

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

Cartografía geomorfológica de detalle del tramo del valle del
Río Jiloca comprendido entre Villafeliche y Fuentes de Jiloca
(Zaragoza).

Trabajo de Fin de Grado.

Juan Luis Bernal Cristóbal

Grado de Geología. Curso 2019/2020

Directores

Gloria Desir Valén

Domingo Carbonel Portero

Índice

1. Abstract.....	3
2. Introducción.....	3
3. Justificación.....	4
4. Objetivos.....	4
5. Marco Geográfico.....	5
6. Metodología.....	5
7. Marco Geológico.....	7
8. Marco geomorfológico.....	9
9. Análisis Geomorfológico.....	10
9.1. Modelado estructural.....	12
9.2. Modelado fluvial.....	13
9.3. Modelado poligénico.....	18
9.4. Modelado kárstico.....	20
10. Historia geomorfológica.....	22
11. Conclusiones.....	24
12. Bibliografía.....	25

1. Abstract.

The villages of Villafeliche, Montón and Fuentes de Jiloca are located in the low section of the Jiloca Valley, Calatayud Community, Province of Zaragoza. This area presents geomorphological diversity because it is in the union area of Aragonese Branch of the Iberian Chain with the Neogene Calatayud Basin. This modeling is mainly conditioned by tectonic, fluvial and lithological factors.

Geomorphological analysis is performed by geomorphological mapping and descriptions of deposits and morphologies. For the geomorphological mapping has been done on a detail scale 1:15.000. This project includes a geomorphological mapping of the study area realized on a scale 1:25.000 (*Annex II*) and a scale 1:70.000 (*In this dossier, in 9. Geomorphological analysis*) and a characterization of the geomorphological elements according to modelling.

As a result of geomorphological mapping and the description of morphologies and modelling, this project includes also an evolutionary geomorphological synthesis. The geomorphological evolution of this section of Jiloca Valley is more relevant at the end of Miocene Period, because the processes that have modelled this area until now started at the end of endorheism of Calatayud Basin.

Keywords: *Geomorphological Analysis, Geomorphological Cartography, Aragonese Branch, Iberian Chain, Calatayud Basin, Jiloca Valley.*

2. Introducción.

La Cuenca de Calatayud es una cuenca neógena situada entre las alineaciones NO-SE de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica (Sopeña, A. y De Vicente, G., 2004). Al Sur de la Cuenca de Calatayud, en el enlace suroriental con los materiales cámbricos de la Cordillera Ibérica, se localiza el tramo bajo del valle del Río Jiloca. Esta zona presenta gran diversidad geomorfológica, influenciada principalmente por modelados estructurales, fluviales y kársticos (Echeverría, 1988). Por ello, en el presente Trabajo de Fin de Grado se realiza un análisis geomorfológico de detalle del valle del Río Jiloca en los alrededores de las localidades bilbilitanas de Villafeliche, Montón y Fuentes de Jiloca.

Dado que esta área está situada en el borde de la cuenca, presenta un contraste entre los materiales cámbricos y neógenos, dejando como resultado un valle con un perfil topográfico asimétrico. En la margen izquierda del Río Jiloca se hallan los relieves alomados de la Sierra de Atea, formados por materiales pre-orogénicos y depósitos miocenos de abanicos aluviales de relleno de cuenca, mientras que en la margen derecha un paisaje amesetado y escalonado, representativo de materiales céntricos propios de cuencas cenozoicas cuenca (Sanz-Rubio, 1999).

Estas morfologías tan características son el resultado de la apertura de la Cuenca de Calatayud a la Depresión del Ebro (Gutiérrez Santolalla *et al.*, 1996) y de los procesos actuantes desde entonces hasta la actualidad. Uno de los factores más influyentes en esta área es el cambio de nivel de base del Río Jiloca, que regula por tanto los niveles de base de sus tributarios. Estos cambios de nivel de base quedan reconocidos en las morfologías originadas tras el fin del endorreísmo de la Cuenca de Calatayud.

Para el análisis geomorfológico de este territorio se realiza un mapa geomorfológico, presentado en este Trabajo de Fin de Grado a una escala 1:25.000 (*Anexo II: Mapa geomorfológico*), elaborado previamente mediante ortofotos y estereoscópio a una escala de detalle 1:15.000. Además se describen las principales unidades morfológicas presentes en esta región según modelados. Finalmente, se realiza un análisis de la evolución geomorfológica de dicha área.

3. Justificación.

El interés de realizar este análisis geomorfológico surge por varios factores. El principal lo conforma la ausencia parcial de información y estudios detallados sobre la geomorfología del valle del Río Jiloca entre las localidades de Villafeliche y Fuentes de Jiloca. Existen publicaciones de estudios geomorfológicos a una escala regional que incluyen dicha área recogidas en las Hojas 437 (Ateca) (Del Olmo *et al.*, 1983A) y 438 (Paniza) (Del Olmo *et al.*, 1983B) del MAGNA 50, y estudios detallados de zonas lindantes: en la Fosa del Jiloca y la región de Gallocanta (Gracia Prieto, 1993) (Gutiérrez Santolalla *et al.*, 2005) (Gutiérrez Santolalla *et al.*, 1996); al Norte de la Cuenca de Calatayud (Echeverría, 1988) (Sanz-Rubio, 1999) y en el semi-graben de Daroca (Gutiérrez Santolalla *et al.*, 2020); por ello, se considera oportuno contribuir al estudio geomorfológico detallado de este territorio. Otro aspecto por el cual se ha decidido trabajar en esta zona del valle del río Jiloca se fundamenta por su geodiversidad: litológica, geomorfológica, cronoestratigráfica, y estructural; que le otorga a esta área un gran valor científico y paisajístico.

4. Objetivos.

El principal objetivo de este trabajo es la realización de una cartografía geomorfológica de detalle del valle del Río Jiloca entre las localidades de Villafeliche y Fuentes de Jiloca, mediante fotogrametría, SIG (Sistemas de Información Geográfica) y trabajo de campo. Un segundo objetivo principal es la caracterización de elementos geomorfológicos del área cartografiada, en función de los modelados, ya que su situación le confiere rasgos y características geológicas y geomorfológicas singulares, en la que puedan incluirse también las descripciones de los depósitos que los conforman. Además se realizará una síntesis evolutiva geomorfológica de las morfologías a partir de la cartografía geomorfológica y del análisis geomorfológico. Asimismo se realizará una revisión bibliográfica y de antecedentes de dicha zona.

5. Marco Geográfico.

La zona de estudio se encuentra en el sector central de la Cordillera Ibérica, en las inmediaciones de las localidades de Villafeliche y Fuentes de Jiloca, incluyendo el municipio de Montón (Comunidad de Calatayud, Provincia de Zaragoza). Estas poblaciones se sitúan en el tramo bajo del valle del Río Jiloca, que transcurre con una dirección SE-NO. El Río Jiloca es un afluente del Río Jalón, situado en la cuenca hidrográfica del Ebro. Además, dentro de la zona de estudio se localizan los términos municipales bilbilitanos de Alarba, Morata de Jiloca, Velilla de Jiloca, Mara y Miedes de Aragón y Acered, perteneciente a la comarca Campo de Daroca.

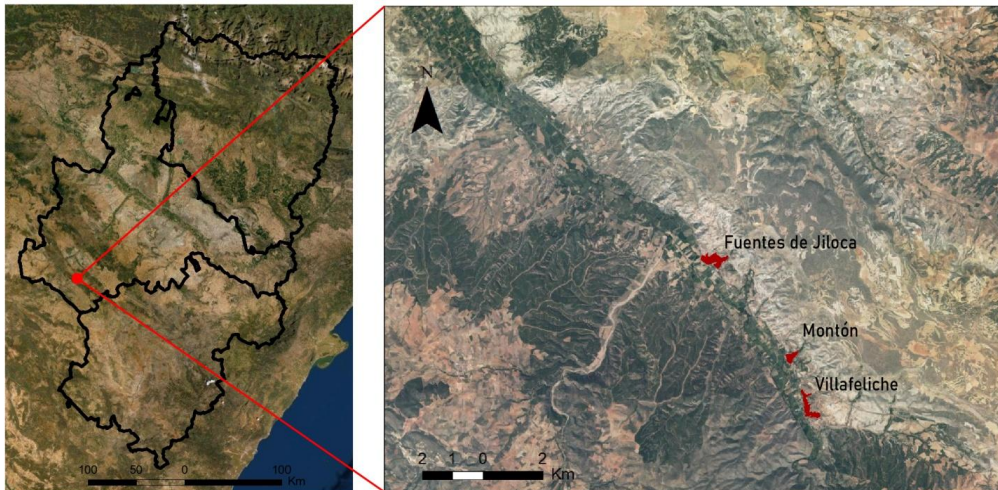


Figura 1. Situación geográfica del área de estudio.

6. Metodología.

Elección del área de estudio. La zona original comprendía los términos municipales de las localidades bilbilitanas de Villafeliche, Montón y Fuentes de Jiloca; al realizar un estudio superficial de la zona se ha decidido incluir: la plataforma estructural situada entre los valles del Jiloca y Perejiles; la Sierra de Atea, situada al Oeste de las poblaciones nombradas, albergando los glaciares con la misma morfogénesis y el desconfinamiento del Río Jiloca, al Sur, incluyendo, por tanto, parte de los términos municipales de Alarba, Morata de Jiloca, Velilla de Jiloca, Mara, y Miedes de Aragón (Comunidad de Calatayud) y Acered (Campo de Daroca), para una mayor síntesis y mejor estudio de la zona.

Revisión bibliográfica. Esta zona cuenta con estudios geológicos y geomorfológicos, a una escala de 1:50.000, recogidos en las memorias del MAGNA 50, que corresponden con las hojas 437 (Ateca) (Del Olmo *et al.*, 1983A) y 438 (Paniza) (Del Olmo *et al.*, 1983B) y sus respectivos mapas geológicos. Se han elaborado diferentes Tesis Doctorales y artículos geomorfológicos al Norte de la Cuenca de Calatayud, (Sanz-Rubio, 1999), (Echeverría, 1988), y al Sur, cerca de la localidad de Daroca (Gutiérrez Santolalla *et al.*, 1996) (Gutiérrez Santolalla *et al.*, 2005). En la propia área de estudio se hallan artículos petrológicos del alabastro de Fuentes de Jiloca (Alfonso *et al.*, 2009) y neotectónicos (Colomer, 1987) (Gutiérrez Santolalla *et al.*, 2020). Además, al Este de Villafeliche se reconoce el estratotipo de piso continental del Aragoniense, que sucede al Ramblense, recogido en el Catálogo de Lugares de Interés Geológico de Aragón (Gobierno de Aragón).

Cartografía geomorfológica.

1. Fotogrametría. Se han empleado 4 mosaicos de ortofotos del Vuelo Americano (AMS) de 1957 obtenidas del Centro de Descargas del CNIG (Centro Nacional de Información Geográfica). Cada mosaico histórico cubre una hoja del MTN50 (Mapa Topográfico Nacional 1:50.000). Los mosaicos utilizados son los correspondientes con las hojas MTN50: 437, 438, 464, 465. Mediante el uso del *software* de Sistema de Información Geográfico, ArcGIS (10.1), se ha elaborado una cuadrícula en dichos mosaicos (*Fig.1*), en la cual, cada recuadro corresponde a medio recuadro del anterior y medio del posterior, para así conseguir imágenes, a una escala de 1:15.000, que se superponen para la observación tridimensional en el estereoscopio de espejos (TOPCON MS-3). La realización de un mapa geomorfológico, a escala de 1:15.000, se efectuó por tanto con dichas imágenes y con el estereoscopio de espejos, facilitado por la Facultad de Geología de la Universidad de Zaragoza.

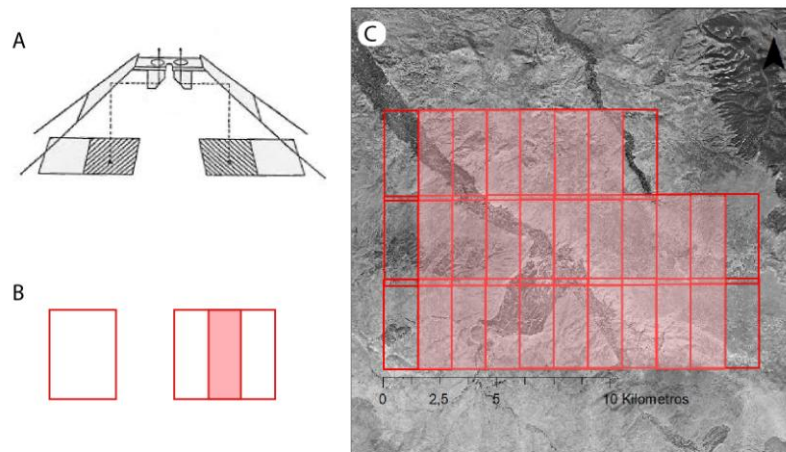


Figura 2. A: Funcionamiento de un estereoscopio. B: Imagen individual e imágenes superpuestas, apta para la visión estereoscópica. C: Cuadrícula. En rojo, los recuadros; área sombreada, área estudiada con el estereoscopio. Figura de elaboración propia.

2. Trabajo de campo. Se han utilizado las cartografías geológicas correspondientes a las Hojas 437 (Ateca) y 438 (Paniza) del MAGNA 50 y los mapas topográficos nacionales del IGN (Instituto Geográfico Nacional) 437-II, 437-IV, 438-I y 438-III, a escala 1:25.000. Las dos primeras sesiones de campo realizadas previas a la elaboración de la cartografía geomorfológica mediante el estereoscopio consistieron en el reconocimiento geomorfológico de manera general del área estudiada y en la verificación de unidades geológicas. Las siguientes dos sesiones se realizaron tras la elaboración de la primera cartografía geomorfológica, realizada sobre las ortofotos del AMS 1957; se enfocaron en completar el mapa geomorfológico, en la afirmación, corrección y delimitación de morfologías, y en la creación de una galería de fotografías georeferenciadas. La última salida de campo se realizó para la comprobación del mapa geomorfológico, aclaración de dudas, completar la galería de fotos y para caracterizar depósitos de terrazas fluviales, en la que se requirió metro y clinómetro.

3. Digitalización del mapa geomorfológico. Se ha realizado sobre las ortofotos del vuelo PNOA 2018 y con el modelo digital de elevaciones (MDT05) en ArcGIS. Junto con la capa raster de Pendientes y el mapa de sombras (*Hillshade*), ambas obtenidas a través del MDT05, se comprobó y se actualizó el mapa geomorfológico creado a partir de las ortofotos del AMS.

Elaboración de la presente memoria. De acuerdo con las normas de las directrices propias del Trabajo de Fin de Grado en Geología.

7. Marco Geológico.

La Cordillera Ibérica consiste en un orógeno alpino consecuencia de la inversión tectónica y del levantamiento de las cuencas mesozoicas y del basamento varisco subyacente. Con una dirección NO-SE, la Cordillera Ibérica se sitúa al noreste de la Península Ibérica. Está constituida por un amplio registro estratigráfico, abarcando desde el Precámbrico hasta el Cuaternario. Presenta localmente depresiones rellenas de materiales del Cenozoico (Sopeña, A. y De Vicente, G., 2004). Entre estas depresiones, en la zona septentrional de la cordillera se halla la cuenca neógena de Calatayud con una elongación paralela a la dirección NO-SE de la misma (Anadón y Moissenet, 1996).

Tradicionalmente, la Cordillera Ibérica se ha dividido en las ramas Aragonesa o Bilbilitana y Castellana (Riba, 1959). Existe controversia sobre el lugar de separación de ambas ramas de la Cordillera Ibérica. Riba (1959) fija esta separación en la Cuenca de Calatayud, mientras, autores como Gutiérrez Marco (1980) y A. Sopeña *et al.* (2004) fijan la división de las ramas Aragonesa y Castellana en el borde occidental de los afloramientos del Paleozoico situados en el SO de la hoja de Daroca, cuyas alineaciones se prolongan por las de Calamocha, Used y Ateca; de este modo, ambas ramas están separadas por la Cuenca de Almazán y las Fosas de Jiloca y Teruel. Este planteamiento se basa en las similitudes de los materiales paleozoicos a ambos lados de la Cuenca de Calatayud y que difieren del resto del Sistema Ibérico. En este trabajo se decide utilizar dicha denominación ya que es la más actual y aceptada.

La Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica está constituida por dos alineaciones de materiales paleozoicos separadas por la Cuenca de Calatayud y subdivididas por valles afluentes al Jalón. Al noreste, las sierras de la Virgen, de Algairén, Vicor, Modorra y del Peco; al suroeste, los montes de Ateca, la Sierra de Pardos y la Sierra de Santa Cruz (Sopeña y De Vicente, 2004). Estos últimos se encuentran enmarcados por la Unidad Badules (Lotze, 1929; Carls, 1983) que engloba materiales con edades comprendidas de Precámbrico a Ordovícico Inferior, considerados como la prolongación de la Zona Asturoccidental-Leonesa en la Cordillera Ibérica.

La fosa tectónica de Calatayud está colmatada por sedimentos cenozoicos postorogénicos que se disponen mayoritariamente en capas horizontales con cambio lateral de facies, de conglomerados y arcillas adosados en las sierras marginales a calizas margosas y yesos hacia el centro de la cuenca (Mensua, 1968).

La zona de estudio se sitúa (*Fig.3*) en el sector central de la Cordillera Ibérica, en el enlace suroeste de la Cuenca de Calatayud con la Rama Aragonesa.

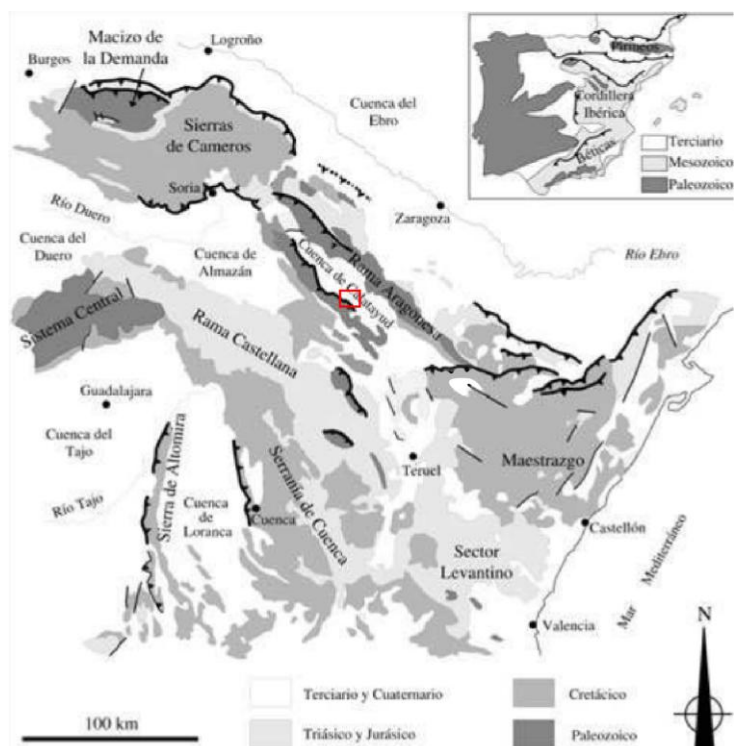


Figura 3. Situación geológica de la zona estudiada dentro del marco del Sistema Ibérico; modificado de Maestro, A. (1998).

Estratigrafía.

Para el estudio geológico se realiza un mapa geológico del área de estudio, modificado del MAGNA, hojas 437 (Ateca) (Del Olmo *et al.*, 1983A) y 438 (Paniza) (Del Olmo *et al.*, 1983B) (ver Fig. 4). Las formaciones del Cámbrico se unifican según la época (Cámbrico Inferior, Medio y Superior), mientras que las formaciones del Mioceno se clasifican crono-litoestratigráficamente de acuerdo a las descripciones de las Unidades litoestratigráficas fundamentales de relleno neógeno de la Cuenca de Calatayud, recogidas en la Tesis doctoral de Sanz-Rubio (1999). En el *Anexo 1: Marco geológico*, se detallan las formaciones localizadas en este territorio.

La Unidad Badules, que aflora al S y SO de Villafeliche, está compuesta mayoritariamente por pizarras, areniscas y cuarcitas del Cámbrico. El relleno sedimentario neógeno de la Cuenca de Calatayud se rige por un modelo sedimentario centrípeto en el cual los sistemas de abanicos aluviales marginales gradan hacia el interior de la cuenca (Sanz-Rubio, 1999). Comprende desde sedimentos detríticos de carácter aluvial (brechas, conglomerados, areniscas y arcillas) en los sectores de margen de cuenca hasta facies de precipitación química, evaporítica y/o carbonatos, situados hacia el centro de la cuenca. En el margen de la cuenca se hallan los materiales detríticos del Ramblense Inferior, conglomerados, areniscas y arcillas con nódulos de yeso, dispuestos de manera discordante sobre el Paleozoico. La Unidad Inferior (Ramblense Superior-Aragoniense Medio) está representada por materiales arcillosos con nódulos de yeso y facies yesíferas –laminadas y nodulares– (Alfonso *et al.*, 2009). La Unidad Intermedia (Aragoniense Medio-Vallesiense Medio) es de carácter palustre, compuesta mayoritariamente por yesos laminados, margas, depósitos dolomíticos y calizas bioclásticas. La Unidad Superior (Vallesiense Superior-Turoliense), que únicamente se conserva en la Cuenca de Calatayud en la plataforma estructural entre los ríos Perejiles y Jiloca, está constituida en la base por depósitos terrígenos y en el techo por depósitos tobáceos, (Ver Fig.1, Anexo III), formando la denominada “Caliza de Páramo” (Sanz-Rubio *et al.*, 2001).

La transición entre el Neógeno y el Cuaternario lo encontramos al Oeste del área estudiada, configurado por brechas, conglomerados y limos rojos. El Cuaternario, indiferenciado en la *Figura 4*, lo componen varios tipos de depósitos como: Coluviones, derrubios de ladera, depósitos de pie de monte, terrazas, abanicos aluviales.

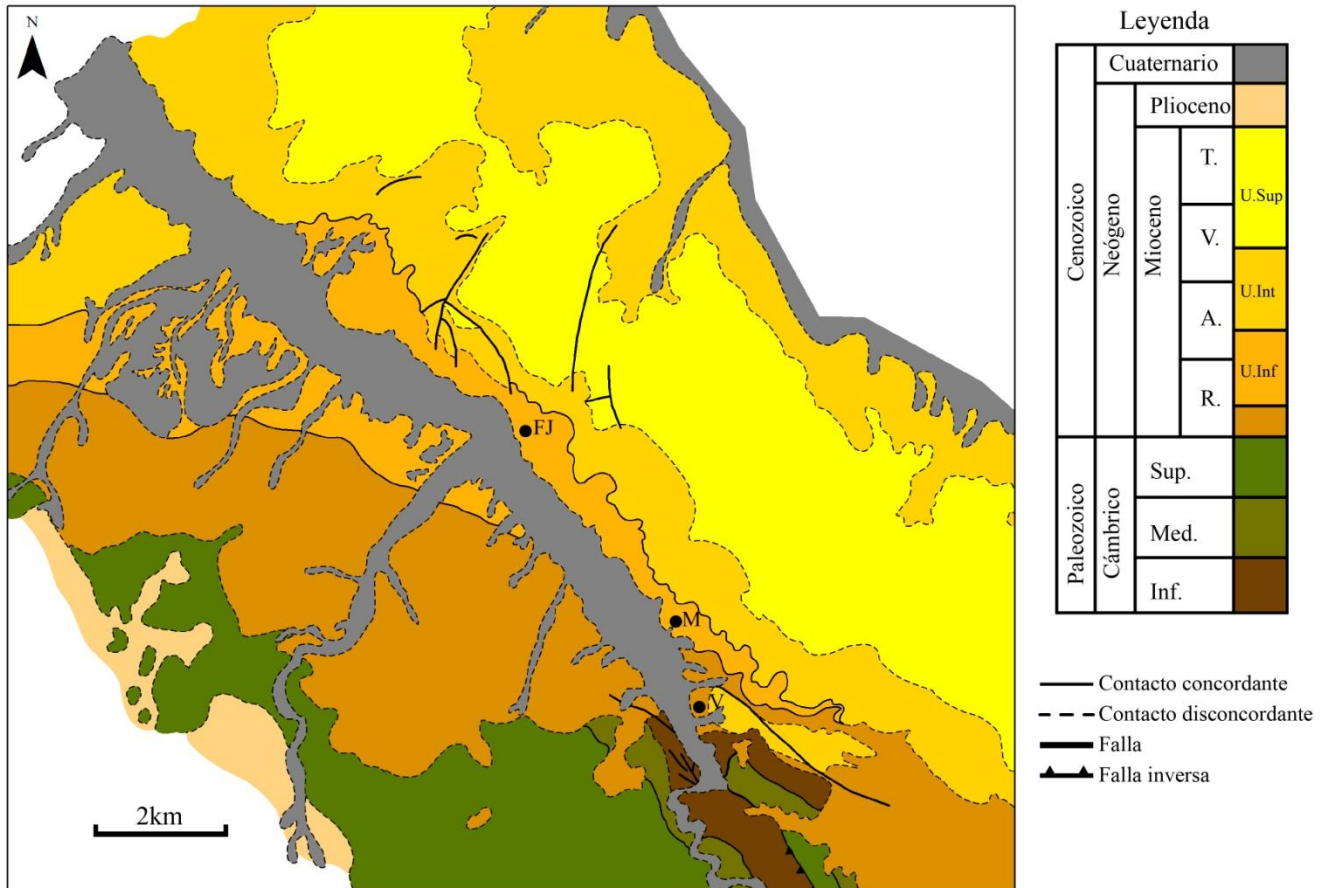


Figura 4. Situación geológica del área de estudio. Elaboración propia, modificado de las hojas 437 y 438 del MAGNA, agrupando las formaciones del Mioceno en Unidades litoestratigráficas fundamentales según Sanz-Rubio (1999). En el mapa están ubicadas las localidades de Villafeliche (V); Montón (M); y Fuentes de Jiloca (FJ). Edades del Mioceno: Ramblense (R); Aragoniense (A); Vallesiense (V); Turolense (T). Situación geológica detallada incluida en el Anexo 1: Marco geológico.

8. Marco geomorfológico.

La morfología actual del tramo bajo del valle del Río Jiloca está influida por tres factores: i) tectónica neógena, responsable de la elevación de las sierras y la generación de las fosas cenozoicas, ii) la evolución climática cuaternaria, responsable de los procesos erosivos, y iii) la litología, que determina una mayor o menor resistencia a los agentes erosivos por parte de los materiales afectados (Echeverría, 1988).

El hecho de que este territorio se encuentre en el borde de la Cuenca de Calatayud le confiere rasgos morfológicos singulares, como el desarrollo asimétrico del tramo bajo del valle del Río Jiloca. El borde occidental de la cuenca lo conforman las sierras de Pardos y de la Santa

Cruz, con cumbres que rondan los 1300 msnm, descendiendo hasta los 900 msnm en la Sierra de Atea, en el margen izquierdo del Río Jiloca. Estos materiales paleozoicos presentan un dominio morfoestructural de relieves serranos, con crestas, cuevas y líneas de capa dura. Estas diferencias topográficas generan un descenso de cota hacia el centro de la cuenca, por lo que estos relieves se encuentran seccionados por el encajamiento de la red hidrográfica (Sanz-Rubio, 1999). Mientras que, en el margen derecho del Río Jiloca, la plataforma estructural muestra los materiales céntricos de la Cuenca de Calatayud, bordeado por una vertiente abrupta de 300m. Se encuentra restringida al interfluvio de los ríos Jiloca y Perejiles, con una altitud de 950m aproximadamente y que desciende hasta los 900m hacia el Norte. Este páramo lo conforman los materiales de la Unidad Superior que se caracterizan generalmente por su horizontalidad, exceptuando los sectores colindantes con los cursos fluviales del Jiloca y Perejiles, que sufren procesos de deslizamiento rotacional, vuelcos y caída de bloques (Hoyos *et al.*, 1979). En la ladera de la plataforma se presenta un relieve en graderío originado por niveles de capas más fuertes a la erosión, que generan un descenso escalonado hacia el Río Jiloca. Entre estos relieves, los corredores fluviales abren valles de perfiles escalonados con peculiaridades morfológicas (Echeverría, 2005). Entre estas dos grandes unidades morfoestructurales dominantes se localizan los abanicos aluviales, del Mioceno Inferior, que denotan el límite de la cuenca, actualmente representados por relieves alomados al Oeste y al Sur del área estudiada. Estos relieves con cumbres de menor altitud descienden topográficamente de manera pausada hasta las terrazas del Río Jiloca.

La evolución geomorfológica tiene su inicio en el desarrollo de extensas superficies de erosión a finales del Neógeno, cuando la Cuenca de Calatayud pasa a ser exorreica. Una de las fases más importantes es la formación de la denominada Superficie de Erosión Fundamental de la Cordillera Ibérica (Gutiérrez Santolalla *et al.*, 1996), de edad Pliocena, que generó amplias parameras calcáreas. Finalmente hay una fase de aplanamiento desde el inicio del Cuaternario, en la que estos materiales y morfologías se encuentran, en ocasiones, fosilizados por depósitos cuaternarios, como por ejemplo: glaciares, conos de deyección, terrazas, coluviones, etc. (Sanz-Rubio *et al.*, 1996) así como algunos modelados que se generan por procesos erosivos y de acumulación como son las ramblas y barrancos.

9. Análisis Geomorfológico.

El análisis geomorfológico se ha realizado utilizando de base la cartografía geomorfológica del valle del Río Jiloca entre las localidades de Villafeliche y Fuentes de Jiloca, (ver *Fig. 5* y *Anexo II: Mapa geomorfológico*) elaborada, como se ha mencionado previamente en el apartado de metodología, mediante fotogrametría, trabajo de campo, revisión bibliográfica y su consiguiente digitalización. El mapa geomorfológico permite la identificación y delimitación de las diferentes unidades morfológicas del área de estudio. Los modelados más característicos de este territorio son los modelados estructurales-tectónicos, fluvial, poligénico y kárstico. En este análisis geomorfológico se realiza una definición y caracterización de los elementos geomorfológicos observados en el área de estudio según los tipos de modelados.

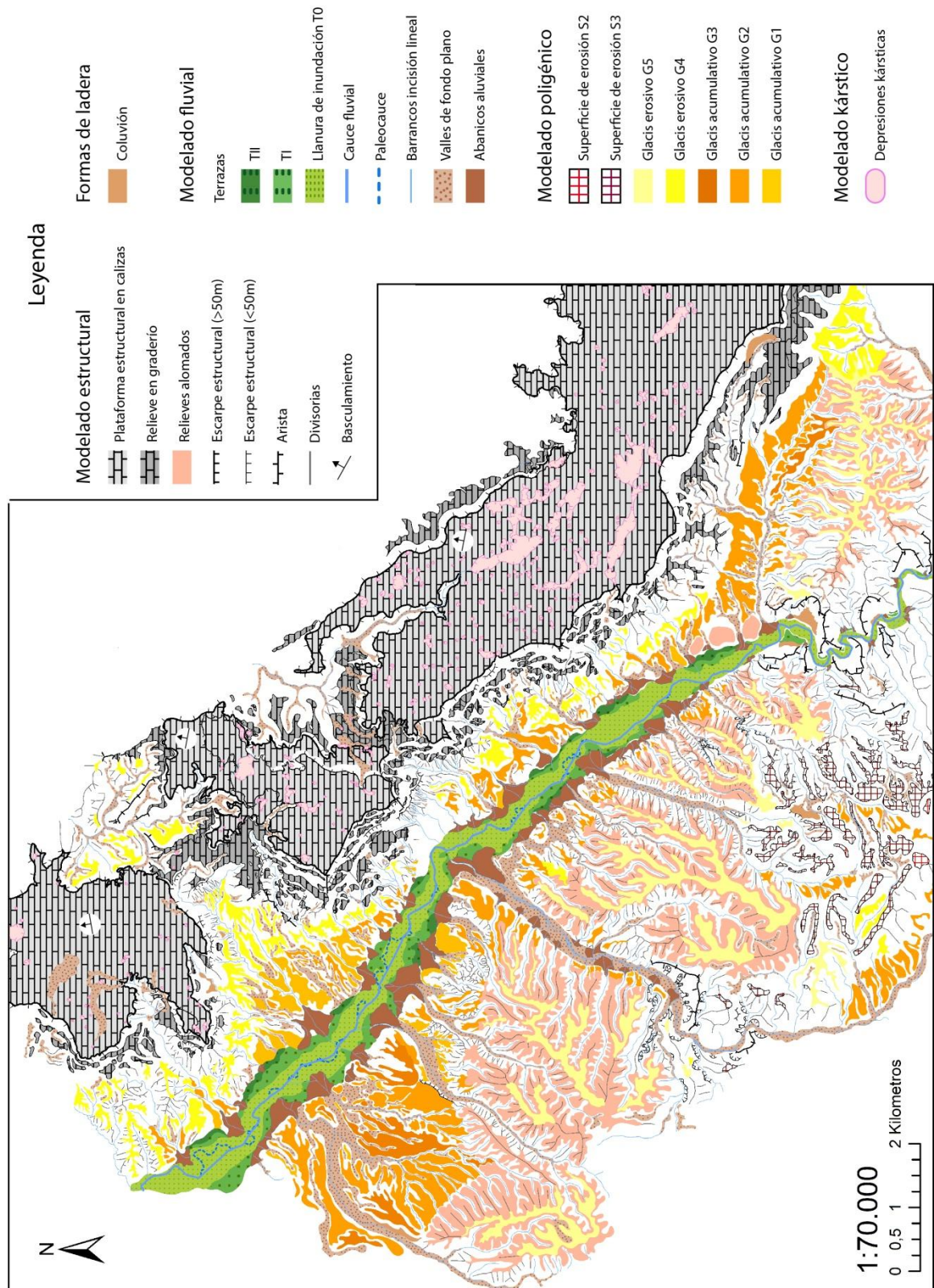


Figura 5. Mapa Geomorfológico del valle del Río Jiloca entre las localidades del Villafeliche y Morata de Jiloca, a escala 1:70.000. Fuente: Elaboración propia.

9.1. Modelado estructural.

El perfil topográfico del valle del Río Jiloca en su tramo bajo es asimétrico, dominado por dos grandes altitudes, la Sierra de Atea en la margen izquierda y el páramo, apodado localmente como “Campo alto”, en la margen derecha. Esta diferencia topográfica está ocasionada por un modelado asociado a la acción tectónica. Los dominios morfo-estructurales presentan una dirección SE-NO, paralelas a las fallas miocenas responsables de la creación de la Cuenca de Calatayud. La Unidad Badules, compuesta por los afloramientos de los materiales cámbricos al sureste del área estudiada, junto con los depósitos miocenos de la Sierra de Atea, que presentan facies proximales de abanicos continentales de relleno de la cuenca, marcan el límite de la Cuenca de Calatayud; mientras que el páramo representa las facies centrales de la cuenca, compuesta mayormente por evaporitas. Entre estos dos dominios se halla el actual valle del Río Jiloca, también con esta dirección.

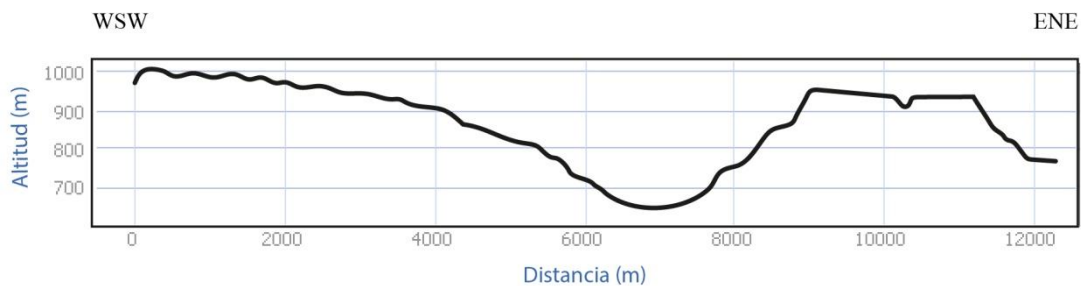


Figura 6: Perfil topográfico tipo, con la escala vertical aumentada para la mejor observación de los dominios estructurales, con un corte transversal OSO-ENE del valle asimétrico del Río Jiloca. Izquierda: Relieves alomados. Centro: Río Jiloca. Derecha: Relieves tabulares y plataforma estructural. Fuente: Elaboración propia.

Plataforma estructural.

El páramo es una plataforma estructural, topográficamente llana, originada por estratos de calizas denominadas “Calizas de Páramo”, prácticamente horizontales, con un ligero basculamiento hacia el Norte, en dirección al Río Jalón. Esta superficie está cortada bruscamente por los valles fluviales del Jiloca y del Perejiles. Está bordeado por un gran escarpe poco desarrollado, muy próximo a la verticalidad, de entre unos 80 y 50m de altura. Esta superficie está modificada por la acción kárstica.

La ladera del páramo está compuesta por pequeñas superficies estructurales colgadas a diferentes alturas. Debido a la alternancia de capas de series sedimentarias resistentes con otras más blandas, en este caso, dolomías y calizas con intercalaciones de niveles yesíferos, se generan dichas morfologías, proceso generado por la acción de la erosión diferencial y por el encajonamiento de la red de drenaje. Este relieve en graderío se presenta degradado, con frentes sinuosos, con cornisas de calizas lacustres de poca potencia y laderas muy desarrolladas. Esta alternancia de capas son favorables para el aprovechamiento de tierras de cultivo, por lo que laderas y superficies estructurales se encuentran escalonadas antropológicamente, generando parcelas paralelas de poca extensión con escarpes abruptos de poca cota (1-2m). En las superficies estructurales se pueden encontrar, aunque no muy frecuente, cerros testigos de la plataforma estructural, montículos aislados de unos 10 metros de altura de “Calizas de páramo”.

Entre el escarpe y los relieves tabulares se distinguen localmente: líneas de capa; rupturas en el talud, hombreras estructurales de poca extensión, correspondientes a las capas más duras; divisorias de aguas agudas, con laderas presentan una inclinación próximas a la verticalidad; y pequeños socavamientos, resaltando así los estratos de calizas presentes en la ladera (*Ver Fig.2, Anexo III*)

Relieves alomados.

Al margen izquierdo del Río Jiloca y al Sureste de la zona de estudio, los materiales del Neógeno Inferior forman, actualmente, relieves alomados. Estos relieves forman parte del estado de escasa conservación del nivel de glacis más antiguo (*Ver, 9.3. Modelado poligénico, Glacis erosivo "G5"*) debido a la evolución de la red de drenaje, por ello presentan interfluvios redondeados que dan esas morfologías alomadas. A partir de ahora, en la memoria, se refiere a ellos como relieves alomados. Tienen forma convexa, con pendientes moderadas en torno a los 15°, originando así lomas o montículos redondeados y alargados. Los relieves alomados de mayor altitud están coronados por una superficie plana que recorre la cima de estos, glacis erosivos, mientras que los de menor altitud presentan cumbres dirigidas por interfluvios, que actúan como líneas divisorias de aguas (*Ver Fig.4 y Fig.5, Anexo III*). Las laderas de las lomas acaban en escarpe abrupto debido a la excavación de la red fluvial y formación de cárcavas. Debido a este socavamiento y de la erosión remontante de las cárcavas en las laderas, se generan entre ellas *rills*, pequeñas crestas, perpendiculares al barranco y con una inclinación hacia este.

Los materiales cámbricos, que afloran al Suroeste del área estudiada, forman también relieves serranos, pero a diferencia de los relieves alomados en areniscas, conglomerados y arcillas, presentan rangos de pendientes mayores hasta abruptas, prácticamente verticales, originando aristas. Es frecuente que en las cimas de estos relieves dominen superficies planas. Próximos al río, en dichos materiales, se hallan facetas triangulares de falla.

Formas de ladera.

Existen depósitos aluviales de regularización de vertientes bajo escarpes abruptos, creando una disminución en la verticalidad de estos. Estas coluviones se presentan mayormente en el vínculo del escarpe neto del páramo con las superficies estructurales. De menor tamaño, no cartografiados, se encuentran al pie de las laderas en la confluencia de barrancos de incisión lineal y entre superficies estructurales separadas por escarpes de pequeña altura.

En la vertiente del páramo, los relieves en graderío se encuentran fragmentados y escalonados debido a deslizamientos rotacionales, cuyo ancho de la superficie de ruptura es de escasos metros. Además se pueden observar bloques caídos de gran tamaño procedentes de las Calizas de Páramo originados por desprendimientos de rocas y vuelcos.

9.2. Modelado fluvial.

Asociado a la dinámica de la escorrentía superficial, ya sea erosiva o acumulativa, dependiendo de su comportamiento, controlado por el nivel de base y sus variaciones. El principal cauce es el Río Jiloca seguido de los barrancos que afluyen en este. También están incluidos en la zona de estudio los tributarios del Río Perejiles, presentes en la parte oriental de este territorio, cuya cabecera se sitúa en la plataforma estructural. En el *Anexo III*, se recoge el apartado "*Manantiales y arroyos*".

Río Jiloca.

El Río Jiloca presenta en este tramo bajo una dirección SE-NO. Al Sur de la zona de estudio, transcurre con gran sinuosidad confinado entre las cuarcitas y pizarras paleozoicas que evoluciona -debido a un cambio litológico (conglomerados, areniscas y arcillas) de los materiales neógenos que atraviesa- a un cauce más rectilíneo con un valle más amplio. El cauce del Río Jiloca a partir de la localidad de Villafeliche se encuentra muy transformado, tanto natural como antrópicamente. En varios tramos del Río Jiloca se ha modificado la dirección del cauce original del río, enderezándolo; además se encuentra jalonado, para abastecer de agua a la red de acequias de regadío y canalizado entre diques. La canalización del río limita su dinámica lateral natural, es poco frecuente las zonas en las que el río presenta una dinámica mínima de erosión o sedimentación (generación de barras fluviales).

Llanura de inundación.

La llanura de inundación, también denominada T0, está compuesta por el lecho del Río Jiloca, barras de gravas y arenas no consolidadas y depósitos lutíticos provenientes de avenidas. Actualmente presenta modificaciones antrópicas. La llanura de inundación es de mayor extensión aguas abajo de Villafeliche, se manifiesta con una anchura mínima de 130 metros, cuando se estrecha entre dos abanicos aluviales, y hasta zonas que puede alcanzar los 200 metros de anchura, mientras que al Sur del área estudiada presenta una extensión transversal media de 80m ya que el Río Jiloca se encuentra confinado por materiales menos vulnerables a la erosión -pizarras, cuarcitas y cuarciarenitas del Cámbrico-.

La Rambla de Valcodo presenta un cauce extenso, compuesta por cauces anastomosados, con caudales temporales, y barras de gravas y arenas entre estos. El lecho de los cauces está constituido por arenas y limos.

Terrazas.

Las terrazas del Río Jiloca están compuestas mayoritariamente por arcillas y limos, que suelen presentar cantos de gran tamaño e intercalaciones de capas de gravas. Los cantos, con una litología de cuarcitas, cuarciarenitas y pizarras, y en menor proporción, de arenisca del Buntsandstein, pueden ser angulosos, ya que han tenido poco desplazamiento, por tanto, provienen de los materiales cámbricos del Sur del área de estudio, o redondeados, que han tenido un mayor transporte, emanados de los materiales cámbricos y triásicos del piedemonte de la Sierra de Pardos.

Terraza I.

Situada a 5m de desnivel de la terraza I, va disminuyendo aguas abajo, teniendo un desnivel de 3-2m al Norte del área de estudio. Forma pequeños rellanos entre las curvas del Río Jiloca sobre substrato cámbrico. El corte de la terraza II, situado al Sur del área estudiada, tiene una potencia de 2m. Está compuesto por gravas y cantos de diversos tamaños provenientes de materiales paleozoicos, inmersos en una matriz arcillosa y niveles con una composición prácticamente arcillosa.

En este corte (ver Fig. 7) el primer tramo lo forman arcillas con ciertos cantos heterométricos, generalmente de pequeño tamaño; el segundo tramo lo componen cantos homogéneos y angulosos; el tercer tramo es un nivel de gravas con poca matriz arcillosa; el cuarto tramo está representado por un potente nivel arcilloso oqueroso, debido a la bioturbación, con cantos heterométricos, mejor redondeados y de mayor tamaño; seguido de un nivel arcilloso con cantos y gravas irregulares, y el último tramo de este corte está formado por cantos homogéneos muy angulosos y menor porcentaje de matriz arcillosa.

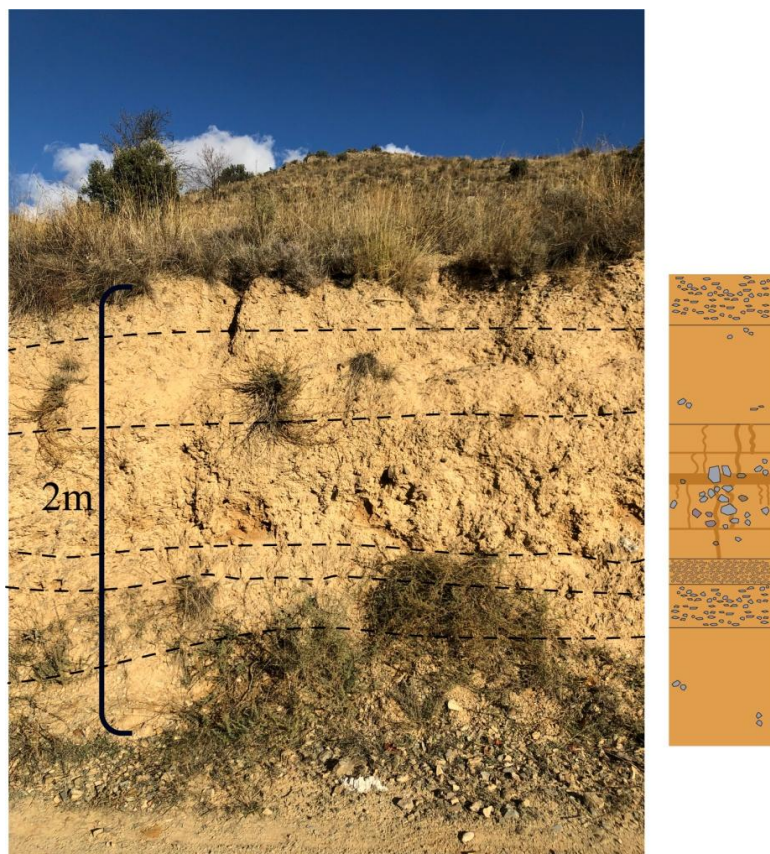


Figura 7. Izquierda: Imagen del corte del depósito de la Terraza I al Sur del área estudiada. Derecha: columna estratigráfica representativa. Fuente: Elaboración propia.

Terraza II.

Localizadas bajo los pies de las laderas del páramo y de los relieves alomados, entre abanicos aluviales. Tienen un espesor entre 5 y 4 metros en áreas más distales del Río Jiloca, que disminuye de manera leve hasta los 2m aproximadamente en contacto con la terraza II.

En el corte observado entre las localidades de Montón y Fuentes de Jiloca (ver Fig. 8) se observa que los cantos tienen origen principalmente paleozoico, con litologías de cuarcitas, cuarciarenitas y pizarras, y triásico (Bundsandstein); además presentan mayor redondez que en el corte de la terraza II. Se puede clasificar en varios tramos: Un primer tramo, de 1m de potencia, arcilloso con cantos sub-redondeados con cierta clasificación granodecreciente. El segundo tramo, de 40cm de potencia, compuesto por gravas y cantos, heterométricos y poco redondeados; este tramo incluye un depósito de barra fluvial, compuesto de gravas, de menor tamaño, con una laminación cruzada planar. El

tramo 3 muestra una alternancia de capas arcillosas con capas de gravas con un espesor de 40cm. El cuarto tramo, de 20cm de potencia está formado por una capa de gravas homogéneas, sin matriz. El quinto tramo está compuesto mayoritariamente por lutitas con laminación horizontal, en la parte superior hay una intercalación de cantos, similar al tramo 4, pero de menor espesor. Finalmente, el sexto tramo, tiene una potencia de 1 metro de arcillas con pocos clastos.

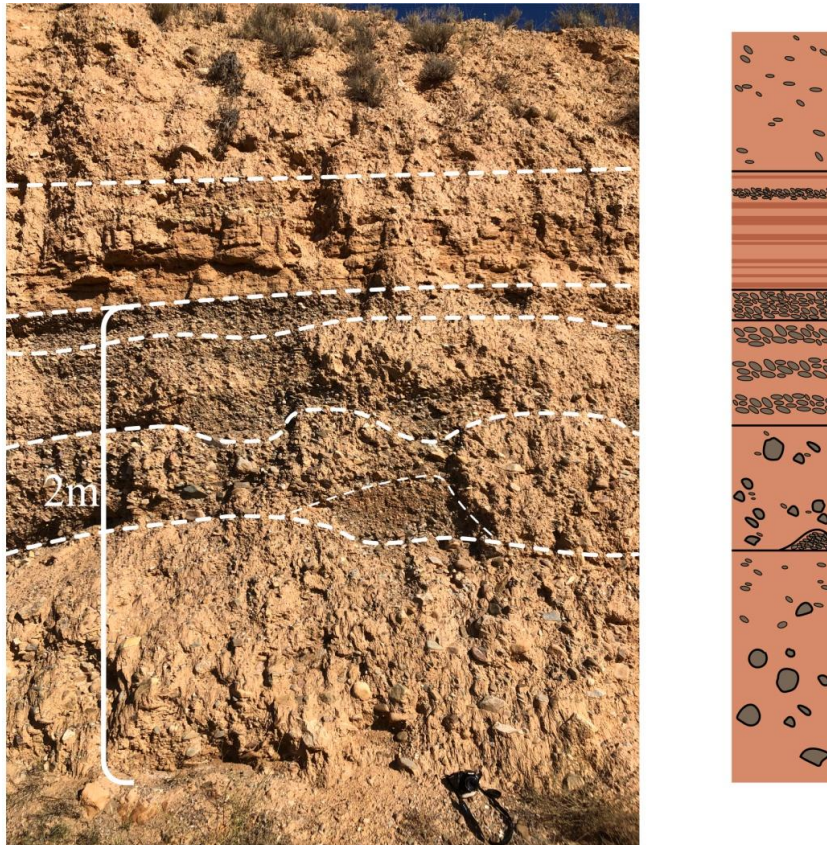


Figura 8. Izquierda: Depósito de la Terraza II, entre las localidades de Montón y Fuentes de Jiloca. Derecha: Columna estratigráfica representativa. Fuente: Elaboración propia.

Barrancos de incisión lineal.

La escasa distancia entre el Río Jiloca, nivel de base, y el páramo, junto con la gran altitud de este, provoca que los barrancos existentes tengan mucha pendiente y se encajonan entre laderas escarpadas, que localmente alcanzan la verticalidad en estos barrancos.

Ramblas.

En la Sierra de Atea se sitúan las ramblas (de Sur a Norte): Rambla de Valdeatea, Rambla de Valcodo, Arroyo de Alarba, Barranco de Valmayor; con un perfil en forma de artesa, lecho de fondo plano y una amplia llanura de inundación junto con barras entre el cauce entrelazado. Los barrancos afluentes a estas ramblas tienen la cabecera en las laderas alomadas originando cárcavas con pendientes escarpadas, y en su tramo bajo, en la confluencia con las ramblas, vierten materiales detríticos (arena y limos) formando conos de deyección. Estas ramblas presentan numerosos barrancos, por lo que se puede considerar que contienen una cuenca de recepción de gran amplitud.

Abanicos aluviales.

Los afluentes de ambas márgenes desembocan en el Río Jiloca vertiendo la carga sólida en forma de abanicos aluviales, que en ocasiones puede llegar hasta el cauce actual del río. Estos abanicos se originan cuando pierden su encajonamiento y debido a una ruptura de pendiente, que se genera al descender el nivel de base. La morfología varía en función de dónde están localizados: los abanicos aluviales de barrancos, con una cuenca de recepción pequeña y próxima al cauce donde desemboca, son alargados, de poca anchura y de pendiente alta, aunque pueden unirse con abanicos próximos formando, morfológicamente, una única geoforma lineal; abanicos con morfologías irregulares, debido a la anexión de otro barranco en el área de desembocadura; y abanicos con morfologías típicas. Actualmente, estos abanicos se encuentran escalonados y parcelados por cultivos.

Valles de fondo plano.

A diferencia de la agresividad de la erosión de las barranqueras, se observa, entre los interfluvios de los relieves alomados, en los relieves tabulares y al pie del páramo, valles de fondo plano, en los que predomina la erosión lateral y se produce acumulación de sedimentos finos. Estos depósitos expresan áreas de diversos tamaños y morfologías según las zonas en las que se sitúan: en tramos estrechos con laderas de elevada pendiente están muy limitados, con una forma lineal; si se ha producido una mayor erosión lateral son más anchos, y pueden presentar una morfología escalonada de valle en cuna debido al cambio de nivel de base de los tributarios; y más amplios en zonas más planas y espaciosas. Se hallan también valles de fondo plano en el borde de la plataforma estructural, poco impresos, producto de la sedimentación de detritos provenientes de la meteorización de calizas o del relleno y colmatación de dolinas.

Cárcavas.

Estas morfologías tan particulares se sitúan en laderas de una pendiente moderada sobre materiales detríticos finos. Originadas por la erosión vertical de la lluvia y de la escorrentía superficial y acrecentadas por la erosión eólica. En el área de estudio, se localizan en el piedemonte del escarpe de la plataforma estructural, sobre materiales evaporíticos y arcillosos, y en las laderas que marcan el tránsito de los relieves alomados al valle de fondo plano, en ramblas, y al valle del Jiloca.

Como se ha mencionado anteriormente, los barrancos afluentes de las ramblas forman cárcavas debido a la erosión remontante. Estas cárcavas tienen un perfil marcado en “V” en la cabecera, con una profundidad de 20m y separadas de otras cárcavas por pequeñas crestas (rills). En planta las cárcavas que contienen únicamente un solo cauce principal presentan una forma muy lineal, mientras que, si tienen más tributarios, poseen forma bulbosa por su ancha cabecera y angosta parte inferior.

Las cárcavas más llamativas y de mayor extensión se hallan al Sureste de la localidad de Morata de Jiloca, con un perfil en forma de “V”, de profundidad en torno a los 30m y con una anchura de los principales *rills* de entre 100 y 50m, y de sobre los 20m en los secundarios. En vista en planta posee una tipología dendrítica por la existencia de múltiples tributarios ramificados y cabeceras en semicírculo. Las morfologías más llamativas de este *badland* son las chimeneas de hadas u *hoodoo*, columnas y formas fungiformes constituidas por materiales débiles coronadas por materiales más resistentes a la erosión (erosión diferencial), y pirámides de gran envergadura que se estrechan hacia el ápice.



Figura 8. Cárcavas. A: Cárcava situada al Sur de la localidad de Morata de Jiloca. B: Imagen extraída de la página web del Ayuntamiento de Morata de Jiloca; cárcava, denominada popularmente como “El camello” al SE de la localidad de Morata de Jiloca. C: Cárcavas al Este de Villafeliche.

9.3. Modelado poligénico.

Los glacis forman el principal modelado poligénico del área de estudio. Asociados a fenómenos de escorrentía superficial. Se sitúan en zonas de transición entre áreas elevadas y áreas de bajo relieve. Los glacis acumulativos presentan una cubierta detrítica de gravas y arcilla: los glacis del margen izquierdo están compuestos por gravas y limos arcillosos de color rojizo, mientras que los glacis del margen derecho están compuestos por gravas de mayor tamaño, angulosos, con una matriz arcillosa-margosa, de color ocre pálido, procedentes de la erosión de niveles altos y del propio sustrato.

Glacis actuales.

Glacis de acumulación. Descienden con pendientes suaves, de aproximadamente 3-5°, en ambas márgenes del valle, hacia el Río Jiloca. Suelen estar encajonados entre glacis. Se tratan de glacis no progresivos, ya que se puede observar en su comienzo la articulación con los escarpes de niveles de glacis superiores. Enlazan con depósitos de valles de fondo plano y de abanicos aluviales. Al tratarse de glacis más modernos, no están disectados por barrancos, es decir, no están bordeados por escarpes. Por tanto, estos glacis corresponden al nivel de base actual (G1).

Glacis de acumulación (G2).

Situados mayormente al Noroeste y al Sureste del área estudiada, aunque se pueden observar en zonas de transición de los relieves alomados y de los relieves tabulares con las topografías más bajas, como ramblas o valle del Jiloca. Constituyen la segunda generación de glacis en el piedemonte.

Los glacis acumulativos del margen derecho del Río Jiloca son glacis no progresivos, muestran en su arranque una separación -un pequeño escarpe- con los relieves tabulares. En el marco suroriental, los glacis comienzan tras los depósitos de coluvión o bajo los relieves alomados, sin rupturas, originando así una ladera sueva con un perfil de pendiente cóncavo. Los glacis del margen izquierdo enraízan bajo los glacis superiores o de manera progresiva con los relieves alomados. Estos glacis presentan un débil grado de disección, están surcados por barrancos de una profundidad de 2-4 metros, debido al descenso del nivel de base. Algunos glacis están degradados, aislados entre valles de fondo plano.

Glacis de acumulación (G3).

Glacis de acumulación de mayor altitud que los anteriores. Presentan pendientes muy suaves, con una inclinación entre 2-3°. Pueden enlazar en su parte baja con glacis de nivel 2. Constituyen la primera generación de piedemontes, aunque actualmente se muestran degradados y separados por la incisión de barrancos. En ocasiones pueden estar colgados, cercados por valles de fondo plano y glacis inferiores, separados de estos por escarpes de 20 metros.

Glacis erosivo (G4).

Situados en la ladera del páramo, entre los relieves tabulares o el frente abrupto y los glacis acumulativos. Son amplias extensiones con bordes sinuosos, ligeramente inclinadas, con superficies denudadas en las que aflora el substrato. Pueden tener una cubierta de cantos grandes no pulidos, compuestos mayormente del mismo material donde están situados. Los glacis mixtos se hallan en las zonas en las que se enlazan glacis erosivos y acumulativos. Tienen un carácter erosivo en la zona apical y un carácter acumulativo en la parte más distal.

Glacis erosivo (G5).

Localizados al Suroeste. Formas desarrolladas sobre los depósitos de relleno de cuenca del Ramblense Inferior. Tienen una cota entre 850 y 900 en su origen y van disminuyendo cota hacia el Río Jiloca de manera progresiva con poca inclinación. Corresponden a glacis de carácter erosivo y en algunos casos mixtos, ya que se produce acumulación de detritos en partes más distales. El encajamiento de la red de drenaje produce la degradación de este glacis, originando relieves alomados coronados por esta superficie plana. La consecuente erosión genera interfluvios redondeados.

Superficie de Erosión.

Planicies, originadas por procesos de erosión que han arrasado el substrato. Estas pequeñas superficies recogen las mayores altitudes de la zona, situadas sobre los materiales cámbricos. Se observan dos grupos de superficies de erosión diferenciados por la altitud donde se hallan. Las superficies más altas se corresponden con la Superficie de Erosión (S2) definida por Gracia Prieto (1993), siendo S1 la Superficie de Erosión que corona la Sierra de Pardos y a la Sierra de Santa Cruz. De Noreste a Suroeste, estas pequeñas superficies se presentan a: 1110 msnm; 990 msnm y 975 msnm. El resto de superficies de erosión se sitúan a una cota más baja,

entre los 920 y 860 msnm, y con un escarpe menos abrupto. Estas superficies se corresponden con la Superficie de Erosión (S3) según Gracia Prieto (1993).

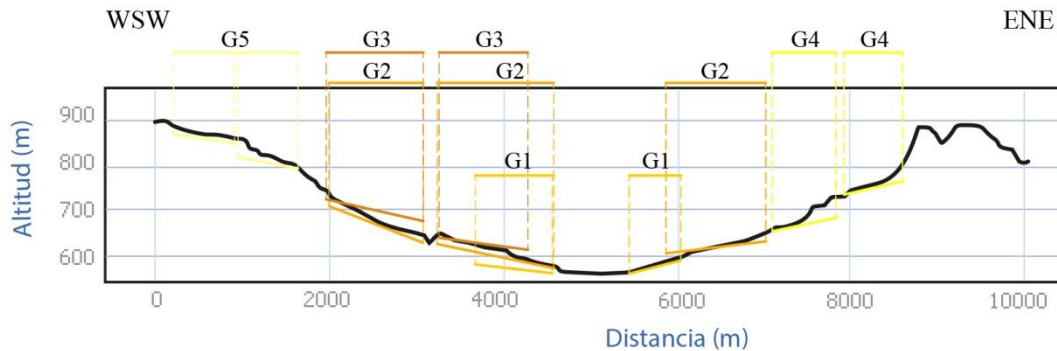


Figura 9: Perfil topográfico tipo, con escala vertical exagerada, corte transversal OSO-ENE al Norte del área de estudio. En él están incluidos los glaciares más representativos de cada familia de glaciares.

9.4. Modelado kárstico.

Los depósitos carbonatados y evaporíticos de la Cuenca de Calatayud, calizas lacustres, travertínicas y yesos, son materiales fáciles de erosionar. La disolución química, que realiza el agua en estas rocas solubles, origina un paisaje kárstico característico, muy marcado sobre la plataforma estructural. En el *Anexo III*, se recoge el apartado “*Espeleotemas*”.

Lapiaces.

Localizados sobre yesos, en el Norte del área de estudio. Surcos, de 1 metro de anchura, con una profundidad de varios centímetros, pudiendo alcanzar el metro en aquellas zonas donde la acción de la escorrentía es más asidua. Los planos preferentes de la génesis de estos lapiaces están a favor de tres familias de diaclasas, con una dirección: SSO-NNE; OSO-ENE y SE-NO.

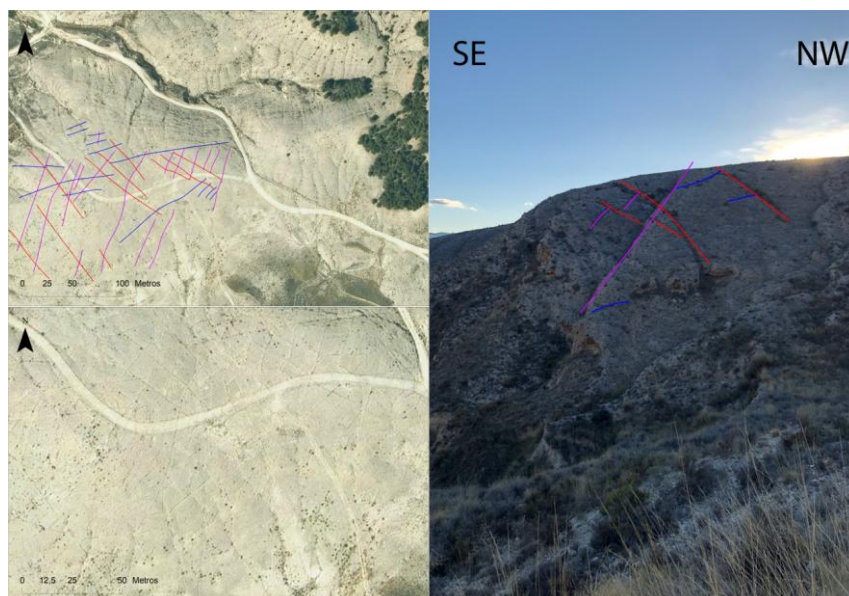


Figura 10. Lapiaces, a favor de las tres familias de diaclasas. Derecha: Imágenes obtenidas del PNOA 2018. Izquierda: Fotografía, tomada hacia el SO, de los lapiaces proyectando las familias de las diaclasas.

Dolinas.

Emplazadas sobre las Calizas de Páramo y, menos frecuente, en los relieves tabulares. Las dolinas localizadas en la superficie de la plataforma estructural son dolinas en cubeta, ya que presentan una forma circular u ovoidal, con un escarpe poco marcado, no mayor a 3 metros, y un diámetro muy variado, desde pocos metros hasta dolinas de mayor tamaño, con un valor de diámetro medio de 50 metros, además muestran un fondo plano con relleno arcilloso. La conexión de dolinas originan los denominados uvalas, con una expresión mayor y de morfologías irregulares, alargadas o globulares. En la ladera de la plataforma se observa una dolina en embudo, con un escarpe abrupto de 3 metros de profundidad y 4 metros de diámetro.



Figura 11. Imágenes de diversas depresiones kársticas. A la izquierda, arriba, imagen sacada del PNOA 2018, dolinas vistas en planta, abajo, las mismas dolinas vistas de alzado. Derecha, arriba, dolina en embudo, abajo, pequeña dolina, se puede ver la subsidencia ya que todas las espigas presentan el mismo tamaño.

Depresiones kársticas.

Emplazadas sobre las Calizas de Páramo. Son el resultado de la unión de abundantes dolinas. Según la clasificación de depresiones kársticas de (Frelüh, 2003) y (Ford y Williams, 2007) que denominan como *polje* aquellas depresiones kársticas con un área mayor a 1 km^2 , estas depresiones, con áreas de $0,1$ a $0,4\text{ km}^2$, no son consideradas como tales, pero cumplen muchos requisitos. Presentan una morfología alargada e irregular, con un escarpe más nítido de entre 9 y 5 metros de profundidad. Presentan un basamento litológico arcilloso, *terra rossa*, aprovechado actualmente por cultivos. Pueden estar capturadas por la red de drenaje y suelen estar próximas al escarpe del páramo, perteneciendo por tanto a la cabecera de los tributarios de los ríos Jiloca y Perejiles. Los ejes de estas depresiones muestran una orientación mayoritariamente NNO-SSE y NO-SE, y una dirección secundaria de NE-SO, que pueden estar influidos por dos familias de diaclasas, mencionadas anteriormente.

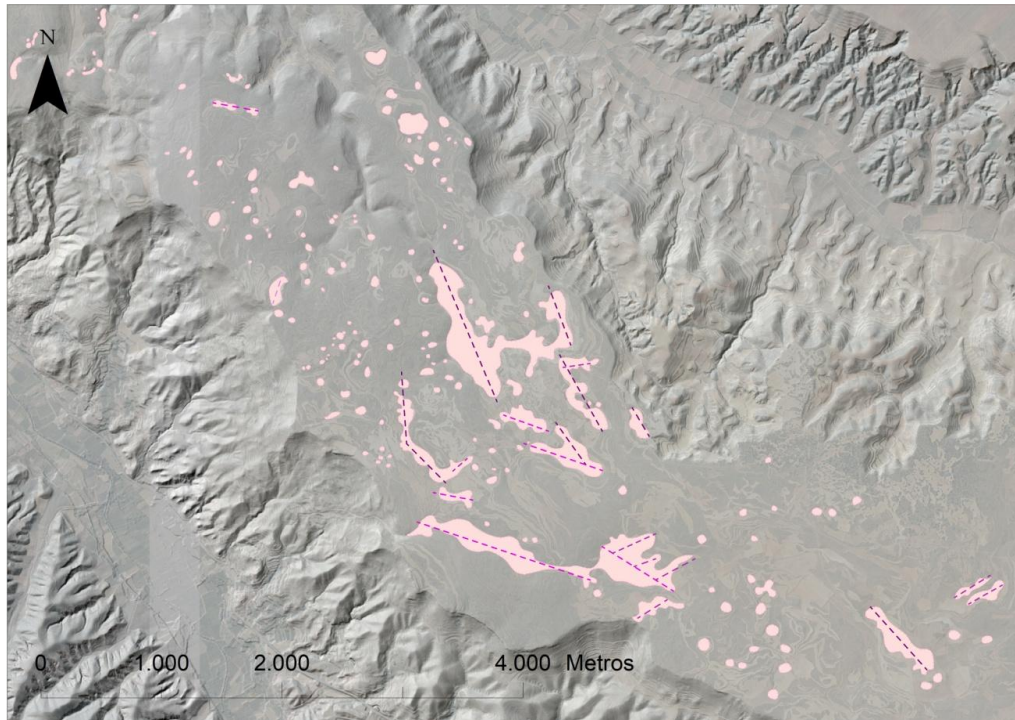


Figura 12. Proyección de las depresiones kársticas cartografiadas sobre el mapa de sombras. Están representados los ejes principales de estas depresiones.

10. Historia geomorfológica.

A finales del Paleógeno se elevan los materiales pre-orogénicos alpinos, los cuales forman actualmente la Sierra de Pardos y de Santa Cruz al Oeste, y la Sierra de Vicor, al Este (Sopeña, A. y De Vicente, G., 2004). Entre ambos relieves se origina la Cuenca de Calatayud. El relleno sedimentario está compuesto por materiales detríticos en zonas proximales, abanicos aluviales, y carbonatados y evaporíticos en el centro de la cuenca (Sanz-Rubio, 1999). Al final del relleno sedimentario junto al tránsito al exorreísmo de la cuenca, en el Plioceno, se forma la Superficie Fundamental de Erosión, denominada S1 (Gracia Prieto, 1993), coronando las cimas de las Sierras de Pardos y Santa Cruz y es la encargada de la creación de amplias parameras (Gutiérrez Santolalla *et al.*, 1996). La exposición aérea de los materiales carbonatados y evaporíticos produce diaclasado por deshidratación.

El final del endorreísmo de la Cuenca de Calatayud indica el inicio de los procesos de erosión kárstica por disolución ya que los lapiazes y las dolinas están a favor del diaclasado. La formación de dolinas esta además favorecida por su localización, la plataforma estructural presenta una topografía llana, de pendiente nula, con la consiguiente dificultad de drenaje y la altitud elevada entorno a los 925m, con unas condiciones térmicas frías, por lo que se incrementa la disolución de calcita al incrementar la presencia de dióxido de carbono en el agua.

Desde el Plioceno hasta la actualidad, los cambios de nivel de base y la erosión diferencial son los principales factores que han condicionado el modelado del relieve en esta área. Estos descensos del nivel se han producido localmente por el final del endorreísmo de la cuenca y la captura del río Jiloca por el Río Jalón. Este descenso de nivel de base hace que el Río Jiloca se encajone progresivamente, generando, por erosión diferencial, un resalte de materiales más duros, destacando así la plataforma estructural y los relieves tabulares en la ladera de esta.

Se efectúa una regularización de vertientes de las Sierras de Pardos y Santa Cruz, debido al modelo evolutivo del relieve, en la que se generan glacis (G5) de gran tamaño en dirección al centro de la cuenca sobre los abanicos aluviales de relleno de cuenca. Los relieves alomados situados en el margen izquierdo del Río Jiloca lo conforman dichos materiales, coronados por una superficie plana, correspondiendo al glacis G5. Actualmente, estos glacis están disectados por barrancos y ramblas, con una dirección SO-NE, y sus tributarios, con una dirección perpendicular a estos, que debido a la erosión remontante, generan escarpes abruptos y cárcavas en las laderas de los relieves alomados.

Además, en estos relieves alomados, en la transición con el Río Jiloca, se originan glacis de acumulación, debido a la acción aluvial, por escorrentía superficial. La primera generación de glacis de acumulación de piedemonte (G3) se presenta a una altitud elevada, de gran tamaño y pendiente muy suave, actualmente degradados y bordeados por escarpes. La segunda generación de glacis (G2), cuyo nacimiento puede rondar la misma cota que los glacis de primera generación, difiere de estos porque tienen una pendiente menos moderada, finalizando en cotas inferiores a estos, no se encuentran tan degradados y están bordeados por un escarpe menos potente. Mientras que en los relieves tabulares, los glacis más antiguos o G4, denominados así porque se localizan a una mayor altitud que los glacis acumulativos G3, son de carácter erosivo, separados por un escarpe de los glacis acumulativos G2. Los glacis más modernos se localizan encajados entre glacis de niveles superiores y no se encuentran bordeados por escarpes ya que están asociados a niveles de base más vigentes.

Varios de los glacis más modernos enrasan sobre las terrazas II y I, siendo por tanto, coetáneos en el tiempo, al igual que los conos aluviales, aunque estos incluso se observan depositados sobre la terraza I. El Río Jiloca junto con sus depósitos fluviales ha sufrido modificaciones antrópicas desde 1700 que se tiene constancia.

Los deslizamientos rotacionales presentes en la ladera de la plataforma estructural están asociados al diaclasado y a la erosión química que es más intensa en estas diaclasas. Además están favorecidas el ángulo de la pendiente, la ausencia de vegetación y la litología de la vertiente, compuesta por materiales blandos, yesos. En la ladera también se observa caída de bloques y vuelcos, originados por liapiaces acondicionados en las diaclasas previas, que individualizan la Caliza de Páramo en bloques libres y sueltos.

11. Conclusions.

The geomorphological data presented in this work led to following conclusions:

- The study area presents a great geomorphological diversity because it is located at the Calatayud Basin southwestern edge. It is characterised by the asymmetrical topographic profile of the lower section of Jiloca Valley. It is made up of two large geomorphological units, influenced by tectonics and the narrowing of the valley.
- The lowering of the base level is an important modelling factor of this landscape. It has been possible to classify the different families of glacial, flat-bottomed valley deposits and fluvial terrace deposits of Jiloca River. Due to the fact that there is a short distance between the Jiloca River (current base level) and the headwaters of the gullies and a great altitudinal distance, the ravines on the side of the paramo have a greater incidence on the slopes of these reliefs.
- The lapiaz are formed in favor of diaclases. These diaclases are caused by the dehydration due to the aerial exposure of the basin filling materials, in which a greater karstic dissolution is produced. Therefore, the lapiaz therefore have the same direction as the diaclases. The diaclases and lapiaz are one of the factors which cause the generation of karst depressions. Which are also favoured by the low slope of the structural platform and the high altitude. Finally, the diaclases are one of the main factors of the generation of falling blocks and landslides.

12. Bibliografía.

- Anadón, P. y Moissenet, E. (1996). Neogene basins in the Eastern Iberian Range, En: *Tertiary basins of Spain, the stratigraphic record of cristal kinematics*. (Friend, P y Dabrio, C.J, coord.). Cambridge University Press.
- Alfonso, P., Parcerisa, D., Grané, M., Novoa, G. (2009). El alabastro de Fuentes de Jiloca: patrimonio geológico e histórico. *Geo-Temas*, vol. 12, 19-22.
- Carls, P. (1983), La Zona Asturoccidental-Leonesa en Aragón y el Macizo del Ebro como prolongación del Macizo Cantábrico. Libro Jubilar J.M. Ríos: Geología de España. Comba, J. A. (coord.). Instituto Geológico y Minero de España (IGME), vol. 3, 11-32.
- Colomer i Busquets, M. (1987). *Estudi Geològic de la vora sud-oest de la fossa de Calatayud-Daroca, entre Villafeliche i Calamocha*. Tesis de Licenciatura, Univ. de Barcelona, 99 p.
- Del Olmo, P., Aragonés, E., Portero, J.M., Hernández, A., Gutiérrez, M., Aguilar, M.J., Leal, M.C. (1983A). Memoria y cartografía de la Hoja nº437 (Ateca). Mapa Geológico de España. E. 1:50.000. Segunda Serie (MAGNA), Primera edición. IGME.
- Del Olmo, P., Olivé, A., Portero, J.M., Hernández, A., Gutiérrez, M., Aguilar, M.J., Leal, M.C. (1983B). Memoria y cartografía de la Hoja nº438 (Paniza). Mapa Geológico de España. E. 1:50.000. Segunda Serie (MAGNA), Primera edición. IGME.
- Echeverría, M.^a T., (1988): *Geomorfología de la rama aragonesa de la Cordillera ibérica entre las Depresiones de Calatayud y de Almazán y su reborde soriano*. Tesis Doctoral Facultad de Filosofía y Letras. Inédita.
- Echeverría, M.^a T., (2005): *El relieve de la Comunidad de Calatayud*. Comarca de la Comunidad de Calatayud. Millan Gil, J., Sanmiguel Mateo, A. (coordinadores). Colección: *Territorio*; 20. 25-34
- Ford, D., Williams, P., 2007, Karst hidrogeology and geomorphology: England, John Wiley and Sons, 554 pp.
- Frelih, M., 2003, Geomorphology of karst depressions: polje or uvala -a case of Lucki dol: *Acta carsologica*, 32(2), 105-119.
- Gracia Prieto, F.J. (1993). *Evolución geomorfológica de la región de Gallocanta (Cordillera Ibérica Central)*. Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz.
- Gutiérrez Marco, J.C. (1980). *Graptolitos del Ordovícico del Sistema Ibérico*. Tesis de Licenciatura. Universidad Complutense de Madrid.
- Gutiérrez Santolalla, F., Gracia Prieto, F.J., Gutiérrez Elorza, M. (1996). Consideraciones sobre el final del relleno endorreico de las fosas de Calatayud y Teruel y su paso al exorreísmo. Implicaciones morfoestratigráficas y estructurales. En: *IV Reunión de Geomorfología, Sociedad Española de Geomorfología* (A Coruña), 23-43.
- Gutiérrez Santolalla, F., Gracia Prieto, F.L., Gutiérrez Elorza, M. (2005). Karst, neotectonics and periglacial features in the Iberian Range. En: *Sixth International Conference on Geomorphology* (Zaragoza), 1-10.

Gutiérrez Santolalla, F., Carboner, D., Sevil, J., Moreno, D., Linares, R. Comas, X., Zarroca, M., Roqué, C., McCalpin, J. (2020). Neotectonics and late Holocene paleoseismic evidence in the Plio-Quaternary Daroca Half-graben, Iberian Chain, NE Spain. Implications for fault source characterization. En: Revista de geología estructural, Volumen 131.

Hoyos, M. et al. (1979). III Reunión Grupo Español de Trabajo del Cuaternario, 149-160.

Lotze, F. (1929). Stratigraphie und Tektonik des Keltiberischen Grundgebirges (Spanien), Abh. Ges. Wiss. Göttingen math.-ph. K1, 14(2), 320 págs. Traducción por Sanmiguel, M., Estratigrafía y Tectónica de las Cadenas Paleozoicas Celtibéricas, Publ. Extr. Geol. Esp., 8, Madrid, 1955, 313 págs.

Maestro Gonzalez, A., Cortés Gracia, A. L., Martín Alfageme, S. (1998). Estudio geotecnológico y cartografía de la peligrosidad y riesgo de la Sierra de San Just (Teruel).

Mensua Fernández, S. (1968). Geografía Regional de España; dirigida por M. de Terán, Edit. Ariel, Barcelona.

Riba, O. (1959). Estudio geológico de la Sierra de Albarracín. C.S.I.C. Monogr. Instituto Lucas Mallada. Núm. 16. 253 págs.

Sanz-Rubio, E; Hoyos, M; Cañaveras, J.C; Sánchez-Moral, S; Calvo, J.P (1996). Caracterización sedimentológica de los sistemas fluviolacustres y tobáceos del Mioceno Superior-Plioceno de la Cuenca de Calatayud (Zaragoza) . *Geogaceta*. Vol. 20.

Sanz-Rubio, E. (1999). *Análisis de los sistemas deposicionales carbonáticos y evaporíticos del Neógeno de la Cuenca de Calatayud (Provincia de Zaragoza)*. Tesis doctoral. Univ. Complutense de Madrid: 579.

Sanz-Rubio, E., Sánchez-Moral, S., Cañaveras, J. C., Calvo, J. P. y Rouchy, J. M. (2001). Calcitization of Mg-Ca carbonate and Ca sulphate deposits in a continental Tertiary basin (Calatayud Basin, NE Spain). *Sedim. Geol.* 140: 123-142.

Sopeña, A. y De Vicente, G. (2004). Subdivisiones de las Cordilleras Ibérica y CosteroCatalana. En: Geología de España (Vera J.A. ed.). Sociedad Geológica de España e Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 467-469.

Anexo I: Marco Geológico.

Estratigrafía:

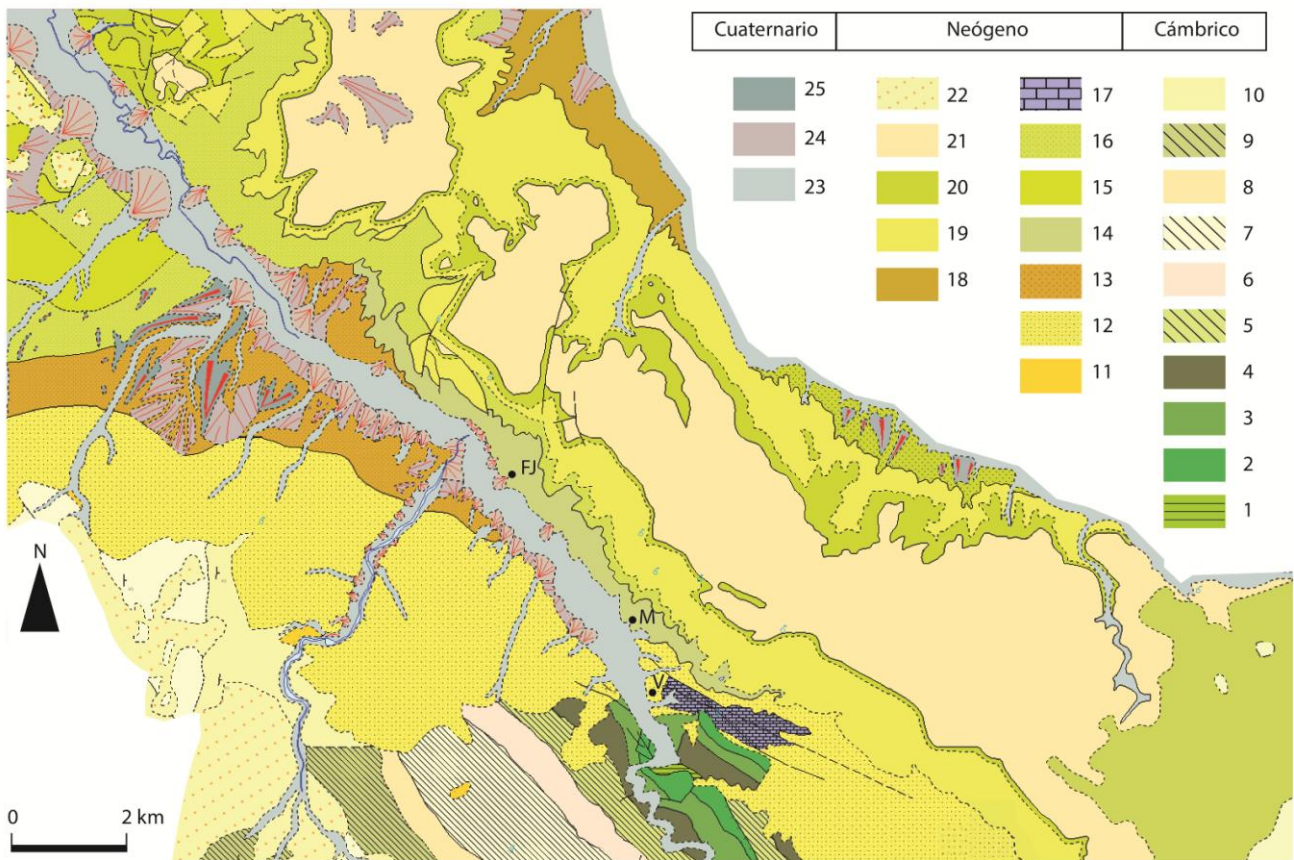
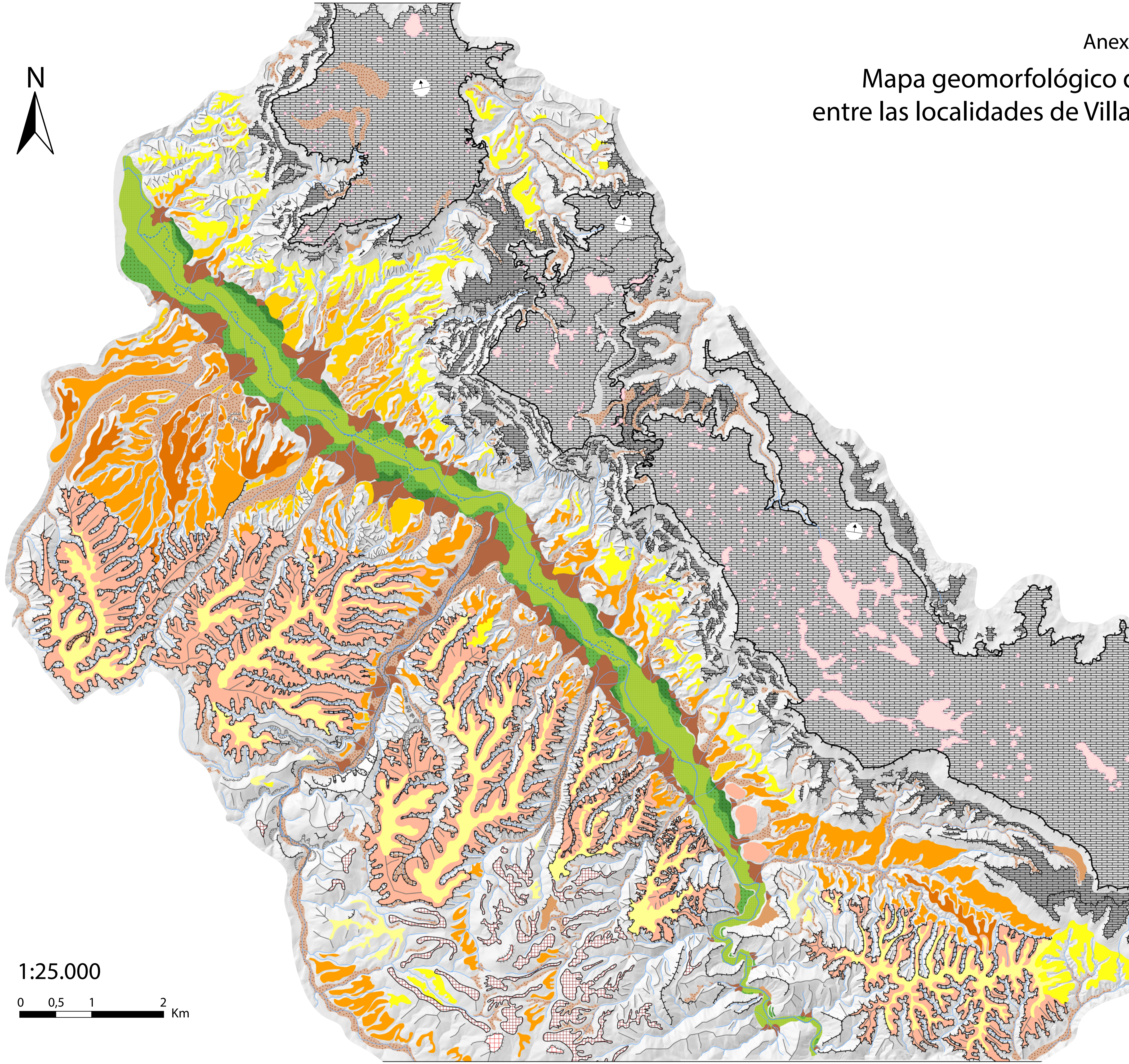
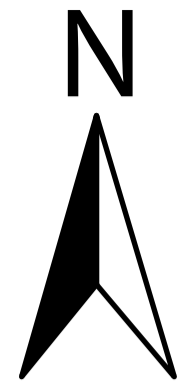


Figura 4. Situación geológica detallada del área de estudio. Extraído y modificado de las hojas 437 (Ateca) y 438 (Paniza). Poblaciones: V: Villafeliche; M: Montón; FJ: Fuentes de Jiloca. Formaciones geológicas (1-25): Cámbrico Inferior: 1) Fm. Huérmeda, 2) Fm. Daroca, 3) Fm. Valdemiedes; Cámbrico Medio: 4) Fm. Murero; Cámbrico Superior: (5-9) Fm. Almunia, 10) Fm. Borrachón. Mioceno: 11 y 12) Conglomerados, areniscas y arcillas con nódulos de yeso en la parte más distal (Ramblense Inferior). 13 y 14) facies terrígenas con gran extensión de los términos lutítico-limoso rojo con nódulos de yeso; Unidad Inferior (Ramblense Superior-Aragoniense Medio); 15) yesos laminados y nodulares, 16) yesos laminados, 17) calizas bioclásticas, 18 y 19) yesos laminados, margas, limos yesíferos y depósitos dolomíticos, Unidad Intermedia (Aragoniense Medio-Vallesiense Medio); 20) Depósitos terrígenos aluviales-fluviales, compuestos por lutitas y limos rojos con conglomerados y oncolíticos, 21) carbonatos depositados en medios lacustres, constituidos por tobas autóctonas, calizas -a veces travertínicas-, también denominada "Caliza de páramo", Unidad Superior (Vallesiense-Turolense). Plioceno: 22) brechas, conglomerados y limos rojos. Cuaternario: 23-25) Coluviones, derrubios de ladera, depósitos de pie de monte, terrazas, abanicos aluviales. (Del Olmo et al., 1983A) (Del Olmo et al., 1983A) (Sanz-Rubio, 1999) (Sanz-Rubio et al., 2001) (Alfonso et al., 2009).

Mapa geomorfológico del valle del Río Jiloca entre las localidades de Villafeliche y Fuentes de Jiloca



Leyenda

Modelado estructural

- Plataforma estructural en calizas
- Relieve en graderío
- Relieves alomados
- Escarpe estructural (>50m)
- Escarpe estructural (<50m)
- Escarpe estructural menor (<5m)
- Arista
- Divisorias
- Basculamiento

Formas de ladera

- Coluvión

Modelado fluvial

Terrazas

- TII
- TI
- Llanura de inundación T0
- Cauce fluvial
- Paleocauce
- Barrancos incisión lineal
- Valles de fondo plano
- Abanicos aluviales

Modelado poligénico

- Superficie de erosión S2
- Superficie de erosión S3
- Glacis erosivo G5
- Glacis erosivo G4
- Glacis acumulativo G3
- Glacis acumulativo G2
- Glacis acumulativo G1

Modelado kárstico

- Depresiones kársticas

1:25.000

0 0,5 1 2 Km

Anexo III: Análisis geomorfológico.

Plataforma estructural:



Figura 1: Estratos horizontales tobáceos y calizas travertínicas, también denominadas Calizas de Páramo, correspondiente a la formación más moderna que aflora en el área de estudio de la Unidad Superior definida por Sanz-Rubio (1999).



Figura 2: Fotografías del páramo “Campo Alto” junto con el relieve en graderío. Se observa un gran escarpe de hasta 80 metros de altura que delimita la plataforma estructural. La ladera del páramo muestra pequeñas superficies que componen el relieve en graderío, que disminuye de cota de manera escalonada hacia el Río Jiloca. El páramo presenta un ligero basculamiento hacia al Noreste, en dirección hacia el Río Jalón.



Figura 3: Fotografía de la ladera del páramo. Se observa que en el escarpe se encuentran bloques de gran tamaño, provenientes de los estratos de “Calizas de Páramo”. Se aprecia una discontinuidad en la superficie de la plataforma estructural (línea negra), originada por un deslizamiento de ladera. En línea discontinua está trazado el límite inferior de las calizas travertínicas.

Relieves alomados:



Figura 4: Fotografía de la margen izquierda del Río Jiloca, al Sur del área estudiada. Separación de los materiales cámbricos, en verde, que buzan aproximadamente 30° hacia el Oeste en esta zona, con los materiales del Ramblense Inferior, en naranja, con una inclinación hacia el NE. En rojo, línea de separación de los materiales pre-orogénicos (Cámbrico) y los materiales de relleno de cuenca (abanicos aluviales neógenos).



Figura 5: Panorámica del margen izquierdo del Río Jiloca, al Oeste del área estudiada., obtenida por la unión de 3 fotografías tomadas desde la localidad de Montón. Relieves alomados. A la derecha de la fotografía, que corresponde con el Sur del territorio se observan los materiales cámbricos con elevaciones más altas y laderas con mayor inclinación que al Norte de la fotografía. A parte de los relieves alomados se pueden observar los glacis sobre los materiales del Ramblense, y dos grandes abanicos aluviales sobre las terrazas del Río Jiloca; estos elementos están cubiertos por vegetación.

Manantiales y arroyos:

Presentes en la ladera del páramo, manantiales, surgencias y fuentes nacen próximos al borde de la plataforma estructural; los más notables son, de Sur a Norte: Fuente de los Cepos, Fuente Nueva, del Morrón y de la Sabina. Los arroyos que también nacen en esta ladera presentan un continuo y escaso caudal, como los arroyos de Los Vales (Montón) y arroyo de las Nogueras (Fuentes del Jiloca). Estos arroyos, en su parte baja se hallan encajonados en valles estrechos con laderas abruptas.



Figura 6: Fotografías del arroyo “Los vales”, situado entre las localidades de Montón y Villafeliche. Estos barrancos se caracterizan en su tramo bajo por tener poca anchura y estar encarrilado entre paredes verticales.

Espelotemas.

Formaciones originadas por la precipitación de calcita, situadas en el arroyo de Los Vales, Montón. Estas concreciones carbonatadas presentan un tamaño de entre 30cm y 1m de largura, con un espesor de aproximadamente 20cm. Los represamientos escalonados que se generan están actualmente rellenos de sedimentos detríticos provenientes de avenidas. Este arroyo esta encajonado por laderas abruptas.



Figura 7: Fotografías del arroyo “Los vales”, situado entre las localidades de Montón y Villafeliche. Gours de pequeña escala, escalonados, rellenos de sedimentos y tapizados por vegetación.