

FRANCISCO AUQUÉ SANZ - MARIA JOSÉ BLANCO TOMÁS - MARÍA PILAR  
LAPUENTE MERCADAL - JUAN MANDADO COLLADO - MANUEL ORTIGA CASTILLO

# GUÍA GEOLÓGICA DE TERUEL

## *I. Itinerarios por el Bajo Aragón*



*Coordinación:*

JUAN JOSÉ MURILLO RAMOS  
ANTONIO MARTÍNEZ BORRAZ



MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA

# GUÍA GEOLOGICA DE TERUEL

Elaborada por el Sr. D. Ángel...

BONATIVO

06/196

42181-1

FRANCISCO AUQUÉ SANZ - MARÍA JOSÉ BLANCO TOMÁS - MARÍA PILAR  
LAPUENTE MERCADAL - JUAN MANDADO COLLADO - MANUEL ORTIGA CASTILLO

# GUÍA GEOLÓGICA DE TERUEL

## I. Itinerarios por el Bajo Aragón

*Coordinación:*

JUAN JOSÉ MURILLO RAMOS  
ANTONIO MARTÍNEZ BORRAZ



R. 111. 907



MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA

BIBLIOMEC  
008489



Depósito Legal: Z. 858-86

---

Cometa, S. A. Carretera de Castellón, Km. 3,14. Zaragoza

## ÍNDICE

	<u>PÁG.</u>
PRÓLOGO .....	7
INTRODUCCIÓN .....	9
MARCO GEOGRÁFICO .....	10
MARCO GEOLÓGICO .....	16
EXCURSIÓN I	
ZONA DE TORRE DE LAS ARCAS-MONTALBÁN .....	21
PARADA I.1. — Carretera a Torre de las Arcas .....	21
PARADA I.2. — Corte del Río Ancho .....	23
PARADA I.3. — Montalbán .....	29
EXCURSIÓN II	
ZONA DE OLIETE-CALANDA .....	30
PARADA II.1. — Sima de San Pedro .....	30
PARADA II.2. — Ariño. Materiales cretácicos con huellas de dinosaurios .....	32
PARADA II.3. — Fuentes de Ariño. Surgencias de agua y su control litológico-estructural .....	34
PARADA II.4. — Virgen de Arcos. Cabalgamiento de materiales mesozoicos sobre terciarios .....	35
PARADA II.5. — Calanda. Estructura anticlinal .....	36
PARADA II.6. — Cueva de las Graderas. Molinos .....	38
BREVE RESEÑA BOTÁNICA DEL BAJO ARAGÓN .....	41
LISTA DE ESPECIES .....	43

## PRÓLOGO

*La naturaleza, tan cicatera en algunos aspectos con la provincia de Teruel, ha sido espléndida en otros. Y así ha sucedido con las excepcionales formaciones geológicas que configuran nuestra provincia.*

*Han sido muchas las personas que desde hace años se esfuerzan en dar a conocer las posibilidades que en este ámbito tiene Teruel, movidos tanto por su amor a esta tierra como por su entrega a la enseñanza de la Geología. Crearon el magnífico curso de Geología Práctica, hoy ya en su XX edición. Iniciaron acertadamente los estudios universitarios de Geología que una política miope, centralista e insolidaria clausuró en 1980. Facilitaron que estudiantes de Universidades centroeuropeas y españolas organizaran entre nosotros sus prácticas de campo.*

*Conscientes de estas posibilidades, así como de las inquietudes de muchos profesores por completar y actualizar su formación, la Dirección Provincial del Ministerio de Educación y Ciencia en Teruel creó en 1984 el Primer Curso de «Didáctica de la Geología». Esta interesante guía que hoy presentamos es resultado de las propuestas hechas por los profesores asistentes al II Curso, organizadó por los C.E.P.s de Teruel y Alcañiz, deseos de que sus alumnos pudiesen ver in situ las distintas estructuras geológicas, fácilmente observables debido a los abundantes afloramientos en virtud del escaso desarrollo de sus suelos y ofrecer, por consiguiente, extraordinarias posibilidades para el aprendizaje práctico de la Geología.*

*La iniciativa de los Centros de Profesores al proporcionar estos itinerarios, auténtico viaje de estudios en el que el aprovechamiento académico y lo lúdico están engarzados en el marco de esta hermosa desconocida que es Teruel, merece y exige el apoyo de cuantos tenemos responsabilidades educativas y de promoción de esta provincia. Así lo entiende la Diputación Provincial que, como en tantas ocasiones, colabora en este proyecto educativo: no por casualidad ha iniciado su interesante serie de Cartillas Turolenses con la dedicada a la «Geología y Minería Turodense». Y así lo entiende la Dirección Provincial del Ministerio de Educación y Ciencia, que pone a disposición de dicha iniciativa todos sus recursos y, en concreto, los C.R.I.E.T.s (Centros Rurales de Innovación Educativa), que responden así una vez más, a su espíritu de encuentro, convivencia y enriquecimiento intelectual.*

*Teruel necesita de los demás, Teruel necesita darse a los demás, la presencia de quienes nos visiten con motivo de estos itinerarios posibilitará ambas cosas.*

**PEDRO ROCHE ARNAS**

Director Provincial de Educación y Ciencia



## INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la Geología que, a través de los textos, adquiere el alumno de C.O.U. no deja de ser parcial e incompleto. Es necesaria una toma de contacto con el campo: sus dificultades, problemas y, por qué no decirlo, interés, para alcanzar un pleno significado del quehacer y trabajo geológicos. Pese a ello, son muy escasas las publicaciones existentes que pretendan acercar la geología de campo al alumno de C.O.U.

Los autores de esta Guía, un grupo de geólogos de Zaragoza en colaboración con el C.E.P. de Alcañiz, no tenemos otra pretensión que intentar paliar, en la medida de nuestras posibilidades, esta deficiencia. Nuestro deseo es que el hoy alumno de C.O.U., futuro universitario, tenga una idea más completa y objetiva sobre la Geología y pueda formar una opinión, con mejor conocimiento de causa, sobre su futura ocupación profesional.

Presentamos en este trabajo dos posibles excursiones geológicas, orientadas a alumnos de C.O.U. y planteadas cada una de ellas con un enfoque diferente, aunque complementario.

La primera excursión está pensada con un enfoque esencialmente petrológico-estratigráfico y responde a la necesidad primaria que se presenta cuando se planifica cualquier trabajo geológico: familiarizarse con la estratigrafía y los materiales del área que se va a estudiar. Con este fin hemos seleccionado el área comprendida entre Torre de las Arcas y Montalbán, en la que están representados una gran parte de los materiales comprendidos entre el Carbonífero y el Terciario. Simultáneamente se pueden estudiar algunos fenómenos tectónicos, estructurales, morfológicos, etc. En todas las paradas del itinerario se realiza una descripción concisa de los materiales y procesos a estudiar.

La segunda excursión, pensada inicialmente como complemento de la primera, obvia la descripción detallada de los materiales, siempre referibles a los observados en la anterior, y se centra en el estudio de aspectos geomorfológicos, estructurales y tectónicos. Hemos seleccionado para ello un largo itinerario por la región del Bajo Aragón, área geológicamente muy interesante por la variedad y calidad de sus afloramientos.

Cada excursión es independiente de la otra, aunque en nuestra descripción las hayamos supeditado por razones de economía de espacio. La diferencia de planteamiento hace que el conjunto de las dos proporcione una visión bastante completa sobre la geología de campo.

## MARCO GEOGRÁFICO

El Bajo Aragón es una comarca enclavada al SE de la provincia de Zaragoza y el NE de la de Teruel; constituida por las tierras situadas al Sur del Ebro, en su margen derecha, incluyendo la mayor parte de las cuencas de los ríos Martín, Guadalope y Matarraña. Esta situación estratégica la convirtió en épocas pasadas en un importante núcleo de comunicaciones entre Cataluña, Levante y Aragón; si bien, actualmente, las malas comunicaciones y la profunda depresión económica restan gran parte de su importancia.

Topográficamente puede subdividirse en dos zonas: la central-septentrional, encajada sobre los depósitos de edad terciaria de la Cuenca del Ebro, con altitudes inferiores a los 600 m., constituyendo una suave llanura que desciende hasta el nivel del Ebro; y el sector marginal-meridional, constituido por las primeras estribaciones del Sistema Ibérico, con materiales mesozoicos y terciarios de estructuras más complejas y altitudes mayores (unos 800 m.).

El clima es de carácter continental, con temperaturas extremas y una marcada aridez.

El sector turolense del Bajo Aragón se organiza, tanto económica como administrativamente, en torno a Alcañiz, con centros subcomarcales en Híjar, Andorra, Calanda, Castellote y Valderrobres.

La agricultura es la base económica de la zona; si bien, los factores climáticos, antes citados, inciden de forma negativa en el desarrollo agrario. Predomina el secano, alternando el cultivo del cereal con el olivo y, más recientemente, el almendro. El regadío está circunscrito a las vegas de los ríos y proporciona un policultivo que cubre las necesidades locales casi exclusivamente.

La actividad industrial se basa en la agricultura (industrias conserveras) y en los recursos del subsuelo (caolines, arcillas refractarias, bauxitas y lignitos). El lignito, con un 20 % de las reservas del total bruto español, es la materia prima más importante de la región; se utiliza en la producción de energía eléctrica en las centrales de Escatrón y Andorra; su construcción ha marcado el signo de la evolución económica de la comarca, favoreciendo el subdesarrollo industrial que afecta a la zona y planteando graves problemas de contaminación ambiental de importancia todavía desconocida, en especial la enorme central de Andorra, con su chimenea de más de trescientos metros.



Central térmica de Andorra.

La importancia histórica del Bajo Aragón se refleja en la gran cantidad de monumentos arquitectónicos existentes en la mayoría de sus localidades. A lo largo de los itinerarios geológicos presentados se recorre gran número de las localidades de esta comarca, así como algunas de la Paramera Montalbina. A continuación se presenta una breve reseña histórico-geográfica de estas poblaciones.

**ALCAÑIZ.** Capital del Bajo-Aragón turolense. Se asienta en ambas márgenes del río Guadalope, siendo una de las líneas naturales de comunicación con el litoral levantino.

De origen muy antiguo, hay abundantes yacimientos prehistóricos, ibéricos y romanos; comienza a tener importancia en el s. XV y su prosperidad, basada en su agricultura y en especial el olivo, fue grande hasta el s. XVII. En la actualidad conserva su dinamismo y la población tiende a aumentar; puede considerarse un municipio urbano, dotado de un conjunto de servicios y funciones que atraen a gran parte de la emigración interna.

Lugares de indudable interés turístico en su casco urbano son: la Lonja, construida en el s. XIV; la Casa Consistorial, renacentista; la Colegiata; y el conjunto de la Plaza de España. En el cerro de Puy Piñós, y dominando el pueblo, se alza el castillo, construido por el Orden de Calatrava en el s. XII, restaurado y acondicionado como Parador Nacional de Turismo.

Hitos importantes de la actividad turística de Alcañiz son su Semana Santa, con la ruta del tambor por las localidades de Calanda, Andorra, Hija y Alcañiz, y el Premio Ciudad de Alcañiz de automovilismo, en el único circuito urbano de España.

**ALCORISA.** Situada en la cuenca del río Guadalopillo; la localidad se extiende a lo largo de este valle y está protegida al Sur por los escarpes conglomeráticos excavados por el río. En su término municipal existe un gran número de yacimientos arqueológicos de época ibérica.

Arquitectónicamente destacan: las iglesias de la Magdalena, del s. XII; la de San Sebastián, del s. XIV; la de la Asunción, del s. XV; la de San Juan y Calvario, del s. XVII, dominando el pueblo; y el conjunto de la plaza porticada del Ayuntamiento.

El exconvento de religiosos alcantianos, del s. XVIII, es un edificio neoclásico cedido al Ministerio de Educación y Ciencia para Centro Rural de Innovación Educativa de Teruel (C.R.I.E.T.).

**ANDORRA.** Villa emplazada inicialmente en la ladera de una colina, ha tenido varias etapas de desarrollo con la construcción de varios barrios en función de las necesidades de las empresas mineras. Su crecimiento ha sido espectacular desde comienzos de siglo, hasta convertirse actualmente en la capital de la cuenca minera turolense.

En su término existen abundantes asentamientos ibéricos, aunque la localidad de Andorra nace, a mediados del s. XII, como un barrio de Albalate, cuyos habitantes se dedicaban al pastoreo.

En el caso urbano destacan: la Iglesia Parroquial de la Natividad de la Virgen, construida entre 1597 y 1609; la ermita de Nuestra Señora del Pilar, construida en los siglos XIV y XV sobre otra más antigua del s. XII; y la ermita de San Macario, del s. XVII, situada en el cerro que domina el pueblo. Asimismo, es de bella factura el conjunto de la plaza de la Iglesia con los soportales.

**ARIÑO.** Situado en la Sierra de Arcos, en la confluencia de los ríos Escuriza y Martín. El casco urbano se sitúa en las laderas del cerro, mientras que el poblado minero se ubica junto a la carretera.

La economía del municipio se ha visto fuertemente afectada por la minería de

los lignitos, que ha desplazado a la agricultura y la ganadería, con considerables efectos a largo plazo.

En sus proximidades se localizan los Baños de Ariño, aguas consideradas erróneamente como termales.



Ariño.

**BERGE.** Situado en la margen izquierda del río Guadalopillo, se asienta en un paraje pintoresco, en las proximidades del embalse de Gallipué, entre suaves relieves montañosos. Destaca en el casco urbano la torre mudéjar de la iglesia de San Pedro Mártir, del s. XVIII.

**CALANDA.** Se emplaza en la confluencia de los ríos Guadaloque y Guadalopillo. Su casco urbano se desarrolla en torno a una colina, donde antiguamente se levantaba el castillo.



Calanda.

Localidad en expansión, su economía se basa en la agricultura, principalmente en las manzanas y los afamados melocotones. Cuenta con importantes monumentos: ermitas de Santa Bárbara y San Marcos, la del Humilladero, iglesia parroquial del Pilar, plaza de España, y casas de los condes de Sástago y del marqués de Calanda.

**CASTEL DE CABRA.** Asentada a orillas del río Cabra, afluente del Martín, esta villa se sitúa entre la comarca del Bajo Aragón y la de Las Parameras Montalbinas.



Castel de Caora.

Enclavada en la ladera de una montaña; sus casas son de piedra, sobresaliendo el conjunto de la iglesia parroquial de la Asunción, del siglo XVI, antigua fortaleza de los siglos XII y XIII, transformada en templo tras la reconquista, llevada a cabo por Jaime I.

**GARGALLO.** Típica villa de montaña; asentada en el piedemonte de la Sierra de San Just, sobre la ladera de una colina, en las proximidades del nacimiento del río Escuriza.

Destaca la uniformidad de su casco urbano, perfectamente enmarcado por los montes circundantes. Su economía se basa en la agricultura y minería del carbón.



Gargallo.

**MATA DE LOS OLMOS.** Situado en el piedemonte de la sierra ibérica de San Just, el pueblo se desarrolla en la llanura a ambos lados de la carretera de Alcolea del Pinar a Tarragona.

La villa se extiende alrededor de su Plaza Mayor, en la que se encuentran los interesantes edificios del siglo XVII: el Ayuntamiento y la iglesia parroquial de San Bartolomé, esta última posee una torre neomudéjar del s. XX.

**MOLINOS.** Asentado en la cuenca del río Guadalopillo, en las primeras estribaciones de la Cordillera Ibérica, su casco urbano se extiende por ambas vertientes del barranco de las Paredes y sus casas se escalonan en las laderas del mismo, confiriendo a las calles una acusada pendiente. La localidad pertenecía a la Orden de Calatrava, que construyó un castillo hoy desaparecido.





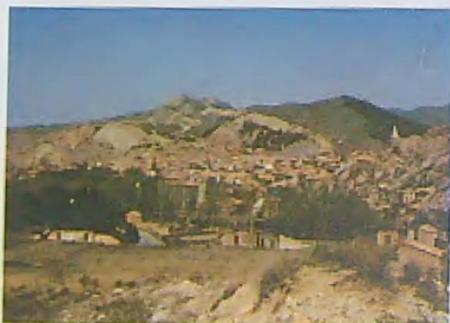
Molinos.

Arquitectónicamente resalta la Iglesia Parroquial de Nuestra Señora de las Nieves, edificio gótico tardío del s. XV. Hay también elementos góticos en algunos otros edificios del pueblo, que presenta en conjunto un aspecto sumamente pintoresco y atractivo.

En las afueras de la población se encuentran las Grutas de Cristal, muy visitadas a lo largo del año.

**MONTALBAN.** Esta villa es centro de la comarca de Las Parameras Montalbina; encontrándose localizada a orillas del río Martín, en la vertiente Norte de la Sierra de San Just, en plena Cordillera Ibérica.

La población se expande al pie del monte de caliza blanca, en el que se alzan los restos del castillo de Monte Albano, de donde le vendría el nombre al pueblo.



Montalbán.

La villa fue plaza amurallada, como atestiguan todavía las murallas existentes, con sus dos puertas y una torre con arco. Es pintoresca la situación de la torre gótica, dentro del casco urbano, atravesada por la Calle Mayor aprovechando sus arcos inferiores; al final de esta calle se levanta la iglesia-fortaleza de Santiago, de estilo gótico-mudéjar, que se comenzó a construir en 1210 terminándose en el siglo XIV.

Uno de sus arrabales, donde se concentran gran parte de los trabajadores indopakistanés de las minas de carbón, refleja las características culturales de sus habitantes, lo que le confiere un aspecto peculiar y exótico.

**LOS OLMOS.** Situado en el piedemonte de la Sierra de San Just, en la carretera de Sigüenza a Tarragona, en una cuenca minera con yacimientos de hierro y magnesio.

Destaca en el conjunto urbano la parroquia del Salvador, del siglo XVII.

**TORRE DE LAS ARCAS.** Localizada en Las Parameras Montalbinas, junto al río Cibra. El pueblo tiene un marcado carácter rural, destacando las producciones de azafrán y trigo. En su arquitectura resalta el edificio del Ayuntamiento, del s. XVI, y la Iglesia Parroquial de San Miguel, del XVII.

## MARCO GEOLÓGICO

Desde un punto de vista geológico macroestructural, la Península Ibérica puede subdividirse en varias regiones naturales bien definidas y con características geológicas propias (fig. 1-A). El Macizo Hespérico, las Cordilleras Vasco-Cantábrica, Pirenaica, Catalana, Ibérica y Béticas y las Cuencas Terciarias del Ebro, Duero, Tajo y Guadalquivir.

La Cordillera Ibérica se extiende desde la provincia de Burgos hasta la de Valencia, incluyendo en ella también parte de las provincias de Logroño, Soria, Zaragoza, Teruel, Castellón, Guadalajara y Cuenca. El registro de los materiales sedimentados desde el Precámbrico hasta la actualidad es muy completo, continuo y variado en esta región, aunque localmente existen irregularidades. Sus características morfoestructurales actuales obedecen fundamentalmente a las influencias ejercidas por las orogenias Hercínica y Alpina.

Una síntesis esquemática de su Historia Geológica se concreta en los siguientes puntos:

Tras los plegamientos de la fase Asíntica, que afectaron a los materiales Precámbricos, se depositó un Cámbrico muy potente, de carácter inicialmente transgresivo y posteriormente regresivo, con ocasionales erupciones de rocas volcánicas.

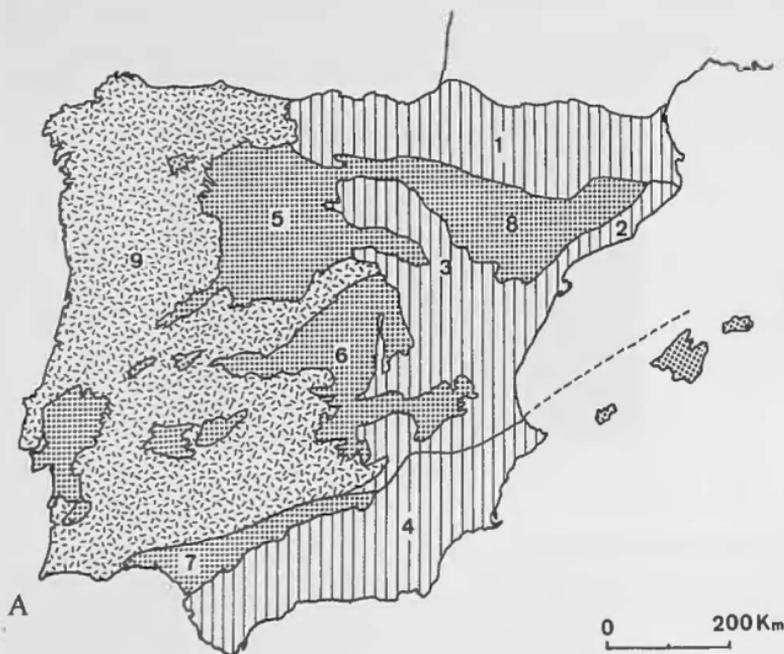


Figura 1. — A) Esquema macroestructural de la Península Ibérica.

B) Esquema estructural de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica (C: cabalgamiento; F: falla; A: anticlinal, S: sindinal). C) Esquema geológico-geográfico y situación de los puntos de parada de las excursiones. (Leyenda común con la de la figura 1-B).







intensas, responsables del plegamiento y deformación. Las estructuras resultantes muestran las características de una tectónica de zócalo y cobertera. El zócalo, constituido por los materiales paleozoicos, se fracturó en bloques; mientras que los de la cobertera se adaptan en parte a las deformaciones del zócalo y en parte se pliegan a favor de despegues más o menos importantes, localizados generalmente en los materiales plásticos del Keuper. Los pliegues muestran una dirección general NO-SE.

Los itinerarios de las excursiones se realizan en una reducida zona de la rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica (fig. 1.B) observándose fundamentalmente los materiales de la cobertera despegada; si bien, también se cortan en algunos puntos rocas del núcleo paleozoico.

En la columna litológica de la figura 2 se ha señalado la situación estratigráfica de cada una de las paradas de los itinerarios geológicos, hecho que hay que tener en cuenta para ubicarlas adecuadamente en el esquema geológico general.

# EXCURSIÓN I

## ZONA DE TORRE DE LAS ARCAS-MONTALBÁN

El itinerario se emplaza en los materiales del Paleozoico y Mesozoico próximos al núcleo de la Cordillera Ibérica en el sector comprendido entre Torre de las Arcas y Montalbán (fig. 1-C).

El objetivo primario es el reconocimiento en el campo de los materiales y unidades estratigráficas más representativos de la Cordillera Ibérica. Los recorridos permitirán también efectuar observaciones geológicas de rango más amplio y general: modelado fluvial, procesos de carstificación y fracturación, estructuras sedimentarias, fósiles característicos...

### PARADA 1.1. — Carretera a Torre de las Arcas

Los objetivos de esta parada son: el reconocimiento de materiales Paleozoicos, de edad Carbonífero; así como los del Buntsandstein y Muschelkalk y el estudio de estructuras sedimentarias en arenitas.

El corte elegido se sitúa a unos 1.300 m. al SO de Torre de las Arcas, en la carretera local que comunica Castel de Cabra con aquel municipio, iniciando el recorrido en las proximidades del contacto entre el Paleozoico y el Buntsandstein y siguiendo la carretera en dirección a Torre de las Arcas.



Superficie de arenitas rojas del Buntsandstein con huettas de «ripples» de corriente.

1. Los materiales paleozoicos, en general, pueden reconocerse fácilmente y diferenciarse de los de otras edades por su aspecto muy fracturado, y generalmente muy plegados; como consecuencia de ser los más antiguos y haber sufrido los efectos de las dos principales orogenias.

En el punto de parada se observan materiales detríticos, arenitas y pizarras, atribuibles por las características anteriores al Paleozoico y que, por la presencia de restos de flora, se pueden datar con seguridad como de edad Carbonífero. Presentan estructuras sedimentarias, estratificación cruzada, rizaduras, huellas de corriente, etc. que se verán con más detalle a lo largo del itinerario.

Se cita en áreas próximas la existencia de filones y diques diabásicos intercalados entre los materiales sedimentarios, que se podrán ver en la parada I.3.

2. Prosiguiendo el itinerario se observa que sobre estas rocas se disponen otras de color rojo característico con conglomerados en su base. Hay que hacer notar que mientras las capas del Carbonífero tienen un buzamiento generalizado hacia el SO, las de la facies roja buzaban hacia el NE, estableciéndose así una marcada discordancia en el tránsito del Paleozoico al Mesozoico.

El Buntsandstein es una facies litológica muy típica y fácilmente reconocible que se localiza en la base del Mesozoico. Se caracteriza por el tono intensamente rojo, litología detrítica (arenitas, conglomerados, lutitas) y buena estratificación. Cuando las condiciones de afloramiento lo permiten se observa la presencia de estructuras de corriente en los estratos de esta facies. Abundan las rizaduras (ripples) en el techo de las capas y los detríticos se disponen en el interior de las mismas dibujando estratificaciones cruzadas; de tal manera que, según el plano del estrato que corte a esta estructura, se tendrá una u otra disposición de las láminas (fig. 3).

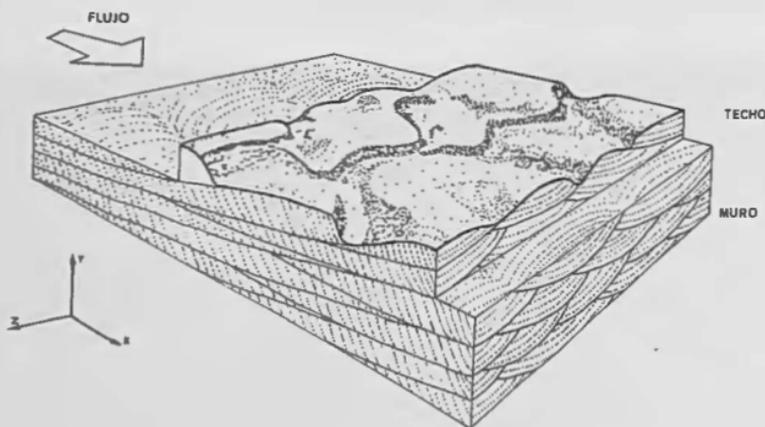
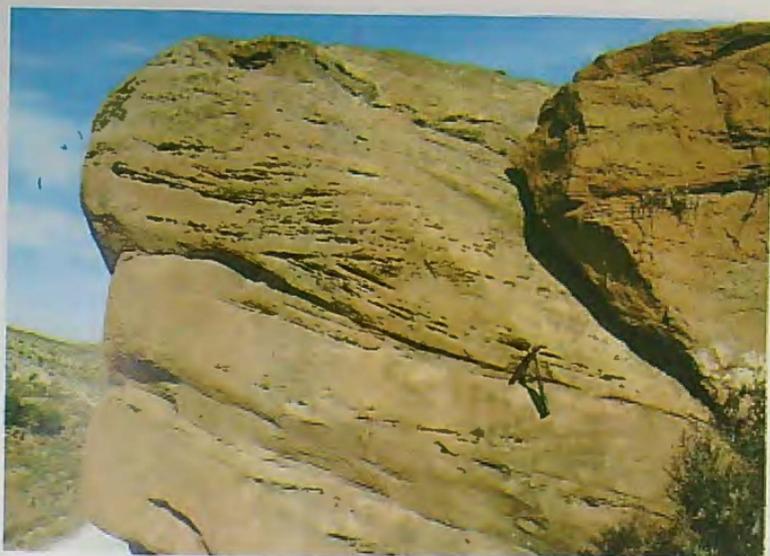


Figura 3. — Bloque diagrama de estructuras de corriente.

El estudio de las estructuras sedimentarias es importante porque proporcionan criterios de polaridad de los estratos y de dirección de la corriente que los generó.

3. Sobre estas rocas, y concordantes con ellas, se disponen unos materiales de composición carbonatada (calizas-dolomías), de tonos gris-amarillentos, característicos también en la Cordillera Ibérica, el Muschelkalk. Se puede apreciar en ellos una estratificación bien desarrollada y suelen carecer de fósiles.



Sección transversal de arenitas rojas del Buntsandstein, con estratificación cruzada en surco.

Entre las arenitas del Buntsandstein y las calizas-dolomías del Muschelkalk pueden reconocerse niveles de margas gris-verdosas, que corresponden al tránsito gradual de las condiciones continentales del depósito de las areniscas, a las marinas evidenciadas por la precipitación de los carbonatos.

4. Al N del pueblo se diferencian otros materiales de la facies Keuper, que se podrán observar más detalladamente en la parada I.2.

Durante el itinerario de regreso desde Torre de las arcas a Castel de Cabra, a unos 4 Km. de aquel pueblo, se puede observar hacia el NE la alineación de crestas-rojizas, constituidas por los materiales del Buntsandstein, que originan un relieve estructural debido a su mayor resistencia a la erosión en comparación con las rocas con las que se encuentran en contacto. Es este un claro ejemplo de la incidencia de la litología en los procesos geomorfológicos de génesis del relieve.

#### PARADA I.2. — Corte de Río Ancho

Se proponen para este corte geológico los siguientes objetivos:

— Identificación de algunas de las unidades litoestratigráficas del Mesozoico de la Cordillera Ibérica.

— Análisis, en base a criterios de campo, de las relaciones entre estas unidades.

— La observación, cuando las condiciones de afloramiento lo permitan, de diversos fenómenos geológicos puntuales: modelado fluvial, fracturación, procesos diagenéticos...

El Corte de Río Ancho se realiza desde su confluencia con el Martín, por el valle del río Ancho y remontando el curso del mismo. Se accede hasta él por la carretera nacional 420, en el tramo comprendido entre Alcorisa y Montalbán. En

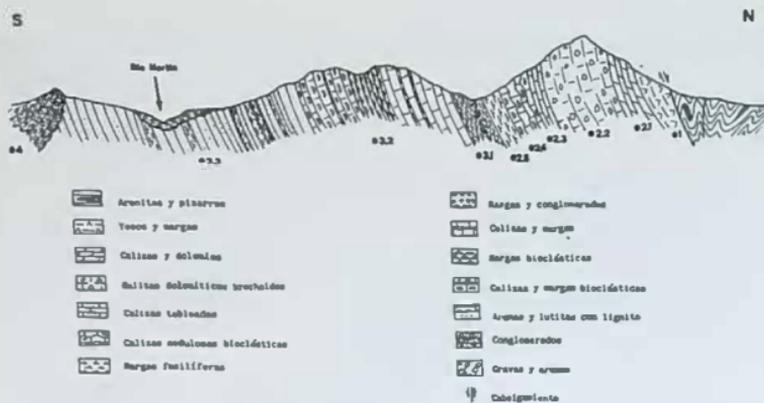


Figura 4. — Corte geológico. Río Ancho.

el Km. 172 aproximadamente, en el puente sobre el Río Ancho hay que situar el punto de parada. Un sendero en la margen izquierda permite el acceso al valle; desde aquí el desplazamiento deberá realizarse a pie, siguiendo el curso del río hasta casi su desembocadura, en el punto en el que el angosto valle encajado en calizas se abre a otro más amplio en el que confluye con el río Martín. Aquí se sitúa el comienzo del itinerario para, de regreso, reconocer y estudiar los diferentes materiales (figs. 1-C y 4).

1. El ensanchamiento del valle del río se produce en unos materiales blandos: yesos, margas y lutitas, de colores variados (rojos, verdes, blancos...), que caracterizan a una facies de fácil identificación: el Keuper.



Contacto entre los materiales del Keuper y las calizas del Jurásico inferior.



Contacto mecánico entre las calizas masivas del Sinemuriense, a la izquierda, y los niveles nodulares del Pliensbachense, derecha.

En este sector la potencia del Keuper está muy atenuada por estar cabalgado por el Paleozoico. Las propiedades plásticas del Keuper le permiten adaptarse con facilidad a los esfuerzos tectónicos y actuar como lubricante para el desplazamiento de los bloques superiores o inferiores, mucho más compactos.

Es importante hacer constar que toda la serie del Mesozoico en este área se encuentra invertida, de forma que los niveles más recientes parecen estar situados estratigráficamente debajo de los más antiguos.

2. A las rocas del Keuper se les superpone, estratigráficamente hablando —no hay que olvidar que la serie está invertida—, un potente conjunto carbonatado de calizas, dolomías y margas, bien estratificado, en ocasiones muy fosilífero, de tonos grisáceos dominantes, que corresponde a los sedimentos de edad Jurásica.

Tanto por el contenido faunístico como por las diferentes texturas de los carbonatos, se puede diferenciar varias unidades con significado cronológico. En este itinerario, y sin pretender ser exhaustivos, se pueden reconocer las siguientes:

2.1. — Calizas dolomíticas y dolomías, gris amarillentas, localizadas siempre sobre los materiales de la facies Keuper, de ahí que reciban la denominación de *Suprakeuper*.

Esta unidad, carente de fósiles, se presenta carstificada superficialmente y fracturada, pudiéndose apreciar en ella gran cantidad de diaclasas.

2.2. — En continuidad estratigráfica con los anteriores, y en tránsito gradual, puede diferenciarse un potente tramo, 65 m., de calizas y dolomías brechoideas, muy masivas, compactas y mal estratificadas. La ausencia de fauna nos impide datarlo con precisión.

Los procesos de carstificación en esta unidad son diferentes, observándose algunas oquedades y cavidades cársticas, poco abundantes y de grandes dimensiones, controladas por la fracturación.

2.3. — Sobre la unidad anterior y concordante con ella se dispone un conjunto de calizas grisáceas, finamente estratificadas, con una potencia total de 10 ms., que pueden datarse como de edad Sinemuriense por la microfauna existente. Presenta varios tipos de calizas, entre las que destacan los términos micríticos, bioclásticos y oolíticos.

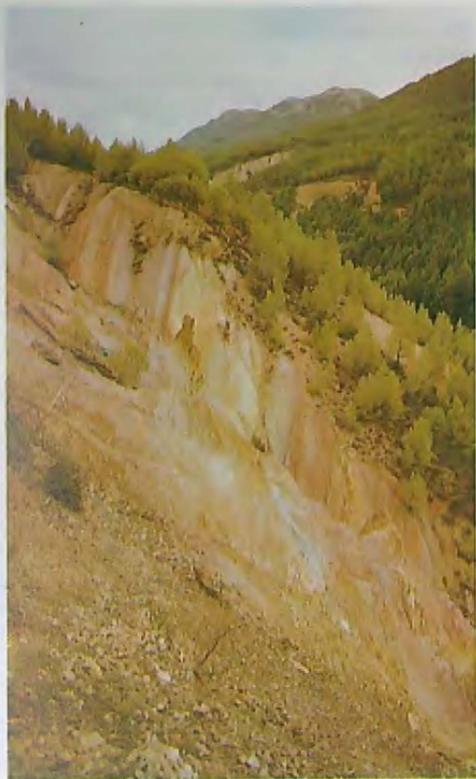
La composición, homogeneidad y buena estratificación de esta unidad favorece el que presente una gran resistencia a la erosión lineal, creando la zona más angosta del valle fluvial. Otros procesos relacionados con la dinámica fluvial son la presencia de formas cóncavas de erosión en las paredes del angosto, similares a las marmitas de fondo de río, y la existencia de un depósito de toba calcárea a 2,5 m. por encima del cauce actual, y que marca el antiguo nivel del mismo. Este hecho, junto con las huellas de erosión, hace pensar que en este punto existió un salto en cascada.

2.4. — Sobre estos materiales hay (siempre desde el punto de vista estratigráfico) 45 m. de calizas nodulosas, gris oscuras, en bancos poco potentes, con abundante fauna de pelecípodos, braquiópodos, cefalópodos y gasterópodos. Hacia techo presentan intercalaciones de margas arenosas. Su edad es Pliensbachiense.

2.5. — Al remontar el cauce y conforme se avanza en la serie estratigráfica, los materiales son progresivamente más margosos, lo que tiene un inmediato reflejo en el ensanchamiento del valle. Así, a la unidad anterior se le superpone una alternancia de margas y margas calcáreas que, por su menor competencia, están más intensamente meteorizadas y parcialmente cubiertas, debiéndose estudiar en los barrancos laterales del valle, donde es más visible la roca fresca. Ascendiendo por la



Vista del tránsito entre el Jurásico y el Cretácico.



Arenitas de Utrillas.

ladera se puede constatar su color gris ocre, en ocasiones rojizo, laminación muy fina y extraordinaria riqueza faunística (fig. 5), que permite asignar estos materiales al Toarciense.

3.1. — Estas unidades son las únicas, correspondientes al Jurásico, en esta zona. El tránsito al Cretácico está marcado aquí por una formación de carácter conglomerático en su base y con margas y calizas margosas, en tonos violáceos, blanquecinos y ocre, de origen continental. Su edad es Neocomiense-Barremiense y la facies recibe la denominación de Weald.

3.2. — Continuando la serie estratigráfica, tiene un amplio desarrollo la facies Urgon, constituida por una alternancia de calizas, calizas margosas y margas, de color intensamente ocre, con abundante fauna de Ostreidos y Gasterópodos, llegando en ocasiones a constituir verdaderas lumaquelas. La bioturbación de las capas es muy intensa. Alcanza una potencia de 110 m. y su edad es Barremiense-Gargasense.

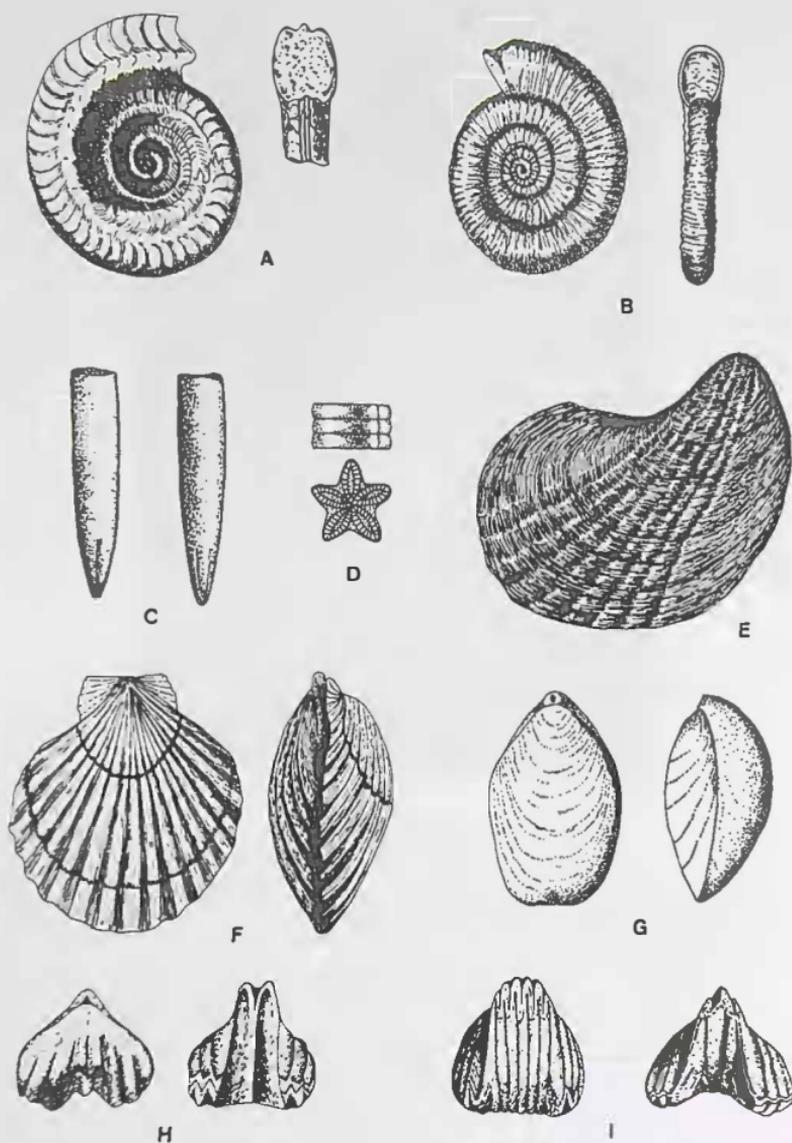


Figura 5. — Fósiles característicos del Toarciense. A) *Hildóceras bifrons*; B) *Dactylioceras commune*; C) *Megateuthis tripartitus*; D) *Pentacrinus basaltiformis*; E) *Pholadomya idea*; F) *Pecten* (*Aequipecten*) *aequivalvis*; G) *Lobothyris* sp.; H) *Rhynchonella meridionalis*; I) *Rhynchonella tetraedra*.

3.3. — El Cretácico del área culmina con una facies continental, muy característica, constituida por materiales blandos de colores vivos y variados (blancos, amarillos, rojizos, negros...); predominan las arenas, y en ocasiones conglomerados, de cuarzós detriticos envueltos en minerales arcillosos, óxidos de hierro, carbón, etc.; de tal manera que la abundancia relativa de algunos de ellos, o la mezcla de varios, le confiere sus frecuentes variaciones de color. Es de destacar también que, por la ausencia de cementación y poca compacidad, estos materiales se erosionan fácilmente, destacando así por su relieve diferencial negativo y se localizan más a menudo en fondos de valle y laderas.

Su edad aproximada es Cretácico medio, Albiense.

Su importancia económica radica en la amplia distribución areal y en la presencia de grandes yacimientos de lignitos.

Aunque aparecen a continuación de los materiales de la facies Urgon, para su estudio detallado es aconsejable desplazarse a una tejería abandonada situada a menos de 500 m. hacia el E y accesible desde la carretera por una pista situada a la izquierda de la N-240 en dirección a Castel de Cabra.

En los alrededores de la tejería se puede observar la existencia de cristales de yeso, en ocasiones maclados, generados actualmente. El mecanismo de formación es muy sencillo: los niveles carbonosos presentan sulfuros de hierro, a medida que la meteorización superficial va penetrando en las capas se produce la oxidación del carbón y la de los sulfuros a sulfatos, que precipitan posteriormente por evaporación formando cristales de yeso.

4. — Discordantemente a todos los materiales anteriores se superpone una facies conglomerática, de edad Oligoceno, que debe interpretarse como resultado de las primeras pulsaciones de la Orogenia Alpina.

### **PARADA I.3. — Montalbán**

Al N de Montalbán, en el camino a Peñarroyas, se atraviesan materiales del Paleozoico similares a los reseñados en la parada I.1.-I.

Se puede observar que, en algunos puntos, hay intercaladas unas rocas de tonos verdoso-amarillentos, textura granuda, de escasa continuidad lateral, que cortan las estructuras sedimentarias de las arenitas y pizarras paleozoicas. Se trata de diques y filones de rocas ígneas de composición diabásica.

## EXCURSIÓN II

### ZONA DE OLIETE-CALANDA

El entorno geológico de esta excursión lo constituyen los materiales del Mesozoico y Terciario correspondientes a la cobertera despegada de la Cordillera Ibérica en su Rama Aragonesa. Geográficamente se recorre un amplio sector de la región conocida como Bajo Aragón.

Los objetivos primarios de esta excursión se centran en el estudio y reconocimiento de diferentes procesos geomorfológicos de carstificación, interpretación de grandes estructuras tales como cabalgamientos y anticlinales, etc.; sin incidir en el estudio de los materiales geológicos o, a lo sumo, destacando sólo aquellos aspectos de los mismos que afectan directamente al desarrollo y evolución del proceso geológico presentado.

#### PARADA II.1. — Sima de San Pedro

Se accede a la Sima de San Pedro por la carretera local de Oliete a Ariño, en las inmediaciones con la carretera de Alloza (fig. I-C). En este cruce está el inicio del camino a la Ermita de San Pedro, sita a unos 2 Km. aproximadamente, en dirección N. Al NO de la Ermita se encuentra la Sima de San Pedro, estructura cárstica de disolución excavada en calizas y margas de edad Jurásica. Al E de la Sima, un



Sima de San Pedro.

profundo barranco exhibe los materiales en los que ésta se ha excavado, pudiéndose observar así la litología, fósiles y procesos cársticos que les afectan.

Las condiciones del camino aconsejan efectuar el acceso a pie, aun cuando se puede llegar con un vehículo ligero hasta el Río Martín y, según su caudal, hasta la misma Ermita. Desde ésta se observa, hacia el NNO, en el cerro próximo, la parte superior de la abertura de la Sima, visible a distancia por los tonos más claros de la roca fresca, ausente de vegetación. Un sendero permite llegar hasta la misma boca.

La Sima de San Pedro tiene una estructura aproximadamente cónica en su parte superior, cilíndrica en la mayor parte del conducto y cavernosa en su base. Su profundidad es de unos 50 m. aproximadamente y presenta agua en el fondo; por lo que, dadas las cotas, es probable que esté conectada, mediante algún conducto cárstico con el nivel del río Martín (fig. 6).

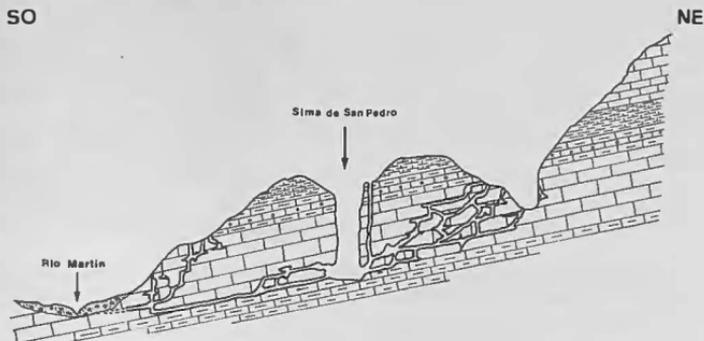


Figura 6. — Corte esquemático del sistema cárstico de la Sima de San Pedro.

Los materiales en los que se encaja son calizas y margocalizas de edad Jurásica, que buzcan entre  $10^{\circ}$  y  $15^{\circ}$  al SSO. Las paredes, abruptas y escarpadas, están más condicionadas en su fase actual por procesos de desprendimiento de bloques que de disolución. La hipótesis genética más probable es que la Sima se generó en la intersección de varios planos de falla, estando favorecido su desarrollo y ensanchamiento por la coexistencia de dos familias de planos de diaclasas, de direcciones aproximadas E-O y NNE-SSO. En efecto, en las paredes de la Sima no se aprecian superficies suaves de disolución, sino los ángulos abruptos, de la intersección de planos de diaclasa, evidenciados por el desprendimiento de bloques; además, se pueden observar grandes grietas en los bordes de la Sima, siendo especialmente espectacular la que se aprecia en el borde N, que atraviesa la totalidad de los materiales y llega hasta el fondo, con una abertura de hasta medio metro en ocasiones (grieta sensiblemente paralela a la familia de diaclasas de orientación E-O).

La existencia de un barranco a pocos metros al E de la Sima nos permite reconocer de cerca los materiales y observar los fenómenos de disolución cárstica que les afectan. Al descender por sus laderas cortamos: un tramo superior de margas verdosas a ocre y calizas finamente tableadas, con abundantes fragmentos fosilíferos, materiales que por su escasa dureza dan la estructura cónica superior; en la mitad inferior del barranco calizas margosas con oolitos ferruginosos y abundante fauna de Ammonites, Pelecípodos, Braquiópodos, Belemnites, etc., en ocasiones piritizados; y en su base calizas micríticas, muy compactas, bien estratificadas en bancos decimétricos a métricos y muy fosilíferas.

En las paredes del barranco, verticalizadas en ocasiones, se aprecian fisuras, grietas y diaclasas ensanchadas por la circulación del agua que penetra a través de ellas. En las ocasiones en que estas discontinuidades intersectan algún nivel más margoso e impermeable, la cavidad se ensancha por disolución formando conductos cilíndricos o pequeñas cavernas. Este es, a pequeña escala, un mecanismo similar al que ha generado la Sima de San Pedro.

## PARADA II.2. — Ariño. Materiales cretácicos con huellas de dinosaurios

Esta parada se localiza en el Km. 18 de la carretera local de Albalate del Arzobispo a Oliete, en las inmediaciones de Ariño, junto al puente del Río Escuri-za, en su margen izquierda (fig. 1-C).

En este punto se observa un conjunto de calizas margosas, bioclásticas, con abundantes ostreoides, correspondientes al Cretácico inferior en facies Urgon. Se presentan en bancos de potencia variable, entre 35 y 50 cm., con orientación N-S y buzamientos de 40° a 50° E. En el techo de una de estas capas hay icnitas o marcas de huellas del paso de grandes reptiles terrestres, supuestos dinosaurios.

Puede diferenciarse varios tipos de huella en función de su morfología y tamaño:

- Las de tipo tridáctilo (con tres hendiduras correspondientes a tres dedos) con tamaños entre 25-35 cm. (fig. 7B).
- Formas irregulares subredondeadas sin impresiones de dedos, de 15 a 20 cm.
- Improntas subtriangulares de mayor dimensión, 80 cm. x 70 cm. que pueden explicarse como marcas dejadas por un reptil al apoyar su cuerpo en el suelo.



Ariño. Superficie de estratificación con icnitas.

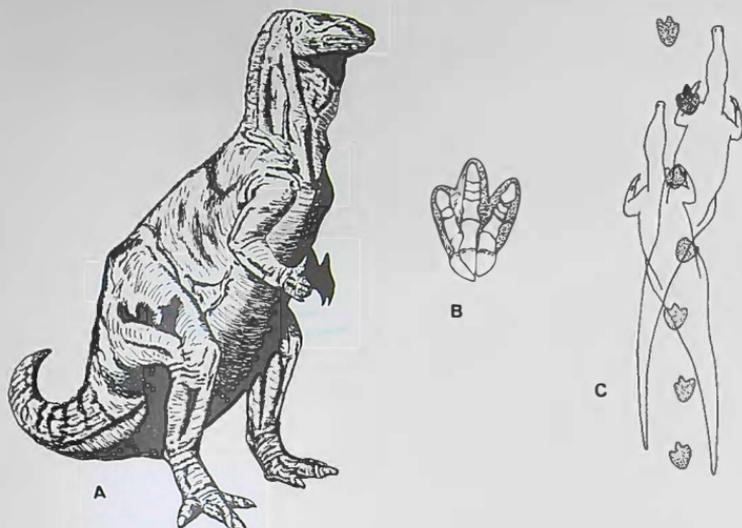


Figura 7. — A) Reconstrucción hipotética de un *Iguanodon*. B) Representación esquemática de una huella tridáctila. C) Supuesto mecanismo de locomoción bípeda del saurio.

Los dos primeros tipos son los más abundantes. Tanto unos como otros presentan una zona más deprimida (la correspondiente al talón) y otra más plana (la correspondiente a la planta).

En algún caso se observa una alineación más o menos clara de las huellas con escasa separación de éstas respecto a la línea de desplazamiento, esto nos indicaría que se trataba de un reptil bípedo, o, al menos, que caminaba con sus extremidades posteriores (fig. 7C).

Por las características de las icnitas y la edad de los materiales donde se encuentran, pueden corresponder a un dinosaurio de características análogas al *Iguanodon* (fig. 7 A), reptil terrestre que habitaba en zonas dominadas por marismas y lagunas poco profundas, próximas a un litoral costero.

El hecho de que se encuentren sobre sedimentos marinos con gran cantidad de fauna de Ostreidos, típicos de zonas costeras, nos hace suponer que ocasionalmente pudo retirarse el mar, dejando zonas pantanosas aisladas por donde caminaron los dinosaurios, dejando sus huellas inmersas en el fango margo-calcáreo algo consolidado. Posteriormente, pudieron quedar cubiertas por sedimentos más blandos, que se compactarían y consolidarían, «petrificándose» las huellas y, finalmente, la erosión de las capas suprayacentes, más blandas, dejaría a la vista estas impresiones.

### PARADA II.3. — Fuentes de Ariño. Surgencias de agua y su control litológico-estructural

Se sitúa la parada en el Km. 15 de la carretera local de Albalate del Arzobispo a Oliete, junto a Casas de Baños (fig. 1-C).

En un tramo de 100 a 200 m. a lo largo del curso del río Martín hay surgencias de agua, en el paraje conocido como Baños de Ariño, pudiéndose observar, en invierno, que la temperatura del agua es superior a la ambiental.

Las surgencias se localizan en una zona de parcial estrechamiento del valle; en las proximidades del contacto entre las calizas y dolomías, que corresponden al Jurásico Inferior y Suprakeuper, y las arcillas y yesos de facies Keuper.

El potente paquete de calizas del Jurásico forma en este área una estructura anticlinal, de orientación NO-SE, cabalgante hacia el NE (parada II-4), que se extiende superficialmente por más de 100 Km<sup>2</sup> y constituye la Sierra de Arcos. El agua superficial penetra en las calizas a favor de discontinuidades de todo tipo (diaclasas, fracturas, juntas de estratificación, etc.), descendiendo por gravedad, a través de un sistema sumamente intrincado de conductos, hasta alcanzar un nivel impermeable, constituido generalmente por los yesos y margas del Keuper. El río Martín al atravesar transversalmente esta estructura propicia el que parte del agua, que estaba retenida en la base de la serie jurásica, fluya al exterior constituyendo las «surgencias» de los Baños de Ariño.

La temperatura estable del agua surgente, su caudal constante e independiente de las variaciones estacionales y los condicionamientos estructurales (fig. 8) sugieren que el agua circula lentamente por los conductos cársticos, se acumula en horizontes favorables, probablemente las dolomías oquerosas del Suprakeuper, y surge, al exterior, por gravedad, en los puntos en que la erosión lineal del río Martín ha atravesado la estructura exhumando algunos de estos conductos cársticos.

En el punto de parada se evidencian las condiciones idóneas del Suprakeuper para el almacenamiento y conducción del agua. Puede observarse la gran cantidad de oquedades que presenta, la presencia de infiltraciones ocasionales y la existencia de conductos cársticos con concrecciones calcáreas y huellas de circulación de agua.

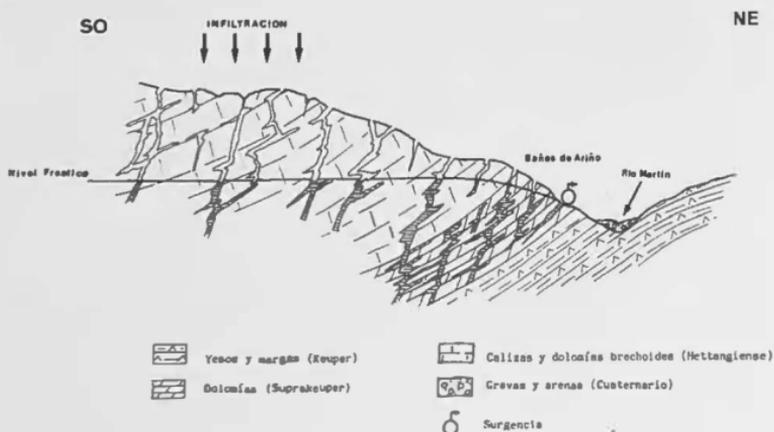
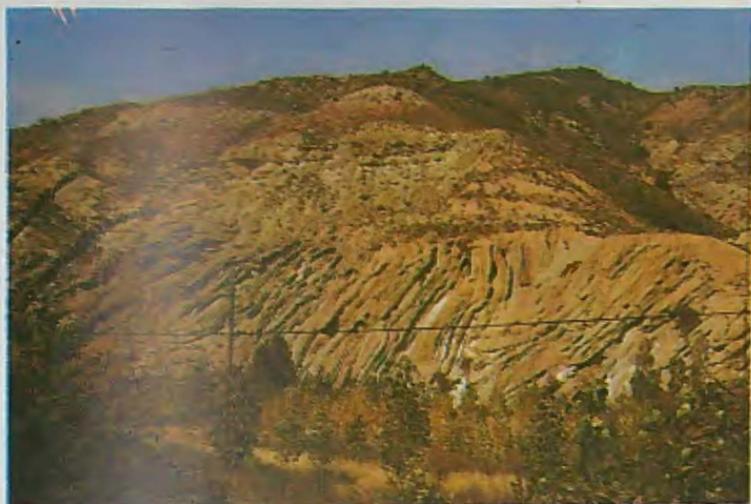


Figura 8. — Esquema idealizado del sistema cárstico que origina las surgencias de las Fuentes de Ariño.

#### PARADA II.4. — Virgen de Arcos. Cabalgamiento de materiales mesozoicos sobre terciarios

La parada se sitúa entre los Km. 13 y 12 de la carretera local, entre Oliete y Albalate del Arzobispo, desde la zona denominada «La Pasarela» a la Ermita de Nuestra Señora de Arcos (fig. 1-C).

Aquí puede observarse la estructura general y disposición de los materiales triásicos, jurásicos y ocasionalmente cretácicos, sobre los terciarios que forman parte de la Sierra de Arcos, correspondiendo a un pliegue cabalgante deslizado sobre los materiales plásticos del Keuper.



Vista de los materiales de la facies Keuper en la Sierra de Arcos.

En un corte detallado SSO-NNE, paralelo al curso del río Martín, puede diferenciarse (fig. 9):

— Materiales evaporíticos-arcillosos en tonos «versicolores» muy replegados, correspondientes a la facies Keuper, y coincidentes con la zona más amplia del valle.

— Calizas dolomíticas y dolomías del Suprakeuper. Corresponden a la zona de estrechamiento del valle donde está enclavada la «Pasarela». En ellas se puede diferenciar dos tramos: el inferior, estratificado en bancos métricos a centimétricos con fracturación o diaclasado poco intensos así como carstificación poco desarrollada; y un tramo superior dolomítico, brechoide, con un intenso diaclasado y carstificación más importante.

Estos materiales se encuentran plegados constituyendo un sinclinal visible a ambos lados del río.

— Superficie de cabalgamiento de los materiales anteriores sobre los terciarios.

En la margen derecha, los materiales del Suprakeuper se verticalizan y llegan a cabalgar sobre los cretácicos y terciarios (algo recubiertos por cuaternario) describiendo un apretado anticlinal.

— El Cretácico, en este sector, corresponde a una alternancia de lutitas y arenas de distintos tonos, en facies Utrillas. Estos materiales originan una morfología muy típica, con relieves acarcavados.

— El Terciario es aquí exclusivamente detrítico con predominio de lutitas rojas, en las que se intercalan bancos de arenitas y microconglomerados muy cementados por carbonatos. El buzamiento general de la serie se mantiene bastante constante hacia el ESE con un valor medio de 15°.

— El Cuaternario está constituido por aluviones y coluviones margoarcillosos, existiendo en el cauce actual acumulaciones de arenas limosas y gravas.

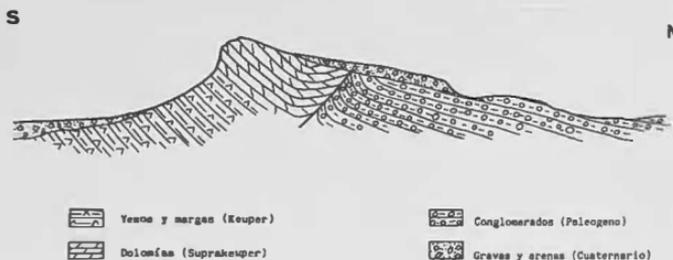


Figura 9. — Corte geológico del cabalgamiento de la Sierra de Arcos (no a escala).

## PARADA II.5. — Calanda. Estructura anticlinal

El objetivo fundamental de esta parada es la observación de un pliegue anticlinal construido en materiales del Mesozoico y disectado por los ríos Guadalope y Guadalopillo, que atraviesan la estructura y permiten la visualización de la disposición interna de las capas.

El punto más adecuado para la observación del conjunto se encuentra en la carretera de Calanda a Mas de las Matas, efectuando la parada a la entrada del túnel situado junto a la nueva presa del río Guadalope (fig. 1-C). Desde este paraje se denomina el núcleo del anticlinal, constituido por los materiales margo-yesíferos del Keuper, a los que se superpone un potente y compacto paquete de calizas que dibuja la curvatura de la estructura anticlinal. Aquí, en el flanco meridional del anticlinal, el buzamiento de las capas calcáreas es de 70° S. Para confirmar la estructura hay que desplazarse al flanco septentrional; para lo que se recomienda retroceder unos 300 m. en dirección a Calanda hasta un pequeño puente, elevado sobre la carretera, que comunica con la margen derecha del río. Por un sendero, paralelo al mismo, se puede identificar los materiales, sus buzamientos y completar el corte geológico representativo (fig. 10). Desde el núcleo del anticlinal hacia el NNE los materiales se disponen en los siguientes tramos:

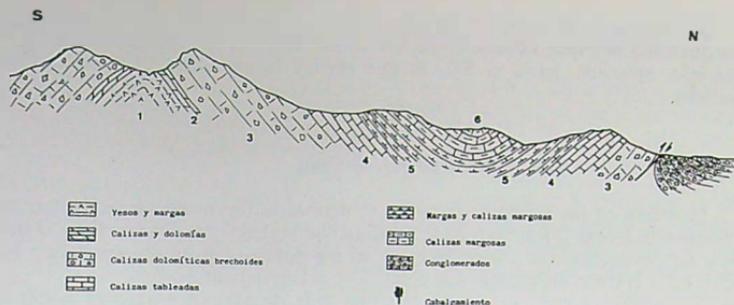


Figura 10. — Corte esquemático estructural del área de Calanda.

1. Lutitas y yesos de facies Keuper.
2. Dolomías grisáceas tableadas y brechificadas en su base. Asimilables al Suprakeuper.
3. 70 m. de dolomías brechoideas de aspecto masivo.
4. Calizas tableadas, bien estratificadas, grisáceas, con niveles de calizas oolíticas y bioclásticas, de edad Sinemuriense.
5. Margas y calizas margosas alternantes, muy fosilíferas, de edad Toarciense.
6. Calizas micríticas con margas intercaladas y nódulos de sílex en su base, de edad Bajociense por la fauna de Ammonoideos.



Anticlinal de Calanda.

El buzamiento de cada uno de estos tramos es hacia el NE. Continuando en esta dirección se repite la serie desde los tramos 6 al 3, pero los buzamientos se presentan opuestos, hacia el SO, lo que sugiere la existencia de un sinclinal asociado.

#### PARADA II.6. — Cueva de las Graderas. Molinos

La cueva de las Graderas o, como se denomina turísticamente, «Cuevas de Cristal» está a unos 3 Km. al S de la localidad de Molinos y se llega a ella por una pista sin pavimentar que comienza en el mismo pueblo. Los autobuses deben tomarla en la entrada del pueblo, a la derecha de la carretera de acceso.

La estructura está constituida por una serie de pliegues vergentes hacia el NNO, en ocasiones cabalgantes. A lo largo del camino se pasa de los conglomerados terciarios a materiales cretácicos y, ocasionalmente, algunos niveles del Jurásico superior en los núcleos anticlinales. En la cuesta del último tramo de acceso a la cueva se cortan, de abajo arriba, los siguientes materiales: arcillas arenosas abigarradas, de facies Utrillas, en la parte inferior; sobre ellas se disponen unos 50 m. de calizas detriticas, margas y areniscas, de edad Vracomiense-Cenomaniense; y, finalmente, unos 20 m. de calizas cristalinas y calizas con sílex del Cenomaniense-Turonense, en las que se desarrollan las cuevas.

Los procesos de carsificación dependen de gran número de factores. Los más importantes a tener en cuenta son: la constitución litológica, textura y estructura

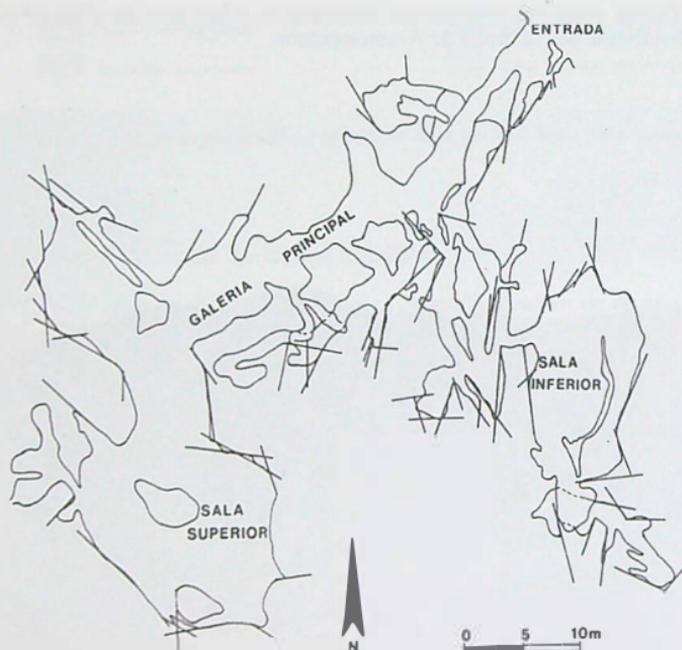
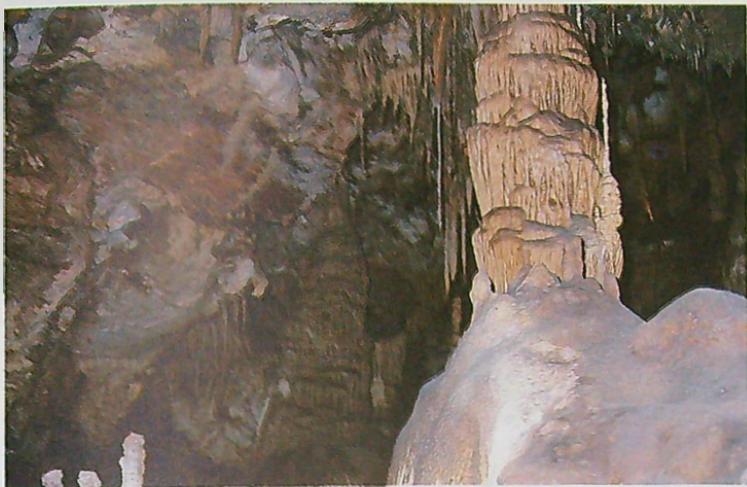


Figura 11. — Planta de la Cueva de las Graderas, con representación de los principales planos de fracturación.

de la roca y evolución climática. La importancia relativa de cada uno de estos factores se visualiza fácilmente en este área.

Los materiales de los tramos inferiores son poco favorables para el desarrollo de la carstificación por su composición arenosa o margosa; mientras que las calizas del Cenomaniense-Turoniense son más propicias a la disolución, tanto por su constitución calcárea, textura cristalina y espesor de las capas, como por la red de fracturas y diaclasas que las atraviesan y facilitan la penetración de las aguas.

La estructura geológica general en pliegues anticlinales y sinclinales es otro factor determinante. Los ejes sinclinales favorecen a grandes rasgos la carstificación, encauzando el flujo de las aguas subterráneas. Los materiales inferiores, relativamente más insolubles, impiden la penetración de las aguas impermeabilizando el sistema. Por ello, la cueva de las Graderas, así como las otras cuatro detectadas en la zona y probablemente interconectadas, ocupan el eje de un pliegue sinclinal en calizas del Cenomaniense-Turoniense.



Estructuras cársticas de las cuevas de Molinos.

La cueva es explotada turísticamente por el Ayuntamiento de Molinos, que la ha acondicionado para ello mediante la excavación de algunas galerías, cementación del suelo e iluminación de las salas. Su estructura en planta se refleja en la figura 11. Aun cuando se diferencia en salas y galerías, el conjunto en realidad es una estructura laberíntica tridimensional muy intrincada, condicionada en su desarrollo por los principales planos de fractura y diaclasa, como se puede constatar en la figura.

Los procesos cársticos del interior de la cueva presentan dos etapas perfectamente diferenciadas: en primer lugar una fase eminentemente erosiva, que generó los principales conductos existentes, cuando el nivel freático estaba por encima del de la cueva y el agua circulaba a presión por las discontinuidades de la roca, en-

sanchándolas y creando conductos circulares o fusiformes. Posteriormente, conforme descendió el nivel freático, la circulación se efectúa por conductos parcialmente llenos, predominando la erosión mecánica sobre la disolución; se ensanchan los conductos, se producen fenómenos de desprendimiento de bloques y el depósito de sedimentos en su base. Finalmente, en la etapa más reciente, la circulación del agua está muy atenuada, limitándose a una infiltración lenta con el desarrollo de depósitos químicos: la formación de estalactitas, estalagmitas, columnas, cortinas, etc.

El depósito cárstico de esta cueva presenta dos peculiaridades: el desarrollo de depósitos cristalinos de calcita, de ahí su denominación, y la formación de estructuras estalactíticas inclinadas a subhorizontales, de difícil explicación.

Un estudio detallado de los restos de flora y fauna, encontrados en el relleno detrítico del fondo de las cavidades, permite datarlas como correspondientes a los últimos episodios templados del Pleistoceno superior.



## BREVE RESEÑA BOTÁNICA DEL BAJO ARAGÓN

Pretendemos dar aquí una visión general de la vegetación observable en las dos excursiones (Zona de Montalbán y Area del Bajo Aragón), de tal manera que, sin ser exhaustivos, puedan reconocerse las especies más representativas y más comunes de la zona (figura 12).

El área en la que se desarrollan los recorridos está caracterizada por sus grandes extensiones llanas con tierras de cultivo (normalmente coincidentes con materiales terciarios) y matorral, en tránsito muchas veces a zonas arboladas de pequeña amplitud y en la mayoría de los casos de repoblación (como sucede con los Pinares). Puede observarse lo que podrían ser restos de antiguos Sabinares sobre sustrato calcáreo, fenómeno muy extendido en ambas ramas de la Cordillera Ibérica, reducidos actualmente a un salpicado de sabinas generalmente de porte arbustivo.

La mayor parte del recorrido se realiza por zona de matorral, casi de estepa, con aliagas, romeros, espliego, tomillo... en general vegetación de zona rocosa y poco suelo, como suelen ser los grandes dominios calcáreos del Sistema Ibérico. Entre este matorral bajo destacan los, en ocasiones grandes, ejemplares de sabina negra y enebro, resistentes tanto a los grandes cambios de temperatura como al viento fuerte y persistente, y con pocas exigencias en cuanto al tipo de suelo y su riqueza. En otras zonas, la sabina se ve sustituida por la coscoja, igualmente resistente, o se indenta con ella.

Cuando el sistema calcáreo se ve cortado por un sistema fluvial más o menos persistente y continuo, la riqueza vegetal aumenta en gran medida. Las condiciones de humedad y posibilidad de desarrollo de suelos permiten la instalación de una mayor variedad de flora. Desde las herbáceas y gramíneas de pradera a las sabinas, romeros y espliegos de las rocas más descubiertas de las vertientes, hay una mayor gama de elementos tanto arbustivos como arbóreos. Los chopos, álamos y sargas, junto con el carrizo y los juncos, prefieren la zona de mayor almacenamiento de agua, es decir, el río. En las laderas del valle, por el contrario, se disponen pequeñas extensiones de Pinar de pino silvestre y rodeno. En otros casos son el lentisco y el espino negro asociados con el acebuche (asociación característica de zonas secas) los que aparecen, no formando masas espesas, sino en ejemplares sueltos y mezclados con otros arbustos de menor porte y herbáceas: retamas, jarillas, enredaderas, zarzas, siemprevivas, romeros, aliagas, esparraguera, cardo corredor, etc.

Aunque los sotobosques de los Pinares suelen ser bastante pobres en especies, en este caso aún podemos ver, en algunas zonas de suelo más ácido, a las jaras, arbustos que se manifiestan como buenos colonizadores de suelos empobrecidos si las condiciones climáticas no son demasiado extremas.

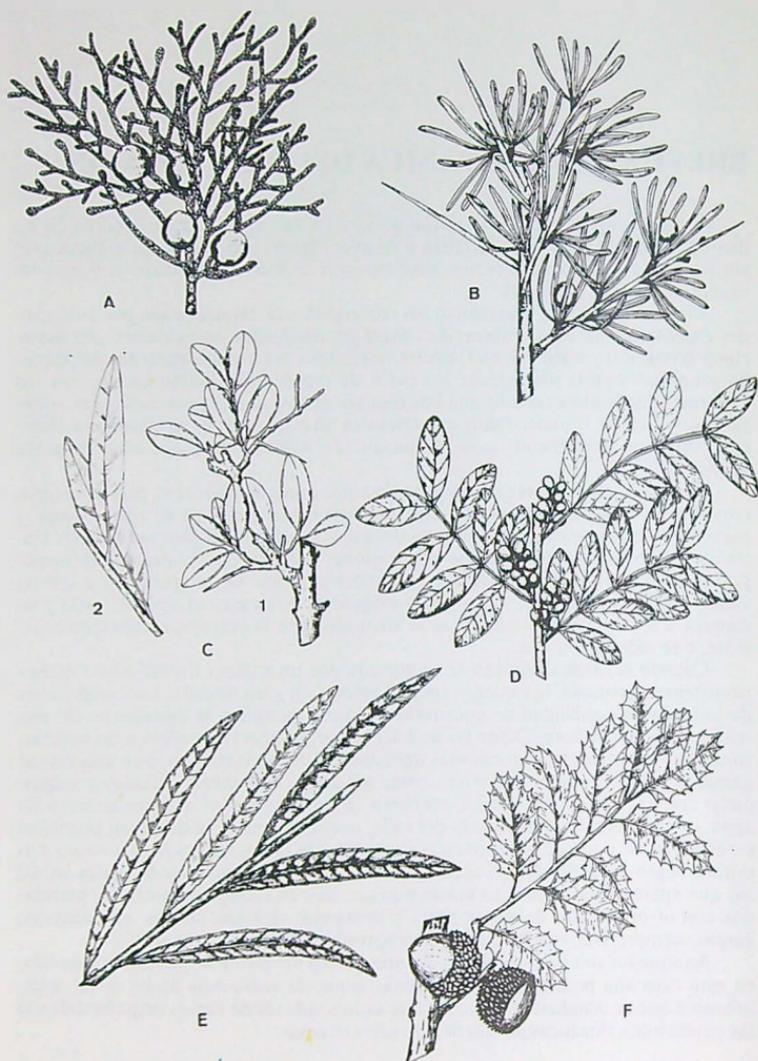


Figura 12. — Especies vegetales de la zona. A) *Juniperus phoenicea*; B) *Rhamnus lycioides*; C) *Olea europaea*; 1, silvestre; 2, cultivada; D) *Pistacia lentiscus*; E) *Salix eleagnos*; F) *Quercus coccifera*.

## LISTA DE ESPECIES

	Nombre común	Nombre científico	Familia
ÁRBOLES	Pino silvestre	<i>Pinus sylvestris</i>	Pinaceae
	Pino rodeno	<i>P. pinaster</i>	Pinaceae
	Chopo	<i>Populus nigra</i>	Salicaceae
	Alamo	<i>P. alba</i>	Salicaceae
	Sarga	<i>Salix eleagnos</i>	Cupressaceae
	Sabina vegetal	<i>Juniperus phoenicea</i>	Fagaceae
	Coscoja	<i>Quercus coccifera</i>	Papilionaceae
ARBUSTOS	Aliaga	<i>Genista anglica</i>	Labiatae
	Romero	<i>Rosmarinus officinales</i>	Cupressaceae
	Enebro	<i>Juniperus comunuis</i>	Cistaceae
	Jara	<i>Cistus albidus</i>	Cistaceae
		<i>C. laurifolius</i>	Cistaceae
		<i>C. monspeliensis</i>	Papilionaceae
	Retama	<i>Lygos sphaerocarpa</i>	Rhamnaceae
	Espino negro	<i>Rhamnus lycioides</i>	Anacardiaceae
Lentisco	<i>Pistacia lentiscus</i>	Oleaceae	
Acebuche	<i>Olea europaea</i>	Umbelliferae	
HERBÁCEAS	Cardo corredor	<i>Eryngium campestre</i>	Gramineae
	Carrizo	<i>Phragmites communis</i>	Juncaceae
	Junco	<i>Juncus sp.</i>	Labiatae
	Espliego	<i>Lavandula angustifolia</i>	Cistaceae
	Jarilla	<i>Helianthemun nummularium</i>	Labiatae
	Tomillo	<i>Thymus vulgaris</i>	Cistaceae
	Zarza	<i>Rubus sp.</i>	Rosaceae
	Siempreviva	<i>Helichrysum stoechas</i>	Compositae
	Esparraguera	<i>Asparagus officinalis</i>	Liliaceae
	Gamón	<i>Asphodelus sp.</i>	Liliaceae
	Enredadera	<i>Hedera helix</i>	Araliaceae
Rubia silvestre	<i>Rubia peregrina</i>	Rubiaceae	