

ALFONSO GARCIA DE LA VEGA

Dpto. de Geografía. Universidad Autónoma de Madrid

ESTUDIO GEOMORFOLOGICO DE LA SIERRA DE ALTO REY (SECTOR ORIENTAL DEL SISTEMA CENTRAL, GUADALAJARA)

RESUMEN - RÉSUMÉ - ABSTRACT

A partir del articulado morfoestructural de la Sierra de Alto Rey se establecen las relaciones existentes entre los caracteres morfotectónicos y morfolitológicos con los procesos morfogenéticos. Los testigos morfológicos y sedimentológicos permiten esbozar una cronología de los procesos de modelado dominantes en la Sierra y su piedemonte.

* * *

Étude géomorphologique de la Sierra de Alto Rey (Secteur oriental du Système Central, Guadalajara).- Il s'agit de connaître l'articulation morphostructurale de la Sierra de Alto Rey pour établir les relations existantes entre les caractères morphotectoniques et morpholithologiques et les processus morphogénétiques. Les témoins morphologiques et sédimentologiques permettent d'ébaucher une chronologie des processus de modelé dominants dans la Sierra et son piémont.

* * *

Geomorphological study of the Sierra de Alto Rey (Eastern sector of Central System, Guadalajara).- This article studies the morphostructural articulation of the Sierra de Alto Rey in order to establish the relationships between the morphotectonical and morpholithological features and the morphogenetic processes. The morphological and sedimentological remains allows us to outline a chronology of the dominant modelling processes in the Sierra and its piedmont slope.

PALABRAS CLAVE: Morfoestructuras, piedemonte, vertiente, pedimento, raña, Sierra de Alto Rey, Sistema Central.

MOTS CLÉ: Morphostructures, piémont, versant, pédiment, raña, Sierra de Alto Rey, Système Central.

KEY WORDS: Morphostructures, piedmont slope, slope, pediment, raña, Sierra de Alto Rey, Central System.

I. LOCALIZACION GEOGRAFICA

La Sierra de Alto Rey es uno de los apéndices montañosos del extremo oriental del Sistema Central, enmarcado en el cuadrante NO de la provincia de Guadalajara. Esta sierra tiene una dirección O-E, ligeramente incurvada en sus extremos hacia el Sur en forma de anfiteatro, con una altitud máxima de 1852 m en el castillar de Alto Rey y una extensión aproximada de unos 70 km².

La Sierra de Alto Rey está acotada al Norte por la depresión periférica triásica de los Condemios (1200 m de altitud media); al Sur por el antiforme cámbrico de Hiendelaencina (1100 m), que limita con el surco ortoclinal de Alcorlo y la cuesta cretácica de los Lobos; al Oeste por la Sierra de los Mojones o de la Huerce (1600 m); al Este por los cerros ordovícicos de Robledo (1400 m). La zona de estudio se limita al tramo alto de la cuenca del río Bornova, afluente del río Henares, que lo es a su vez del río Tajo.

II. MORFOESTRUCTURAS

1. CARACTERES MORFOLITOLÓGICOS

A. El domo cámbrico-precámbrico, que se encuentra al Sur del cordal ordovícico de Alto Rey, tiene una extensión de 160 km² y una altitud de 1000-1100 m. Está recubierto parcialmente por retazos de mantos de alteritas en gneises, a su vez fosilizados por las mesas de raña, que determinan la morfología del piedemonte meridional de la cresta cuarcítica de Alto Rey. Este domo está constituido por gneises granoblásticos y leucoblásticos, entre los que destacan los "Ollos de Sapo". Hay una serie de cuarcitas, cuarcitas feldespáticas y micacitas de escaso interés morfolitológico.

Este enclave gneísico es un abombamiento de radio medio de curvatura que afecta al zócalo y a su cobertera (BIROT Y SOLE, 1954). Estos gneises desarrollan su esquistosidad en las dos primeras fases tectónicas de la orogenia hercínica. En la terce-

de 900 m en dirección NE-SO, parcialmente recubiertos por el embalse de Alcorlo.

E. La cuesta cretácica se sitúa al Sur del surco ortoclinal de Alcorlo en su misma dirección, con unos 8 km² de superficie y a 1090 m de altitud en los Lobos. Se apoya en discordancia normal sobre la banda septentrional de materiales triásicos, con unos 20°S de buzamiento, y sobre ellos descansan en discordancia angular los sedimentos miocenos.

F. Entre los materiales terciarios y cuaternarios, que recubren parcialmente algunas formas, se encuentran:

– Los sedimentos detríticos miocenos de facies marginal que, situados a 1000 m, aparecen en discordancia erosiva y angular sobre los relieves monoclinales cretácicos de borde de zócalo. Colmatan los bloques hundidos y las depresiones del paleorrelieve constituido por unas crestas cuarcíticas y las dovelas gneíscas hundidas del piedemon-

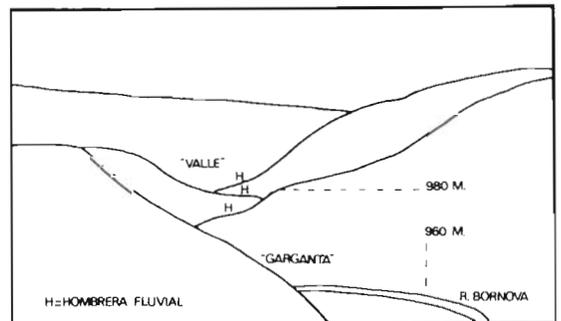
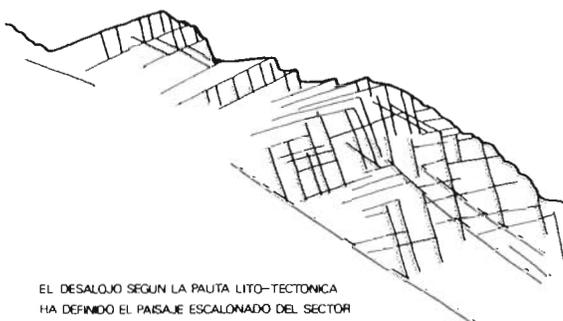
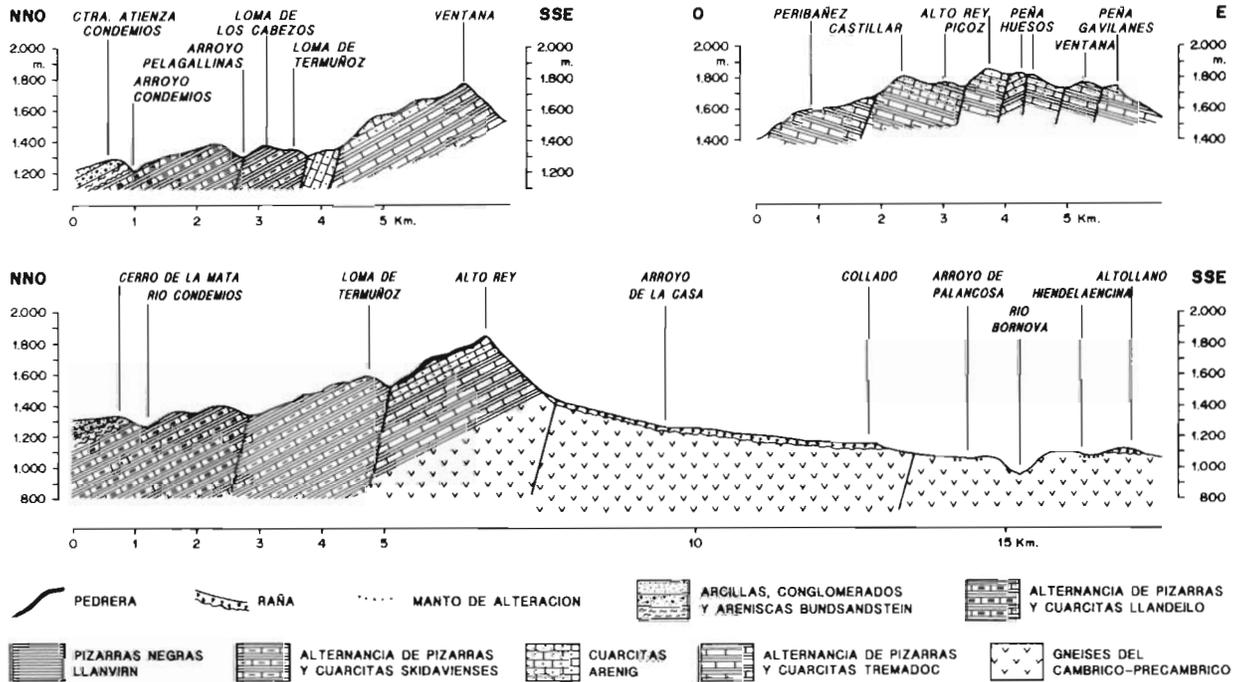


Fig. 2. Condicionamientos morfolitológicos en el modelado. Arriba: cortes morfoestructurales del escalamiento del horst del Alto Rey y su piedemonte. Abajo, a la izquierda: cumbres acastilladas definidas por la pauta litotectónica. Abajo, a la derecha: hombreras fluviales pleistocenas de la etapa "valle" en el Borno.

te meridional, fosilizando una topografía inframiocena.

- Los mantos de alteración pliocenos sobre los gneises del domo están enmascarados por las rañas y han desaparecido de los lugares que coinciden con las cabeceras fluviales.

- Las rañas villafranquienses, que ocupan parcialmente el piedemonte gneísico de Hiendelaencina, con una extensión de unos 35 km² en total, y están desparramadas en forma de abanico.

- Los depósitos de ladera que tapizan las vertientes (pedrizas, coluviones...), pero no existen terrazas fluviales en el sector estudiado.

2. CARACTERES MORFOTECTONICOS

A. Las megaestructuras hercínicas: el anticlinorio de Hiendelaencina

La zona estudiada se enmarca en un área de megaestructuras paleozoicas producidas en la orogenia hercínica. De Oeste a Este son el Anticlinorio del Sorbe, el Sinclinorio de Semillas y el Anticlinorio de Hiendelaencina (GONZALEZ LODEIRO, 1981a y 1981b), todos ellos con una orientación aproximada N-S. En este último anticlinorio se localiza el relieve estudiado: la cresta de tipo apalachiana de Alto Rey que orla el domo gneísico, y forma su piedemonte meridional.

B. El relieve monoclinual ordovícico

La Sierra de Alto Rey es una orla de materiales cuarcíticos y pizarrosos del Ordovícico, que buzan 25°N, donde sobresalen las cuarcitas armoricanas que por erosión diferencial, crean una cresta monoclinual degradada.

C. Las principales fallas con incidencia en el relieve

La orogenia hercínica origina los cabalgamientos y los fracturas con las fallas y desgarres tardihercínicos. La orogenia alpina reactiva las fracturas subyacentes del zócalo, levantando la Sierra de Alto Rey respecto al domo gneísico por una falla transversal de dirección NE-SO. En este sector, esta orogenia comienza a partir del Oligoceno (puesto que al Sur del área estudiada hay unos conglomerados sintectónicos de este período) y termina hacia el Mioceno medio. Esta calma tectónica se alcanza con el desmantelamiento erosivo que culmina con la formación de la superficie de erosión finimiocena. El escarpe de falla alterado de la vertiente meri-

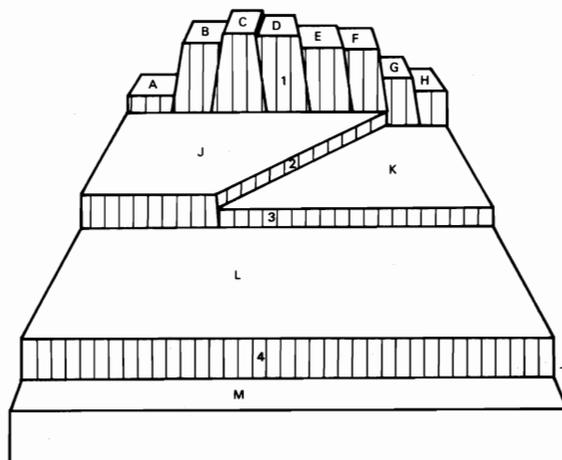
dional de la Sierra de Alto Rey separa la cresta ordovícica del domo gneísico, creando un horst frente a una escalera de bloques hundidos hacia el Sur. Esta falla meridional NE-SO ha provocado, junto a la disposición estructural, una disimetría de vertientes en la sierra. En la vertiente meridional, que coincide con este gran escarpe, se alternan peñas residuales de los materiales cuarcíticos y pizarrosos tremadocienses que forman el frente del monoclinual. La vertiente septentrional es un dorso de los estratos ordovícicos en suave buzamiento 25°N, cepillados por la superficie de erosión poligénica pretriásica.

En el horst de Alto Rey hay un juego de fallas de dirección N-S, que forma un sistema de dovelas descendente. Así, en su extremo occidental se asciende progresivamente de Oeste a Este, desde Cabecito (1414 m) hasta Alto Rey (1852 m); y de este bloque hacia el Este se desciende hasta el Mojón Gordo (1454 m), generando el escalonado perfil de la sierra.

Más al Este de esta unidad acaba en el desgarre dextrógiro de Cañamares, de dirección N-S, que, perteneciente a la tectónica tardihercínica, pone en contacto mecánico los domos gneísicos de Hiendelaencina y de La Bodera.

D. Los relieves de borde de zócalo

Tras el arrasamiento pretriásico, las transgresiones y regresiones marinas del Mesozoico recubren parcialmente este zócalo. Este tegumento sedimentario, en discordancia erosiva con los materiales paleozoicos, se pliega y fractura en el orógeno alpino. Esos plegamientos crean los relieves monoclinuales de borde de la muela de Pela y la cuesta de los Lobos. Entre estas barras cretácicas y las pizarras y gneises paleozoicos se formarán las depresio-



1-4. FALLAS

A-H: DOVELAS DE LA CRESTA ORDOVICICA DE ALTO REY

J-M: DOVELAS DEL PIEDEMONTE GNEISICO DE HIENDELAENCINA

Fig. 3. Bloque diagrama morfoestructural del horst de Alto Rey y su piedemonte meridional.

CUADRO I
CONDICIONANTES MORFOESTRUCTURALES DEL MODELADO

MODELADO	MORFOESTRUCTURA	MORFOTECTONICA	MORFOLITOLOGIA	FORMAS DE RELIEVE
Valles pliocenos	Depresiones estructurales de borde de zócalo	Contacto morfotectónico entre horst y su pie	Delezabilidad de los materiales triásicos	Depresión periférica de los Condemios y surco ortoclinal de Alcorlo
Valles pleistocenos	Adaptación a la estructura abovedada del domo gneísico y a la disposición monoclinial de la Sierra de Alto Rey	Malla de fracturas N-S. Efecto remoto del tirante hídrico, derivado del hundimiento de la fosa del Tajo	Diaclasado, esquistosidad y delezabilidad de pizarras y diaclasado de las cuarcitas. Recubrimiento detrítico (Mioceno y raña)	Hombreras fluviales. Gargantas tortuosas. Formas de erosión remontante. Capturas fluviales. Disimetría fluvial de la Sierra de Alto Rey
Pedimento	Disposición monoclinial de la orla ordovícica. Carácter basal del domo respecto a la sierra	Levantamiento de la Sierra de Alto Rey. Falla meridional SO-NE. Basculamiento al N. Articulación de las dovelas en descenso hacia el Sur. Damero tectónico del domo	Recubrimiento de los materiales triásicos al Norte. Diaclasado, esquistosidad y delezabilidad de los gneises	Arrasamiento generalizado. Alvéolos. Tors. Llambrias. Balmas. Canchales. Resaltes rocosos
Raña	Mayor pendiente y forma de anfiteatro del cierre perianticlinial de Alto Rey	Sistema de dovelas descendentes hacia el Sur	Fuente de alimentación en cuarcitas y pizarras del Alto Rey	Mesas de raña
Cumbres	Separación de peñas por fracturas N-S	Relación con fallas N-S y NE-SO	En cuarcitas el diaclasado y en pizarras foliación, diaclasado y crenulación	Mojones y castillares
Formas periglaciares	Disposición monoclinial de la orla ordovícica. Bloque elevado, 1.800 m.	Falla meridional de Bustares. Fracturación generalizada. Diaclasamiento de detalle	Cuarcitas armoricanas. Alimentación de las vargas cuarcíticas. Posibilidad de las pizarras de pasar a ser arcillas	Pedreras. Oquedades. Conos de derrubios. Microfiguras

nes periféricas, donde se cobijan areniscas, conglomerados y arenas triásicas (1)¹.

E. Los caracteres morfoestructurales como determinantes del modelado fluvial, de vertientes y periglaciario

a. Modelado fluvial

Se observa una adaptación a las estructuras, por la forma envolvente tanto del río Bornova y de su principal afluente doblemente nominado —Cristóbal-Riatillo de la Vega— y existe un encajamiento general de la red hidrográfica a favor de las líneas de fractura de dirección N-S. Este entramado tectónico y el tirante hídrico creado por la fosa del Tajo han generado una importante erosión remontante en la cabecera de los ríos. Así, el Bornova primero taja la cuesta cretácica de los Lobos formando un congreso; aguas arriba hiende los sedimentos miopliocenos que obliteran el domo gneísico y, en su zapa, cincela la cresta cuarcítica creando un an-

gosto boquerón por el que se encaja su cauce hasta alcanzar los relieves de borde cenozoicos, atravesando la depresión periférica triásica de los Condemios y realizando numerosas capturas fluviales.

b. Modelado de vertientes

La disposición monoclinial de la orla ordovícica ha permitido el desarrollo desigual de los piedemontes septentrional y meridional: aquél es más pequeño, enmascarado por el recubrimiento de los sedimentos triásicos, y éste es mucho más extenso, por los diversos procesos de modelado que lo esculpen. El manto de alteritas plioceno se produce por una alteración química sobre los gneises y la arroyada laminar posterior crea un pedimento que zapa la raíz de la sierra. Las rañas villafranquienses aglutinan los cantos de cuarcita y las arcillas procedentes del cierre perianticlinial de Alto Rey, cuyas vertientes encierran este piedemonte meridional, que se dispone como un conjunto articulado de dovelas hundidas hacia el Sur, mordido ligeramente por el pedimento plioceno. El derrame detrítico de estos

¹ Tricart y Cailleux (1957 en *Cours de Géomorphologie*. 1ª parte: *Géomorphologie structurale*, fasc. II: *Le type de bordures de massifs anciens*, pp. 1-77, C.D.U., París) y Birot (1958 en *Morphologie structurale*, vol. 1º: *Structure statique y Formes*

structurales élémentaires, 167 pp., ed. Orbis, París) definen las depresiones periféricas y los relieves monocliniales de cobertera, como los relieves propios de borde de zócalo.

glacis de acumulación sigue la pendiente de las vertientes y el escalonamiento tectónico, y la forma cóncava del pedimento favorece la obliteración del extenso piedemonte.

c. Modelado periglaciár

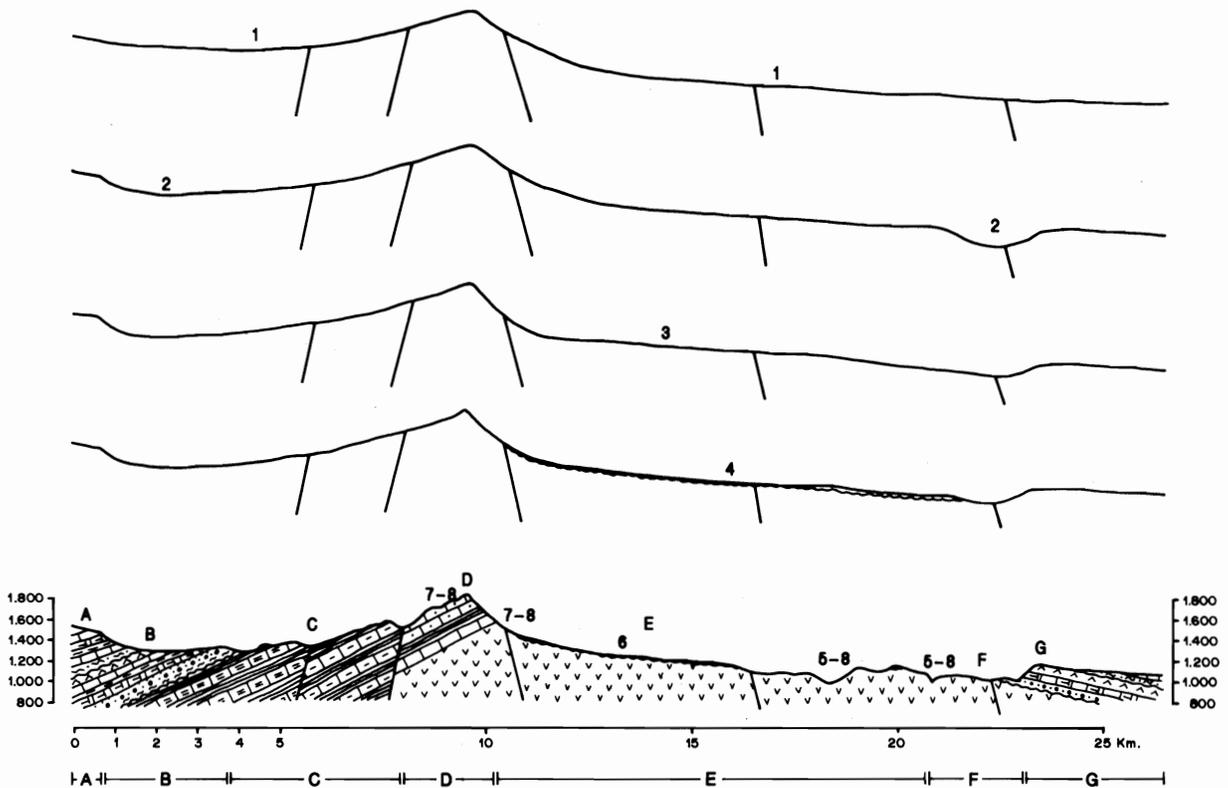
La pauta litotectónica define el paisaje escalonado del sector: el relieve monoclinal ordovícico que constituye la sierra, junto con el gran escarpe de falla de Bustares, favorece las vargas en la vertiente meridional y las características morfolíticas de esta orla cuarcítico-pizarrosa han determinado la diferente tipología de cumbres (castillares y mojonos) y el modelado periglaciár heredado y ac-

tual en las cumbres y en las vertientes (pedreras, oquedades, coladas de derrubios).

3. UNIDADES MORFOESTRUCTURALES

A. La cresta ordovícica de Alto Rey

Es parte del cierre perianticlinal y es una de las crestas más altas, que alcanza los 1852 m. Es un monoclinal apalachiano de cuarcitas del Arenig, que está delimitado por una estrecha franja de la serie alternante de pizarras y cuarcitas del Skidaviense, que forman los dorsos de la vertiente septentrional. La vertiente meridional constituye el gran es-



MORFOCRONOLOGIA

- 1.- SUPERFICIE DE EROSION FINIMIOCENA
- 2.- ANTIGUA RED DE DRENAJE PLIOCENA
- 3.- PEDIMENTO PLIOCENO
- 4.- RAÑA VILAFRANQUIENSE
- 5.- INCISION FLUVIAL PLEISTOCENA
- 6.- GLACIS DE ABLACION PLEISTOCENO
- 7.- PEDRERA PERIGLACIAR WÜRMIENSE
- 8.- ARROYADA HOLOCENA

UNIDADES MORFOESTRUCTURALES

- A.- MUELA CRETACICA DE PELA
- B.- DEPRESION PERIFERICA DE LOS CONDEMIOS
- C.- PIEDEMONTE PIZARROSO DE CAVERO
- D.- CRESTA ORDOVICICA DE ALTO REY
- E.- PIEDEMONTE GNEISICO DE HIENDELAENCINA
- F.- SURCO ORTOCLINAL DE ALCORLO
- G.- CUESTA CRETACICA DE LOS LOBOS

LITOLOGIA

-  DOLOMIAS, MARGAS Y CALIZAS DEL CRETACICO SUPERIOR
-  ARENAS Y ARCILLAS DEL CRETACICO INFERIOR
-  YESOS Y MARGAS KEUPER
-  MARGAS Y DOLOMIAS MUSCHELKALK
-  ARCILLAS, CONGLOMERADOS Y ARENISCAS BUNDSANDSTEIN
-  ALTERNANCIA DE PIZARRAS Y CUARCITAS LLANDEILO
-  PIZARRAS NEGRAS LLANVIRN
-  ALTERNANCIA DE PIZARRAS Y CUARCITAS SKIDAVIENSE
-  CUARCITAS ARENIG
-  ALTERNANCIA DE PIZARRAS Y CUARCITAS TREMADOC
-  GNEISES DEL CAMBRICO-PRECAMBRICO

Fig. 4. Esquema ideal de la evolución morfogénica.

carpe de falla en donde aflora una alternancia de pizarras y cuarcitas del Tremadoc. La erosión ha desgastado más los materiales pizarrosos, resaltando los estratos cuarcíticos; por toda la vertiente hay numerosas peñas residuales de la erosión diferencial: Asnos, Peña Horno, Peña Cacha y Sestagüelo.

B. Piedemonte pizarroso de Cavero

Se encuentra al Norte de la cresta ordovícica, y está constituido por una orla de pizarras negras del Llanvirn; sobre ella reposa la cobertera de sedimentos triásicos de la depresión periférica de los Condemios. Este piedemonte se extiende por unas suaves lomas arrasadas por esta superficie de erosión poligénica pretriásica, con escasa pendiente y amplitud (unos 4 km. de longitud frente a los 15 km. del meridional). Apenas presenta líneas de fractura notables, aunque existan dameros tectónicos que caracterizan algunas lomas (Cavero, 1468 m). Este piedemonte pizarroso está tajado por el arroyo Pelagallinas, que divaga haciendo quiebros en las pizarras siguiendo la pauta litotectónica, que lo separa de la Sierra al encajarse al pie de la vertiente septentrional.

C. Piedemonte gneésico de Hiendelaencina

El domo gneésico se encuentra al Sur del cordal ordovícico de Alto Rey, desgajado de él por un gran escarpe de falla de dirección NE-SO, y constituye el núcleo del cierre perianticlinal. Las fallas hercínicas lo vertebran como un sistema de dovelas descendente hacia el Sur, lo que ha facilitado un modelado de ablación (pedimentación, glacis de erosión, superficies de erosión pretriásica y finimiocena, litología diferencial...) y de recubrimiento (mantos de alteración, raña, pedreras periglaciares...). Este piedemonte, recubierto parcialmente de alteritas y rañas, se encuentra disectado por la red fluvial del Bornova con forma dendrítica. Estos arroyos discurren en dirección Sur, a favor de la dominante estructural de esos sistemas de dovelas y de la malla tectónica predominante. El afluente más importante es el Cristóbal-Riatillo de la Vega, de dirección NO-SE, que capta parte de los barrancos que discurren por la vertiente meridional del cordal ordovícico de Alto Rey; los restantes se dirigen, como el Bornova, hacia el Sur.

III. MODELADO

1. LOS VALLES

La Sierra de Alto Rey se halla disectada por los arroyos afluentes del Bornova. Esta cuenca se encuentra delimitada por los ríos Sorbe al Oeste y

Cañamares al Este, que le flanquean en dirección Sur hasta su confluencia con el Henares. Los tres valles tienen una dirección N-S, siguiendo en parte la dirección de las fallas y fracturas hercínicas y el tirante hídrico producido por el Tajo. El Bornova tiene casi 60 km. de longitud y 413 km², de los cuales 85 km² pertenecen a su principal afluente, el Cristóbal-Riatillo de la Vega, que además tiene unos 18 km. de longitud. La morfología de la cuenca hidrográfica del Bornova presenta una tipología dendrítica, que está determinada por la pauta litotectónica y las etapas evolutivas de incisión fluvial.

A. La pauta litotectónica

Está definida por una adaptación a la estructura abovedada del domo gneésico, a la malla de fracturas y fallas de dirección predominante N-S, que delimita los crestones cuarcíticos residuales y que articula en dovelas los cordales y depresiones por donde los ríos han incidido con más facilidad. Estos cauces han aprovechado el diaclasado, la esquistosidad, y la delezabilidad de las rocas esquistosas para encajarse en ellas especialmente, eliminando las alteritas ubicadas en las fracturas. La morfología resultante presenta unas gargantas tortuosas defendidas por unos grandes farallones rocosos, como los del Bornova y los del Cristóbal-Riatillo de la Vega. La erosión remontante del Bornova, debido principalmente al mencionado tirante hídrico del Tajo, ha creado el boquerón en las cuarcitas armoricanas, encajándose a favor del astillado tectónico. Esta hendidura permite la recepción de los arroyos de la vertiente y piedemonte septentrionales de la Sierra de Alto Rey, alcanzando los pequeños barrancos y el nivel freático de la muela cretácica de la Sierra de Pela, donde se encuentra la alfaguara del Manadero.

B. Las etapas fluviales

La incisión fluvial presenta una evolución en cuatro etapas desde el final del Terciario y durante todo el Cuaternario, que han definido el drenaje actual de la cuenca del Bornova.

a. El drenaje en el Plioceno

En esta época hay una red hidrográfica a favor de las depresiones de borde de zócalo y de los materiales aflorantes del Mioceno y del Triásico más vulnerables a la erosión. Son formas con dominante estructural, depresiones de borde de zócalo en las que han coexistido otros tipos de procesos morfogenéticos (morfodinámicos y climáticos) que han degradado y enmascarado sus formas primitivas.

– **La depresión periférica triásica de los Condemios** tiene una dirección OSO-ENE y una

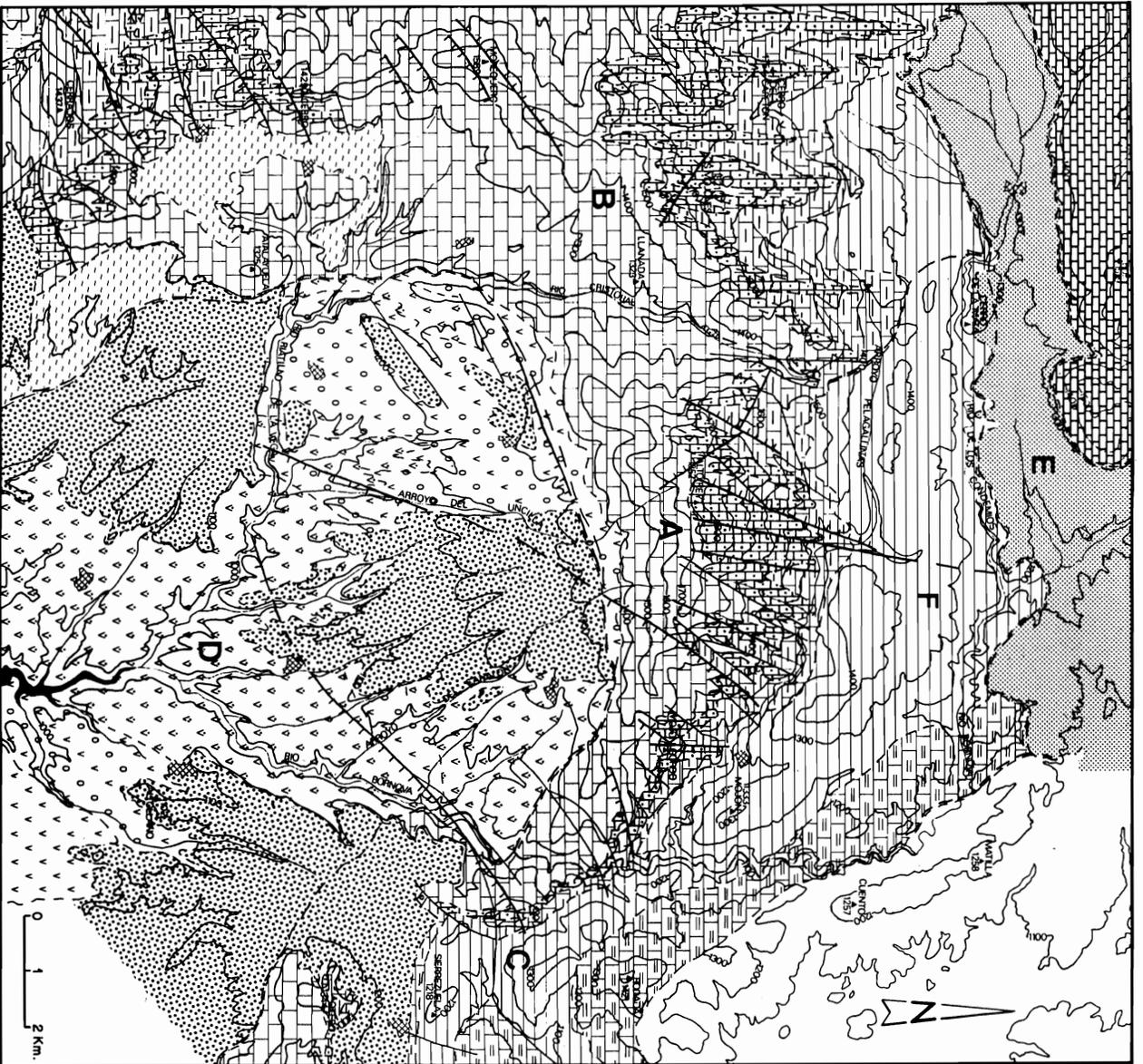
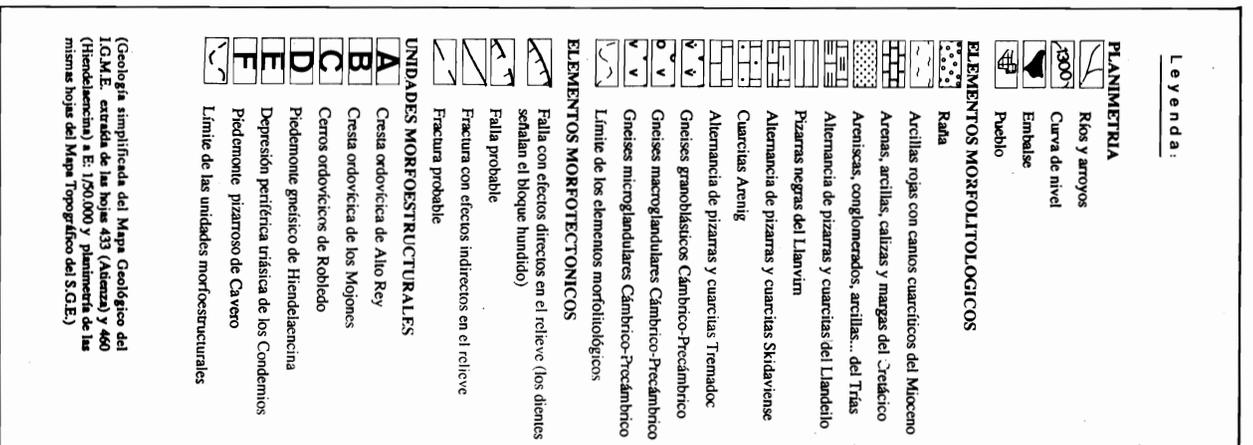


Fig. 5. Morfoestructuras de la Sierra de Alto Rey y su piedemonte.



altitud media de 1200 m en suave descenso hacia el Este. Está labrada en los deleznable sedimentos triásicos (areniscas, conglomerados, arcillas...) y contornea el piedemonte septentrional de la Sierra de Alto Rey, limitando al Norte con el borde meridional de la muela cretácica de Pela.

– **El surco ortoclinal de Alcorlo**, actualmente sin drenaje efectivo, tiene una dirección SO-NE y una altitud media de 1000 m. Queda limitado al Norte por la Sierra Gorda y el piedemonte gneísico de Hiendelaencina y, al Sur, por la cuesta cretácica de los Lobos. Esta pretérita red de drenaje captaría las aguas de la vertiente meridional del cierre perianticlinal de Alto Rey. Está labrada en la estrecha faja de materiales triásicos que reposan discordantes sobre el domo gneísico. La paleoforma más evidente es el Collado de la Cabeza, que queda colgada respecto a las hendiduras del arroyo de la Fresneda (afluente del Sorbe) y de los barrancos que alimentan al arroyo Hondo (afluente del Bornova).

– **El valle muerto del Cristóbal**, que drenaría por el Oeste el cordal ordovícico en dirección al Sorbe, ofrece formas topográficamente colgadas respecto a las incisiones fluviales pleistocenas y holocenas. De esta forma, la Sierra de Alto Rey se erigiría como una divisoria de aguas antes de que los cursos fluviales tomaran la morfología y la dirección actual.

b. La red hidrográfica en el Pleistoceno

Presenta dos fases evolutivas:

– Fase “valle”. En el Pleistoceno inferior se establece la actual dirección de los ríos hacia el Sur y aumenta la acción remontante en las cabeceras de los ríos, encajándose en la raña, en los sedimentos miocenos, en las alteritas del gneis y en el sustrato paleozoico, donde quedan vestigios de esos niveles fluviales, en las hombreras colgadas que orlan sus márgenes (como las del Molino de la Oportuna), situadas a 40-20 m del nivel actual². El antiguo cauce del Cristóbal-Riatillo de la Vega tiene todos los elementos morfológicos de una captura fluvial:

* El valle decapitado, que coincide con el curso actual de dirección NNE-SSO, labrado en los materiales ordovícicos y sobre la superficie de erosión finimiocena, cuyas hombreras se encadenan en los márgenes fluviales.

* El codo de captura es el ángulo que crea el río en dirección NO-SE encajado en el farallón rocoso (Atalayuela, 1325 m y Cerro de la Mata, 1274 m), que formaría la antigua divisoria de aguas.

* El arroyo contrario de Fuente las Casas, opuesto a la dirección del primitivo cauce plioceno,

se debe a la erosión remontante que provoca el tirante hídrico del Riatillo de la Vega. La trilobulada cabecera de este arroyo contrario, en su acción de retranqueo, hiende los materiales detríticos mioceños para alcanzar las vertientes ordovícicas del Cerro del Mermequero.

* El río transgresivo o vencedor, también llamado pirata, es el Riatillo de la Vega, que ha tajado la antigua divisoria de Atalayuela-Cerro de la Mata, a favor de una probable fractura NO-SE y cuyas hombreras colgadas son los relieves-testigo.

* La edad de la captura. Hemos comprobado que, tanto en la depresión periférica de los Condemios como en el surco de Alcorlo, estos avenamientos se encajan en la superficie de erosión finimiocena. Hemos visto que sus hombreras fluviales hienden la red pliocena, taján las rañas formando las *mesas* y quedan colgadas respecto a una fase “garganta” posterior que segmenta el glacis de ablación.

– Fase “garganta”. En el Pleistoceno medio y superior y Holoceno es razonable, pues, que se produjera una incisión lineal a favor de las fracturas, encajándose en el piedemonte de Hiendelaencina y entre las mesas de raña. Se configura el sinuoso recorrido de algunos ríos y arroyos (Bornova, Pelagallinas...) a favor de las fracturas que astillan el zócalo y eliminan los materiales de alteración de los gneises y de las pizarras que allí se ubican.

c. La disimetría fluvial holocena en las vertientes de la Sierra de Alto Rey

Las líneas de fractura de dirección N-S en el cordal ordovícico de Alto Rey han favorecido la erosión lineal de esta arroyada de breve recorrido, gran salto y escaso encajamiento. Algunos de estos arroyos se encuentran recubiertos por pedreras, que están fitoestabilizadas por la gayuba y colonizadas por los líquenes. Existe una marcada disimetría entre las dos vertientes: por la septentrional los arroyos cincelan los dorsos de las cuarcitas ordovícicas, con una fuerte pendiente y un corto recorrido hacia el arroyo Pelagallinas; en la vertiente meridional, los arroyos laceran el escarpe de falla con una fuerte pendiente, donde aflora la serie alternante de pizarras y cuarcitas, para dirigirse al Riatillo de la Vega y al Bornova, y aguas abajo discurren por una pendiente más suave y ajustada al piedemonte, festoneando los materiales detríticos.

En este mismo piedemonte, la aproximación de los arroyos entre sí crea espinazos de materiales metamórficos, en forma de proas de barco, haciendo desaparecer las formas de modelado (raña, glacis...). Esto sucede al pie del escarpe de Alto Rey hacia los

². Este modelado no sólo se localiza en la Sierra de Alto Rey, sino también en otros sectores del Sistema Central (valles de Majaelrayo, de Puebla de la Sierra y de las Hurdes), en la Cor-

dillera Cantábrica (valle de Aller) y en los Montes del País Vasco (valles de Urola y del Deva).

1300 m, en las cabeceras de algunos arroyos, que quedan separados por estrechos interfluvios que no superan los 500 m de anchura, con la presencia en ellos de cerros aislados coronados por la raña.

Por el contrario, en las amplias divisorias entre los cursos fluviales se mantienen dichas formas: las mesetas de raña y el glacis de ablación. Los arroyos meridionales de la Sierra de Alto Rey se abren aguas abajo como las espigas de un abanico en el sector medio del piedemonte, a unos 1100 m. En los tres kilómetros que separan los arroyos de la Casa y del Canalón, afluentes del Bornova, se conservan los mayores vestigios de la mesa de raña de Los Brezales-Collado y del glacis de ablación del piedemonte.

Hay otros arroyos que discurren desde la mitad del piedemonte hasta el surco ortoclinal de Alcorlo, para desembocar en el Bornova. Sus cabeceras son los alvéolos de alteración del antiforme gneísico de Hiendelaencina, encajándose en los sedimentos detríticos de facies marginal miocenos y en las rañas.

Los depósitos fluviales del río Bornova y de sus afluentes no se encuentran en el área estudiada, sino ya al Sur de la cuesta caliza de los Lobos. Los arroyos de las dos vertientes de la Sierra de Alto Rey tienen pedreras periglaciares en sus cabeceras, que en algunos casos llegan a extenderse hacia el talweg. Los barrancos se labraron en el Pleistoceno, y tajan la sierra a favor de las fracturas y fallas N-S. En el Pleistoceno superior, las pedreras recubrirían buena parte de las cabeceras fluviales.

2. LAS VERTIENTES

En la Sierra de Alto Rey podemos observar los resultados de los diversos procesos morfogenéticos que han labrado sus vertientes: las superficies de erosión, el pedimento y su manto de alteración, la raña villafranquiense, el glacis de ablación pleistoceno y las pedreras periglaciares würmienses.

A. Las superficies de erosión

Aquí hemos estudiado las superficies de erosión pretriásica y finimiocena, que han supuesto un arrasamiento generalizado del relieve, contribuyendo a configurarlo y a explicar su morfología.

a. La superficie de erosión poligénica pretriásica

Frente a Schwenzner (1936) y Birot y Solé Sobarís (1954) (2)³, el propio Solé (1966) señala que hay retazos de penillanuras preparoxismales en el

Sistema Central: pretriásica en la Sierra de Alto Rey, precenomanense al pie del Guadarrama y precenocénica en el extremo occidental. Este autor considera que la edad decreciente al oeste es consecuencia de la extensión que en cada período alcanzó el límite de la cuenca sedimentaria.

Esta superficie de erosión se puede observar en la vertiente y el piedemonte septentrionales del cordal ordovícico de Alto Rey, cuyos estratos alternantes de pizarras y cuarcitas están cepillados. Su aspecto se encuentra un tanto degradado por el cincelado de los barrancos que hienden esta vertiente, y enmascarado por los sedimentos triásicos que recubren parte del estrecho piedemonte metamórfico, con los que se encuentra en discordancia erosiva. Hemos encontrado un retazo de esta discordancia erosiva en el Cerro de la Mata (1329 m), al Norte de la Sierra de Alto Rey, donde se sitúan en contacto anormal los materiales triásicos con las pizarras negras del Llanvirn. El indicio más notorio de este arrasamiento se localiza en la dovela hundida de La Sierrezuela (1341 m), perteneciente al cordal de Alto Rey. Este semihorst fue cepillado por esta superficie de erosión y se hundió después en la orogenia alpina, quedando inmune de los otros procesos morfogenéticos que pudieran degradar la superficie. Dado que en el ámbito estudiado sólo hemos logrado comprobar su aparición antes del Trías, nos parece más propio denominarla superficie de erosión poligénica pretriásica.

b. La superficie de erosión finimiocena

Está bien reconocida en el área y mejor conservada que la pretriásica. Se puede observar con nitidez en los relieves de borde de zócalo. Al Sur trunca a igual altitud los gneises del piedemonte meridional, las calizas y margas de la cuesta cretácica de los Lobos y los sedimentos detríticos miocenos apoyados sobre la barra calcárea en discordancia angular. Al Norte cepilla la cobertera cretácica y los materiales miocenos ubicados en el eje del sinclinal. Se la sitúa al final después del Mioceno por arrasar estos materiales, que se encuentran al Norte y al Sur de la Sierra de Alto Rey, descansando a su vez en discordancia angular sobre el Cretácico.

B. Los glaciares: el pedimento y el glacis (3)⁴

a. El pedimento fosilizado

En este trabajo nos referiremos con el término pedimento a un antiguo glacis de ablación formado en dos fases, una primera sobre un manto de alteración

han deformado y elevado a distintas alturas una misma penillanura.

⁴ Ha existido controversia suscitada entre distintos autores para determinar la diferencia entre glacis y pedimento (ver GARCIA

³ En síntesis, la polémica entre estos autores (ver GARCIA DE LA VEGA, A. 1992), señala que para Schwenzner los diversos niveles escalonados se desarrollaban a media que el horst se levantaba por sacudidas isostáticas; mientras que Birot y Solé consideran que la serie de bloques fallados y basculados

tas, creado en una fase previa biostásica en el piedemonte gneísico de Hiendelaencina, y una segunda, sin vegetación protectora y bajo un clima semiárido (rexiestasia), en que aquel manto ha sido barrido total o parcialmente. Es este un pedimento fosilizado por encontrarse debajo de la raña, que aún recubre los gneises alterados. Estas condiciones climáticas y biostásicas favorecen la alteración de los gneises a favor de las líneas de fractura, el diaclasamiento y la esquistosidad, que serán enmascarados por la raña y lacerados por la arroyada.

La ausencia de pedimento o su reducido tamaño en la vertiente septentrional de la Sierra de Guadarrama, frente al desarrollo que alcanza en la vertiente meridional, indica que los bloques de la cordillera se han movido con cierta independencia unos de otros y que el movimiento tardío de los septentrionales impidió la necesaria estabilidad para el desarrollo del pedimento (SOLE, 1966). En la Sierra de Alto Rey, el piedemonte septentrional es menos extenso que el meridional, debido a una dominante morfoestructural: el monoclin al ordovícico recubierto por los sedimentos triásicos en el Norte, la disposición meridiana del domo gneísico respecto al cordal y la articulación de dovelas descendentes al Sur, impuesta por la malla tectónica.

Estos caracteres morfoestructurales permiten que el pedimento en el piedemonte meridional del cordal de Alto Rey alcance los 16 km. de longitud hasta la cuesta caliza de los Lobos, cuatro veces mayor que el del Norte. Este pedimento desciende de los 1200 m de altitud al Norte hasta los 1030 m al Sur y está ligeramente encajado en la superficie de erosión finimiocena, cuyo cepillado en la Sierra de los Lobos culmina en los 1088 m. Por tanto, el pedimento es posterior a esta penillanura, pero también es posterior a la incisión fluvial pliocena por las pruebas siguientes: el enlace con el surco ortoclinal plioceno de Alcorlo, el recubrimiento del pedimento por las rañas villafranquienses y por último, el encajamiento de los valles pleistocenos. Los reductos de mantos de alteritas están recubiertos por la raña, preservando el pedimento y los materiales alterados de la acción de los procesos erosivos posteriores (glacis de ablación y arroyada cuaternaria) (4)⁵.

b. Los alvéolos de alteración

Alvéolo es sinónimo de hoyo, como además muestran los topónimos (SANZ HERRAIZ, 1988). Son cubetas donde se cruzan fracturas que favore-

cen la alteración de la roca in situ, y se considera que su elaboración depende de la conjunción de tres parámetros: el estructural, el litológico y la historia morfológica del sector (SIMON-COINÇON, 1989). La alteración química en los gneises, producida bajo unas determinadas condiciones climáticas (calor y humedad), formó un manto de alteritas sobre el domo de Hiendelaencina, del que tan sólo quedan retazos situados entre los 1050 y 990 m. Los procesos morfogenéticos erosivos (fluvial, especialmente) han barrido gran parte de las alteritas, configurando las formas llanas y cóncavas de los alvéolos, que están labrados en la superficie del pedimento, como veremos más adelante.

El estancamiento de las aguas, debido a la escasa canalización y su incompetencia para barrer las alteritas, permite la evolución de los alvéolos en una topografía deprimida en condiciones de humedad (SANZ HERRAIZ, 1988). En el sector occidental de la Sierra de Guadarrama, existen dos períodos de alveolización en el Plioceno. En el primero aparecen grandes alvéolos a favor de fallas, entre resaltes rocosos encumbrados por la superficie de erosión finimiocena, canalizando la dirección del drenaje y definiendo las principales cuencas fluviales. En un segundo período, hay pequeños alvéolos encajados en los anteriores que atomizan el drenaje, constituyendo las cuencas individuales de arroyos y afluentes de los ríos principales (BULLON MATA, 1988).

En el piedemonte gneísico meridional, las condiciones climáticas y el período de biostasia del Plioceno favorecen la alteración química. El manto de alteración va aumentando progresivamente en espesor a favor de las líneas de fracturación, del diaclasado, de la esquistosidad y de la litología más vulnerable, de modo que la interacción de todos estos caracteres permite la formación de los alvéolos. Algunos de ellos pueden constituir la cabecera de pequeños arroyos (como el de la Cal), además de facilitar la erosión remontante al desalojar los materiales cobijados en las fracturas y diaclasas, determinando la morfología meandriforme y de farallos en las márgenes de los ríos.

En este sector, los mantos de alteración están resguardados de la erosión por el tapizado de la raña y solamente en los lugares donde aflora se producen unos taludes acaravados. Estas alteritas y los resaltes rocosos, así como las depresiones, son indicios de los alvéolos, aunque son difíciles de delimitar y de precisar dada su morfología interna,

DE LA VEGA, 1992). Aquí se sigue el concepto de autores franceses, como Birot, que consideran el glacis como las formas desarrolladas sobre rocas poco resistentes y el pedimento sobre aquellas otras mecánicamente resistentes. Hay que tener en cuenta que buena parte de estos autores han estudiado la alteración que se produce en las rocas mecánicamente más resistentes (ígneas y metamórficas en su mayoría), como hace Birot et al. (1962) en *Contribution a l'étude de la désagrégation des roches*, Cours C.D.U. París, 232 pp.

⁵ Esta misma cronología está aceptada por autores como Birot y Solé (1954) para el Sistema Central, Vaudour (1979) para el NE de la provincia de Madrid o por Garzón Heydt ("El significado de la morfogénesis terciaria en la depresión del Tajo: superficies y paleoalteraciones", pp. 89-112, en BLANCO, J. A., 1991, *Alteraciones y paleoalteraciones en la morfología del oeste peninsular*, Mon. n. 6 de S.E.G., Madrid), que realiza una tabla cronológica contrastando la opinión de diversos autores.

CUADRO II

PROCESOS DE MODELADO DOMINANTES EN LA EVOLUCION MORFOGENETICA

PERIODO	PROCESO DOMINANTE	MORFOLOGIA	ESTRUCTURA DEL DEPOSITO	SEDIMENTOLOGIA DEL DEPOSITO	CONDICIONES CLIMATICAS	VEGETACION	TESTIGOS EN EL RELIEVE
Finiomiocena	Arrasamiento generalizado del relieve	Superficie de erosión					Cuesta caliza de los Lobos
Plioceno	Inicio de incisión fluvial	Antigua red de drenaje					Depresión periférica Condemios surco ortoclinal de Alcorfo y collado de La Nava de Jadraque
	Alteración química de los gneises	Mantos de alteración. ¿Alveolos?	Espesor 2-5 m. Altitud 900-1.050 m. Permanencia de la esquistosidad	Eluvión de arena (53%) y arcilla (30%), Predominio del cuarzo	Cálido-húmedo	Brostasia	Villares y Zarzuela de Jadraque
	Arroyada laminar difusa	Pedimento			Cálido-seco	Rexistasia	El Raso
Villafranquiense	Depósitos coalescentes de piedemonte	Glacis tipo raña	Estructura caótica. Espesor 5-10 m. Altitud en función de la cercanía del área de alimentación 1.000-1.275 m.	Cantos heterométricos poco desgastados ($L_w=525$). Litología cuarcítica (87%) en matriz arcillosa (58%) y arenosa (25%)	Semiaridez con fuertes aguaceros que producen arroyadas torrenciales y episódicas	Rexistasia	Los Brezales, Los Llanos, La Loma de la Mesa del Pino, Cerro de la Mata y del Berezal
Pleistoceno inferior/medio	Incisión fluvial, fase "valle"	Inicio de la actual cuenca hidrográfica. Hombros fluviales. Los arroyos festonean las rañas, generándose las mesas. ¿Alveolos?			¿Templado-húmedo?	¿Brostasia?	Hombros colgadas entre las tinadas del Barranco y de la Cuesta (R. Cristóbal) y en el Molino de la Oportuna (R. Bornova)
Pleistoceno ¿inferior?/medio	Arroyada laminar	Glacis de ablación	Pavimentado de gravas y arenas. Espesor 10-25 cms. Altitud 1.100-1.200 m.		Templado-seco	Rexistasia	Altollano (1.102 m.)
Pleistoceno medio/superior	Incisión fluvial, fase "garganta"	Los ríos cincelan la sierra y las mesas de raña. Captura fluvial del Riatillo			¿Templado?	¿Brostasia?	Encajamiento del R. Riatillo de la Vega y codo fluvial en las Navas
Pleistoceno superior	Intensa gelifracción en las cumbres con caída de bloques	Formación de las mayores pedreras que recubren las vertientes. Valles en cuna	Estructura algo ordenada. Clastos orientados a la pendiente según su eje mayor. Clasificación granulométrica	Cantos angulosos. Litología: cuarcitas (95%) y su tamaño entre 80-120 mm. (26%). No existe fracción fina	Frio-seco	Rexistasia	Pederas de Alto Rey y de Peña de los Huesos
	Atenuación de la gelifracción. Disminución de la alimentación de las pedreras	Taludes de derrubios sobre las pedreras. Lobulos solifluídales			Atenuación del frío y sequedad	Rexistasia	Valle en cuna del Mojón Gordó
Holoceno	Arroyada concentrada. Torrencialidad. Lavado de la fracción fina y de los clastos de la pedrera	Recubrimiento de las pedreras por toda la vertiente		Los crioclastos de las vertientes son arrasados por acción torrencial	Templado y más húmedo que en la actualidad en su fase media	Brostasia en su fase media	Arroyos y pedreras de Alto Rey
Actual	Atenuación de la incisión fluvial. Fitoestabilización de las pedreras. Fenómenos periglaciares puntuales y episódicos en las cumbres. Acarcavamientos locales	Taludes de derrubios, terracillas y guimaldas en las cumbres. Cárcavas			Templado	Mosaico	Taludes de derrubios, guimaldas y terracillas en las cumbres de Alto Rey

irregular y degradada por la erosión remontante. Hay diversas áreas de alvéolos alrededor de Villares de Jadraque, de Zarzuela de Jadraque, de Hiendelaencina y de Bustares.

Estas áreas de alvéolos se encuentran topográficamente encajadas en la superficie del pedimento, a favor de unas líneas de fracturación (fallas NE-SO en Bustares y en Villares), por la resistencia litológica (alterables gneises microglandulares frente a los resistentes "Ollos de Sapo" de los afloramientos de Hiendelaencina y de Zarzuela), o por ambas causas (falla N-S del Uncilla y gneis de grano fino al Sur de Bustares). Los propios mantos de alteración, fosilizados por la raña, retienen la humedad necesaria para seguir desarrollando su espesor (2-5 cms.) paulatinamente. Estos mantos han podido alcanzar su máximo grado de alteración desde el Mioceno hasta el Plioceno, puesto que en el Cuaternario los procesos principales son los edafogenéticos y, en menor medida, la alteración de la roca sana, debido, entre otras razones, a las distintas condiciones climáticas.

Los resaltes rocosos presentan una morfología y una localización topográfica en relación directa con la tectónica (fracturas y diaclasas) y con las peculiaridades litológicas del afloramiento. Aquellos resaltes de mayor extensión y menos alterados orlan los alvéolos, donde se mantiene el nivel del pedimento plioceno, son ejemplo de ello los sobresalientes espigones de "Ollos de Sapo" donde se ubican los pueblos de Hiendelaencina y Zarzuela de Jadraque. Entre los resaltes menores y más degradados, que salpican el interior o se intercalan en el perímetro de los alvéolos, hay dos tipos principales: los tors y las llambrias. Las llambrias son afloramientos rocosos, donde el diaclasado permanece cerrado y tan sólo la escorrentía o la vegetación rupícola llegan a producir una alteración mecánica o química⁶. Los tors son conjuntos pedregosos apilados muy expuestos a la erosión y con un elevado número de diaclasas y fracturas abiertas, cuyas direcciones principales facilitan la caída de bloques por gravedad al encontrarse en vacío, generándose las balmas⁷.

c. Las mesas de raña

La raña es un depósito de piedemonte procedente de los grandes abanicos aluviales que se forman junto a los farallones ordovícicos. Está formada, pues, por un fanglomerado de cantos de cuarcitas poco desgastados y envueltos en una matriz arcillosa. Conviene retener el significado fisiográfico

y morfológico de la raña: como un recubrimiento fosilizante de los materiales (sedimentos detríticos miocenos y las alteritas gneísicas) y de las formas subyacentes (pedimento), resguardándolas intactas de los procesos erosivos externos (glacis de ablación y arroyada); y como una altiplanicie, pues apenas está inclinada. Estos grandes glacis de acumulación se encuentran festoneados por los cursos fluviales, generándose las denominadas *mesas*. Este término es un topónimo muy extendido en la zona estudiada y de uso común (Mesa de la Loma del Pino, Mesa de la Fuente Vieja y Mesa de Rolamata).

* Características topográficas. La tendencia centrípeta de las rañas hacia Zarzuela de Jadraque, procedente de los rebordes montañosos (FERNANDEZ CABALLERO Y SANZ DONAIRE, 1985) tiene una clara razón morfotectónica e incluso del modelado de las vertientes: por una parte, la fuente de alimentación se encuentra en el cierre perianticlinal de Alto Rey, especialmente en las vargas cuarcíticas del gran escarpe de falla de Bustares; por otra parte, está condicionada por el sistema de dovelas descendente hacia el Sur, favoreciendo la obliteración de los escalones hundidos del domo gneísico por el derrame detrítico de estos glacis de acumulación, siguiendo la pendiente de estas vertientes.

La raña se encuentra en discordancia erosiva sobre los sedimentos detríticos del Mioceno (El Ordial y Zarzuela de Jadraque) o sobre los mantos de alteritas gneísicas (Hiendelaencina y Zarzuela de Jadraque). Tiene 5-10 m de espesor, situándose a unos 1200-1000 m y con una extensión máxima entre 10-15 km².

* Características sedimentológicas. Los análisis sedimentológicos muestran una mayoritaria presencia litológica de las cuarcitas (87%), las pizarras (11%) y los cuarzos blancos (2%). Estas pizarras alteradas constituyen la mayor parte de las arcillas de la matriz gredosa de la raña (58%). El 70% de su espectro granulométrico se encuentra entre los 40-80 mm (el 40% entre 40-60 mm), con un centilo de 1250 mm en cuarcitas, mostrando la intensa fracturación que han tenido estas rocas. Estos indicios también los recoge el análisis morfométrico, cuyos tres índices señalan el violento y torrencial transporte ($I_d=550$, $I_{di}=650$ y $I_a=1,5$), aunque el índice de aplanamiento induzca a un ligero error por el diaclasado poliédrico de las cuarcitas.

* Tipos de raña. Vaudour (1979) establece una tipología de rañas según su ubicación topográfica en el paisaje: las rañas de piedemonte, que son las de mayor extensión (decenas de kilómetros) en for-

⁶ En estos canchales pueden aparecer los fenoblastos de feldespato en resalte por erosión diferencial, llamados en esta zona "relojes".

⁷ El elevado grado de retención de humedad en el suelo, que se crea a partir de esas arenas y arcillas, ha favorecido los usos

ganaderos (pastizales) de estas áreas, que se encuentran cercadas por una hilera de grandes lascas de gneis hincadas en el suelo y separadas entre sí por unos pocos metros para colocar un murete de cantos de igual litología; estas cercas son las denominadas en Salamanca "hincones y menudillos".

ma de gran abanico aluvial y relacionadas con los farallones montañosos; y las rañas de pendiente, más pequeñas y situadas al pie de las crestas cuarcíticas residuales muy afiladas, de aportes coluviales y locales.

Aquí sólo describimos las rañas de piedemonte, que constituyen propiamente las mesas, y las rañas cacuminales⁸, que son cerros aislados coronados por la raña que tienen cierto interés para la explicación de la evolución morfogenética del relieve de la Sierra de Alto Rey.

* Las rañas de piedemonte se extienden en forma de abanico desde el pie de los principales cordales ordovícicos (que forman el cierre perianticlinal de Alto Rey) hacia el Sur, recubriendo gran parte de las semifosas que jalonan el piedemonte de Hiendelaencina y que están cepilladas por el pedimento plioceno. Ocupan entre 10 y 15 km². a una altitud que oscila entre los 1200 m de Los Brezales, junto a la Sierra de Alto Rey (1852 m) y los 1050 m de la Loma de la Mesa del Pino, junto a la Atalaya (1325 m) y de Los Llanos del Otero (1344 m). La pendiente y la longitud oscilan entre los 2,7° y los 6,5 km. de Los Brezales y de Los Llanos-El Raso y el escaso 1° de inclinación y 4,5 km. de largo de la Loma de la Mesa del Pino. Todas ellas se encuentran laceradas por la arroyada meridional del piedemonte gneésico, que deja en resalte numerosos interfluvios encumbrados por la raña. La de Los Llanos-El Raso forma un glacis ligado sin interrupción al Otero, pues son escasas las incisiones fluviales.

* Las rañas cacuminales. Estas rañas coronan cerros cámbricos u ordovícicos y son reductos de otras mesas de raña que los procesos de modelado han dejado notablemente reducidas. Hay dos cejones gneésicos junto a la Sierra de Alto Rey recubiertos de raña y tapizados por la jara, que se encuentran determinados por unas fallas NE-SO en el cerro de la Mata (1274 m) y NNE-SSO en el cerro de la Celada, también llamado del Berezal (1144 m), ambos al Sur de Bustares. Ambos están afectados por las áreas de alvéolos y materiales eluviales de Bustares, en unas bandas de gneis de grano fino de dirección N-S. Estas alteritas han sido exhumadas por los afluentes del Cristóbal-Riatillo de la Vega, que con dirección NNE-SSO y NE-SO discurren encajados en los bordes de sendos cerros, haciéndoles sobresalir aun más. Su longitud y extensión oscila entre 1 km y 0,5 km² de la Celada y los 2 km. y los 1,2 km² de la Celada; ambos tienen una pendiente de 5°.

La génesis y la edad de la raña han dado pie a multitud de interpretaciones, parece existir un ori-

gen mixto morfodinámico y morfoclimático, aunque hay autores que señalan su relación con la tectónica (5)⁹.

d. El glacis de ablación

Aparece labrado sobre la raña, que recubre parcialmente unos 20 km² del piedemonte gneésico de Hiendelaencina y presenta una inclinación de 2'5° en suave descenso hacia el Sur (1200-1000 m). El piedemonte septentrional no presenta esta peculiar morfología, sino unos dorsos ordovícicos degradados sin un recubrimiento sedimentario deleznable. Por tanto, este glacis puede desarrollarse intercalado con o después de la primera incisión pleistocena de la actual red hidrográfica, y con gran probabilidad pertenece a una crisis climática semiárida. Como su extensión está recortada por el valle del Riatillo, en la fase "garganta", la edad de elaboración del glacis puede situarse en el Pleistoceno inferior o medio, posiblemente de forma contemporánea a una de sus fases frías.

3. CUMBRES

El modelado de cumbres de la cresta ordovícica de Alto Rey está determinado por los caracteres morfolitológicos y morfotectónicos de las rocas metamórficas que lo componen, pero el perfil viene dado por los niveles de cuarcitas armoricanas. Las fallas de dirección N-S y NE-SO segmentan la sierra, facilitando el modelado periglacial y la erosión diferencial, y delimitando los castillares y los mojonos que forman el perfil.

A. Los castillares

Este topónimo es común en el área de estudio, y designa numerosas peñas: Castillar (1803 m) en la Sierra de Alto Rey y Castillar de Robredarcas (1295 m) y Castillar de Santotis (1259 m) en la Sierra de los Mojones. Estos castillares coinciden con el nivel de cuarcitas del Arenig, correspondiendo con los bloques individualizados por la red de fallas alpinas NE-SO, que son los pequeños collados que articulan la Sierra en una sucesión de dovelas elevadas y hundidas. Estas peñas almenadas son niveles de resistencia litológica respecto a otros materiales más vulnerables a la erosión, pero resultan estar muy afectados por la acción del hielo-deshielo sobre la red de diaclasado. El modelado periglacial termina por derrumbar los clastos que constituyen el roque cuarcítico, creando unas cumbres ruiformes.

⁸ Las rañas de vertiente, las dejamos por el momento, por situarse en los márgenes del área estudiada, aunque con el proyecto de realizar su análisis posteriormente, tanto topográfico como morfológico y sedimentológico.

⁹ La finalización de este trabajo coincidió con un Symposium sobre la raña organizado por el C.S.I.C. y celebrado en Madrid en 1992, que añade una interesante bibliografía reciente a esta cuestión.

B. Los mojones

Es un topónimo usual en el sector estudiado, que designa a aquellos cerros romos con litología de la serie ordovícica, constituida por la serie alterante ordovícica de cuarcitas y de pizarras. Los mojones ordovícicos en la Sierra son: Picoz (1785 m), Ventana (1760 m) y Mojón Gordo (1454 m). Estos riscos esculpidos por los procesos de modelado tienen unas características litológicas peculiares: la foliación, el diaclasado y la crenulación de los materiales esquistosos.

4. LAS FORMAS PERIGLACIARES

En la Sierra de Alto Rey existen diversas formas y depósitos pertenecientes a distintos fenómenos periglaciares, heredados y actuales. Los fenómenos periglaciares heredados recubren las vertientes de la Sierra y modelan en detalle las vargas cuarcíticas (pedreras, valles en cuna y oquedades periglaciares). En época actual, los fenómenos son puntuales y de escasa entidad, aunque indicadores de la recesión del modelado periglaciario (conos de derrubios y microfiguras)¹⁰.

En esta zona, no existen diversas etapas periglaciares como se señala en otros lugares del Sistema Central con otros parámetros (mayor altitud, distinta orientación de los cordales, modelado glaciario...). Sin embargo, podemos afirmar que este periglaciario correspondería al Würm, Pleistoceno superior, con una fase de intensa acción del hielodeshielo y otra de atenuación de este proceso. Son formas heredadas por su carácter fósil, al estar inmóviles y colonizadas, y su atribución al würmien se basa tanto en el hecho de presentar una escasa alteración y erosión, así como por tapizar las formaciones y relieves previos.

A. Los fenómenos periglaciares heredados

a. Las pedrizas periglaciares¹¹

Se encuentran junto a los mogotes de la Sierra de Alto Rey, alimentándolas de clastos y se ubican en las cabeceras de los arroyos, que coinciden con las fallas N-S que separan los castillares.

* Características morfológicas y tipología. En el cordal ordovícico de Alto Rey existen tres tipos de pedrizas periglaciares: las de frente, situadas en las vargas de la vertiente meridional; las pedreras de dorso, emplazadas sobre los dorsos de los estra-

tos ordovícicos en la vertiente septentrional, y por último, las de cumbre, alrededor de los castillares y mojones.

Las pedrizas de frente están orientadas al Sur y ubicadas en las cabeceras de los arroyos meridionales. Su perfil se adapta a la forma de modelado infrayacente de las cabeceras de los arroyos (como el Uncilla), a la morfotectónica (las líneas de fracturas y fallas de dirección N-S, especialmente) y a la morfolitología (por la presencia de las cuarcitas del Arenig y a la alternancia de cuarcitas y pizarras del Tremadoc).

Las pedreras de dorso están orientadas al Norte y Noroeste en las cabeceras de los arroyos septentrionales. Su perfil es rectilíneo, ajustado al buzamiento de los estratos ordovícicos, por debajo de los 1700 m y están parcialmente recubiertas de gayuba, con un canal de drenaje para la escorrentía nival actual. Los dos tipos de pedreras se extienden a lo largo de 500-1500 m, ladera abajo, y se sitúan entre los 1600 y los 1800 m de altitud.

Las pedrizas de cumbre rodean los castillares y los mojones, como en la Peña de los Huesos y Alto Rey, donde están exentas de vegetación y se sitúan más altas que las pedreras de vertiente y recubriéndolas en parte. Debido a que están acantonadas en las cumbres, más altas, por tanto, que las pedreras de vertiente, son más pequeñas que éstas y son también fósiles (están inmóviles y sólo parcialmente colonizadas).

En suma, parece razonable pensar que las pedreras de vertiente (de frente y de dorso) se formaron y ubicaron durante el Würm en las cabeceras de los arroyos pleistocenos. Al final del Würm y tras él, una etapa climática de atenuación del frío permitió la formación de las pedreras cacuminales carentes de vegetación y colocadas sobre las pedreras de vertiente.

* Características sedimentológicas. En las pedreras de vertiente —frente/dorso— los clastos forman un abanico con el vértice en la parte inferior, es decir, que se extiende en la cabecera fluvial y hacia el pie de la vertiente se va estrechando progresivamente. Hay un ordenamiento de la granulometría superficial, ya que los bloques y los cantos mayores disminuyen hacia el pie del talud. Los crioclastos tienen un tamaño medio (60-120 mm), y están recubiertos en los márgenes por lóbulos de solifluxión tapizados de gayuba y lavados en su centro longitudinal por las aguas recientes y actuales de la escorrentía nival. La composición litológica está caracterizada por las cuarcitas (42-66%) que forman las crestas, y por las cuarcitas y pizarras (33-48%) y, en ocasiones, se encuentra cuarzo blanco (1-3%).

¹⁰ En este trabajo interesa resaltar las relaciones del modelado periglaciario con los otros modelados y con los caracteres morfoestructurales, sin entrar en el análisis de las formas.

¹¹ En el área estudiada esta pedrizas designa las pedreras periglaciares

ciaras y es su sinónimo, como señala Novo y Fernández Chicarro (1949) en su *Diccionario de voces usadas en Geografía Física*. En este trabajo, se utilizarán indistintamente, aunque así se denominen los canchales en general y los graníticos en particular, especialmente en la Sierra de Guadarrama.

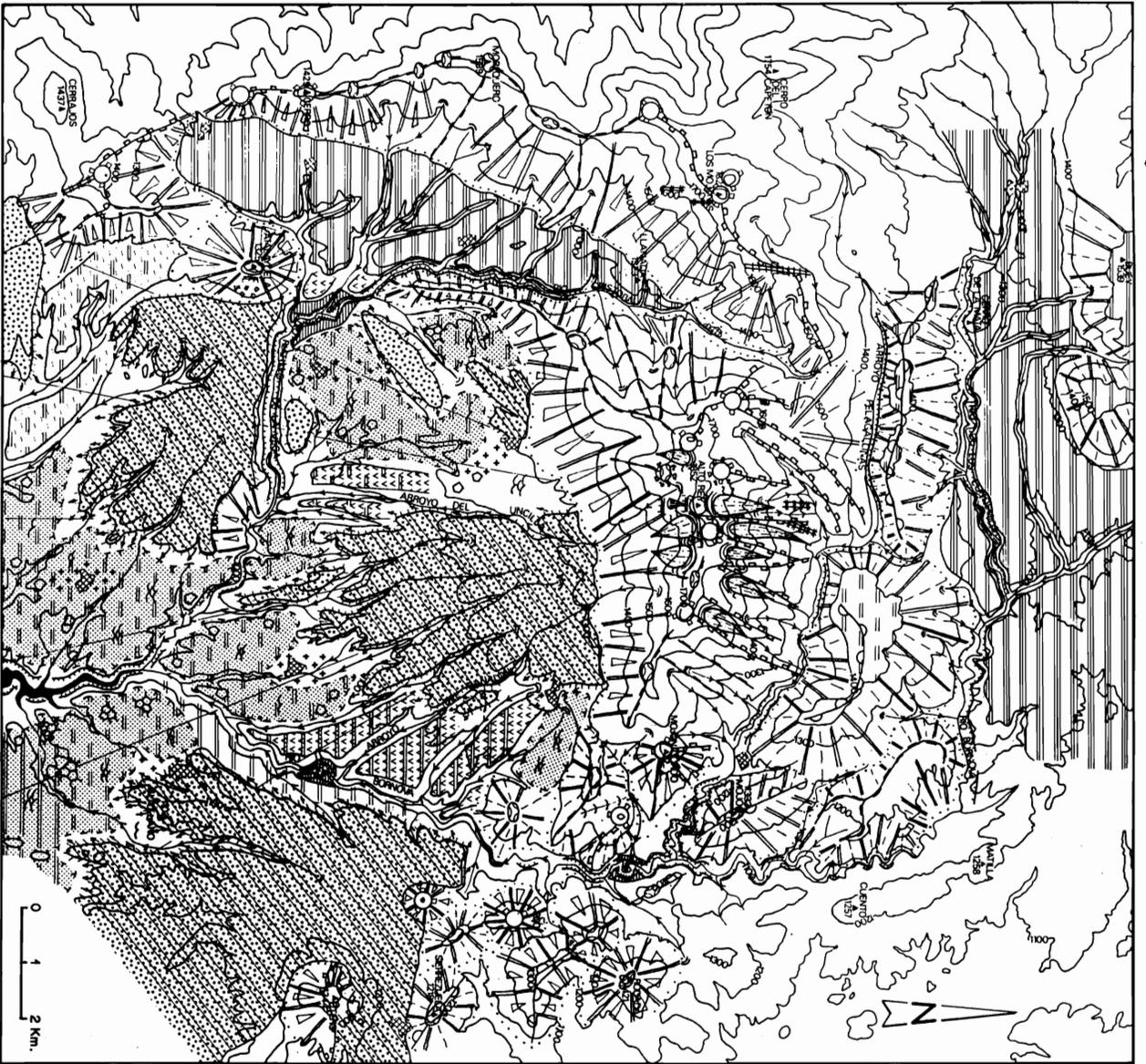
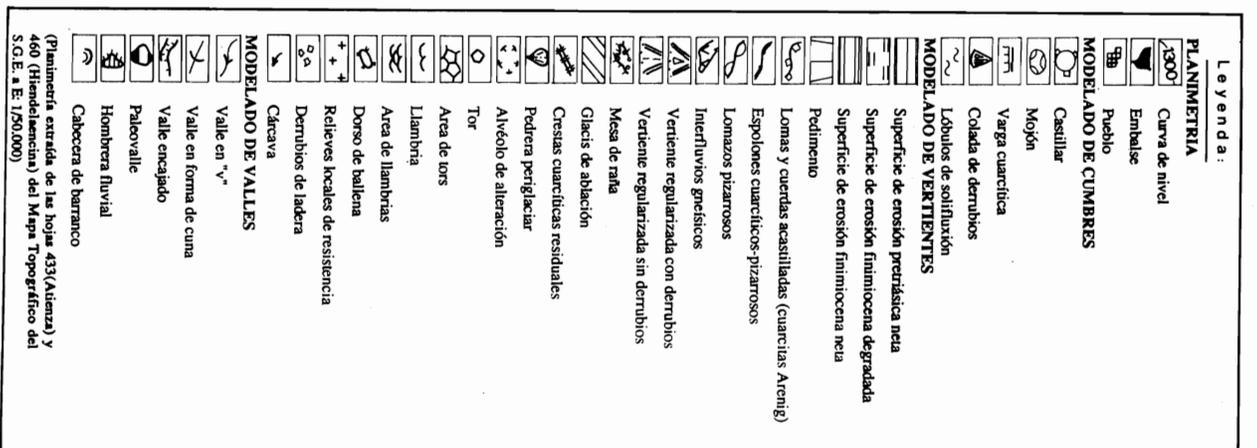


Fig. 6. Modelado de la Sierra de Alto Rey y su piedemonte.



La escasa presencia de pizarras se debe quizá a que éstas se han convertido parcialmente en arcillas por alteración química y a su superior desagregación y arrastre.

El espectro granulométrico muestra la importancia que la ceja de cuarcitas armoricanas tiene en la dinámica morfológica de la pedrera. Se alimentan de los clastos de las peñas acastilladas, con un predominio (73%) de los cantos de tamaño pequeño y medio (40-120 mm), que señala la fuerte intensidad de la acción del hielo-deshielo. En las altitudes más bajas, los centilos encontrados (1320 mm a los 1615 m) señalan la importante dinámica de vertientes. Las pedreras de cumbre presentan una equilibrada representación de los cantos de tamaño medio (entre 14 y 20% para los tamaños de 40-160 mm), indicando no tanto la intensidad como la altitud, al quedarse allí acantonados. Los análisis morfométricos señalan que el transporte de los crioclastos tuvo que generarse tras la acumulación de los mismos en las cabeceras de los arroyos, regularizándose las vertientes en el Holoceno.

*b. Las oquedades cuarcíticas*¹²

Se encuentran en la varga meridional de la Sierra de Alto Rey, se forman a favor de una fractura en la serie de cuarcitas del Arenig. Esta fractura lleva asociada una red de diaclasas, que aprovecha la acción del hielo-deshielo para abrir las fisuras. Cuando los poliedros de cuarcitas quedan en el vacío, los vence la gravedad, cayendo y abriendo covachos a favor de dicha fractura. Allí donde afloran las cuarcitas armoricanas aparecen estas oquedades, siendo las más expresivas las llamadas, *Cueva del Aceite* y *Cueva del Oso*. En ocasiones, el buzamiento de los niveles de cuarcita permite la formación de puentes naturales, al ser cruzados por fracturas y diaclasas. Todas estas formas se dan principalmente en la vertiente meridional, donde se encuentra el gran escarpe de falla de Bustares, y las vargas cuarcíticas son más fácilmente afectadas por el modelado periglacial.

B. Los fenómenos periglaciares actuales

Hay determinadas condiciones en la Sierra de Alto Rey que permiten el desarrollo del periglaciarismo actual: la disposición estructural (el buzamiento 25°N de los materiales ordovícicos y la orientación O-E del cordal, con una vertiente al Norte), la altitud (los casi 1800 m) y las condiciones climatológicas (se producen las nevadas invernales y el algarazos¹³ de otoño y primavera, así como las bajas temperaturas especialmente invernales).

a. Los conos de derrubios

El efecto del hielo y deshielo origina la apertura de las diaclasas que, junto con la gravedad, ocasionan un desgajamiento tenue en los riscos cuarcíticos. Hay castillares con cantos y bloques caídos a su lado (media docena junto al Alto Rey entre 900-1060 mm) y otros que presentan un cono de derrubios en los mogotes cuarcíticos más elevados (Alto Rey y Peña de los Huesos), orientados al Sur. Estos conos tienen unos 3 m de largo por unos 3 m de anchura máxima y están constituidos por arenas, gravas y cantos que están asociados a una fractura, de donde se desgajan. Los bloques caídos no presentan recubrimiento liquénico alguno, los conos de derrubios no están fitoestabilizados, los clastos presentan angulosidad cortante y son depósitos que se acantonan en las cumbres, indicios todos ellos que remiten a un modelado actual. La gran cantidad de finos de los conos de derrubios indican además una intensa meteorización con cierta incidencia periglacial.

b. Las microfiguras

Todas las formas nivales y periglaciares menores actuales se localizan en los collados y en los dorsos cacuminales de la cresta ordovícica. Tienen una predominante orientación al Norte y su configuración está condicionada por los cepellones de gramíneas. Es un modelado de detalle escasamente relevante en esta sierra. Las microfiguras que sobresalen son: efectos de la arroyada nival, pequeños lóbulos de solifluxión, terracillas y guirnaldas.

IV. CONSIDERACIONES FINALES

La Sierra de Alto Rey es una cresta monoclinar armoricana residual, articulada como un sistema de dovelas ascendente por un juego de fallas N-S. Su estructura monoclinar y los procesos morfogenéticos determinan una disimetría de vertientes y de piedemontes. La vertiente septentrional es el dorso de cuarcitas y pizarras skidaviense, con bloques ligeramente basculados hacia el Norte, arrasada por la superficie de erosión poligénica pretriásica. La vertiente meridional es un frente de cuarcitas y pizarras tremadocienses, que coincide con el gran escarpe de falla degradado de Bustares. El piedemonte septentrional lo constituyen lomazos de pizarras negras del Llanvirn, paralelos a la disposición de la cresta de Alto Rey y cepillados por la citada superficie de erosión. El piedemonte meridional es el domo gneísico de Hiendelaencina, que forma una escalinata de dovelas descendentes hacia el Sur. Las

¹² Denomino así a una forma que no he encontrado clasificada en la bibliografía, pero que ha sido señalada por el profesor Jesús García Fernández en la penillanura salmantina.

¹³ Los habitantes al pie de la sierra denominan "algarazo" a una nevada liviana y breve.

unidades morfoestructurales son: la cresta ordovícica monoclinial de Alto Rey, el piedemonte gneísico de Hiendelaencina y el piedemonte pizarroso de Cavero.

Los procesos morfogenéticos del modelado fluvial tienen determinantes morfoestructurales. La red hidrográfica del Bornova se adapta al antiforme gneísico y a las crestas ordovícicas y, a la malla tectónica de dirección predominante N-S. Se generan cursos fluviales envolventes al domo gneísico y rectilíneos, que forman el boquerón en la cresta ordovícica, el congosto en la cuesta cretácica y los valles encajados en los gneises. La actual cuenca hidrográfica del Bornova está definida por dos etapas de incisión fluvial, que hemos denominado “valle” y “garganta”. Llamamos “valle” a la etapa con las formas suavemente cóncavas de las hombreras y por su disposición colgada, por la apertura de la garganta, relativamente profunda, y por la captura del Cristóbal en etapa posterior. Podría situarse la elaboración del “valle” suspendido en el Pleistoceno inferior y quizás medio. La etapa “garganta” se caracteriza por un mayor encajamiento lineal de los ríos a favor de las fracturas y una importante erosión remontante en las cabeceras. El resultado en el relieve nos muestra unos cursos meandriiformes, tortuosos y limitados por grandes farallones rocosos.

Los caracteres morfoestructurales (morfolitológicos y morfotectónicos) definen el modelado de cumbres, de vertientes y de piedemontes. La forma perianticlinial de la orla ordovícica de Alto Rey, la disposición monoclinial de la cresta pizarroso-cuar-

cítica y la situación meridional del domo gneísico son los determinantes morfoestructurales. Los caracteres morfotectónicos son: el levantamiento de la Sierra de Alto Rey respecto del domo a favor de la falla SO-NE, la fracturación N-S de la crestería armoricana, el articulado descenso de dovelas hacia el Sur y el damero tectónico en el domo. Por último, los caracteres morfotectónicos más destacados son: por una parte el mayor recubrimiento de los sedimentos triásicos en el piedemonte septentrional que en el meridional, y por otra las peculiaridades litológicas de gneises y pizarras (diaclasado, esquistosidad, alterabilidad en determinadas condiciones climáticas) y de cuarcitas (diaclasado), que generarán la diferente tipología de cumbres (castillares cuarcíticos y mojones pizarrosos) y compondrán los materiales detríticos del manto de alteración plioceno (arenas gneísicas), de la raña (gredas pizarrosas y cantos cuarcíticos) y de las pedrizas periglaciares (clastos cuarcíticos sobre todo).

La evolución morfogenética tiene la siguiente secuencia: en la superficie finimiocena se encaja el pedimento, del que quedan retazos de alteritas recubiertos por las rañas. Estas rañas, que enmascaran la superficie precuaternaria del piedemonte meridional, son divididas en *mesas* por la fase de incisión “valle” del Pleistoceno inferior/medio. El glacis de ablación exhuma la superficie del piedemonte, que es tajado por la incisión “garganta”, que además cincela la sierra y las mesas de raña. Las cabeceras de los arroyos, que laceran las crestas cuarcíticas, se recubren, finalmente, de pedrizas periglaciares.

BIBLIOGRAFIA

- BIROT, P. (1933): “Le relief de la Sierra d’Alto Rey et de sa bordure orientale”, *Bulletin de l’Association de Géographes Français*, n. 70, pp. 92-98, trad. LOPEZ GOMEZ, A. (1949): “El relieve de la Sierra de Alto Rey y de su borde oriental”, *Estudios Geográficos*, n. 36, pp. 497-502.
- BIROT, P. y SOLE SABARIS, L. (1954): *Investigaciones sobre la morfología de la Cordillera Central española*. Inst. “J. S. Elcano”, C.S.I.C., Madrid, 87 pp.
- BLAZQUEZ DIAZ, A. (1987): “Estudio geomorfológico del valle de Majaerayo (Sierra de Ayllón, Guadalupe)”, *Ería*, n. 12, pp. 43-60.
- BULLON MATA, T. (1988): *El sector occidental de la Sierra de Guadarrama*. Consej. de Pol. Terr. C.A.M., 283 pp.
- FERNANDEZ CABALLERO, M.D. y SANZ DONAIRE, J.J. (1985): “Las rañas de Somosierra (Sistema Central Español)”, *Paralelo 37º*, n. 8/9, pp. 219-231.
- GARCIA DE LA VEGA, A. (1992): *Estudio geomorfológico de la Sierra de Alto Rey y su piedemonte*. Memoria de Licenciatura, Fac. de Filosofía y Letras, U.A.M., 257 pp.
- GONZALEZ LODEIRO, F. (1981a): “Posición de las series infraordovícicas en el extremo oriental del Sistema Central y su correlación”, *Cuadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, n. 2 (1), pp. 125-134.
- GONZALEZ LODEIRO, F. (1981b): “La estructura del anticlinorio del Olo de Sapo en la región de Hiendelaencina (Extremo oriental del Sistema Central Español)”, *Cuadernos de Geología Ibérica*, n. 7, pp. 535-546.
- SANZ HERRAIZ, C. (1988): *El relieve de Guadarrama Oriental*. Ed. Consej. Pol. Territ. C.A.M., 547 pp.
- SCHWENZNER, J.B. (1936): “Zur morphologie des Zentralspanischen Hochlandes”, *Geogr. Abhandl.*, serie 3ª, v. 10, pp. 1-128, trad. VIDAL BOX, C. (1943): “La morfología de la región montañosa central de la Meseta

española”, *Reseñas científicas del Bol. Real Sociedad Española de Historia Natural*, n. 41, pp. 121-147.

- SIMON-COINÇON, R. (1989): *Le rôle des paléooltérations et des paléofomes dans les socles: l'exemple du Rouergue (Massif Central français)*. Mémoires des Sciences de la Terre, n. 9, 290 pp. Eds. Ec. Min. Par., C.G.G.M. y Lab. Geog. Phy. du C.N.R.S.
- SOERS, E. (1972): “Stratigraphie et géologie structurale de la parte orientale de la Sierra de Guadarrama (Espagne centrale)”, *Studia Geologica*, t. 4, pp. 7-94.
- SOLE SABARIS, L. (1966): “Sobre el concepto de meseta española y su descubrimiento” en *Hom. al Excmo. Sr. D. Amando de Melón y Ruiz de Gordejuela*. Inst. de Est. Pir. (Zaragoza) e Inst. “J. B. Elcano” del C.S.I.C. (Madrid), pp. 15-45.
- VAUDOUR, J. (1979): *La région de Madrid. Altérations, sols et paleosols. Contribution á l'étude géomorphologique d'une région méditerranéenne semi-aride*. Ed. Ophrys, París, 389 pp.