |
| 3.2.3.- Formaciones Superficiales .....   | 38                 |
| 3.2.4.- Evolución Dinámica .....  | 38                 |
| 3.2.5.- Tendencias .....  | 40                 |
| <b>4.- HISTORIA GEOLÓGICA .....</b>   | <b>40</b>          |

|  | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| <b>5.- GEOLOGÍA ECONÓMICA .....</b>                    | <b>41</b>   |
| 5.1.- HIDROGEOLOGÍA .....                              | 41          |
| 5.1.1.- Climatología .....                             | 41          |
| 5.1.2.- Hidrología Superficial .....                   | 42          |
| 5.1.3.- Características Hidrogeológicas .....          | 42          |
| 5.2.- RECURSOS MINERALES .....                         | 46          |
| 5.2.1.- Minerales no Metálicos .....                   | 46          |
| 5.2.2.- Minerales Energéticos .....                    | 47          |
| 5.2.3.- Rocas Industriales .....                       | 47          |
| <b>6.- CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS GENERALES .....</b> | <b>49</b>   |
| <b>7.- PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO .....</b>           | <b>50</b>   |
| <b>8.- BIBLIOGRAFÍA .....</b>                          | <b>52</b>   |

## INTRODUCCIÓN

### SITUACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

La hoja se extiende entre las coordenadas Greenwich siguientes:

37°30'04,7" - 37°40'04,7" Latitud Norte  
2°31'10,8" - 2°51'10,8" Longitud Oeste

Toda la hoja pertenece a la provincia de Granada.

El drenaje superficial se hace predominantemente hacia el oeste, por donde drena el río Guadiana Menor, si bien sus afluentes provienen del norte (ríos Castril y Guardal), del sur (río Baza) y del este (río Cúllar). En el borde occidental de la hoja se sitúa la cola del embalse del Negratín, que tiene una capacidad máxima de 546 Hm<sup>3</sup> y una superficie de cuenca de 3.551 km<sup>2</sup>.

La orografía de la hoja es muy suave, sin embargo destaca el relieve de tipo *bad-land* hacia el centro de la hoja. Los relieves más acusados corresponden al Jabalcón (1.492 m), Cerro Morrones (1.139 m) y vértice Hinojora (1.443 m), los dos primeros se sitúan en el borde occidental de la hoja, el último en la parte oriental.

Las comunicaciones son excelentes entre los cuatro núcleos de población existentes (Zújar, Benamaurel, Cortes de Baza y Cúllar-Baza).

Desde el punto de vista económico, al ser una región árida la agricultura sólo está desarrollada junto a los núcleos de población y en las inmediaciones de los ríos y ramblas existentes. Los cultivos más frecuentes son el olivar y la huerta.

### ANTECEDENTES

La hoja de Cúllar-Baza está ubicada en la parte suroriental de la Cuenca de Guadix-Baza. Son numerosos los trabajos existentes sobre esta cuenca, sin embargo se citan los que hacen referencia a sectores concretos de la hoja.

FALLOT, et al. (1.950) en las inmediaciones de Cortes de Baza, ponen de manifiesto la presencia de cerastoderma asociada a niveles margo-yesíferos.

VERA (1.970) bajo el nombre de Formación Baza definió a un conjunto litoestratigráfico, constituido por rocas de precipitación química (carbonatos y evaporitas). Estos sedimentos los adscribe a una zona amplia comprendida entre Baza y Huéscar.



RUIZ BUSTOS (1.976) realizó un estudio sistemático y paleoecológico de la fauna de microvertebrados del yacimiento de Cúllar-Baza.

En 1.976 RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ hizo la tesis de licenciatura sobre la estratigrafía de los sedimentos plio-pleistocenos, comprendidos entre el Jabalcón y Cuevas del Campo.

La tesis doctoral de PEÑA (1.979) supone un avance en el conocimiento de la paleogeografía de la cuenca de Guadix-Baza. En el sector oriental y dentro del Grupo Baza, identifica cuatro unidades litoestratigráficas, de éstas una agrupa las evaporitas de Benamaurel.

SEBASTIÁN y RODRÍGUEZ GALLEG0 (1.980) estudian la mineralogía de la Formación Baza y le atribuyen un posible origen perimarino.

BONADONNA y LEONE (1.989) a partir de los resultados del estudio isotópico de carbono y oxígeno, realizado sobre diferentes muestras tomadas en toda la Cuenca de Guadix-Baza, sugieren la posibilidad de una ingresión marina pliocena deducida de la evolución de la fase evaporítica.

CIVIS (1.989) compara fauna de foraminíferos y ostrácodos marinos y continentales, deduciendo un carácter más salino en la parte oriental de la cuenca.

## MARCO GEOLÓGICO

Las Cordilleras Béticas corresponden al modelo clásico de orógenos propuesto por MATTAUER (1.990). La historia evolutiva se iniciaría en el límite de las placas Euroasiáticas y Africana y abarcaría desde el Lías medio hasta el Mioceno inferior (SORIA, 1.993). En esta etapa los diferentes dominios de la Cordillera Bética y el Rif, formarían la terminación occidental del Tethys en proceso de *rifting*. Así pues, las Zonas Externas Béticas, situadas sobre la Meseta Ibérica, constituirían el margen continental pasivo de la placa Europea sobre corteza continental adelgazada. La parte más alejada del margen se interpreta que está constituido por corteza oceánica donde debieron situarse las Zonas Internas.

Las Cordilleras Béticas se han dividido en Zonas Internas y Zonas Externas, subdivididas a su vez en complejos o conjuntos de acuerdo con sus características tectónicas y metamórficas.

De los dos segmentos estructurales mencionados anteriormente, Meseta Ibérica y Cordilleras Béticas, el primero representa el *antepaís* o zona estable y no deformada. El segundo constituye el Orógeno Alpino que está formado por un conjunto de unidades alóctonas que se desplazaron hacia el *antepaís*. Este desplazamiento,

inducido por la deriva hacia el OSO de las Zonas Internas, que forman parte de la microplaca de Alborán (ANDRIEUX, et al. 1.971), originó una colisión con el Margen Ibérico. La compresión entre la Península Ibérica y África pudo originar esta microplaca en el Mediterráneo, que fue empujada hacia el O (MALDONADO, et al. 1.988). Esta compresión pudo desarrollarse en dos fases: durante el Cretácico superior al Eoceno y durante el Mioceno medio (MALDONADO et al. 1.988).

Es precisamente en el Neógeno cuando se produjeron los estados de mayor deformación de las Zonas Externas y tiene lugar la evolución Alpina reciente en las Cordilleras Béticas. Se inició el desarrollo de depresiones o cuencas asociadas desde el Mioceno inferior y medio y con mayor expresión en el Mioceno medio-superior (BOCCALETTI et al., 1.987). Las cuencas más importantes son: Guadalquivir, que representa una posición externa adyacente a la Meseta; Granada, Guadix-Baza y Ronda, situadas entre las Zonas Internas y Externas; Almería, Sorbas-Vera y otras, asociadas a las Zonas Internas.

## **1.- ESTRATIGRAFÍA**

La hoja de Cúllar-Baza permite abordar una transversal del Orógeno Bético, en la cual están representadas varias zonas estructurales. Estas zonas están en relación con dominios paleogeográficos concretos, por lo tanto, el estudio estratigráfico irá encaminado a la descripción de unidades o series pertenecientes a estos dominios.

En la hoja se distinguen tres zonas o dominios paleogeográficos que son los siguientes: Zonas Internas, Zonas Externas y Cuencas interiores neógenas.

### **1.1.- ZONAS INTERNAS**

Se estructuran en grandes mantos de corrimiento, que implican de forma simultánea cobertera y zócalo, y en muchos casos han estado afectados por metamorfismo. De manera tradicional se han dividido en tres complejos tectonoestratigráficos, que en orden a la posición que ocupan son: Complejo Maláguide, Complejo Alpujárride y Complejo Nevado-Filabride. En el ámbito de la hoja de Cuevas del Campo aflora el Complejo Alpujárride y el Complejo Maláguide.

#### **1.1.1.- Complejo Alpujárride**

DELGADO (1.971) distingue cuatro unidades superpuestas tectónicamente, las cuales constan en sus series de una parte basal de naturaleza detrítica y una parte alta fundamentalmente carbonatada. Estas unidades, respecto a su posición de apilamiento, se ordenan de muro a techo en: U. de Santa Bárbara, U. de Quintana, U. de los Blanquizaes y U. de Hernán Valle.

En la hoja de Cúllar-Baza sólomente está representada la Unidad de los Blanquizaes en los ángulos suroriental y suroccidental de la hoja; en el primero se han diferenciado dos tipos de litologías dominantes: filitas y cuarcitas grises (Formación Tonosa) y calizas y dolomías (Formación Estancias).

#### 1.1.1.1.- Filitas y cuarcitas grises y verdosas (1) (Permotriásico)

Los afloramientos de estos sedimentos se localizan en las inmediaciones de la rambla de pozo Iglesias, situada en el borde suroriental de la hoja.

No se conoce la relación estratigráfica con la Formación Estancias, puesto que contactan mecánicamente.

La morfología y espesor de esta unidad no se conoce debido al alto grado de tectonización que muestran los afloramientos.

La litología más dominante está formada por filitas de color gris-verdoso y azulado de aspecto satinado. Ocasionalmente hay niveles de orden milimétrico y centimétrico de cuarcitas grises.

Desde el punto de vista petrológico estas rocas pueden clasificarse como filitas cuarzosas. Presentan una textura granolepidoblástica de tipo *slaty cleavage*, marcada por las micas y por la fracción cuarcítica. La composición mineralógica principal es: cuarzo, clorita y mica incolora; el resto de minerales son accesorios (plagioclasas, circón, turmalina). Hay que destacar la presencia de pequeños cristales micáceos con relieve marcado, extinción no paralela, alargamiento negativo y ligero pleocroismo (verde a incoloro), que responden a las características del cloritoide. Estas rocas están afectadas por un evento tectonometamórfico en condiciones de grado bajo a muy bajo (zona de la clorita).

La edad de estos materiales es incierta por la ausencia de fósiles característicos, pero por la posición estratigráfica que ocupan bajo los depósitos carbonatados, presumiblemente se puedan incluir en el Permotriás.

#### 1.1.1.2.- Calizas y dolomías (2) (Triásico medio-superior)

Afloran en el ángulo suroriental de la hoja (vértice Hinojora) y en las inmediaciones de Zújar.

Estos materiales parece ser que se sitúan sobre los anteriormente mencionados de naturaleza detrítica, si bien no se observan sus relaciones estratigráficas.

Por el grado de tectonización que tienen, no se puede establecer la secuencia

estratigráfica y por lo tanto, se desconoce la morfología y el espesor de la misma.

Litológicamente son calizas y dolomías grises muy recrystalizadas, a veces marmóreas, con multitud de fisuras rellenas de calcita, también aparecen asociados niveles discontinuos y muy tectonizados de calcoesquistos.

Petrológicamente las calizas suelen tener terrígenos que aparecen en forma de niveles milimétricos discontinuos y replegados, con abundantes filosilicatos y calcita de grano fino.

Al microscopio las dolomías están compuestas por un mosaico equigranular (de orden milimétrico de tamaño), de cristales anhedrales de contornos irregulares; sólo de forma local se reconocen cristales subhedrales, apuntando formas romboédricas. La presencia de maclas alabeadas indica que la roca muestra deformación postcristalina; sin embargo, no se aprecia una fábrica anisotropa que indique una orientación preferencial de los cristales de dolomita. Localmente, se observan venillas milimétricas donde se ha producido una incipiente granulación y que pueden estar en relación con microfracturas de escaso desarrollo.

DELGADO (1.971) atribuye la edad de estos sedimentos al Trías medio, por correlación con otras unidades que no presentan el grado de recrystalización que muestra esta unidad y además muestran contenidos en algas.

### **1.1.2.- Complejo Maláguide**

#### **1.1.2.1.- Conglomerados, areniscas y pizarras. Calizas y calcarenitas (5) (Pérmico-Cretácico)**

Se localiza en el borde oriental de la hoja en afloramientos aislados.

En la rambla de la Hinojora, junto al cortijo del mismo nombre, afloran unos materiales muy tectonizados formados por conglomerados rojos, areniscas y pizarras de diversas coloraciones. La escasa representación de los afloramientos impide conocer con más detalle sus características litoestratigráficas. La información obtenida a partir de la vecina hoja de Chirivel, permite correlacionar estos materiales con la Formación Saladilla perteneciente al Permotrías.

En las inmediaciones de Cúllar-Baza aparecen varios afloramientos constituidos por calcarenitas y calizas. Estos materiales están muy tectonizados y sus bordes están cubiertos por sedimentos recientes, con lo cual no se pueden hacer consideraciones de tipo estratigráfico.

En el afloramiento que hay situado en las inmediaciones de la aldea de Pulpite (3

km al este de Cúllar-Baza), las rocas están formadas por calizas brechoides de tonos rosados. Desde el punto de vista petrológico, estos materiales están formados por fragmentos de rocas, micrita y esparita en porcentajes equivalentes. Los fragmentos de rocas corresponden a clastos carbonatados (micrita) con restos de foraminíferos bentónicos.

De acuerdo con los datos de la hoja de Chirivel, colindante con ésta, estos materiales pertenecerían a la Formación Castellón. Esta formación definida por GEEL (1.973), estaría constituida por ocho miembros dentro de los cuales se encuentran los sedimentos antes descritos.

## **1.2.- ZONAS EXTERNAS**

De acuerdo con la evolución tectónica y sedimentaria del Margen Suribérico, se consideran Zonas Externas a todas aquellas unidades y/o series estratigráficas, que se inscriben dentro de la etapa de *rifting* y se suceden en la etapa de margen convergente durante el Paleógeno y posiblemente hasta el Mioceno inferior.

La división de dominios paleogeográficos de las Zonas Externas, contempla dos: Subbético y Prebético, que corresponden respectivamente a las partes más externa y más interna del Margen Suribérico. Algunos autores (FOUCAULT, 1.960-62 y RUIZ-ORTIZ, 1.980), han considerado un Dominio Intermedio en el cual se depositaron las Unidades Intermedias.

En la hoja de Cúllar-Baza existen dos afloramientos de materiales jurásicos, que constituyen dos elementos tectónicos aislados y que se sitúan entre las Zonas Internas y las Externas. Uno de ellos es el Jabalcón, que se ubica en las inmediaciones de Zújar, y el otro es la terminación occidental de las sierras de Orce y María, que aparece en el ángulo nororiental de la hoja.

Ambos afloramientos han sido considerados como pertenecientes al Subbético interno en el sentido de GARCÍA-DUEÑAS (1.967); el Jabalcón por CRUZ-SANJULIAN y GARCÍA-ROSSELL (1.971) y la Sierra de Orce por BAENA y GUZMÁN (1.979).

Sin embargo en el caso concreto del Jabalcón, MARTÍN-ALGARRA (1.987) considera que este elemento tectónico tiene difícil asignación, por sus características estratigráficas, a unidades que pertenecen tanto a las Zonas Externas como a las Internas. En suma, este autor sugiere que el Jabalcón debió pertenecer a una zona paleogeográfica situada en una parte más interna que el Subbético Interno.

En la parte meridional del Jabalcón se reconocen calizas muy brechificadas, en algunos casos envueltas por sedimentos de naturaleza arcillosa de tonos amarillentos y rojizos. DURAND-DELGA y FOUCAULT (1.968), consideran varios tipos

de brechas en base a la edad de la matriz que las envuelven, y las sitúan en el periodo Jurásico superior-Cretácico inferior. En este trabajo las brechas se interpretan como elementos tectónicos que pertenecen fundamentalmente al Jurásico, se sitúan en la parte marginal del Jabalcón y los sedimentos arcillosos deben corresponder a fragmentos de materiales plásticos alojados entre los bloques calcáreos.

### **1.2.1.- Calizas masivas y dolomías (3) (Lías)**

Están presentes en dos afloramientos aislados, uno situado en el ángulo nororiental de la hoja y el otro en el Jabalcón.

Desde el punto de vista geológico los límites de estos materiales, se encuentran cubiertos por sedimentos recientes. A pesar de lo cual se cree que dichos límites estarían mecanizados a juzgar por el alto grado de tectonización que presentan estos materiales, en los cuales se hace difícil reconocer la estratificación.

Litológicamente son calizas y dolomías grises y blanquecinas, muy recrystalizadas, a veces de aspecto marmóreo, con multitud de fisuras rellenas de calcita.

Petroológicamente son calizas muy puras con escasos fragmentos de rocas (menos del 2%). Los intraclastos superan siempre el 50% y están constituidos casi exclusivamente por peloides de micrita. El resto de la roca está formada por micrita y esparita, dominando esta última. En ocasiones la micrita es peloidal, está parcialmente recrystalizada y presenta una textura fenestral con fantasmas de carofitas; estos aspectos apuntan a que estos sedimentos se han formado en un ambiente muy somero de tipo supramareal.

Por la naturaleza de las facies se asocian a Lías.

### **1.2.2.- Calizas con sílex (4) (Dogger-Malm)**

Afloran en la parte central del Jabalcón, conformando una estructura sinclinal duplicada.

Estos materiales se disponen sobre los mencionados anteriormente, mediante un contacto neto. Se presentan en general bien estratificados, con espesores de orden centimétrico a decimétrico, si bien en muchos sectores se aprecia la influencia de la tectónica. El espesor mínimo deducido para esta sucesión supera los 100 m.

Litológicamente están formados por una alternancia de calizas grises con sílex y calizas oscuras de tonos rojizos con abundantes crinoides, situadas estas últimas hacia la base.

Al microscopio estas rocas están constituidas casi en su totalidad por carbonatos, eventualmente los contenidos en cuarzo y fragmentos de rocas no sobrepasan, conjuntamente, el 2%. Petrológicamente están formadas mayoritariamente por intraclastos y en menor proporción por esparita. Los intraclastos son peloides de micrita parcialmente recrystalizados, con abundantes fragmentos de placas de cri-noides y algunos foraminíferos bentónicos bastante recrystalizados.

Por la situación estratigráfica que ocupan, respecto de las calizas infrayacentes asignadas al Lías, y por sus facies, estos sedimentos se consideran que pertenecen al Dogger-Malm sin poder hacer más precisiones.

### **1.3.- CUENCAS INTERIORES NEÓGENAS**

Durante el Neógeno se desarrollaron varias cuencas interiores dentro del Orógeno Bético. Una de estas cuencas es la Depresión de Guadix-Baza. El relleno sedimentario de esta Cuenca aconteció en un marco geológico de convergencia oblicua entre las placas Africana y Europea. El registro estratigráfico marca la evolución desde una cuenca marina, hasta que ésta se continentaliza y pierde total comunicación con el mar.

El registro sedimentario que se dispone en el ámbito de la hoja de Cúllar-Baza, aconteció a partir del Plioceno cuando la cuenca era ya de carácter continental.

#### **1.3.1.- Conglomerados y arcillas rojas (6). Gravas, arenas, arcillas y carbonatos violáceos (7). (*Plioceno-Pleistoceno*)**

Estos depósitos afloran en la parte occidental de la hoja y en las inmediaciones de Cúllar-Baza.

Este conjunto de materiales fue definido como Formación Guadix por Von DRASCHE (1.879), término adoptado por VERA (1.970).

En esta hoja, estos materiales son los más antiguos que conforman el relleno sedimentario de la cuenca, por lo que las relaciones con unidades infrayacentes habría que localizarlas en la vecina hoja de Cuevas del Campo. El límite superior de esta sucesión es gradual con sedimentos de características lacustres y fluviolacustres, o bien es discordante bajo el glacis que colmata la cuenca.

La Formación Guadix está mayoritariamente representada por lutitas rojas y grises con intercalaciones lenticulares de arenas y conglomerados. Los detríticos gruesos son dominantes en las inmediaciones de los relieves constituidos por sustrato, como son los casos de la zona de Zújar y de Cúllar-Baza. Por el contrario, las facies lutíticas son mayoritarias en el sector del embalse de Negratín. Al sur de Zújar apa-

recen unos sedimentos muy poco representados en esta hoja y bastante extendidos en la de Cuevas del Campo, formados por conglomerados, arenas, arcillas y niveles centimétricos de carbonatos (7), todos ellos de tonos violáceos y componente mayoritaria de elementos procedentes de las Zonas Internas (filitas y cuarcitas).

En suma, la secuencia presenta variaciones litológicas notables de unos sectores a otros. Sin embargo, los niveles de conglomerados y arenas, bien si están intercalados entre lutitas rojas, o se presentan amalgamados entre ellos, suelen tener una morfología tabular o lenticular dominante; eventualmente se aprecian bases de estratos fuertemente canalizadas. Esto sugiere que los depósitos estarían asociados a varios dispositivos aluviales expansivos, formados a partir de los relieves montañosos; hacia las partes más distales (inmediaciones del embalse del Negratín). El mayor dominio de arcillas sobre gravas y arenas, estaría asociado a la presencia de grandes llanuras lutíticas con áreas en encharcamiento periódico, donde se desarrollaron carbonatos y áreas palustres. Tanto las facies como los sistemas de depósito a los que van asociados, se generaron de forma recurrente en la cuenca durante este periodo de tiempo.

La potencia máxima que pueden alcanzar estos depósitos en esta hoja no supera los 150 m.

La edad de este conjunto litológico comprende el Plioceno y el Pleistoceno a nivel de toda la cuenca. Las dataciones efectuadas mediante micromamíferos, al este de la Venta del Peral (rambla de la Hinojora), dan una edad de Pleistoceno inferior-medio, basada en la presencia de micromamíferos tipo *Microtus s.p.* En este mismo yacimiento, la datación mediante el análisis de racemización de los aminoácidos en una muestra de gasterópodos (*Planorbis sp.*), representa la base del Würm reciente (Pleistoceno superior,  $-39.9 \pm 13.0$  ka).

El yacimiento paleontológico de Cúllar-Baza, situado unos 2 km al SE de dicha localidad, ha sido estudiado por numerosos autores (RUIZ-BUSTOS, 1.976, 1.984 y 1.988; ALBERDI et al., 1.988; ALONSO-DIAGO, 1.990; SESE, 1.989), y ha permitido datar el Pleistoceno medio. La datación mediante el análisis de racemización de aminoácidos en este mismo yacimiento, ha dado una edad Mindel (parte inferior del Pleistoceno medio,  $-466.2 \pm 34.4$  ka).

### **1.3.2.- Margas, margocalizas, arenas y conglomerados blanquecinos. Localmente niveles de lignito y de yeso (8) (Plioceno-Pleistoceno)**

Afloran en el tercio occidental y en la parte oriental de la hoja, situándose cartográficamente entre los sedimentos anteriormente descritos y los evaporíticos.

Materiales de litología similar, distribuidos por las hojas de Benalúa de Guadix



y Cuevas del Campo, fueron agrupados en la Formación Gorafe-Huélago por VERA (1.970).

Aunque de facies similares, se pueden separar dos sectores dentro de la hoja en los que las litologías son variables. En el sector oriental los componentes detríticos groseros dominan sobre los más finos, y el paso hacia la parte central de la cuenca (zona evaporítica), se realiza en poco espacio; además, unos 2 km al norte de Cúllar-Baza se observa muy bien la relación existente con la sucesión anterior, que se dispone por debajo e interdigitando con ésta; los cambios bruscos en la coloración de los materiales, de rojo a blancos, revelan las relaciones que dichas sucesiones muestran en la vertical y en la horizontal. Este argumento basado en la coloración y facies, utilizado para separar estas secuencias, se aplica de igual modo en la parte occidental de la hoja, donde idéntico criterio puede ser observado en las inmediaciones de la confluencia de los ríos Guardal y Castril.

La sucesión estratigráfica más completa puede reconocerse en las inmediaciones de Cortes de Baza. Está constituida esencialmente por una alternancia de margas limosas y arenas de tonos grises, arcillas grises y niveles de lignito de orden centimétrico. También hay intercalaciones irregulares y discontinuas de conglomerados y carbonatos en estratos de espesor métrico.

Hacia el techo de la unidad no se advierte ningún cambio brusco, aunque si es posible reconocer un cambio gradual desde sistemas netamente detríticos a asociaciones de facies con mayor predominio de margas y abundante presencia de yeso intrasedimentario, que da paso a la secuencia evaporítica suprayacente. Estos aspectos pueden observarse en la carretera que va de Cortes de Baza a Benamaurel; en este sector se reconocen al menos cuatro macrosecuencias con una tendencia general positiva, dentro de las cuales cada secuencia elemental está formada por arenas y limos arenosos con niveles de lutitas.

Las macrosecuencias mencionadas anteriormente culminan en todos los casos en tramos lacustres, más o menos desarrollados, que consisten en margas ricas en materia orgánica con restos de ostrácodos y gasterópodos, localmente con fragmentos de microvertebrados. En algunos de estos tramos lacustres, se intercalan bancos finos de carbonatos con bioturbación debida a raíces y/o fauna. Estas facies se interpretan como depósitos de charcas pantanosas, que están compuestas por margas grises ricas en fauna y restos vegetales.

Los términos terrígenos que forman el mayor volumen de sedimentos dentro de cada secuencia elemental, corresponden a canales arenosos de granulometría media, con bases suavemente erosivas y techos de geometría irregular, que dan superficies onduladas (cóncavo-convexas); también estos canales culminan con granulometrías más finas. En los horizontes canalizados se aprecia claramente una

terminación brusca del depósito arenoso y una acomodación de depósitos arcillosos rojizos con abundante yeso macrocristalino intrasedimentario, que se interpretan como *clay plugs*. Tras la deposición de estos sedimentos arcillosos, precipitaría el yeso por evaporación intrasedimentaria en ambiente subaéreo. Otra facies característica consiste en bancos de espesor decimétrico de areniscas con intercalaciones de arcilla arenosa rojiza, que se interpreta como facies de desbordamiento de canales. En conjunto estas asociaciones de facies arenosas y lutíticas corresponden a un sistema fluvial de sinuosidad moderada, localmente alta (como evidencia la acreción lateral de canal), con corrientes de funcionamiento episódico bajo condiciones de cierta aridez.

Los términos carbonatados, formados por margas arenosas (eventualmente ricas en materia orgánica), representarían los sistemas lacustres.

El resto de la secuencia que culmina sobre las cuatro megasecuencias anteriormente mencionadas, presenta un estilo deposicional fluvial algo diferente a los sistemas antes interpretados (fluvial de baja sinuosidad y lacustre), haciéndose más frecuentes los canales arenosos amalgamados y las secuencias completas de canal-llanura de inundación. Los términos lacustres intercalados son relativamente más potentes. Todo ello se interpreta como propio de un sistema fluvial también de moderada sinuosidad pero con tasas de acreción vertical más elevadas, lo que puede deberse en último extremo a la ampliación del espacio de acomodación disponible por elevación y/o subsidencia del borde de cuenca.

En el sector situado al este del Jabalcón los sedimentos tienen menos proporción de terrígenos y son claramente dominantes las arcillas, margas y carbonatos. Los análisis de Rayos X sobre niveles lutíticos han dado una mineralogía de las arcillas, formada por 40% de esmectitas, 50% de illita, y proporciones inferiores al 5% en paragonita, clorita y caolinita. Los horizontes carbonatados han dado una mineralogía global, formada por más del 70% en calcita-dolomita, el 15% de arcillas (esmectitas, illita y clorita/caolinita) y el resto de cuarzo y feldespatos como indicios.

La edad de estos materiales ha sido datada, con micromamíferos, como Villafranchiense superior (MN 17) (Pleistoceno inferior), en el yacimiento de Cortes de Baza (PEÑA et al., 1.977; RUIZ-BUSTOS, A., 1.992). Estudios de racemización de aminoácidos sobre muestras de gasterópodos y lamelibranchios obtenidas en cuatro localidades situadas en serie desde el borde norte de la hoja (N de Cortes de Baza), hasta 3 km al sur de la mencionada localidad, han dado edades comprendidas entre el Pleistoceno inferior terminal (Gunz,  $-770.1 \pm 101.8$  ka) y el Pleistoceno medio bajo (Mindel,  $-408.5 \pm 82.2$  ka). No se descarta que la parte basal de la secuencia, pertenezca al Plioceno, como así sucede en la vecina hoja de Cuevas del Campo.

### **1.3.3.- Limos, arcillas y yesos con niveles de margocalizas y arenas (9)** **(Pleistoceno)**

Los afloramientos están bien representados en la parte central de la hoja, adquiriendo mayor anchura cartográfica hacia el norte.

La secuencia estratigráfica que contiene estos depósitos es eminentemente evaporítica, y VERA (1.970) la denominó Formación Baza.

La morfología de los estratos es fundamentalmente tabular a subtabular con ligeros acuñaientos. Ocasionalmente se observan formas lenticulares y canalizadas, especialmente cuando la litología es detrítica.

El espesor de esta unidad no se conoce, puesto que no hay datos de sondeos, y la información de sísmica no ofrece resultados claros. Sin embargo, puede estimarse una potencia superior a 300 metros.

Esta unidad se sitúa sobre la anterior mediante un cambio gradual de facies. Tiene una parte basal que está constituida por una alternancia monótona de secuencias elementales de orden decamétrico, formadas por canales amalgamados de litología limo-arenosa, intercalados entre niveles de arcillas y margas con abundante yeso macrocristalino intrasedimentario y carbonatos. Eventualmente se reconocen margas de color gris en las que se ha observado fauna de ostrácos y lamelibranquios. En cada secuencia se reconocen, además, depósitos de *mudflat* arenoso cubiertos por fangos de naturaleza carbonática sometidos a una evaporación fuerte.

Esta alternancia de secuencias elementales con sus facies asociadas, sugiere la existencia de fluctuaciones del nivel de agua en un medio lacustre, con entradas periódicas de elementos detríticos asociados a sistemas fluviales. Las facies de margas grises, poco desarrolladas hacia la base de esta unidad, se podrían interpretar que están asociadas a *marshes* extendidos en el borde lacustre.

La parte alta de esta unidad evaporítica, está formada por una alternancia de arcillas, margas y yesos con intercalaciones de carácter arenoso. La secuencia estratigráfica se ordena en ciclos más o menos repetitivos, constituidos por un tramo inferior y un tramo superior de características diferentes.

El tramo inferior está formado por un primer nivel de espesor decimétrico de arcillas de color oscuro de tonos verdosos con restos de ostrácos. Desde el punto de vista mineralógico estos sedimentos están formados por más del 70% de arcillas, más del 20% de cuarzo y menos del 10% de dolomita y yeso; la mineralogía de las arcillas está formada por más del 60% de esmectitas, más del 35% de illi-

ta y proporciones inferiores al 5% en clorita/caolinita. El segundo nivel está constituido por margas calcáreas de naturaleza dolomítica, con abundantes yesos macrocristalinos de carácter intrasedimentario (cristales en punta de flecha, VERA 1.970), el tamaño de estos cristales puede alcanzar de 10 a 20 cm de eje máximo; la mineralogía global de estos sedimentos está formada por más del 90% de dolomita y menos del 5%, en proporciones equivalentes, de cuarzo y yeso. El tercer nivel de este tramo basal está representado por margas calcáreas, con más de un metro de espesor, en las que se intercalan pasadas de yeso macrocristalino con el mismo hábito, que el anteriormente reseñado, pero de menor tamaño. La mineralogía de estos depósitos está formada por dolomita y calcita en porcentajes equivalentes que rondan el 40 a 60%, las arcillas aparecen en un 20 a 40%, mientras que el cuarzo en unas ocasiones y el yeso en otras, tienen porcentajes comprendidos entre el 5 y el 10%. La mineralogía de las arcillas es equivalente a la reseñada anteriormente en proporciones similares, (esmectitas, illita y clorita/caolinita) pero referida a estos porcentajes.

El tramo superior presenta una potencia de entre 3 y 7 metros, dependiendo de cada secuencia elemental dentro de la sucesión. Cada ciclo que comprende una secuencia elemental es heterolítico y se compone de cinco tipos de litologías que son las siguientes: arcillas margosas verdes, yeso intrasedimentario, yeso microseleénítico, yeso laminado microcristalino blanco y arenas de componente yesífera. Usualmente la diferenciación entre el yeso intrasedimentario y el yeso microseleénítico es difícil de hacer en afloramiento. Tanto estos tipos de yeso como los niveles arenosos aparecen en capas lateralmente discontinuas. La mineralogía de los sedimentos es similar a la descrita para el tramo inferior.

Las estructuras de ordenamiento interno más comunes se observan en los niveles arenosos. Así pues, las arenas muestran formas de canales (*scours*) suaves de pequeño espesor o bien niveles finos de base plana y techo con geometría definida por trenes de *ripples*. Estos últimos aparecen bien representados en todo el tramo superior perteneciente a cada ciclo o secuencia elemental, mientras que las formas canalizadas suelen ser más abundantes hacia la parte media del citado tramo. En líneas generales los yesos laminados microcristalinos aparecen siempre algo replegados.

La secuencia general más representativa de esta parte alta de la unidad se reconoce entre las localidades de Benamaurel y Cúllar-Baza, donde se refleja la evolución de un sistema lacustre evaporítico relativamente diluido (nivel de saturación en sulfato cálcico), en un intervalo temporal a escala de decenas de miles de años. Comienza con un episodio de entrada de aguas con acumulación de arcillas (etapa de inundación del sistema), que son progresivamente concentradas y, en las zonas marginales del lago, dan lugar a la acumulación de margas dolomíticas con desarrollo de yeso intrasedimentario por bombeo evaporítico. La mayor den-

sidad de cristales intrasedimentarios de yeso, junto con el menor tamaño de éstos a techo del tramo inferior de la secuencia, evidencian la ampliación del sistema lacustre con la consiguiente mayor permanencia de la zona encharcada. El tramo superior de cada secuencia elemental, registra una situación en conjunto equilibrada del lago evaporítico en su fase de mayor expansión (máximo desarrollo espacial). Este hecho no implica, sin embargo, una altura importante en el nivel del lago sino que, por el contrario, hay evidencias netas de momentos de desecación: desarrollo de cristales intrasedimentarios de yeso, retrabajamiento intenso de yeso previamente depositado por corrientes subaéreas y ocasionalmente desarrollo de grietas de retracción. De acuerdo con esto, el depósito del tramo superior de la secuencia es el resultado de una sucesión compleja de eventos discontinuos en zonas abiertas de un lago evaporítico somero.

La presencia de canales suaves y *scours* refleja, de hecho, una traslación de las facies hacia zonas ligeramente más marginales del lago. Dentro del conjunto general, las facies microseléníticas y los yesos laminados corresponderían a depósitos que exigen una cierta lámina de agua para su formación. Por su parte, las margas intercaladas entre los yesos suponen momentos de dilución relativa de la salmuera.

En resumen se puede concluir que existen dentro de toda la secuencia general dos partes: la inferior, con contacto con la unidad infrayacente (8), que representa la primera etapa de inundación-dilución en las partes centrales de la cuenca lacustre, y la superior que representa la ampliación general del lago evaporítico que no implica profundización del sistema lacustre. La presencia de foraminíferos y la asociación restringida de ostracofauna (CIVIS, 1.989), pone de manifiesto las condiciones peculiares del área lacustre en cuanto a su carácter más salino. Este hecho queda corroborado por la abundancia de niveles con *cerastoderma*, que indicarían la existencia de lagos salinos de tipo athalasoides (ROBLES, 1.989 y ANADÓN, 1.989).

La edad de esta unidad se interpreta que es Pleistoceno al menos la parte aflorante, puesto que se sitúa por encima de la anterior, y que en el caso concreto de Cortes de Baza ha sido datada como Pleistoceno inferior y medio.

#### **1.3.4.- Brecha marginal (10) (Holoceno)**

A estos materiales se les asigna esta denominación, porque únicamente afloran circunscritos a las vertientes (parte marginal) del Jabalcón.

Se sitúan discordantes sobre los materiales carbonatados de edad Jurásico. La morfología de los estratos es tabular a cuneiforme a escala de afloramiento. El espesor es variable y pueden alcanzar 40-50 metros en las partes más distales del borde del Jabalcón.

Estos materiales están formados por brechas de cantos muy angulosos de naturaleza carbonatada. En la mayoría de los casos están desprovistas de matriz, aunque eventualmente presentan un armazón de arenas y limos rojos, con ocasionales pasadas de arcillas limosas rojas.

Estas brechas se interpretan que están asociadas a la denudación del relieve del Jabalcón, mediante abanicos aluviales coalescentes que contornearon este macizo calcáreo.

La edad se interpreta como Holoceno antiguo al estar dichos sedimentos sobre los que representan el relleno continental de la Cuenca de Guadix-Baza y han sido datados como Plioceno-Pleistoceno.

#### **1.4.- FORMACIONES SUPERFICIALES**

##### **1.4.1.- Conglomerados, arenas, arcillas con costras carbonatadas. Glacis de primera generación (11) (Holoceno)**

Están bien representados en los cuatro ángulos de la hoja de Cúllar-Baza, presentando mayor extensión cartográfica en la parte oriental de la misma.

Suelen estar discordantes, a parte de sobre los relieves de las zonas Externas e Internas, sobre los sedimentos fluviales y lacustres del Plioceno-Pleistoceno.

Litológicamente están formados por conglomerados y arenas con cantos metamórficos, los situados en la parte meridional de la hoja, y con cantos carbonatados procedentes de las Zonas Externas el resto. También hay niveles de arcillas rojas edafizados con costras carbonatadas.

La potencia de este conjunto es muy variable, oscilando entre 1 y 10 metros.

Este glacis se interpreta como los depósitos que colmatan la Cuenca de Guadix-Baza, y representan la última expresión dinámica endorreica en el relleno en dicha cuenca.

La edad no se conoce con precisión, pero las dataciones efectuadas en sedimentos infrayacentes en las inmediaciones de la rambla Hinojora, pertenecientes al Pleistoceno medio y superior, sugieren una edad de Holoceno antiguo.

##### **1.4.2.- Conglomerados, arenas, limos y arcillas. Glacis de segunda generación (12) (Holoceno)**

Afloran ampliamente en las inmediaciones de Zújar, también en la vertiente orien-

tal del Cerro de los Morrones, en la parte sur-occidental de la hoja. De forma más aislada se localizan en algunas vertientes de los ríos Guadalentín, Guardal y Baza.

Se sitúan indistintamente bien sobre los conglomerados y arcillas rojas (Formación Guadix) o sobre las margas y margocalizas blancas (Formación Gorafe-Huélago).

La litología de este glacis es muy variable, dependiendo de su ubicación. En las proximidades de las sierras, que pertenecen a las Zonas Internas y Externas, dominan las gravas y arenas, mientras que cuando se sitúan sobre los sedimentos del relleno de cuenca, las facies dominantes son de arenas y arcillas.

Este glacis lo forman superficies de regularización de laderas, ligadas a la dinámica exorreica de la cuenca; en consecuencia se interpreta como un glacis de erosión o denudación.

La edad abarcaría presumiblemente la parte alta del Holoceno inferior.

#### **1.4.3.- Gravas, arenas y limos. Terraza alta (13) (Holoceno)**

Se han localizado solamente varios afloramientos situados próximos a los ríos Guardal y Baza.

Estas terrazas están situadas unos 40 metros por encima de la llanura de inundación de los ríos antes mencionados.

Los depósitos están constituidos por un predominio de conglomerados y arenas, con esporádicas pasadas de limos, organizados en secuencias de canales.

Esta terraza sería en parte equivalente en el tiempo, al glacis de colmatación de la cuenca (glacis de primera generación).

#### **1.4.4.- Gravas, arenas y limos. Terraza media (14) (Holoceno)**

Esta terraza aflora en los márgenes de los ríos Castril, Guardal y Baza. Sólo en el río Baza adquiere gran extensión, siendo en los otros de dimensiones muy reducidas.

Se sitúa entre 20 y 25 metros de altitud respecto al cauce de los ríos citados.

Estos sedimentos están formados por gravas, arenas y limos. Tienen la particularidad de estar en general muy abancalados por labores agrícolas.

Esta terraza sería en parte equivalente en el tiempo al glacis de segunda

generación mencionado anteriormente.

#### **1.4.5.- Gravas, arenas y limos. Terraza inferior (15) (Holoceno)**

Esta terraza presenta únicamente varios afloramientos ligados al río Guardal. Uno está situado en las inmediaciones de Benamaurel y los otros próximos a la confluencia con el río Baza.

Se ubica unos 6 a 10 metros por encima del cauce fluvial del río Guardal.

La litología es similar a las de las otras terrazas, es decir está formada por gravas, arenas y limos. También son muy frecuentes los abancalamientos agrícolas.

#### **1.4.6.- Calizas oquerosas. Travertinos (16) (Holoceno)**

Existe solamente un afloramiento de travertinos situado en las inmediaciones de los Baños de Zújar, al norte del Jabalcón.

Son depósitos situados próximos a una fuente termal, por lo que su origen debe estar íntimamente relacionado.

Litológicamente están constituidos por acumulaciones arborescentes de calcita, probablemente asociadas a restos vegetales.

El afloramiento en general no muestra una estructura horizontal, típica de los travertinos, sino que se presenta en masas caóticas. Este aspecto probablemente tenga relación con deslizamientos o bien con surgencias poco definidas y situadas a diferentes cotas.

#### **1.4.7.- Arenas, limos y arcillas. Fondos de Valle (17) (Holoceno)**

Están ampliamente representados en la parte central de la hoja sobre la unidad de carácter evaporítico, originando una morfología de tipo dentrítico.

La litología dominante está constituida por arenas, limos y arcillas principalmente.

Estas formaciones constituyen cauces fluviales antiguos o de escorrentía muy eventual, que han quedado colgados y preservados de la erosión. Presentan una morfología muy característica en artesa, sobre la que suele haber una pequeña incisión lineal causada por arroyadas periódicas.

#### **1.4.8.- Arcillas y cantos. Coluviales (18) (Holoceno)**

Estos depósitos ocupan tres zonas de afloramiento diferentes. Una situada en las



vertientes del Jabalcón y las otras dos se ubican en los márgenes del río Castril y de la rambla Hinojora.

Los coluviales que bordean al Jabalcón están constituidos por un predominio de cantos sobre las arcillas que forman la matriz. La naturaleza de los cantos es carbonatada, procedente del relieve próximo, y éstos son angulosos.

Los coluviales asociados a las vertientes de la rambla Hinojora y río Castril tienen un predominio de arcillas sobre cantos. La naturaleza de los cantos es diversa porque proceden de distintas unidades de las Zonas Internas y Externas.

#### **1.4.9.- Arcillas con cantos. Coluviales indiferenciados (19) (Holoceno)**

Están ampliamente representados al oeste del río Baza y en afloramientos más reducidos, al norte de Cúllar-Baza.

Se sitúan preferentemente sobre las margas, margocalizas y arcillas, limos y yesos (formaciones Gorafe-Huélago y Baza, respectivamente).

Litológicamente se componen de arcillas con cantos dispersos, estos últimos de naturaleza y procedencia muy diversas.

Los afloramientos situados al este y sureste del Jabalcón podrían, en parte, estar relacionados con el glacis de segunda generación situado en el borde meridional de la hoja.

#### **1.4.10.- Arenas, limos y arcillas. Conos de deyección (20) (Holoceno)**

Estos depósitos tienen una extensión cartográfica muy reducida, sólo se reconocen varios afloramientos, tres de ellos situados en la margen derecha del río Guadiana Menor y uno en la rambla Hinojora.

Litológicamente están formados por arenas, limos y arcillas, que son sedimentos que proceden del sustrato próximo sobre el que se asientan.

Estos depósitos están asociados a las vertientes de los ríos anteriormente mencionados, y en las zonas donde hay una incipiente dinámica aluvial, con un sustrato apto para que la erosión del mismo genere sedimentos que puedan ser redistribuidos en forma de abanico.

#### **1.4.11.- Gravas, arenas, limos y arcillas. Llanura de inundación (21) (Holoceno)**

Las llanuras de inundación están representadas en los ríos: Guadiana Menor,

Castril, Guardal, Baza y Cúllar-Baza.

La litología predominante la constituyen gravas, arenas, limos y arcillas. A excepción del río Baza, en el resto de las llanuras de inundación de los otros ríos, dominan los elementos terrígenos más finos, es decir los limos y arcillas.

Aunque la llanura de inundación recibe aportes ortogonales, pertenecientes a la red tributaria secundaria, éstos no tienen tanta trascendencia como los que aporta la red principal.

## **2.- TECTÓNICA**

La hoja de Cúllar-Baza está situada en la parte oriental de la Cuenca de Guadix-Baza, la cual sella el contacto entre las Zonas Externas y las Internas.

Este capítulo constará de tres epígrafes. El primero de ellos describirá de forma sintética los principales aspectos de tectónica regional del Orógeno Bético. En el segundo se hará una división de las unidades o zonas estructurales identificadas en la hoja y se indicarán sus características tectónicas, también se agruparán los sistemas de fractura. En el tercero se hará una cronología de la deformación.

### **2.1.- TECTÓNICA REGIONAL**

La Cordillera Bética está constituida por dos grandes dominios estructurales: Zonas Internas y Zonas Externas.

Las Zonas Internas aparecen estructuradas en grandes mantos de corrimiento, en los que participan conjuntamente zócalo y cobertera. En este dominio se han diferenciado a su vez los siguientes conjuntos: Unidades del Campo de Gibraltar, Complejo Predorsaliano, Complejo Dorsaliano, Complejo Maláguide, Complejo Alpujárride y Complejo Nevado-Filábride. Los tres últimos complejos reseñados, presentan un basamento Paleozoico al que se le superpone una cobertera mesozoica más o menos adelgazada.

Las Zonas Externas se interpretan en la actualidad como una cobertera sedimentaria deformada y despegada de un margen continental. En ellas se diferencian dos grandes conjuntos tectonopaleogeográficos el Prebético y el Subbético. El Prebético constituyó básicamente un dominio de plataforma junto al continente. El Subbético representó la continuación del Prebético hacia el interior del Orógeno. Entre ambos podría haber existido un surco que los separó, donde se formaron las Unidades Intermedias.

Las Zonas Internas ocuparon la parte de corteza oceánica adelgazada, entre los

continentes de Europa y Asia, mientras que las Zonas Externas estaban ubicadas en la corteza continental, situada en los márgenes de ambos continentes.

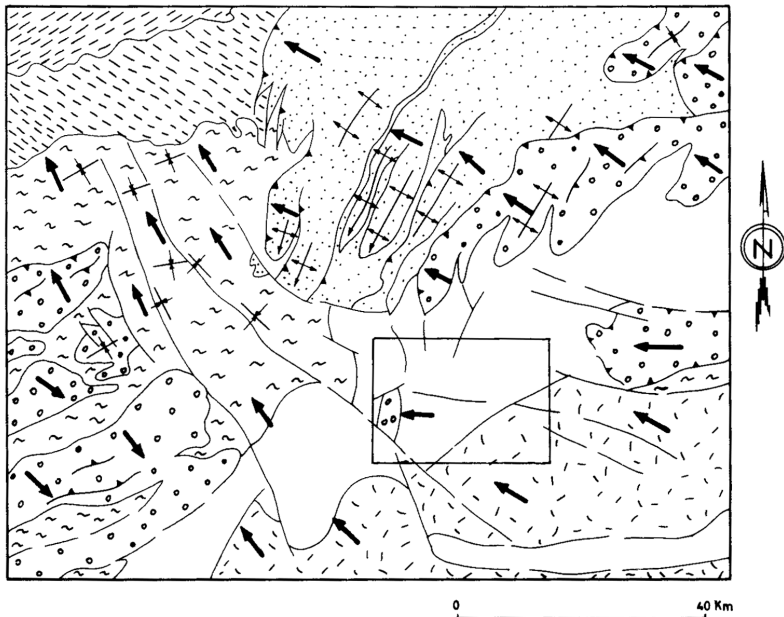
En el margen suribérico se produjo una compartimentación tras la etapa de *rifting* intracontinental, durante el Jurásico inferior y medio. Durante el Paleógeno-Mioceno inferior evolucionó hacia un margen convergente.

Estudios recientes sobre la dinámica de la litosfera (CLOETINGH et al. 1.992), indican que la evolución tectónica de la región Bética y mar de Alborán comenzó recientemente (hacia el Mioceno medio). Estos autores elaboraron un modelo en el cual la placa litosférica de Iberia, muestra una respuesta isostática frente a la carga producida por los cabalgamientos de las Zonas Internas y Externas. El análisis de este modelo muestra una flexura de la placa litosférica de Iberia, que es subcabalgante bajo las Cordilleras Béticas. El modelo flexural propuesto, está derivado de la carga que a su vez es consecuencia de los empujes de las Zonas Internas sobre las Zonas Externas y de todas ellas sobre el Margen Ibérico. Esta evolución dinámica generó la Cuenca de Antepaís del Guadalquivir, en régimen compresivo, con la aparición de cuencas satélites asociadas; en el Orógeno Bético, se produjeron al mismo tiempo cuencas internas en régimen distensivo. Una de estas cuencas es la de Guadix-Baza.

## **2.2.- DESCRIPCIÓN DE UNIDADES O ZONAS ESTRUCTURALES**

La hoja de Cúllar-Baza ocupa una gran parte de la Cuenca de Guadix-Baza en su segmento oriental. Incluye afloramientos aislados de Subbético y una porción de las Zonas Internas en su parte septentrional, constituidas por Maláguide y Alpujárride.

Los sectores antes mencionados corresponden a dominios paleogeográficos distintos, que se han comportado como zonas estructurales diferentes. Estas zonas estructurales, que muestran en la actualidad las huellas de la Tectónica Alpina, han tenido a lo largo de su historia una evolución tectónica y sedimentaria diferente. Para la separación de estas zonas ha sido necesario definir sus límites; los criterios que se han seguido para la división de los límites estructurales, han estado en relación: con bordes de cuenca o bordes de dominio paleogeográficos, con frentes de cabalgamiento y con bandas de tectonización importantes. Todo ello ha permitido elaborar un esquema de síntesis tectónica, en el cual se señala el desplazamiento tectónico, obtenido a partir de las estructuras de plegamiento, de las vergencias de los cabalgamientos y de los datos que ha suministrado la sismica de reflexión (**figura 1**).



### LEYENDA











-  Antepaís
-  Cuenca de antepaís (foreland basin)
-  Prebético (ZONAS EXTERNAS)
-  Subbético (ZONAS EXTERNAS)
-  Zonas internas
-  Unidades Tectono-gravitacionales y subcuencas móviles (piggy-back)
-  Cuencas de Guadix-Baza y del río Almanzora
-  Cabalgamientos
-  Estructuras de deformación. Anticlinales y sinclinales
-  Dirección y sentido del transporte tectónico

figura 1.- Límites estructurales y desplazamiento tectónico

De acuerdo con lo especificado anteriormente se han separado los siguientes tipos de límites:

- Los de la cuenca de antepaís
- Entre el Prebético y el Subbético
- Entre el Subbético y las Zonas Internas
- Entre el Subbético y la Unidad Tectónico-Gravitacional
- Banda tectónica o Corredor del Guadiana Menor

En la hoja de Cullar Baza se han diferenciado tres zonas estructurales que son: Zonas Internas, Subbético y la Cuenca de Guadix-Baza.

A continuación se indicarán las características tectónicas más importantes que se han observado en la hoja para cada zona estructural.

### **2.2.1.- Zonas Internas**

Afloran en los ángulos meridionales de la hoja.

Dada la complejidad tectónica que muestran los afloramientos, no es posible reconstruir ningún tipo de estructura que sugiera dirección y sentido del transporte tectónico. Sin embargo, por datos regionales de hojas limítrofes, puede deducirse que el desplazamiento, previo al depósito de los materiales de edad Plio-Pleistoceno, se produjo hacia el norte.

### **2.2.2.- Subbético**

Básicamente el elemento tectónico más representativo perteneciente a este dominio, que está situado en la parte occidental de la hoja, es el Jabalcón. Sin embargo, el aislamiento que tiene el Jabalcón de otras unidades estructurales, al estar rodeado de materiales plio-cuaternarios de la Cuenca de Guadix-Baza, y su proximidad a las Zonas Internas, son causas que determinan incertidumbre a numerosos autores acerca de su paleogeografía. CRUZ-SANJULIAN et al. (1.972), opinan que el Jabalcón pertenecería al Subbético Interno, mientras que ROEP (1.980) sugiere que podría corresponder a la cobertera del Maláguide.

Este gran afloramiento, presenta una morfología de tipo subcircular alargada de dirección N-S. El estilo estructural que puede deducirse, de acuerdo con las observaciones efectuadas en el interior de este macizo calcáreo, es de una sinforma con al menos 2 km de corrida. Esta estructura muestra dos núcleos sinclinales, puestos de manifiesto por calizas con sílex pertenecientes al Dogger, que se disponen en el centro de este gran afloramiento. Entre ambos sinclinales se aprecia una estructura anticlinal abierta, delimitada al sur por una fractura; los materiales que

configuran dicha estructura son calizas jurásicas. Por otro lado, en los flancos de toda la estructura, así como en las áreas periféricas de la misma, no se reconocen con claridad la dirección y el buzamiento de las capas.

Son muy patentes las líneas de fractura que afectan a los materiales carbonatados en todo el Jabalcón. La dirección de las mismas suele ser este-oeste con tendencia a ser N 100-140E. Estas producen gran tectonización en las calizas y dolomías, que junto a los procesos de carstificación, hacen casi imposible reconocer los estratos.

La parte noroccidental del Jabalcón está parcialmente delimitada por una fractura de dirección N 45°E, que es además coincidente con la directriz que adquiere el río Guadiana Menor. En este sector hay bloques de calizas que se encuentran separados unos de otros por materiales plio-cuaternarios; junto a los Baños de Zújar hay un manantial termal, que puede estar en relación con esta zona de fractura.

### **2.2.3.- Cuenca de Guadix-Baza**

La hoja de Cúllar-Baza se caracteriza porque los depósitos, que circundan los relieves de las zonas Internas y Externas, son de carácter continental y de edad Plio-Cuaternaria.

En el ámbito de la hoja no se ha observado ningún tipo de estructuras, en relación con pliegues en sedimentos de esta edad. Únicamente en el sector de Cortes de Baza, los estratos están ligeramente buzantes hacia el sur, en el resto de la hoja las capas son horizontales.

### **2.2.4.- Sistemas de fractura**

En el ámbito de la hoja hay dos sistemas de fractura predominantes, los que son de dirección muy nortada y los de dirección NO-SE.

Las fracturas de dirección NO-SE, tienen una directriz congruente con el Corredor del Guadiana Menor. La situada al sur del Jabalcón tiene la particularidad de tener asociados varios manantiales (Zújar) y en sus proximidades hay registrados terremotos. Hacia el sur, esta falla se curva hacia el este y su continuación podría corresponder con la falla situada en la parte centro-meridional de la hoja en la Rambla de los Alamillos donde también hay un registro sísmico que puede corresponder al terremoto de Baza de 1.522. Otras fracturas de dirección similar se reconocen en el Jabalcón y en el centro de la hoja, afectando a materiales pertenecientes al Pleistoceno.

Las fracturas de dirección aproximada N-S, producen fuerte tectonización en los

materiales de edad Plio-Pleistoceno, especialmente las localizadas al norte y este del Jabalcón. La fractura situada al E del Jabalcón tiene un movimiento normal, que hunde el labio oriental; dicha fractura puede ser la causante de los deslizamientos que se producen en la vertiente del mencionado cerro.

Finalmente, cabe indicar que hay fracturas, localizadas en la hoja de Cúllar-Baza, de carácter neotectónico que afectan a materiales de edad Plioceno y Pleistoceno. No obstante, la localización de registros sísmicos en las inmediaciones de las fracturas ya descritas de dirección NO-SE, sugieren una edad reciente al menos para este sistema.

### **2.3.- CRONOLOGÍA DE LA DEFORMACIÓN**

En la evolución tectónica de las Cordilleras Béticas se pueden separar dos etapas claramente diferentes. La primera estuvo en relación con la apertura del Atlántico y por lo tanto con la etapa de rifting durante el Mesozoico. La segunda se produjo cuando comenzó el acercamiento, en régimen convergente, entre las placas Africana y Europea. En esta segunda etapa hubo un período inicial (posiblemente Cretácico terminal a Mioceno inferior) y un segundo período que comenzó hacia el Mioceno inferior - medio y que en la actualidad perdura.

La casi omnipresencia, en el ámbito de la hoja, de sedimentos de edad Plio-Cuaternario, supone que la cronología de la deformación ha de ordenarse a partir de esta edad, puesto que los posibles rasgos de deformaciones anteriores han quedado completamente obliterados y enmascarados por eventos tectónicos posteriores.

La individualización de la Cuenca de Guadix-Baza, como una cuenca continental, aconteció en el Turoliense superior (Zona MN 12).

Las facies reconocidas en la hoja de Cúllar-Baza, corresponden a depósitos continentales originados en medios aluviales, fluviales y lacustres, que acontecieron en el Plio-Cuaternario. La distribución de estos sistemas de depósito ha dependido en gran medida, de la proximidad o lejanía de los relieves de las Zonas Internas y Externas y del levantamiento y erosión de los mismos.

En el Plioceno, los sistemas aluviales procedentes de los relieves de las Zonas Externas situados al NO y NE y de las Zonas Internas ubicadas al sur y suroeste, migraron hacia el centro de la hoja, e indujeron a los sistemas lacustres a migrar en el mismo sentido y hacia el N. Esto refleja el fuerte control que sobre la sedimentación ejercieron, especialmente, las Zonas Internas, que con toda probabilidad se encontraban en proceso de surrección.

Durante este tiempo continuó la acumulación de sedimentos en el interior de la

cuenca, que se manifestó no sólo por la acreción vertical de los mismos sino también por una expansión lateral hacia los bordes. Este proceso condicionó que los sistemas fluviales necesitasen mayor energía, para la distribución de los sedimentos, al tiempo que las áreas lacustres tendieron a la somerización y desecación de las mismas.

El levantamiento de las Zonas Internas, situadas al sur, condicionó que hubiera un paulatino desplazamiento del depocentro de la cuenca y en consecuencia de los sistemas de depósitos, especialmente los lacustres, hacia el N y NO.

En el Holoceno tuvo lugar el encajamiento de la red fluvial. La incisión de la red de drenaje principal, puede haber tenido un control estructural, especialmente el río Cúllar (E-O) y su continuación hacia el Guadiana Menor. Probablemente, las directrices de los ríos Guardal y Baza (N-S, situados en la parte central de la hoja) y el río Castril más al oeste, tengan también un control estructural.

### **3.- GEOMORFOLOGÍA**

#### **3.1.- RASGOS FISIGRÁFICOS**

La hoja de Cúllar-Baza se sitúa en el sector oriental de la Depresión de Guadix-Baza, en la zona geográficamente denominada "Hoya de Baza". En el ángulo nororiental de la hoja aflora, un pequeño segmento de la Sierra de Periate o terminación occidental de la Sierra de Orce. En el ángulo suroriental, aparece la Sierra del Madroñal o terminación más occidental de la Sierra de las Estancias. Los relieves de las Sierras de Orce y de las Estancias, conforman el borde y al mismo tiempo sustrato de la Depresión en este sector. En la esquina suroccidental aflora el Cerro Los Morrones, que constituye la terminación septentrional de la Sierra de Baza, y el relieve aislado emergente del Jabalcón. La hoja describe a grandes rasgos una gran estructura de cubeta ("hoya") con los puntos más elevados en los cuatro ángulos de la misma, con pendientes generalizadas hacia el centro.

Las máximas alturas de la hoja son el Jabalcón, con 1.492 m, y el vértice Hinojora, en el ángulo suroriental, con 1.443 m. El Cerro Los Morrones con 1.139 m, y el de Casares con 1.174 m, en la esquina nororiental, constituyen otras elevaciones. La cota mínima es de 600 m en el río Guadiana Menor, en su salida de la hoja por el sector occidental. La amplitud altimétrica es pues de 843 m. No obstante, la casi totalidad de su relieve se encuentra comprendido entre las cotas de los 700 y los 1000 m, con una altura media cercana a los 800 m. Si se exceptúa el Jabalcón y el vértice de Hinojora, ámbos con pendientes que superan el 45%, el resto son muy suaves. En casi el 80% del ámbito de la hoja las pendientes no superan el 10%, lo que define un relieve general de morfología bastante plana.



Desde el punto de vista hidrográfico, el territorio se ubica en la Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir y, dentro de ésta, en la Subcuenca del Guadiana Menor. La red hidrográfica presenta una morfología radial centripeta, que confluye hacia el centro de la hoja, en el sector oeste de Benamaurel. Así, desde el norte bajan los cauces de los ríos Guadalentín, Castril y Guardal, desde el este el río Cúllar y desde el sur el río Baza, todos ellos confluyen al norte del Jabalcón en el río Guadiana Menor, cuya cuenca se abre hacia el oeste, en la vecina hoja de Cuevas del Campo, donde es represado en el embalse del Negratín. Estos ríos presentan un sistema fluvial desarrollado, con típicos cauces de fondo plano y extensas llanuras de inundación. La red tributaria se caracteriza por presentar una típica morfología acarcavada de "*bad-lands*" en la mayor parte de la hoja. Los cauces principales son de carácter casi permanente y carecen de agua en algunos periodos del estiaje. Los tributarios son de régimen torrencial, y los cauces suelen estar abancalados y cultivados en la mayor parte de su recorrido.

Los suelos dominantes en la hoja se corresponden con regosoles calcáreos-xerosoles cálcicos, dominantes en casi todas las vertientes margosas y margo-yesíferas al este de río Guardal. Cuando llegan a dominar los yesos, la asociación suele ser xerosoles cálcicos-xerosoles gipsicos-cambisoles cálcicos. Sobre las extensas superficies del glacis superior suelen dominar los cambisoles, generalmente cálcicos, aunque con frecuencia se desarrollan cambisoles eútricos, allí donde afloran los esquistos metamórficos. Litosoles, en los relieves calizos del Jabalcón e Hinojora, y fluvisoles, sobre los depositos aluviales recientes, terminan de completar el espectro edafológico de la hoja. Se trata, pues, en todos los casos de suelos poco desarrollados y poco evolucionados, destinados por lo general a cultivos de secano con bajo rendimiento (olivo, almendro, etc.).

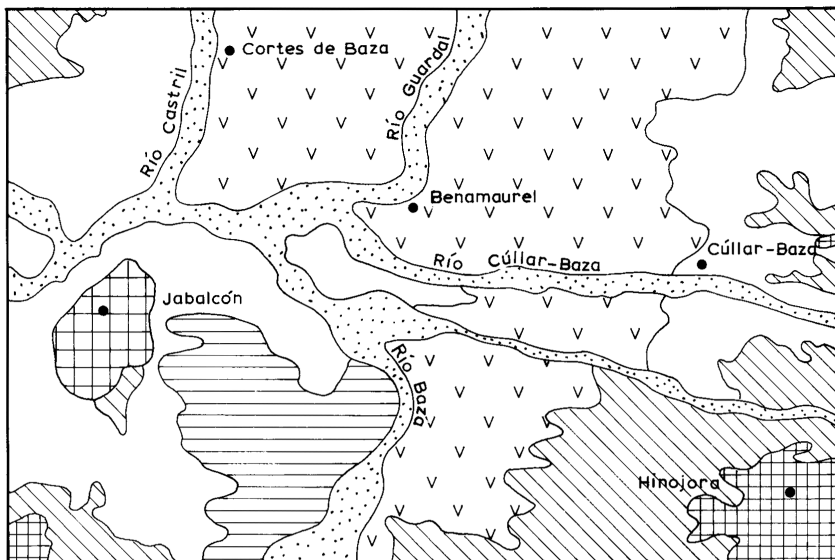
Son precisamente los cultivos, de secano o de regadío, asociados a las huertas tradicionales, los que definen el paisaje vegetal de la zona, en alternancia con matorrales. Debe destacarse, no obstante, dentro de estos matorrales, la vegetación gypsófila que se asocia a las zonas de yesos, típica de alta salinidad y de gran valor ecológico.

## **3.2.- ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO**

### **3.2.1.- Estudio Morfoestructural**

Como ya ha sido señalado, la hoja se inscribe en el sector norte de la Depresión de Guadix-Baza, y dentro de ella, en su borde oriental que contacta con las estraciones más occidentales de las Sierras de Orce y Estancias, que constituyen el borde y sustrato de la Depresión en este punto. Esta particular situación geológica configura una disposición morfoestructural clara, pudiendo diferenciarse varias unidades (**figura 2**) que se describen a continuación.

- Relieves exteriores de Sierra
- Relieve aislado del Jabalcón
- Planicie superior
- Vertientes
- Planicie inferior
- Valles



Escala.- 1:200.000

#### LEYENDA








-  Relieves exteriores de sierras.
-  Relieve aislado del Jabalcón.
-  Planicie superior.
-  Vertientes intensamente acarcavadas, "Bad-Lands".
-  Vertientes.
-  Planicie inferior.
-  Valles.

figura 2.- Unidades morfoestructurales

### 3.2.1.1.- Relieves exteriores de Sierra

Los relieves de Sierra, que constituyen el borde de la Depresión, asoman muy tímidamente en los ángulos suroccidental y nororiental de la hoja y con cierta extensión en su vértice suroriental. En el primer caso se trata de un relieve cónico, Cerro Los Morrones, sobre calizas y dolomías triásicas de la Sierra de Baza. En el segundo caso se trata de la terminación occidental de la Sierra de Orce, alineación que sobre calizas liásicas y directriz oeste-este se prolonga hasta el norte de la localidad de Chirivel. Más hacia el sur, en el entorno de Pulpite, afloran unos relieves aislados con morfología elongada sobre calizas y areniscas mesozoicas. Por último, y con mucha mayor extensión que en los casos anteriores, afloran en el vértice suroriental los materiales filíticos permotriásicos y carbonatados triásicos del vértice Hinojora o la prolongación occidental de la Sierra del Madroñal, que constituye, a su vez, la terminación occidental de la Sierra de las Estancias.

Todos estos relieves, poco significativos en sí mismos dentro del contexto general de la hoja, juegan un papel importante al constituir un conjunto de elevaciones periféricas, que condicionan un relieve negativo de cubeta localmente denominado "hoya". Este relieve ha condicionado igualmente tanto la sedimentación de la propia cubeta, como su posterior modelado, perfilando, por tanto, el paleorrelieve de la misma al menos desde el Plioceno.

### 3.2.1.2.- Relieve aislado del Jabalcón

El Jabalcón constituye un relieve aislado singular y emblemático en el contexto de la Depresión. Su posición hacia el borde occidental de la hoja, le confiere un papel relevante en la morfoestructura de la misma, al originar, ya como paleorrelieve, el cierre de la cubeta. Se trata de un gran relieve cónico aislado o *mega-inselberg*, constituye la máxima altura de la hoja (1.492 m), de unos 6 por 4 Km, conformado sobre materiales calcáreos del Jurásico. Se alinea en dirección norte-sur y está rodeado por una orla bien desarrollada de coluviones que tapizan en parte el propio afloramiento carbonatado, suavizando las pendientes que, aún así, superan el 45%.

### 3.2.1.3.- Planicie superior

Desde los relieves anteriores, y hacia el centro de la hoja, se extienden unas amplias superficies, con cotas comprendidas entre los 900 y 1.000 m y con pendientes que no superan el 4-5%. Estas superficies, consideradas como pertenecientes a un glacis de colmatación de toda la cuenca (Glacis Superior de Cobertera G1), se corresponden con extensos depósitos de abanicos aluviales coalescentes superpuestos que enraizan en los relieves periféricos. En amplias superficies aparecen encostrados por procesos de carácter diagenético. Presentan un notable desarrollo en el sector oriental de la hoja, donde proceden de las sierras de Orce

y Estancias. Por el noroeste provienen de las sierras del Pozo y Segura, desde la vecina hoja de Pozo Alcón; y al suroeste, tienen procedencia de la Sierra de Baza. Asociados al Jabalcón se observan restos de una antigua superficie que se ha correlacionado por criterios geomorfológicos con la anterior (G1). Todas estas superficies aparecen colgadas en la actualidad, teniendo como común denominador el hecho de no presentar sedimentos relacionados con los materiales de relleno de la propia cuenca.

#### 3.2.1.4.- Vertientes

Se desarrollan generalmente, entre la planicie superior y el sistema fluvial actual, y van asociadas a los propios sedimentos del relleno de la Depresión. Su morfología aparece fuertemente condicionada por el factor litológico. Así, en la mayor parte de la superficie de la hoja, sobre las margas yesíferas, domina una morfología típica acarcavada con modelado de tipo *bad-land* muy intenso. Cuando la proporción de yesos es considerablemente menor o inexistente, domina el abarrancamiento sobre el acarcavamiento, no llegando a desarrollarse el modelado de *bad-lands* con tanta intensidad. En ambos casos la fenomenología erosiva muestra una intensa y tupida red de drenaje, de carácter típicamente torrencial y centripeta. Predominan los valles en artesa, rellenos por depósitos de fondo de valle, cultivados y abancalados, que sólo son activos en períodos torrenciales eventuales.

Sobre las vertientes es posible reconocer superficies, que, a veces, se corresponden con una segunda generación de glacia (G2). Estos se enraizan en los relieves ya generados sobre los propios materiales del relleno de la Depresión. Aparecen bien desarrollados al suroeste del Jabalcón, en las inmediaciones de Zújar y al sur de Benamaurel. Suelen constituirse a cotas comprendidas entre los 750 y los 800 m, al tiempo que pueden estar degradados en otras áreas extensas de la hoja, donde sólo llegan a reconocerse con una morfología planar.

#### 3.2.1.5.- Planicie inferior

Constituye una superficie muy amplia, comprendida entre 700 y 750 m, que está situada entre el Jabalcón y el río Baza y al sur del río Guardal. Dicha superficie enlazaría el glacia de 2ª generación con el segundo nivel de terraza del río Baza. Aparece recubierta por una delgada capa de sedimentos, atribuidos a depósitos extensos de arroyada, que son posteriores, en todo caso, a la generación del segundo nivel de glacia, aunque podría corresponderse en buena parte con un nivel de degradación de éste último.

#### 3.2.1.6.- Valles

La dinámica actual y subactual ha conformado unos valles extensos y un aparato

fluvial bien desarrollado, con un sistema de terrazas y sus formas asociadas, (conos de deyección y coluviales). En líneas generales se observa una extensa llanura de inundación, en la que se encaja muy tímidamente el cauce actual, una terraza baja muy escasamente representada y alterada morfológicamente por labores agrícolas, un segundo nivel de terrazas bastante bien desarrollado y con bastante continuidad y un tercer nivel también muy poco desarrollado y sólo reconocible en el río Guardal. Entre el segundo nivel de terraza y el tercero, o la llanura de inundación, quedan restos de depósitos de vertientes con morfología acordonada y pequeños conos colgados.

### **3.2.2.- Estudio del Modelado**

Con independencia de los elementos de carácter antrópico, las formas presentes en el modelado de la hoja pertenecen a tres claros dominios morfogenéticos: fluvial, laderas y mixto o poligénico.

#### **3.2.2.1.- Fluvial**

Este dominio morfogenético está excelentemente representado, tanto por lo que se refiere a formas de denudación como a las de acumulación. En cuanto a las primeras merece la pena destacar el intenso proceso de acarcavamiento, con profusión de formas asociadas a las vertientes, (incisiones lineales, carcavas, aristas, etc.). Este proceso que se manifiesta con un claro control litológico, se desarrolla básicamente sobre las arcillas y margas con yesos pleistocenos, quedando mínimamente representado en el resto de las vertientes. Este proceso también origina un típico modelado de "*badlands*", realmente espectacular en las vertientes de los ríos Guardal y Baza, en este último caso sólo en su margen derecha.

Las formas de acumulación están también óptimamente representadas, aunque debido a su propia naturaleza en menor extensión. En la cuenca del río Guardal se diferencia con claridad un sistema de tres terrazas. La terraza superior (b), situada a +40 m, está mínimamente representada en la margen derecha del río Guardal, al norte de la hoja, al oeste de la carretera de Benamaurel a Castilléjar y Huéscar. La terraza segunda (c) es la que está más ampliamente representada, se sitúa a +25 m y es perfectamente visible en el río Castril, Guardal y Baza, quedando mejor expuesta en la zona de confluencia de dichos ríos. El tercer nivel (d), situado a +6-10 m, está muy poco desarrollado, siendo visible en el río Guardal, cerca de la confluencia con aquél. Probablemente asociados a esta última terraza, pertenezcan unos depósitos colgados que se corresponden con coluviales y conos aluviales de esta última generación, aunque en muchos casos han perdido su morfología al estar intensamente aterrizados por prácticas agrícolas. En la vecina hoja de Huéscar, estos depósitos fluviales y de ladera con morfología de cordón tienen un gran desarrollo, y se han diferenciado hasta tres generaciones de depósitos col-

gados, asociados cada uno de ellos a los distintos niveles de terrazas. La pérdida de su morfología por prácticas de aterrazamiento, ha condicionado su agrupación en fondos de valle desde un punto de vista genérico. En la presente hoja esta diferenciación no ha sido posible, ya que tan sólo se identifican con claridad los depósitos asociados al tercer nivel de terrazas, que han sido clasificados, por otra parte, bien como coluviales o como conos. Se ha reservado, en este caso, el término fondo de valle para los restantes depósitos asociados a los cauces, cuya cronología relativa no ha podido ser determinada pero que, en cualquier caso, pueden involucrar materiales cuyo depósito se relaciona cronológicamente con episodios más antiguos de la red, aunque sigan siendo activos en la actualidad.

### 3.2.2.2.- Laderas

Como formas de acumulación cabe referirse tan sólo a los coluviones y derrubios de ladera en general, que se relacionan con las vertientes del Jabalcón y de los relieves del sector oriental de la hoja, sobre todo en la vertiente sur del vértice Hinojora.

Estos mismos depósitos, aunque de distinta naturaleza litológica, se producen en las vertientes desarrolladas sobre los materiales de relleno de la Depresión, modelando la parte baja de las pendientes en conexión con el sistema fluvial actual. En la parte alta y media de estas vertientes, sobre todo en el lado este del Jabalcón, es posible observar, sobre las margas y arenas pliocuaternarias, deslizamientos de ladera de pequeñas proporciones, la mayor parte de los casos por descalce de la zona basal de la pendiente.

### 3.2.2.3.- Poligénico

Como formas mixtas asociadas a la acción común del sistema morfodinámico fluvial y al de vertientes, se observa en la hoja un sistema de glacis y depósitos aluviales-coluviales indiferenciados.

Por lo que a los primeros se refiere, el más antiguo de ellos (G1) se corresponde con un glacis de colmatación, generalmente encostrado, de entidad regional a nivel de toda la Depresión. Se trata de un glacis de depósito consecuencia del aporte de sedimentos por los cauces que drenan los relieves de las sierras del borde de la Depresión. Este glacis origina un sistema de abanicos aluviales coalescentes, cuyos materiales, asociados a las vertientes, no siempre están estrictamente relacionados con escorrentía canalizada. El segundo nivel de glacis (G2) está bastante menos representado, debido, probablemente, a su parcial degradación por la actividad erosiva de la red. Dicho glacis tendería a suavizar el relieve de las vertientes modeladas en los propios materiales de relleno de la Depresión, producido como consecuencia del encajamiento de la red sobre la superficie G1. Está bien representado en las

inmediaciones de Zújar, al norte de Baza y al sur de Benamaurel.

Por último, al oeste del río Baza (borde sur de la hoja), sobre unas superficies de muy escaso relieve, que enlazan el glacis G2 con la cabecera de las vertientes acar-cavadas, se han cartografiado unos depósitos con denominación de aluvial-colu-vial, porque su origen genético es incierto, toda vez que no es posible diferenciar los materiales aportados en régimen fluvial, de aquellos otros relacionados por la acción gravitatoria en las vertientes. La proximidad de afloramientos pertenecien-tes al G2 sugiere la posibilidad que estos sedimentos pudieran estar relacionados con dicho glacis.

### **3.2.3.- Formaciones Superficiales**

A la vista de todo lo expuesto anteriormente, cabe concluir que las formaciones superficiales existentes en la hoja presentan un notable desarrollo en extensión.

Los glacis están constituidos por depósitos de arenas, limos y arcillas con cantos que en el caso de G1 (h), que aparece encostrado por procesos diagenéticos en amplias superficies. Este depósito (G1) presenta una gran continuidad a nivel regional, correspondiéndose, como ya se ha señalado, con la superficie de colma-tación de la Depresión de Guadix-Baza. Estos materiales, en realidad, correspon-den al depósito de un sistema extenso de abanicos aluviales coalescentes, pudien-do en ocasiones llegar a diferenciarse varios cuerpos sedimentarios. En cualquier caso siempre tienen un común denominador: denudan los relieves externos de sierra, que constituyen el borde y sustrato de la Depresión. El glacis G2 (i), que se genera sobre las vertientes ya modeladas sobre los materiales de relleno de la depresión constituye la segunda generación.

Los depósitos clasificados como aluviales-coluviales presentan mucho menos des-arrollo y constituyen un recubrimiento de varios metros en zonas peneplanizadas (j).

Los depósitos coluviales se sitúan en las orlas perimetrales de los relieves de sie-rra, y en las vertientes modeladas de los ríos Castril e Hinojora sobre los materia-les de relleno de la Depresión.

Los depósitos superficiales de carácter fluvial se corresponden con los fondos de valle, (muy retrabajados por labores agrícolas), con las terrazas, con depósitos extensos de arroyada y con la llanura situada entre el Jabalcón y el río Baza, tam-bién muy alterados por la acción antrópica.

### **3.2.4.- Evolución Dinámica**

El establecimiento de la cronología relativa de los acontecimientos que tienen

lugar en esta hoja, requiere de la ayuda de fenómenos observados en las vecinas hojas de Cuevas del Campo, Pozo Alcón, Huéscar y San Clemente.

Hasta el Tortonense superior la cuenca fue de carácter marino. El progresivo levantamiento de los bordes le confiere un aislamiento de la Cuenca Mediterránea, con la que debía conectar por el pasillo existente entre las sierras de Estancias y Filábres. Con esta estructuración se conformó la arquitectura casi definitiva del relieve que circunda la Depresión de Guadix-Baza, comenzando a partir de ese momento la denudación hacia dicha Depresión. Esta denudación fue de marcado carácter endorreico hasta, probablemente, el Holoceno basal, momento en el que se produjo su colmatación. A continuación se inició el cambio en la dirección del drenaje hacia la Cuenca Atlántica, a través del río Guadalquivir como en la actualidad se observa.

De la denudación de los relieves béticos a lo largo de todo el Terciario terminal, según un nivel generalizado de arrasamiento que peneplanizó las cumbres de las principales sierras, quedó lo que algunos autores (LÓPEZ BERMÚDEZ, 1986) han definido como "superficie de erosión finiterciaria", perfectamente visible entre los 1.700 y los 1.900 m de altitud en la vecina hoja de San Clemente. Estas planicies, desarrolladas en buena parte sobre unidades carbonatadas, constituyeron excelentes plataformas sobre las que se instaló, desde el Terciario terminal, un sistema cárstico nivo-pluvial, con amplia profusión de formas, tanto endo como exocársticas, que perdura hasta la actualidad.

Paralelamente a éllo, en aquellas unidades no proclives por su litología a la instalación del sistema cárstico, actuaron procesos característicos de otros sistemas morfodinámicos. Así, y hasta el Plioceno terminal, continuó la denudación de los relieves menos resistentes al proceso erosivo, cuyos materiales fueron evacuados hacia la Cuenca de Guadix-Baza por la incipiente red de drenaje formada. El último registro de los depósitos de la Depresión, se corresponde, con la tupida red de abanicos aluviales coalescentes y que terminó produciendo la colmatación de la cuenca muy probablemente en el Holoceno basal.

A partir de la colmatación de la cuenca continental, y probablemente tras un período de estabilidad tectónica, continuó la inestabilidad, que favoreció el inicio del encajamiento de la red de drenaje, ya de componente atlántica, sobre la superficie de colmatación. Desde ese momento hasta la situación actual se han deducido, al menos, otras dos fases de encajamiento de la red, representadas por un sistema de terrazas y de fondos de valle escalonados en tres períodos diferentes (tampoco reconocibles en esta hoja), sobre el último de los cuales se está produciendo en la actualidad un nuevo episodio de encajamiento.



### **3.2.5.- Tendencias**

La prolongación del período resistásico actual debe manifestarse en una prolongada continuación del fenómeno erosivo y de pérdida de suelo, principal agente morfodinámico actual. Este fenómeno erosivo está favorecido a escala muy local, por la intervención humana con la destrucción de la cobertera edafo-vegetal autóctona e intentos de repoblación con especies poco apropiadas. También con el abandono de labores agrícolas y de conservación de suelos, obras infraestructurales de carácter lineal con muy escasa integración medioambiental. Todo ello favorece que la dinámica de laderas, alteraciones en las características hidrodinámicas de la red fluvial, etc., sean factores que contribuyen a la denudación progresiva del relieve.

## **4.- HISTORIA GEOLÓGICA**

Durante la evolución alpina de las Cordilleras Béticas, en el Mioceno inferior a medio, se produjo un desplazamiento de mantos tectónicos hacia el norte. El apilamiento de estos mantos junto con la flexura del zócalo, dio origen a un conjunto de cuencas neógenas en régimen compresivo, como la del Guadalquivir y otras en régimen extensional, en la parte interna del Orógeno Bético, como la cuenca de Guadix-Baza.

La hoja de Cúllar-Baza se inscribe en la Cuenca de Guadix-Baza. En la parte occidental de esta hoja aparecen materiales muy deformados pertenecientes a las Zonas Externas, mientras que en los ángulos suroccidental y suroccidental, los materiales corresponden a las Zonas Internas. La intensa deformación que estos dominios paleogeográficos presentan, en los cuales la mayoría de unidades están desarticuladas y desplazadas de su posición original, probablemente muchos kilómetros, y el apilamiento posterior al que han sido sometidos por etapas tectónicas sucesivas, impide hacer una reconstrucción paleogeográfica fiable de su medio de depósito.

Sin embargo, por datos regionales se conoce que el Jurásico se implantó en un régimen marino, representado por una extensa y somera plataforma carbonatada.

En la hoja de Cúllar-Baza no hay registro estratigráfico aflorante entre el Cretácico y el Plioceno inferior, por lo que la reconstrucción de la historia geológica no es fiable.

Durante el Plioceno y el Pleistoceno los relieves más antiguos existentes en la hoja, suministraron gran cantidad de sedimentos distribuidos por sistemas aluviales. En las zonas próximas a los bordes mediante dispositivos de abanicos, y en zonas más alejadas, por medio de ríos trenzados de baja sinuosidad, con presencia de grandes llanuras lútficas. Hacia el centro de la hoja, que a su vez es coincidente con la parte central de la cuenca, se desarrollaron facies claramente lacustres con intervalos evaporíticos.

La comparación entre los sectores de Cortes de Baza y Benamaurel, permite sugerir una transición en sentido NO a SE, es decir de facies marginales a facies centrales de cuenca. En la primera localidad los sistemas de depósito son compatibles con un sistema fluvial de sinuosidad moderada y tasa de sedimentación relativamente elevada, que evoluciona hacia un sistema fluvial con una tasa sedimentaria pulsacional y principalmente reducida más hacia el centro de la cuenca. En Benamaurel se detecta un marcado carácter repetitivo de secuencias, que reflejan una ampliación del sistema lacustre.

Llama la atención, en las facies caracterizadas como centrales dentro del sistema lacustre, la pobre representación de facies salinas bien desarrolladas (en términos de espesor de bancos y de continuidad lateral de éstos). La única fase salina reconocida es sulfato cálcico, en su mayoría como yeso, aunque no se descarta que hallan precipitado inicialmente algunas fases anhidríticas. Las facies sulfatadas precipitadas en cuerpo de agua libre se reducen a capas delgadas de yeso laminado y selenitas de orden centimétrico. El resto del sulfato, o sea la mayor parte que forma las secuencias, es de carácter intrasedimentario, siendo el yeso detrítico de procedencia mixta por retrabajamiento de los dos tipos de yeso antes descritos. De esta forma, buena parte del registro sedimentario en facies centrales de cuenca estuvo constituido por depósitos terrígenos finos con ocasionales llegadas de arenas de granulometría media a fina.

Una vez finalizada la sedimentación fluvio-lacustre de la cuenca, esta se colmató, formándose un sistema de abanicos y glaciares. Estos dispositivos formaron una unidad con significado morfológico, conocida como "nivel de colmatación", con la que terminó el relleno endorreico de la cuenca. La colmatación se produjo a una altitud aproximada de 1.000 m (s.n.m.), lo que supone una manifiesta situación de inestabilidad erosiva. El resultado de esta situación fue el inicio de la dinámica exorreica, siendo la superficie de la cuenca (y relieves circundantes) capturada por la red de drenaje del río Guadalquivir. Así comenzó la erosión y evacuación, durante el Holoceno, de los depósitos de la cuenca, mediante repetidas fases de formación de valles por incisión fluvial y de relleno de los mismos por glaciares de vertientes y terrazas. Los tres sistemas de glaciares que se observan, indicarían la existencia, al menos, de tres fases principales (de intensidad acentuada) de evacuación ligadas a la dinámica exorreica de la cuenca.

## **5.- GEOLOGÍA ECONÓMICA**

### **5.1.- HIDROGEOLOGÍA**

#### **5.1.1.- Climatología**

Desde el punto de vista climático, y de acuerdo con los datos de las estaciones cli-

matológicas de Baza, Benamaurel y Cúllar-Baza, la zona se caracteriza por presentar una temperatura media comprendida entre los 14,6°C, en Baza, y los 15,7°C en Benamaurel. Corresponden las mínimas en todos los casos al mes de Enero 6,9-8,3°C, y las máximas al mes de Agosto, 23,9-24,5°C. La temperatura media estacional es de 7,4-8,8°C para invierno, 12,8-14,1 para primavera, 22,6-23,2 para verano y 14,5-16,7 para otoño.

Por lo que a las precipitaciones se refiere, los valores anuales totales oscilan entre los 324,5 mm de Cúllar-Baza y los 388,8 mm de Benamaurel, encontrándose la estación de Baza en una posición intermedia, con 362 mm. Los valores estacionales mínimos y máximos, según los observatorios, son de 95,5-115 mm para invierno, 11-133,1 para primavera, 29,3-35,3 para verano y 88,7-98,6 para otoño. La evapotranspiración se sitúa entre los 774,6 mm/año, en Baza, y los 812,8, en Benamaurel.

Se trata, en suma, de un clima de marcada continentalidad, cálido y seco en verano, con un invierno muy frío y con heladas que se extienden durante el otoño e invierno, aunque con muy limitada precipitación. Las escasas lluvias se concentran en pocos días, por lo que suelen adquirir un carácter violento y torrencial. Todo ello define un clima riguroso y extremado, típico de altiplanicie continental con rasgos de marcada aridez.

### **5.1.2.- Hidrología Superficial**

La hoja de Cúllar-Baza es atravesada por cuatro cursos de agua principales, ríos Castril, Guardal, Cúllar y Gallego (o de Baza), en cuyas confluencias se origina el río Guadiana Menor, uno de los principales afluentes del Guadalquivir.

Todos estos cursos presentan escorrentía permanente, si bien los cauces de los ríos Cúllar y Gallego puntualmente pueden encontrarse secos por la desviación de sus caudales para riego.

La parte más baja del cauce del Guadiana Menor está inundada por la cola del embalse del Negratín, de 546 Hm<sup>3</sup> de capacidad, el cual cuenta con una aportación media de 321 Hm<sup>3</sup>/año. De otra parte, los ríos Guardal y Castril presentan sendos embalses en cabecera, el último en fase de construcción, por lo que sus caudales, dentro de la hoja, ya se encuentran regulados.

### **5.1.3.- Características Hidrogeológicas**

Las rocas que presentan interés hidrogeológico dentro del espacio cartografiado, corresponden a los carbonatos de las unidades alpujárrides, maláguides y subbéticas, además de los sedimentos detríticos que orlan la Depresión de Guadix-Baza.

Los primeros deben su permeabilidad a procesos de fracturación y posterior carsificación de los macizos rocosos, mientras que en los segundos se asocia a la porosidad intergranular que presentan. Cuando los afloramientos de las formaciones permeables adquieren cierta entidad, forman acuíferos o unidades hidrogeológicas, distinguiéndose en la hoja de Cúllar-Baza las siguientes:

- Unidad hidrogeológica de Cúllar-Baza
- Unidad hidrogeológica de Sierra de Orce
- Unidad hidrogeológica de Sierra de las Estancias
- Unidad hidrogeológica de Sierra de Baza
- Unidad hidrogeológica de Jabalcón
- Acuífero detrítico de Pozo Alcón
- Acuífero detrítico de Huéscar-Puebla
- Acuíferos aluviales.

Los tres primeros se encuentran conectados entre sí y forman un conjunto de funcionamiento hidráulico homogéneo, por lo que se describirán conjuntamente.

Estos acuíferos drenan sus recursos esencialmente por manantiales o salidas difusas a los ríos, ya que existe un bajo número de sondeos. Los principales puntos de agua se reseñan en el cuadro 1:

| Nº Inventario | Nombre          | Caudal (l/seg) | Cota (m.s.n.m.) | ACUIFERO         |
|---------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|
| 2237-1-1      | Fique Alto      | 5              | 800             | Detr. Pozo Alcón |
| 2237-1-2      | Baños de Zújar  | 180            | 617             | Jabalcón         |
| 2237-4-32     |                 | 10             | 650             | Cúllar - Baza    |
| 2237-4-9      | Sond. Abst.     | 10             | 920             | Cúllar - Baza    |
| 2237-5-8      | Fuente Grande   | 50             | 840             | Sierra de Baza   |
| 2237-5-10     |                 | 20             | 730             | Sierra de Baza   |
| 2237-5-19     | Sondeo Regantes | ?              | 850             | Sierra de Baza   |
| 2237-6-20     |                 | 8              | 740             | Aluvial          |
| 2237-6-64     |                 | 6              | 760             | Aluvial          |
| 2237-8-2      |                 | 36             | 880             | Cúllar - Baza    |
| 2237-8-3      |                 | 3              | 800             | Cúllar - Baza    |
| 2237-8-11     | Sondeo riego    | 30             | 990             | Estancias        |
| 2237-8-14     | Sondeo Abast.   | 20             | 900             | Cúllar - Baza    |
| 2237-8-15     | Sondeo Abast.   | 1              | 840             | Cúllar - Baza    |

Cuadro 1.- Resumen de inventario de puntos de agua de la hoja de Cúllar-Baza (972)

A continuación se resumen las principales características de los acuíferos existentes.

Unidad hidrogeológica de Cúllar-Baza. Se asocia a los sedimentos detríticos del borde noreste de la Depresión de Guadix-Baza. Estos sedimentos tienen naturaleza conglomerática en las proximidades de los relieves marginales, y son arenosos hacia el centro de la Depresión. Puntualmente también presentan algunos afloramientos carbonatados del sustrato maláguide.

Hacia el este contactan con los carbonatos jurásicos de la Sierra de Orce y en su borde suroccidental con las dolomías de Sierra de las Estancias, con los que están en continuidad hidráulica. El borde occidental viene marcado por el cambio de facies a limos con yeso.

La potencia de la unidad supera los 200 m.

Los parámetros hidráulicos conocidos indican transmisividades de 169 a 276 m<sup>2</sup>/día y caudales específicos de 1,1 a 0,25 l/seg.

La piezometría asociada a cotas varía de 950 m.s.n.m. en el borde de la Sierra de Orce, a 860 m.s.n.m. en la localidad de El Margen, con un gradiente del 1,3 al 2% hacia el oeste. Las isopiezas son cóncavas con respecto a los cauces, hacia donde se produce la descarga de los recursos, fundamentalmente en forma de aportación difusa. Las isopiezas también muestran claramente la alimentación hídrica desde las sierras cercanas.

Las aguas son de baja a mediana salinidad y de facies bicarbonatada a sulfatada cálcica, encontrándose una gradación en aguas más concentradas hacia el oeste.

Los recursos del acuífero se sitúan en 25,8-29,1 Hm<sup>3</sup>/año, de los que 19-20,1 Hm<sup>3</sup>/año provienen de la alimentación subterránea desde los acuíferos de Sierra de Orce y Estancias.

Unidad hidrogeológica Sierra de Baza. Esta unidad se asocia al extenso conjunto de afloramientos de dolomías triásicas alpujárrides, que pertenecen a la Sierra de Baza, y que en la hoja están representados por los afloramientos aislados situados en las proximidades de Zújar.

La unidad presenta en su conjunto una extensión superficial de 272 km<sup>2</sup>.

Una parte de esta unidad en el ámbito de la hoja, se encuentra confinada bajo sedimentos de la Depresión de Guadix-Baza, hecho puesto de manifiesto por sondeos de captación. En el pequeño afloramiento próximo a Zújar se encuentra Fuente Grande, de caudal próximo a 50 l/seg, y otras surgencias de caudal

conjunto próximo a los 100 l/seg, que se sitúan a cotas comprendidas entre 840 y 860 m.s.n.m.

El agua drenada por estos puntos presentan salinidades próximas a 800 mg/l y facies bicarbonatada-sulfatada magnésico-cálcica.

La unidad tiene unos recursos de 35 Hm<sup>3</sup>/año, de los que 3 Hm<sup>3</sup>/año son drenados por las mencionadas surgencias de Zújar.

Unidad hidrogeológica de Jabalcón. La unidad se asocia al macizo carbonatado del Jabalcón, el cual se corresponde con un afloramiento aislado de calizas y dolomías jurásicas de 5 km<sup>2</sup> de extensión.

Esta unidad tiene la particularidad de que, pese a su reducida extensión y por consiguiente alimentación por percolación de precipitaciones limitadas (estimadas en 1 Hm<sup>3</sup>), presenta tres surgencias de elevado caudal, por el que se drenan 6 Hm<sup>3</sup>/año (sobre 180 l/seg) y con temperaturas comprendidas entre 37 y 40°C.

Estos manantiales se presentan entre los 617 y 656 m.s.n.m., con salinidades de hasta 5 gr/l y facies clorurada-sulfatada sódico-cálcica.

Las características y caudal de estas aguas hacen suponer que su procedencia esté en relación con los macizos carbonatados de la Sierra de Baza.

Acuífero detrítico de Pozo Alcón. Este acuífero se ha definido sobre los afloramientos de conglomerados y calizas lacustres que en esta zona colmata la secuencia de relleno de la Depresión de Guadix-Baza.

En conjunto presenta una superficie superior a 100 km<sup>2</sup> de los que sólo unos 6 km<sup>2</sup> se ubican en la esquina NO de la hoja de Cúllar-Baza.

En esta zona el acuífero alcanza de 50 a 60 m de potencia y se encuentra colgado sobre materiales de baja permeabilidad.

El único punto de drenaje existente es el nº 2237-1-1 ubicado al pie de los tramos permeables, a la cota 800 m.s.n.m. y arroja un caudal de 10 l/seg.

Este acuífero no ha sido objeto de trabajos específicos y sus principales características hidrogeológicas aún están por definir.

Acuífero detrítico de Huéscar-Puebla. Corresponde a un extenso acuífero desarrollado a favor de la orla detrítica que bordea los relieves septentrionales de la Depresión de Guadix-Baza. En esta orla hay una gradación en el tamaño de grano, desde facies

conglomeráticas a limosas, en sentido norte-sur, que tiene su correspondencia con una disminución de su interés hidrogeológico en ese mismo sentido.

En la hoja sólo se localiza un pequeño afloramiento ubicado en la margen izquierda del río Castril y que corresponde al extremo suroccidental del acuífero. A pesar de ser el punto de menor cota en una amplia superficie no se han observado salidas de agua, por lo que se supone que, de existir, deben realizarse al aluvial del río.

Para descripciones más detalladas se remite al lector a la hoja de Huéscar donde aflora ampliamente.

**Aluviales.** Los depósitos aluviales no están muy desarrollados en la hoja, presentándose, en el mejor de los casos, con anchuras de 500-700 m a ambos lados de los cauces fluviales.

También se da la particularidad de que el sistema de terrazas que se desarrolla, se encuentra en gran parte colgado sobre un sustrato impermeable, lo que impide un contacto directo con los cauces.

Como conclusión se indica que el interés hidrogeológico de los aluviales se ciñe a las terrazas bajas y lecho de inundación, fundamentalmente por la alimentación continuada que presentan desde el cauce fluvial.

## **5.2.- RECURSOS MINERALES**

### **5.2.1.- Minerales no metálicos**

En la hoja de Cúllar-Baza hay una gran proliferación de indicios de azufre nativo. Estos indicios han sido conocidos tradicionalmente como los yacimientos de Benamaurel. Se encuentran repartidos en varios sectores, unos situados varios kilómetros al este de Benamaurel y otros al oeste-noroeste de esta localidad.

Los indicios de azufre están asociados a la unidad evaporítica de limos, arcillas y yesos con niveles de margas (9). El azufre se presenta generalmente en nódulos o bolsadas, otras veces aparecen en delgados niveles milimétricos intercalados entre margas y arcillas con yesos.

En la zona de Benamaurel se explotó el azufre desde el siglo pasado, hasta la década de los años 60 que fue cuando cesó toda actividad. Los vestigios mineros que han quedado hoy día se reducen a varios pocitos, la mayoría de ellos tapados, y algunas galerías en su mayor parte derruidas; además en tiempo reciente

las labores de repoblación forestal de esta zona, han borrado prácticamente las huellas que quedaban de esta minería singular.

GARCÍA-CERVIGON et al. (1.983) y REYES GARCÍA, J.C. et al. (1.992), proponen una génesis biosingenética de las mineralizaciones de azufre, a través de una actividad bacteriana.

### **5.2.2.- Minerales Energéticos**

Se han reconocido en las inmediaciones de Cortes de Baza varios indicios de lignito.

El lignito está asociado a la unidad de margas, margocalizas, arenas y conglomerados blanquecinos (8). Aflora en las cercanías de Cortes de Baza y se dispone en capas más o menos tabulares de orden centimétrico a decimétrico, si bien son frecuentes niveles milimétricos intercalados.

El ITGE (1.987) realizó el proyecto: "Exploración de lignitos en las cuencas terciarias del ámbito bético". En los alrededores de Cortes de Baza se hicieron dos sondeos mecánicos para reconocer la evolución de los niveles de lignito en profundidad. El sondeo nº 1 cortó un nivel de lignito arcilloso de 30 cm de espesor a 35 m de profundidad y otro nivel de lignito de 65 cm a 127 m de profundidad. Este último con un poder calorífico de 1.937 Kcal/kg. El sondeo nº 2 atravesó hasta siete niveles de margas lignitíferas entre los 30 y 70 metros de profundidad, con un poder calorífico muy bajo (< 850 Kcal/kg) excepto uno de ellos de unos 50 cm de espesor, a una profundidad de 35 m, cuyo poder calorífico analizado fue de 2.080 kcal/kg.

En 1.989 el ITGE prosiguió la investigación en el sector de Cortes de Baza y zonas adyacentes (hoja de Huéscar), con el proyecto: "Prospección de lignitos terciarios en los sectores de Ibi-Cúllar-Baza-Campo Goy". Durante este trabajo se realizaron otros dos sondeos en la hoja de Cúllar-Baza (sondeos nº 3 y 4). Las series atravesadas, de naturaleza fundamentalmente margo-arenosa, cortaron numerosos niveles lignitíferos con poderes caloríficos siempre inferiores a 1.000 kcal/kg, excepto dos niveles de lignitos (uno en cada sondeo) a 80 y 17,5 m de profundidad respectivamente, con espesores de 45 y 70 centímetros, cuyos poderes caloríficos analizados han sido entre 1.500 y 2.000 kcal/kg.

### **5.2.3.- Rocas Industriales**

Se han reconocido dos canteras de áridos para la construcción (1 y 2), en la carretera que unen las localidades de Baza y Benamaurel. Estas canteras, de actividad muy periódica, se ubican sobre las terrazas de los ríos Cúllar-Baza y Baza.



| MINERALES Y ROCAS INDUSTRIALES |                        |                    |                           |                      |                         |                    |
|--------------------------------|------------------------|--------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------|--------------------|
| n<br>(n/ 1:200.000)            | Coordenadas<br>U.T.M.  | Sustancia          | T. Municipal<br>Provincia | Morfología           | Mineralogía             | Observaciones      |
| 1                              | x: 525071 / y: 4158668 | Arido natural      | Benamaurel Granada        | Terrazas             |                         | Cantera abandonada |
| 2                              | x: 525396 / y: 4160503 | Arido natural      | Benamaurel Granada        | Terrazas             |                         | Cantera abandonada |
| 3                              | x: 535356 / y: 4151543 | Arido de machaqueo | Cúllar-Baza Granada       | Estratos dolomíticos | CO <sub>3</sub> Ca (Mg) | Cantera abandonada |
| 4                              | x: 536542 / y: 4152752 | Mármol             | Cúllar-Baza Granada       | Estratoide           | CO <sub>3</sub> Ca      | Indicos            |
| 5                              | x: 536706 / y: 4153149 | Mármol             | Cúllar-Baza Granada       | Estratoide           | CO <sub>3</sub> Ca      | Indicios           |
| 6 (72)                         | x: 522100 / y: 4163499 | Azufre             | Benamaurel Granada        | Estratoide nódulos   | S                       | Pozos              |
| 7 (73)                         | x: 525064 / y: 4164383 | Azufre             | Benamaurel Granada        | Estratoide nódulos   | S                       | Pozos              |
| 8 (79)                         | x: 528595 / y: 4164142 | Azufre             | Benamaurel Granada        | Estratoide nódulos   | S                       | Zona reforestada   |
| 9 (78)                         | x: 529752 / y: 4166098 | Azufre             | Benamaurel Granada        | Estratoide nódulos   | S                       | Zona reforestada   |
| 10 (76)                        | x: 530655 / y: 4164035 | Azufre             | Benamaurel Granada        | Estratoide nódulos   | S                       | Zona reforestada   |
| 11 (77)                        | x: 529878 / y: 4162830 | Azufre             | Benamaurel Granada        | Estratoide nódulos   | S                       | Zona reforestada   |
| 12 (75)                        | x: 529415 7 y: 4160445 | Azufre             | Benamaurel Granada        | Estratoide nódulos   | S                       | Zona reforestada   |
| MINERALES ENERGETICOS          |                        |                    |                           |                      |                         |                    |
| n<br>(n/ 1:200.000)            | Coordenadas<br>U.T.M.  | Sustancia          | T. Municipal<br>Provincia | Morfología           | Mineralogía             | Observaciones      |
| 1 (71)                         | x: 519438 / y: 4167000 | Lignito            | Cortes de Baza Granada    | Estratificado        | C                       | Sondeo e indicio   |
| 2                              | x: 520081 / y: 4168940 | Lignito            | Cortes de Baza Granada    | Estratificado        | C                       | Sondeo             |
| 3                              | x: 517435 / y: 4168133 | Lignito            | Cortes de Baza Granada    | Estratificado        | C                       | Sondeo             |
| 4                              | x: 519347 / y: 4165306 | Lignito            | Cortes de Baza Granada    | Estratificado        | C                       | Sondeo             |

Cuadro 2.- Resumen de los indicios de rocas y minerales industriales y energéticos en la hoja de Cúllar-Baza (972).

También existe una cantera de áridos de machaqueo (3), abandonada en la actualidad, situada cerca del cortijo Las Casicas (ángulo sureste de la hoja) sobre calizas y dolomías alpujárrides.

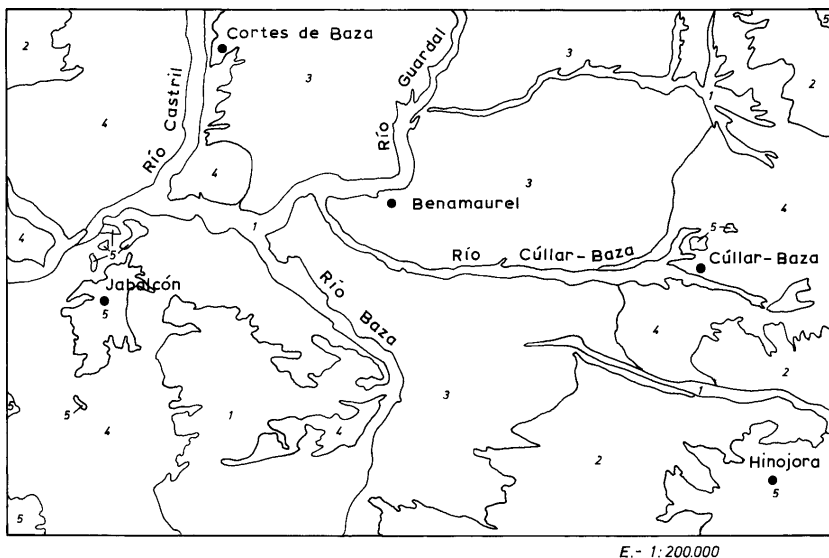
En las inmediaciones del cerro La Raposa (ángulo suroriental de la hoja), se han reconocido dos indicios de mármoles (4 y 5). En ambos indicios han sacado varios bloques, probablemente para conocer la calidad y resistencia de estos materiales, sin que haya proseguido su actividad.

## **6.- CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS GENERALES**

Los materiales que afloran en la hoja de Cúllar-Baza se han diferenciado, en función de sus características litoestratigráficas y de edad, en un mapa geológico. Este mapa ha sido básico para agrupar por áreas, aquellos materiales que tienen unas características geotécnicas determinadas. En casos determinados las áreas, se han subdividido en zonas por su diversidad de facies litológicas.

Los criterios fundamentales que se han utilizado para la división de áreas han sido los relacionados con aspectos: litológicos, geomorfológicos, estructurales e hidrogeológicos. Desde un punto de vista geotécnico se han considerado algunas características de las rocas como son: permeabilidad, drenaje, ripabilidad, capacidad de carga, deslizamiento, etc., todo ello en relación con posibles riesgos geológicos que puedan afectar a cada área o zona.

En la hoja de Cúllar-Baza, se han distinguido cinco áreas, representadas en la **figura 3**, y dentro de éstas, ocho zonas. En el cuadro 3 se exponen las características geotécnicas, hidrogeológicas, geomorfológicas, estructurales y litológicas de las unidades cartografiadas y que corresponden a las áreas y zonas mencionadas.



#### LEYENDA

|   |          |   |         |
|---|----------|---|---------|
| 1 | AREA I   | 4 | AREA IV |
| 2 | AREA II  | 5 | AREA V  |
| 3 | AREA III |   |         |

figura 3.- Distribución de áreas geotécnicas

## 7.- PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO

Dentro del ámbito de la hoja se han seleccionado 3 puntos de interés geológico (PIG). Uno es el carácter estratigráfico, otro es de carácter tectónico y otro de carácter antrópico.

### - Contacto estratigráfico entre las formaciones de Guadix y Baza

Se observa una buena panorámica de las relaciones estratigráficas existentes entre la Formación Guadix (sedimentación fluvial y fluviolacustre) y la Formación Baza (sedimentación fluviolacustre y lacustre).

Este P.I.G. está situado en el ángulo noroccidental de la hoja, en las inmediacio-

| Area | Zona            | Unidades Cartográficas | Litología                            | Relieve               | Hidrogeología | Características Geotécnicas |                          |                                   |   |          |   |
|------|-----------------|------------------------|--------------------------------------|-----------------------|---------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---|----------|---|
|      |                 |                        |                                      |                       | Permeabilidad | Resistenc.                  | Cimentación              | Excavabil.                        | Taludes                                 | Drenaje  | Riesgos Nat.                            |
| I    | I <sub>1</sub>  | 13, 14, 15, 17 y 21    | gravas, arenas y limos               | muy suave             | alta          | baja                        | cargas bajas             | con pala                          | inestables                              | bajo     | erosión, sedimentación e inundación     |
|      | I <sub>2</sub>  | 12, 18, 19 y 20        | gravas, arenas, limos y arcillas     | suave                 | alta          | baja                        | cargas bajas             | con pala                          | inestables                              | bajo     | erosión, sedimentación y deslizamientos |
| II   | II              | 11                     | conglomerados y arcillas             | suave                 | media-alta    | baja                        | cargas bajas o moderadas | con pico y localmente maquinaria  | variable, estable para ≤ 6 m y 1,5 H:1V | moderado | erosión                                 |
| III  | III             | 8 y 9                  | limos, arcillas y yesos              | variable con bad-land | baja          | baja                        | cargas bajas             | con pala                          | estables para ≤ 6 m y 1,5 H:1V          | alto     | erosión y deslizamientos                |
| IV   | IV <sub>1</sub> | 6 y 7                  | conglomerados, arcillas y carbonatos | variable              | alta          | baja                        | cargas bajas o moderadas | con pala y con pico (localmente)  | inestables                              | bajo     | erosión                                 |
|      | IV <sub>2</sub> | 8                      | arenas y arcillas con conglomerados  | variable              | media         | baja                        | cargas bajas             | con pico o a veces con maquinaria | inestables                              | moderado | erosión                                 |
| V    | V <sub>1</sub>  | 1, 2, 3, 4 y 5         | calizas y dolomías                   | abrupto               | media-alta    | alta                        | cargas altas             | maquinaria                        | estables                                | bajo     | desprendimientos                        |
|      | V <sub>2</sub>  | 1 y 5 (parcialmente)   | filitas y pizarras                   | suave                 | baja          | baja                        | cargas moderadas o bajas | maquinaria y voladuras            | inestables                              | alto     | erosión y deslizamientos                |

Cuadro 3.- Características geotécnicas generales de la hoja Cúllar-Baza (972)

nes del río Guadiana Menor. El acceso es fácil desde Zújar, por el camino forestal que rodea el Jabalcón.

- Contacto mecánico sobre las formaciones de Guadix y Baza

Este P.I.G. se caracteriza por la relación tectónica, de ámbas formaciones. Es uno de los escasos sitios donde puede observarse con claridad los efectos de la neotectónica en la Cuenca de Guadix-Baza.

El acceso es a través del camino de servicio del canal para riego que rodea el Jabalcón por su vertiente oriental.

- Pitones antrópicos

Constituyen dos conos de bases estrechas y gran altura 1,5 m por 7 m respectivamente, constituidos a partir de un gran rebaje del terreno. Según los lugareños, estos relieves de carácter artesanal fueron construidos por sus antepasados, para aprovechar un área de regadío junto al río Baza (ampliación de la llanura de inundación).

Se accede a este P.I.G. desde las inmediaciones del km 171 de la carretera nacional 342, antes de cruzar el río Baza, si se dirige desde esta localidad a Cúllar Baza.

## **8.- BIBLIOGRAFÍA**

-AGUILERA ALARCÓN y otros (1.988). Aplicación de toposecuencias de suelos al estudio de la evolución geomorfológica de las evaporitas de Baza. *Cong. Geolog. España*. Vol 1 pp. 351-355.

-AGUSTÍ, J.; GIBERT, J.; MOYA-SOLA, S.; and VERA, J.A. (1.987). Neogene-Quaternary boundary in the continental sediments of the Guadix-Basin (Southeastern Spain). *Ann. Inst. Geol. Publ. Hungria*. Vol. LXX. pp. 105-111.

-ALBERDI, M.T.; MAZO, A.V.; MORALES, J.; RUIZ-BUSTOS, A; SESE, C.; CERDEÑO, E.; HERRÁEZ, E. and SOTO, E. (1.985). Biostratigraphy of the continental Neogene and lower Quaternary of the Guadix-Baza (Southeast of Spain). VIII th *Conf. Reg. Com. on Med. Neog. Strat. Hungarian Geol. Survey*. pp. 56-59.

-ALBERDI, M.T.; ALONSO, M.A.; CERDEÑO, E.; MAZO, D.V.; MORALES, J. y SESE, C. (1.988). Biostratigrafía de las faunas de mamíferos de la Cuenca de Guadix-Baza (Granada). *II Congreso Geológico de España*. T-1. pp. 245-248.

-ALBERDI, M.T.; BONADONNA, F.P.; HOYOS, M. and LEONE, G. (1.988). Biostratigraphy

and geodynamic evolution of the Guadix-Baza área (Granada). *II Congreso Geológico de España*. T-1 pp. 249-252.

-ALBERDI, M.T.; ALONSO, M.A.; CERDEÑO, E. y RUIZ BUSTOS, A. (1.989). Investigaciones paleontológicas realizadas en la cuenca de Guadix-Baza entre 1.983 y 1.987. En: Trabajos sobre el Neógeno Cuaternario. 11, *Museo Nac. Cs. Nat.*, pp. 13-52.

-ALONSO, M.A., HOYOS, M. y MARTÍN ESCORZA, C. (1.988). Análisis morfológico de la Sierra de Baza y sus piedemontes. *Cong. Geolog. de España*. Vol. 1 pp. 355-358.

-ALONSO, M.A. (1.990). El Pleistoceno de la Cuenca de Guadix-Baza (zona occidental y área de Cúllar-Baza). Estratigrafía, sedimentología y evolución paleogeográfica. Tafonomía de yacimientos vertebrados. Tesis Doctoral. *Univ. de Madrid*. 540 pp.

-ANADÓN, P. (1.989). Los lagos salinos interiores (atalásicos) con faunas de afinidad marina del cenozoico de la Península Ibérica. *Acta Geol. Hispánica*. t. 24, 2, pp. 83-102.

-ANDRIEUX, J.; FONTBOTE, J.M. et MATTAUER, M. (1.971). Sur un modèle explicatif de l'Arc de Gibraltar. *Earth Plan. Sec. Letters*, 12, pp. 191-198.

-BAENA, J. y GUZMÁN, J.L. (1.979). Mapa Geológico de España (E.1:50.000). Chirivel (973). *Ins. Tecn. Geom. de España*.

-BOCCALETTI, M.; GELATI, R.; LÓPEZ GARRIDO, A.C.; PAPANI, G.; RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, J. and SANZ DE GALDEANO, C. (1.987). Neogene-Quaternary sedimentary-tectonic evolution of the Betic Cordillera. *Acta Naturalia de l'Ateneo Parmense*, 23, pp. 179-200.

-CIVIS, J. (1.989). Microfauna (foraminíferos y ostrácodos) en el Neógeno y Cuaternario de la Cuenca de Guadix-Baza y Corredor de Huercal-Overa. En: *Trabajos sobre el Neógeno-Cuaternario*. (ALBERDI y BONADONNA). pp. 119-126.

-CLOETINGH, P.A.; VAN DER BEECK, D.; VAN REES; ROEP, B.; BIERMANN, C. and STEPHENSON, R.A. (1.992). Flexural interaction and the dynamics of Neogene extensional basin formation in the Alboran - Betic Region. *Geo-Marine Letters*, 12. pp. 65-75.

-COMAS, M.C.; DELGADO, F. y VERA, J.A. (1.979). Mapa Geológico de España (Escala 1:50.000). Benalúa de Guadix (993). *Instituto Tecnológico Geominero de España*.

-CRUZ-SANJULIAN, J. y GARCÍA-ROSSEL, L. (1.972). Características hidrogeológicas del sector del Jabalcón (Provincia de Granada). *Boletín Geológico y Minero*. T-83. pp. 68-80.

- CRUZ-SANJULIAN, J.; GARCÍA-ROSSELL, L. y GARRIDO, J. (1.972). Aguas subterráneas. Aguas termales de la provincia de Granada. *Bol. Geol. Min.* T-83-3. pp. 266-275.
- DELGADO, F. (1.971). Observaciones sobre las Unidades Alpujárrides de la Sierra de Baza. *Cuad. Geol. Univ. Granada*. T. 2. Vols, pp. 41-48.
- DELGADO, F.; GÓMEZ, J. y MARTÍN, L. (1.980). Mapa Geológico de España (Escala 1:50.000). Baza (1994). *Instituto Tecnológico Geominero de España*.
- DIVERSOS AUTORES (1.982). Bad-Land, Geomorphology and piping. Edited by Rorke Bryan and Aaron Yais. *Geobooks*. England.
- DRASCHE, R. VON (1.879). Bosquejo geológico de la zona superior de Sierra Nevada. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*. pp. 353-388.
- DURAND-DELGA, M. et FOUCAULT, A. (1.968). Un èlément de la dorsale bétique: le Jabalcón (Prov. de Grenade, Espagne). *B.S.G.F.* 7.10. pp. 65-74.
- ESTÉVEZ, A.; LÓPEZ GARRIDO, A.C. y SANZ DE GALDEANO, C. (1.976). Estudio de las deformaciones recientes en el Sector del Negratín (Depresión de Guadix-Baza). In: Reunión sobre la Geodinámica de la Cordillera Bética y Mar de Alborán. *Secret. Publ. Univ. Granada*, pp. 165-192.
- FALLOT, P.; SOLE, I.; COLOM, G. y BIROT, P. (1.950). Sur l'age des couches de Baza et de la Formation de Guadix (province de Grenade). *C.R.S.A.S.* T.-231, pp. 504-507.
- FALLOT, P.; FAURE-MURET, A. et FONTBOTE, J.M. (1.967). Observations sur la Formation Guadix. *Bol. Inst. Geol. Min. Esp.*, LXXVIII. 48 pp.
- FERNÁNDEZ, J.; BLUCK, B.J.; RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, J.; SORIA, J. and VISERAS, C. (1.991). Evolución geodinámica de la Cuenca de Guadix. Cordilleras Béticas. *I Congreso del Grupo Español del Terciario*. Comunicaciones. pp. 123-126.
- FERNÁNDEZ, J.; BLUCK, B.J. and VISERAS, C. (1.991). A lacustrine fan-delta system in the Pliocene deposits of the Guadix basin (Betic Cordilleras, south Spain). *Cuadernos de Geología Ibérica*. Ed. Univ. Compl. nº 15. pp. 299-317.
- FOURNIER, F. (1.960). Climat et érosion. *P.U.F.*
- GARCÍA AGUILAR, J.M. y SORIA, F.J. (1.986-87). Correlación entre secuencias lacustres pliocenas en los sectores marginales de Orce y Gorafe (Depresión de Guadix-Baza. Granada). *Acta Geológica Hispana*. T-21-22. pp. 91-95.

- GARCÍA-CERVIGON, A.; SEBASTIÁN-PARDO, E. y RODRÍGUEZ-GALLEGO, M. (1.983). Mineralogía y génesis del yacimiento de azufre nativo de Benamaurel (Granada). *Bol. Geol. Min. de España*. 94 pp. 160-165.
- GARCÍA DUEÑAS, V. (1.967). Unidades paleogeográficas en el sector central de la Zona Subbética. *Not. Com. ITGE*, 101-102. pp. 78-100.
- GEEL, T. (1.973). The Geology of the Betic of Málaga, the Subbetic, and the zone between two units in the Vélez-Rubio área (southern Spain). *G.U.A. Papers of Geology*. Serie I. núm. 5. 179 pp.
- ITGE (1.987). Exploración de lignitos en las cuencas terciarias del ámbito bético. *Informes internos*. pp. 341-354. 2 sondeos.
- ITGE (1.989). Prospección de lignitos terciarios en los sectores de Ibi-Cúllar-Baza-Campo Goy. *Informes internos*. pp. 51-73.
- ITGE (1.990). Investigación hidrogeológica de los acuíferos de Sierra de Orce y Cúllar Baza. Proyecto de actualización de la infraestructura hidrogeológica, vigilancia y catálogo de acuíferos, años 1.988, 1.989 y 1.990. Infraestructura de Granada-Jaén. *Informe interno*.
- ITGE-EXCMA. DIPUTACIÓN DE GRANADA (1.990). *Atlas hidrogeológico de Granada*.
- ITGE / C.H.G. (1.994). Propuesta de normas de explotación de acuíferos: 05-02 Quesada-Castril; 05-03 Duda-Sagra; 05-04 Huéscar-Puebla y 05-07 Cúllar Baza (*Inédito*).
- MALDONADO, A. y NELSON, H. (1.988). Dos ejemplos de márgenes continentales de la Península Ibérica; el margen del Ebro y el Golfo de Cádiz. *Rev. Soc. Geol. España*. 1, pp. 3-4.
- MARTÍN ALGARRA, A. (1.987). Evolución geológica alpina del contacto entre las Zonas Internas y las Zonas Externas de la Cordillera Bética. *Tesis Univ. Granada*. pp. 1171.
- MATTAUER, M. (1.990). Las deformaciones de los materiales de la corteza terrestre. *Omega*. Barcelona, pp. 524.
- PEÑA, J.A. (1.979). El Plioceno-Pleistoceno de la Depresión de Guadix-Baza. *Tesis Univ. Granada*, 160 pp.
- PEÑA, J.A. (1.985). La Depresión de Guadix-Baza. *Est. Geol.* 41, pp. 33-46.



-PEÑA, J.A.; RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, J. y RUIZ-BUSTOS, A. (1977). El yacimiento de vertebrados de Cortes de Baza I (Depresión de Guadix-Baza). Nota preliminar. *Act. Geol. Hisp.* 12 (1-3) pp. 42-45.

-REYES CARCIA, J.L.; ZAPATERO RODRÍGUEZ, M.A.; FEIXAS, J.C. Y AVILA ELMIRO, V. (1992). El azufre biogénico en las cuencas neógenas del sureste. *Actas III Congr. Geol. de España*, T. 3, pp. 410-417.

-ROBLES, F. (1989). Moslucos continentales del Plio-Pleistoceno de la Cuenca de Guadix-Baza. En *Trabajos sobre el Neógeno-Cuaternario* (ALBERDI y BONADONNA). 11. pp. 127-138.

-RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, J. (1976). Estratigrafía de los materiales pleistocenos de una parte del sector central de la Depresión de Guadix-Baza. *Tesis de Licenciatura*. Univ. Granada (inéd).

-ROEP, T.B. (1980). Condensed Cretaceous limestones in a section near Xiquena, Betic of Malaga SE Spain. I General description and comparison with other areas in SE Spain. *Proc. Kon. Ned. Akad. Wet.*, 93,2 pp. 183-200.

-RUBIO CAMPOS, J.C. y DELGADO PASTOR, J. (1989). Estudio sobre el estado de la explotación del acuífero de Montilla-Huéscar-Puebla y del sector noroccidental del acuífero de la Sierra de Orce. Alto Guadalquivir. Granada. ITGE, *Tomo homenaje a Jorge Porras Martín*.

-RUIZ BUSTOS, A. (1976). Estudio sistemático y ecológico sobre la fauna del Pleistoceno medio en las Depresiones granadinas. El yacimiento de Cúllar-Baza-I. *Tesis doctoral*, Univ. de Granada, 1-293.

-RUIZ BUSTOS, A. (1984). El yacimiento paleontológico de Cúllar de Baza-I. *Investigación y Ciencia* 91, pp. 20-28.

-RUIZ-BUSTOS, A. (1988). Presencia de caracteres mimonianos en *Arvicola Hosbachensis*, SCHMIDTGEN, 1911, del yacimiento de Cúllar-Baza-I. Consideraciones sobre su origen. *II Congreso Geológico de España. Comunicaciones*. 1 pp. 325-328.

-RUIZ-BUSTOS, A. (1992). Bioestratigrafía del Neógeno en las cuencas Béticas. Significado geológico regional de las agrupaciones de yacimientos. *III Congreso Geológico de España y VII Congreso Latinoamericano de Geología*. Actas. 1 pp. 549-553.

-RUIZ ORTIZ, P.A. (1980). Análisis de facies del Mesozoico de las Unidades

Intermedias (entre Castril y Jaén). *Tesis Doctoral*. Univ. de Granada, 272 pp.

-SANZ DE GALDEANO, C. (1.983): Los accidentes y fracturas principales de las Cordilleras Béticas. *Est. Geol.*, 39. pp. 157-165.

-SEBASTIÁN, E. (1.979). Mineralogía de los materiales plioceno-pleistocenos de la Depresión de Guadix-Baza. *Tesis Univ.* Granada, 311 pp.

-SEBASTIÁN, E.; LÓPEZ-AGUAYO, F.; HUERTAS, F. y LINARES, F. (1.984). Las bentonitas sedimentarias de la Formación Fardes, Granada, España. *Clay Minerals*. 19. pp. 645-652.

-SESE, C. (1.989). Los micromamíferos del Mioceno, Plioceno y Pleistoceno de la cuenca de Guadix-Baza (Granada). *Trabajos sobre el Neógeno-Cuaternario*. Ed. Alberdi y Bonadonna. T-11, pp. 185-214.

-SORIA, J.M. y RUIZ BUSTOS, A. (1.991). Bioestratigrafía de los sedimentos continentales del sector septentrional de la Cuenca de Guadix, Cordilleras Béticas. *Geogaceta*, 9. pp. 94-96.

-SORIA, J.M. y RUIZ BUSTOS, A. (1.992). Nuevos datos sobre la edad del inicio de la sedimentación continental en la cuenca de Guadix. Cordillera Bética. *Geogaceta*, 11. pp. 92-94.

-SORIA, F.J.; SORIA, J.M. y DURAN, J.J. (1.988). Deformaciones recientes en el extremo noroccidental de la Cuenca de Baza (Cordilleras Béticas). *Geogaceta*. nº 5. pp. 59-61.

-SORIA, J.M. y FERNÁNDEZ, J. (1.989). Caracterización estratigráfica y evolución de los depósitos lacustres en la Cuenca de Guadix (Cordillera Bética). *Acta Geol. Hispánica*. 24 (3-4). pp. 309-319.

-SORIA, J.M. (1.993). La sedimentación neógena entre Sierra Arana y el río Guadiana Menor (Cordillera Bética Central). *Tesis Doctoral*. Inédita. 292 pp.

-VERA, J.A. (1.970). Estudio estratigráfico de la Depresión Guadix-Baza. *Bol. Geol. Min.*; LXXXI-V. pp. 429-462.



INSTITUTO GEOLOGICO  
Y MINERO DE ESPAÑA

RIOS ROSAS, 23 - 28003 MADRID



SERVICIO DE PUBLICACIONES  
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA