

CUARTA ÉPOCA

GEOGRAPHICALIA

1977 - 1988 - 2000 - 2023



EDITORIAL:

Monográfico geomorfología
Desde la Geografía a
la Geomorfología global
en Aragón
Dr. José María García Ruiz

ARTÍCULOS:

Monográfico geomorfología
Cartografía biogeomor-
fológica | Erosión por piping
| Zonificación de aludes
Sección general
Patrones asentamiento
culturas Calima | Dinámica
territorial Grados Geografía

MAPAS:

Monográfico geomorfología
Mapa geomorfológico de la
Bárdena Blanca (Navarra,
España) | Mapa geoarque-
ológico de El Pichao
(Tucumán, Argentina)

NOTAS DE INVESTIGACION
Y RESEÑAS:

Monográfico geomorfología
Análisis hidromorfológico
de ríos efímeros | VOLTUR-
MAC: volcans-turismo
Sección general
Estrategias de recuperación
de cubierta vegetal



1542

Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio
Universidad Zaragoza



Desde la geografía a la geomorfología global en Aragón

José M. García Ruiz

Desde la geografía a la geomorfología global en Aragón

José M. García Ruiz

CSIC Alumni. Profesor de Investigación del CSIC jubilado.

Dirección durante el estudio: Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC),

Campus de Aula Dei, 50059 Zaragoza

jmgr49@icloud.com

Resumen: Se presenta la evolución de la geomorfología en Aragón a partir de los estudios iniciales impulsados por científicos extranjeros. En los años sesenta del siglo XX Salvador Mensua fue capaz de crear desde el Departamento de Geografía de la Universidad de Zaragoza una escuela de geomorfología que todavía tiene una gran relevancia a través de sus estudios sobre el relieve de los paisajes semiáridos, la evolución de formas estructurales y el desarrollo de procedimientos de cartografía geomorfológica que han tenido una gran influencia en la geomorfología española. En gran parte eso se debió a los trabajos de sus dos principales discípulos (María Jesús Ibáñez y José Luis Peña Monné) desde la década de 1970 y el grupo que fue formándose desde la década de 1980. La creación de la cátedra de Geomorfología en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, a cargo de Mateo Gutiérrez Elorza contribuyó a la confirmación de una escuela de creciente influencia nacional e internacional, consolidada con los trabajos de Carlos Sancho Marcén y Francisco Gutiérrez Santolalla. Finalmente, la eclosión de los estudios geomorfológicos en el Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC) y sus interacciones con los dos grupos anteriores confirma el gran desarrollo e impacto de la geomorfología desde los centros universitarios y de investigación de Aragón.

Palabras clave:

Geomorfología, pioneros en geomorfología, Aragón, Cartografía geomorfológica, Universidad de Zaragoza, Instituto Pirenaico de Ecología.

From geography to global geomorphology in Aragon

Abstract: The evolution of geomorphology in Aragon is presented from the initial studies promoted by foreign scientists. In the sixties of the 20th century Salvador Mensua was able to create from the Department of Geography of the University of Zaragoza a school of geomorphology that still has great relevance through his studies on the relief of semi-arid landscapes, the evolution of structural forms and the development of geomorphological mapping procedures that have had a great influence on Spanish geomorphology. This was largely due to the work of his two main disciples (María Jesús Ibáñez and José Luis Peña Monné) since the 1970s and the subsequent group that was formed since the 1980s. The creation of the chair of Geomorphology in the Faculty of Sciences of the University of Zaragoza, in charge of Mateo Gutiérrez Elorza contributed to the confirmation of a school of growing national and international influence, consolidated with the works of Carlos Sancho Marcén and Francisco Gutiérrez Santolalla. Finally, the emergence of geomorphological studies at the Pyrenean Institute of Ecology (CSIC) and its interactions with the two previous groups confirms the great development and impact of geomorphology from university and research centers in Aragon.

Keywords:

Geomorphology, pioneers in geomorphology, Aragón, Geomorphological mapping, University of Zaragoza, Pyrenean Institute of Ecology.

Recibido: 24-10-2024. **Aceptado:** 26-11-2024.

DOI: 10.26754/ojs_geoph/geoph.20247611411

LA GEOMORFOLOGÍA ha experimentado una revolución epistemológica en las últimas décadas, con cambios impresionantes en cuanto a objetivos y métodos y en sus relaciones con otras ciencias próximas. Tales cambios han ampliado extraordinariamente sus horizontes, lo que ha permitido abrirse a nuevas líneas de investigación y docencia, a la incorporación de técnicas que hasta hace poco eran impensables y a un incremento en la precisión de la información disponible. Hoy la geomorfología está considerada como una ciencia global (García-Ruiz, 2015), que interpreta la evolución del relieve y su dinámica a partir de diferentes aproximaciones espaciales y temporales, a la vez que utiliza técnicas de campo y laboratorio y explota las aportaciones de campos tan diferentes como la geología y la geografía humana.

Esta evolución ha encontrado en Aragón un lugar excepcional, donde la geomorfología alcanzó un elevado grado de modernidad a lo largo de la década de 1960 y una creciente complejidad desde la década de 1990, gracias al protagonismo alcanzado por el Departamento de Geografía de la Universidad de Zaragoza. Es cierto, no obstante, que previamente confluyeron unas circunstancias favorables que dieron lugar a la publicación de trabajos muy relevantes relacionados con el relieve del Pirineo central y centro-occidental. El interés de geógrafos y geólogos extranjeros por las formas y depósitos glaciares en el Pirineo (por ej., Penck, 1893; Obermaier, 1921; Panzer, 1926) supuso un primer impulso que, sin embargo, no dejó especiales huellas inmediatas en la región. Mayor importancia tuvo la creación del Instituto de Estudios Pirenaicos en 1942. Esta institución, fundada por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) a instancias de José María de Albareda, tenía por objeto la organización de cursos y reuniones científicas, generalmente en verano, y de los congresos internacionales de estudios pirenaicos, que se alternarían bianualmente entre Francia y España. Antes de entrar en mayores detalles conviene señalar que el Instituto de Estudios Pirenaicos estuvo dirigido por un catedrático de geología de la Universidad de Zaragoza, Luis Solé Sabarís, que se había especializado en Geografía Física y más particularmente en geomorfología. Además, el vicedirector fue José Manuel Casas Torres, catedrático de Geografía de la Universidad de Zaragoza. Aunque el Instituto contaba con una residencia en Jaca para el alojamiento del personal asistente a los cursos y reuniones, su sede estaba en el Departamento de Geografía de la Universidad de Zaragoza y Casas Torres fue el responsable de todas las actividades, incluida la publicación de la revista *Pirineos* y de las actas de los congresos internacionales de estudios pirenaicos. Como consecuencia de las reuniones propiciadas por el Instituto de Estudios Pirenaicos llegaron geógrafos y geólogos extranjeros y españoles atraídos por las formas glaciares y su relación con las terrazas fluviales, así como por diferentes aspectos del relieve. Destacaron, entre otros, los trabajos de Nussbaum (1949) sobre los rasgos glaciares del Alto Aragón Occidental, los de Llopis Lladó (1947) sobre el relieve pirenaico en general, y los de Barrère sobre el glaciario del Pirineo centro-occidental (1953, 1963) y la evolución de vertientes calcáreas de la alta montaña pirenaica (1952). Barrère (1971) fue además autor de una cartografía geomorfológica en color, de trazos muy esquemáticos pero de fácil interpretación, de las hojas del mapa topográfico Nacional a escala 1:50.000 de Navascués, Sangüesa, Sigüés, Jaca, Biescas, Broto, Agüero, Yebra de Basa, Boltaña, Campo, Apiés y Alquézar. La obra de Pierre Barrère, geógrafo de la Universidad de Burdeos, tuvo una gran influencia en estudios posteriores sobre glaciario pirenaico y ayudó a destacar los rasgos estructurales y paleoglaciares del relieve del Pirineo centro-occidental. El Instituto de Estudios Pirenaicos se trasladó a Jaca en 1968, pero para entonces ya se había producido la irrupción de la geomorfología en el Departamento de Geografía de la Universidad de Zaragoza.

José Manuel Casas Torres fue una persona clave en este proceso, puesto que, como catedrático y Director del Departamento de Geografía desde 1944, puso en marcha un programa de asignaturas en el que la geomorfología tuvo muy tempranamente una notable importancia. Cuando yo era estudiante en la Universidad de Zaragoza encontré, hacia 1971, un librito, casi un folleto titulado *El modelado periglacial*, publicado en 1953 por Alfredo Floristán Samanes. Me pareció, ya entonces, una prueba de la modernidad del Departamento de Geografía y de su autor. Aún conservo aquella obrita, como documento de lo que fue el comienzo de la geomorfología periglacial

en España. De hecho, el librito era un resumen del curso que impartió el profesor Floristán en el año escolar de 1952-53, como resumen de la obra de Jean Tricart, *Le modelé périglaciaire*. Alfredo Floristán había presentado en 1949 su Tesis Doctoral sobre La Ribera Tudelana de Navarra, que puede considerarse la primera Tesis moderna de Geografía regional en España, con notables referencias a los aspectos físicos de un territorio excepcional por sus formas de relieve. Fue primero profesor ayudante en la Universidad de Zaragoza y desde 1955 catedrático de geografía general de las universidades de Granada, Zaragoza y Navarra. El traslado a esta última universidad en 1961 tuvo efectos decisivos para la consolidación de la geomorfología en la Universidad de Zaragoza: Su cátedra fue ocupada desde 1963 por Salvador Mensua Fernández, que había realizado su tesis doctoral sobre La Navarra Media Oriental, una tesis regional que contenía una extensa dedicación al paisaje geomorfológico. El profesor Mensua asumió la docencia de la geomorfología, que en la Universidad de Zaragoza se componía de dos asignaturas dedicadas a las formas de relieve estructurales y a formas derivadas del modelado climático, además de una asignatura especial enfocada a la cartografía geomorfológica. Salvador Mensua fue una persona decisiva en la gran expansión de la geomorfología en la Universidad de Zaragoza a partir la Facultad de Filosofía y Letras, con proyección al resto de las universidades españolas y algunos institutos del CSIC. En 1966, tras el traslado del profesor Casas Torres a la Universidad Complutense de Madrid, su plaza la ocupó en la Universidad de Zaragoza Antonio Higuera Arnal, quien había realizado su tesis doctoral sobre *El Alto Guadalquivir*, en la que la geomorfología estructural ocupaba un espacio inusitado hasta entonces. Muy probablemente mejor geógrafo físico que humano, el profesor Higuera se vio obligado a especializarse en geografía humana en el Departamento de Geografía de la Universidad de Zaragoza. Creo, es una opinión muy personal, que por su perspicacia y modernidad en la interpretación de las formas de relieve, se perdió el que hubiera podido ser un gran geomorfólogo.

Salvador Mensua lo fue. Aunque su producción científica fue bastante ecléctica, con varias publicaciones relacionadas con geografía rural y la elaboración de mapas de uso del suelo (por ej., Mensua Fernández, 1971), fue reconocido como uno de los geomorfólogos españoles más destacados por su capacidad para relacionar diferentes aspectos del relieve, tanto estructurales como paleoclimáticos, especialmente en ambientes semiáridos. También fue muy valorado por la sencillez y calidad en su forma de transmitir sus interpretaciones, tanto por escrito como en excursiones y clases. La claridad de sus exposiciones, la elección de las palabras precisas, el orden con que organizaba cada lección o la forma en que nos sorprendía cuando se explicaba en el campo nos tenía asombrados a quienes tuvimos la suerte de ser alumnos suyos y de acompañarle en sus excursiones. Tenía la cabeza muy bien estructurada, de manera que hacía fácil lo que podía haber sido muy complicado. En su formación hubo mucho de autodidacta junto a un entramado de influencias que iban desde Luis Solé Sabarís a Alfredo Floristán, Pierre Barrère, Bernard Bomer (que presentó su tesis doctoral en la Universidad de Caen, sobre el relieve de la cuenca del Ebro y sus piedemontes), Oriol Riba y Jean Tricart. Este último tuvo una gran trascendencia para la eclosión de la geomorfología en el Departamento de Geografía de la Universidad de Zaragoza, no sólo por la elevada calidad de sus publicaciones, sino también por sus frecuentes viajes a Aragón, donde contactó con Salvador Mensua, a quien trató con un afecto especial. Entre los temas de trabajo del profesor Mensua destacan los centrados en el estudio de valles asimétricos, el modelado de La Muela de Zaragoza (Mensua Fernández, 1969), los glaciares y terrazas del valle del Ebro (Mensua Fernández, 1964) y el endorreísmo en la Depresión del Ebro (Ibáñez Marcellán y Mensua Fernández, 1975), esta última línea siguiendo la tradición iniciada por Dantín Cereceda (1941) en la laguna de Gallocanta.

Sin embargo, su legado más importante fue el desarrollo de un sistema de cartografía geomorfológica que hizo escuela, con diferentes variaciones, entre sus discípulos directos e indirectos y, en general, en el resto de España (por ej., Mensua e Ibáñez, 1977; Mensua Fernández et al., 1981). Con la misma claridad con que daba sus clases supo plasmar sus ideas geomorfológicas en mapas que daban de inmediato una idea global de las formas dominantes y de sus interacciones. En

este campo creó escuela entre algunos de sus discípulos, que supieron dar continuidad y mejorar sensiblemente el sistema cartográfico de representación del relieve. Su actividad docente e investigadora se fue apagando lentamente a lo largo de la década de 1970, hasta que en 1982 decidió retirarse de la Universidad cuando aún no había cumplido sesenta años. Su primera discípula fue María Jesús Ibáñez Marcellán, que había completado sus estudios geomorfológicos en la Universidad de Estrasburgo con el profesor Jean Tricart y heredó de Salvador Mensua su capacidad pedagógica para entusiasmar al alumnado de la licenciatura de Geografía. María Jesús Ibáñez presentó su tesis doctoral en 1974 sobre el piedemonte ibérico bajoaragonés, donde reflejaba no solo la calidad de una extensa cartografía geomorfológica a escala 1:50.000, sino también la interpretación de un relieve complejo en el que llamaba la atención la presencia de paleocanales rellenos de gravas muy cementadas (Ibáñez Marcellán, 1976a). En 1984 obtuvo la cátedra de Geografía Física de la Universidad de Zaragoza. A lo largo de su corta carrera profesional trabajó fundamentalmente en la Depresión del Ebro, tanto sobre el contacto entre las cordilleras circundantes y esta última (Ibáñez Marcellán et al., 1983a y 1983b), como sobre el endorreísmo (por ej., Ibáñez Marcellán, 1975, 1976b) y sobre aspectos metodológicos y epistemológicos de la geomorfología (Ibáñez Marcellán, 1977, 1982). También fue decisiva su contribución a la síntesis cartográfica del cuaternario de la Depresión del Ebro (Alberto et al., 1984). Lamentablemente María Jesús Ibáñez falleció en 1986, en la mejor etapa de su vida científica, cuando podía haber aportado tanto a la geomorfología española e internacional. Dirigió la tesis doctoral de Francisco Pellicer sobre *Geomorfología de las cadenas ibéricas entre el Jalón y el Moncayo*, que fue presentada en 1983 con el sello de la excelente cartografía que ya identificaba a los estudios geomorfológicos del Departamento de Geografía de la Universidad de Zaragoza. Francisco Pellicer desarrolló además una línea de investigación en geomorfología fluvial y ecogeografía en la que destacó Alfredo Ollero Ojeda, quien presentó su tesis doctoral en 1992 sobre los meandros libres del río Ebro entre Logroño y Zaragoza. La evolución de esta línea ha sido muy fructífera, dando lugar a numerosos trabajos y varias tesis doctorales. En cambio, la línea de estudios sobre la erosión del suelo que se inició con la tesis doctoral de José Carlos González Hidalgo tuvo un desarrollo más limitado al especializarse este último en climatología.

El otro gran discípulo de Salvador Mensua fue José Luis Peña Monné, que en 1980 presentó su tesis doctoral sobre el *Estudio geomorfológico de la Conca de Tremp y las sierras prepirenaicas leridanas entre los ríos Segre y Noguera Ribagorzana* (Peña Monné, 1983). José Luis Peña inició su carrera profesional en el Colegio Universitario de Teruel, donde coincidió con Mateo Gutiérrez Elorza, un profesor de gran relevancia en el desarrollo posterior de la geomorfología en Aragón, del que hablaremos más adelante. Tras el fallecimiento de María Jesús Ibáñez, José Luis Peña se incorporó al Departamento de Geografía de la Universidad de Zaragoza, donde ocupó la Cátedra de Geografía Física desde 1988. Su extensa producción científica, a día de hoy todavía muy activa, así como el grupo de geomorfología que se ha creado en torno suyo, han confirmado la gran proyección nacional e internacional de la geomorfología surgida en el Departamento de Geografía de la Universidad de Zaragoza. Entre sus líneas de investigación destacan la geomorfología de medios áridos, el karst (por ej., Gutiérrez y Peña Monné, 1979; Gutiérrez et al., 1985; Peña Monné et al., 1991), el periglacialismo, incluyendo los ríos de piedras de la Sierra de Albaracín (por ej., Gutiérrez y Peña Monné, 1976, 1981), la evolución de las acumulaciones holocenas (por ej., Peña Monné et al., 1993) el relieve glacial (por ej., Lewis et al., 2009) y, especialmente, la cartografía geomorfológica y la gearqueología.

Tanto en su tesis doctoral como en sus numerosas publicaciones, José Luis Peña ha destacado por la calidad de sus cartografías geomorfológicas, siguiendo el sistema claramente estructurado por Salvador Mensua y María Jesús Ibáñez, pero ampliando la leyenda e incorporando el color, con un fondo litológico que contribuye a mejorar la interpretación de la variabilidad espacial de las formas de relieve. Destaca especialmente la edición del libro sobre cartografía geomorfológica (Peña Monné, 1997), que es un trabajo imprescindible para aquellos que quieran elaborar una cartografía de calidad con sistemas de representación contrastados. El libro incluye además la

propuesta de normas y leyendas a escalas 1:1.000.000, 1:100.000/1:200.000 y 1:25.000/1:50.000. Un ejemplo de esta cartografía es el mapa geomorfológico de Aragón (Peña Monné et al., 2002) y también los mapas geomorfológicos a escala 1:50.000 del Alto Aragón Occidental (García Ruiz et al., 2011). Por lo que respecta a la geoarqueología, José Luis Peña es un pionero en este tipo de estudios, en los que se ha convertido en un referente internacional, especialmente por sus trabajos en el Valle del Ebro (por ej., Constante et al., 2010; Peña-Monné et al., 2014, 2023) y, más ocasionalmente, en Argentina (por ej., Peña Monné y Sampietro Vattuone, 2018) y Grecia. La dirección de varias tesis doctorales elaboradas por María Victoria Lozano Tena (sobre la geomorfología de la Sierra de Gúdar), Javier Chueca Cía (sobre la geomorfología de la Alta Ribagorza), Asunción Julián Andrés (sobre las acumulaciones cuaternarias de la Depresión del Ebro) y Miguel Sánchez Fabre (sobre la geomorfología de la depresión de Alfambra-Teruel-Landete), entre otras, son la consecuencia de un gran trabajo en equipo.

Cuando la geomorfología en Aragón ya había despegado con Salvador Mensua y María Jesús Ibáñez durante la década de 1960 y era un referente para geógrafos y geólogos españoles, se creó en 1973 el Colegio Universitario de Teruel, como una extensión de la Universidad de Zaragoza. Como hemos indicado anteriormente, allí coincidieron José Luis Peña Monné como profesor de Geografía y Mateo Gutiérrez Elorza como profesor de Geología. De su colaboración surgieron numerosos trabajos sobre periglaciario y karst, así como estudios más globales sobre el relieve de la provincia de Teruel. Tras su traslado a Zaragoza, contribuyeron desde sus respectivas cátedras en la Facultad de Filosofía y Letras y en la Facultad de Ciencias al auge de la geomorfología aragonesa y su proyección internacional. Mateo Gutiérrez tuvo una intensa y muy relevante producción científica, frecuentemente en colaboración con José Luis Peña, en karst (por ej., Gutiérrez y Gutiérrez, 1998a; Gracia et al., 2002), periglaciario (por ej., Gutiérrez y Peña, 1976; Gutiérrez y Gutiérrez, 2014), neotectónica (por ej., Gutiérrez et al., 2008), ciclos geomorfológicos relacionados con oscilaciones climáticas (Gutiérrez y Peña, 1998b), cuantificación de la erosión del suelo en ambientes extremos (por ej., Gutiérrez et al., 1997). Mateo Gutiérrez fue además autor de varios libros clásicos de geomorfología, alguno de los cuales se publicó también en versión inglesa (por ej., Gutiérrez, 2001, 2008). Junto con José Luis Peña organizó en 1990 la I Reunión Nacional de Geomorfología, que, con el antecedente de una reunión previa en la Universidad de Cantabria, fue el origen de la Sociedad Española de Geomorfología, de la que fue su primer presidente. Fue también el responsable de la organización de la VI Conferencia Internacional de Geomorfología, celebrada en Zaragoza en 2005. Además de su elevada y valorada producción científica, Mateo Gutiérrez dedicó un gran esfuerzo a la dirección de tesis doctorales, cuyos autores son referentes en diversas universidades españolas: José Luis Simón, Jerónimo López Martínez, Joaquín Rodríguez Vidal, Carlos Sancho Marcén, Gerardo Benito, Francisco Javier Gracia Prieto, Asunción Soriano, Belén Leránz, Gloria Desir y Cinta Marín. Es interesante señalar que Carlos Sancho, recientemente fallecido cuando aún tenía por delante varios años de producción científica de primer nivel, colaboró estrechamente con José Luis Peña, formando un equipo altamente productivo en el campo del glaciario y en el estudio de terrazas y depósitos holocenos (por ej., Lewis et al., 2009; Sancho et al., 2008) y con otros científicos aragoneses en el Instituto Pirenaico de Ecología sobre espeleotemas (por ej., Moreno et al., 2017), cuevas heladas (por ej., Leunda et al., 2019) y glaciario (por ej., Sancho et al., 2018; Bartolomé et al., 2021, 2024). Ha dirigido varias tesis doctorales sobre espeleotema (Carlos Pérez Mejías y Miguel Bartolomé), geomorfología del macizo de Cotiella (Ángel Belmonte) y fenómenos de subsidencia por disolución de formaciones evaporíticas (Francisco Gutiérrez Santolalla)

Desde la cátedra de geomorfología, Francisco Gutiérrez lidera un grupo muy dinámico, con estudios sobre karst en yesos y sales y riesgos naturales, especialmente en el Valle del Ebro (por ej., Guerrero et al., 2004; Acero Salazar et al., 2013), la cordillera Bética (por ej., Roca et al., 2021) y el estado de Colorado, Estados Unidos (Gutiérrez, 2004), depósitos paraglaciaros en el Pirineo y grandes movimientos en masa, especialmente en Irán (Gutiérrez et al., 2023), a los que se suman los trabajos sobre *sackungen* (por ej., Gutiérrez et al., 2008) y glaciario en el Pirineo (por

ej., Guerrero et al., 2018). Ha dirigido varias tesis doctorales a cargo de Enrique Acosta (sobre la susceptibilidad a la formación de flujos de derrubios y desprendimientos en el valle de Benasque), Jorge Pedro Galve (sobre el desarrollo de nuevas técnicas para el estudio de la peligrosidad de dolinas), Jesús Guerrero Iturbe (sobre dinámica fluvial y riesgos derivados de la subsidencia kárstica en los valles del Huerva y del Ebro), Pedro Lucha (sobre subsidencia por disolución de evaporitas y halocinesis en el anticlinal de Barbastro y el valle del río Cardener), Domingo Carbonel (la aplicación de la técnica de trenching en deformaciones relacionadas con la disolución de evaporitas) e Ivan Fabregat (estudio de dolinas en el karst evaporítico de la Garrotxa).

También el Instituto Pirenaico de Ecología (IPE), centro de investigación del CSIC en Zaragoza y Jaca y heredero en parte del ya citado Instituto de Estudios Pirenaicos, ha contribuido al desarrollo reciente de la geomorfología en Aragón. No por casualidad, los científicos que trabajan en ese centro en geomorfología proceden de los departamentos de Geografía y de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Zaragoza, con los que han mantenido importantes interacciones. Especializados en erosión del suelo e hidrología ambiental, glaciario y paleoambientes, han reconstruido la evolución glacial en varios valles de las montañas de la península ibérica (por ej., García-Ruiz et al., 2003, 2013; Bartolomé, M., 2021; Vidaller et al., 2024) y en el continente europeo (Palacios et al., 2022, 2023; López-Moreno y García-Ruiz, 2025), han estudiado el retroceso reciente de glaciares en el Pirineo y en Sudamérica (por ej., López-Moreno et al., 2020; Vidaller et al., 2021), han identificado los principales factores de la erosión a diferentes escalas temporales (por ej., Beguería, 2005; Nadal-Romero et al., 2008; García-Ruiz y López Bermúdez, 2009) y han establecido estrechas relaciones entre la evolución paleoclimática, la vegetación y las actividades humanas a partir del estudio de depósitos lacustres en el Pirineo y en otros lugares de España y el mundo (por ej., González-Sampériz et al., 2006; Pérez-Sanz et al., 2013). En el Departamento de Procesos GeoAmbientales y Cambio Global del IPE se incluyen científicos tan productivos como Juan Ignacio López Moreno, Estela Nadal Romero, Blas Valero Garcés, Penélope González Sampériz y Ana Moreno, a los que se han unido recientemente algunos de sus discípulos. Santiago Beguería Portugués, formado sobre erosión del suelo y otros problemas geoambientales en este grupo, se incorporó a otro centro del CSIC en Aragón, la Estación Experimental de Aula Dei, donde Ana Navas ha desarrollado una larga trayectoria de estudios sobre erosión.

La evolución de la geomorfología en Aragón revela, pues, una gran complejidad, con la influencia de científicos extranjeros y españoles que favorecieron la eclosión de los estudios sobre el relieve y el desarrollo de métodos cartográficos en el Departamento de Geografía de la Universidad de Zaragoza. Eso fue posible gracias al esfuerzo inicial del profesor Salvador Mensua, que tuvo una gran capacidad para organizar y jerarquizar las formas estructurales y las derivadas de la acción de paleoclimas. Su influencia científica se amplió a la expansión de la geomorfología en España, donde en su momento fue un referente esencial, sobre todo por su manera de plasmar e interpretar la cartografía geomorfológica. Sus discípulos María Jesús Ibáñez y José Luis Peña contribuyeron decisivamente a reforzar la huella de la geomorfología aragonesa en el resto de España, por sí mismos y a través de sus doctorandos, perfeccionando los métodos cartográficos y ampliando los temas de investigación, cada vez más en la frontera del conocimiento geomorfológico. La incorporación de Mateo Gutiérrez Elorza a la Universidad de Zaragoza y el elevado número de discípulos que fue surgiendo del Departamento de Ciencias de la Tierra, junto con el crecimiento de la geomorfología en el Instituto Pirenaico de Ecología y sus interacciones con los departamentos de Geografía y de Ciencias de la Tierra confirman la importancia de la transversalidad y multidisciplinariedad de la geomorfología.

Bibliografía

- Acero, P., Gutiérrez, F., Galve, J.P., Auqué, L.F., Carbonel, D., Gimeno, M.J., Gómez, J.B., Asta, M.P., Yechieli, Y., 2013. Hydrogeochemical characterization of an evaporite karst area affected by sinkholes (Ebro Valley, NE Spain). *Geologica Acta: An International Earth Science Journal* 11 (4), 389-407. <https://doi.org/10.1344/105.000002052>
- Alberto, F., Gutiérrez, M., Ibáñez, M.J., Machín, J., Meléndez, A., Peña, J.L., Pocoví, A., Rodríguez, J., 1984. *El cuaternario de la Depresión del Ebro en la región aragonesa. Cartografía y síntesis de los conocimientos existentes*. Universidad de Zaragoza y Estación Experimental de Aula Dei, 267 pp + 2 mapas a escala 1:200.000.
- Barrère, P., 1952. Évolution mécanique et nivation sur les versants calcaires de la haute montagne pyrénéenne. *Pirineos* 24, 201-213.
- Barrère, P., 1953. Equilibre glaciaire actuel et quaternaire dans l'ouest des Pyrénées centrales. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud Ouest* 24 (2), 116-134.
- Barrère, P., 1963. La période glaciaire dans l'Ouest des Pyrénées centrales franco-espagnoles. *Bulletin de la Société Géologique de France* 7, 516-525.
- Barrère, P., 1971. *Le relief des Pyrénées Centrales franco-espagnoles*. Institut de Géographie, Université de Bordeaux.
- Bartolomé, M., Sancho, C., Benito, G., Medialdea, A., Calle, M., Moreno, A., Leunda, M., Luetscher, M., Muñoz, A., Bastida, J., Cheng, H., Edwards, R.L., 2021. Effects of glaciation on karst hydrology and sedimentology during the Last Glacial Cycle: The case of Granito cave, Central Pyrenees (Spain). *Catena* 206, 105252.
- Bartolomé, M., Moreno, A., Sancho, C., Cacho, I., Stoll, H., Haghypour, N., Belmonte, Á., Spötl, C., Hellstrom, J., Edwards, R.L., Cheng, H., 2024. Reconstructing hydroclimate changes over the past 2500 years using speleothems from Pyrenean caves (NE Spain). *Climate of the Past* 20, 467-494.
- Beguería, S., 2005. *Erosión y fuentes de sedimento en la cuenca del embalse de Yesa (Pirineo Occidental): Ensayo de una metodología basada en teledetección y análisis SIG*. Instituto Pirenaico de Ecología, 158 pp.
- Constante, A., Peña-Monné, J.L., Muñoz, A., 2020. Alluvial geoarchaeology of an ephemeral stream: implications for Holocene landscape change in the central part of the Ebro Depression, Northeast Spain. *Geoarchaeology: An International Journal* 25 (4), 475-496. <https://doi.org/10.1002/gea.20314>
- Dantín Cerecesa, J., 1941. La laguna salada de Gallocanta (Zaragoza). *Estudios Geográficos* 3, 269-301.
- Floristán Samanes, A., 1953. *El modelado periglaciario*. Departamento de Geografía Aplicada del Instituto Elcano, 27 pp., Zaragoza.
- García-Ruiz, J.M., López-Bermúdez, F., 2009. *La erosión del suelo en España*. Zaragoza, Sociedad Española de Geomorfología, 441 pp.
- García-Ruiz, J.M., 2015. Why Geomorphology is a global science. *Cuadernos de Investigación Geográfica* 41 (1), 87-105. <https://doi.org/10.18172/cig.2652>
- García-Ruiz, J.M., Valero, B., Martí-Bono, C., González-Sampériz, P., 2003. Asynchronicity of maximum glacier advances in the central Spanish Pyrenees. *Journal of Quaternary Science* 18 (1), 61-72. <https://doi.org/10.1002/jqs.715>

- García Ruiz, J.M., Peña Monné, J.L., Martí Bono, C., Gómez Villar, A., Constante Orrios, A., Espinalt Brillas, M., 2011. *El relieve del Alto Aragón Occidental. Cartografía y síntesis geomorfológica*. Zaragoza, Publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, 91 pp. + 5 mapas a escala 1:50.000.
- García-Ruiz, J.M., Martí-Bono, C., Peña-Monné, J.L., Sancho, C., Rhodes, E.J., Valero-Garcés, B., González-Sampérez, P., Moreno, A., 2013. Glacial and fluvial deposits in the Aragón Valley, Central-Western Pyrenees: Chronology of the Pyrenean Late Pleistocene glaciers. *Geografiska Annaler, Series A. Physical Geography* 95, 15-32.
<https://doi.org/10.1111/j.1468-0459.2012.00478.x>
- González-Sampérez, P., Valero-Garcés, B.L., Moreno, A., Jalut, G., García-Ruiz, J.M., Martí-Bono, C., Delgado-Huertas, A., Navas, A., Otto, T., Dedoubat, J.J., 2006. Climate variability in the Spanish Pyrenees during the last 30,000 yr revealed by the El Portalet sequence. *Quaternary Research*, 66: 38-52. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2006.02.004>
- Gracia, F.J., Gutiérrez, F., Gutiérrez, M., 2002. The Jiloca karst polje-tectonic graben (Iberian Range, NE Spain). *Geomorphology* 52, 215-231.
- Guerrero, J., Gutiérrez, F., Lucha, P., 2004. Paleosubsidence and active subsidence due to the evaporite dissolution in the Zaragoza area (Huerva River valley), NE Spain): processes, spatial distribution and protection measures for transport routes. *Engineering Geology* 72 (3), 309-329. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2003.10.002>
- Guerrero, J., Gutiérrez, F., García-Ruiz, J.M., Carbonel, D., Lucha, P., Arnold, L., 2018. Landslide-dam paleolakes in the central Pyrenees, Upper Gállego Valley, NE Spain. Timing and relationships with the deglaciation. *Landslides*. <https://doi.org/10.1007/s10346-018-1018-9>
- Gutiérrez, F., 2004. Origin of the salt valleys in the Canyonlands section of the Colorado Plateau: Evaporite-dissolution collapse versus tectonic subsidence. *Geomorphology* 57 (3), 423-435.
- Gutiérrez, F., Ortuño, M., Lucha, P., Guerrero, J., Acosta, E., Coratza, P., Piacentini, D., Soldati, M., 2008. Late Quaternary episodic displacement on a sackung scarp in the central Spanish Pyrenees. Secondary paleoseismic evidence? *Geodinamica Acta* 21, 187-202. <https://doi.org/10.3166/ga.21.187-202>
- Gutiérrez, F., Deirnik, H., Zarei, M., Medialdea, A., 2023. Geology, geomorphology and geochronology of the coseismic? Emad Deh rock avalanche associated with a growing anticline and a rising salt diapir, Zagros Mountains, Iran. *Geomorphology* 421: 108527. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108527>
- Gutiérrez, M., 2001. *Geomorfología climática*. Barcelona, Omega, 642 pp.
- Gutiérrez, M., 2008. *Geomorfología*. Madrid, Pearson-Prentice Hall, 920 pp.
- Gutiérrez, M., Peña Monné, J.L., 1976. Las acumulaciones periglaciares del Macizo del Tremedal (Sierra de Albarracín). *Boletín Geológico y Minero* 88, 109-113.
- Gutiérrez, M., Peña Monné, J.L., 1979. El karst de Villar del Cobo (Sierra de Albarracín). *Estudios Geológicos* 36, 651-654.
- Gutiérrez, M., Peña Monné, 1981. Los glaciares rocosos y el modelado acompañante en el área de la Bonaigua (Pirineo de Lérida). *Boletín Geológico y Minero* 42 (2), 101-110.
- Gutiérrez, F., Gutiérrez, M., 1998a. Geomorphology of the Tertiary gypsum formations in the Ebro Depression (Spain). *Geoderma* 87, 1-29.
- Gutiérrez, M., Peña, J.L., 1998b. Geomorphology and the Upper Holocene climatic change in northeastern Spain. *Geomorphology* 23, 205-217.

- Gutiérrez, M., Gutiérrez, F., 2014. Block streams in the Tremedal Massif, Central Iberian Chain. En: F. Gutiérrez, M. Gutiérrez (Eds.), *Landscapes and landforms of Spain*. Springer, Doordrecht.
- Gutiérrez, M., Ibáñez, M.J., Peña-Monné, J.L., Rodríguez, J., Soriano, A., 1985. Quelques exemples de karst sur gypse dans la dépression de l'Ebre. *Karstologia* 6, 29-36.
- Gutiérrez, M., Sancho, C., Benito, G., Sirvent, J., Desir, G., 1997. Quantitative study of piping processes in badland areas of the Ebro basin, NE Spain. *Geomorphology* 20, 237-253.
- Gutiérrez, F., Gutiérrez, M., Gracia, F.J., McCalpin, J.P., Lucha, P., Guerrero, J., 2008. Plio-Quaternary extensional seismotectonics and drainage network development in the central sector of the Iberian Range (NE Spain). *Geomorphology* 102, 21-42.
- Ibáñez Marcellán, M.J., 1975. El endorreísmo del sector central de la Depresión del Ebro. *Cuadernos de Investigación: Geografía e Historia* 1 (1), 35-48.
- Ibáñez Marcellán, M.J., 1976a. *El piedemonte ibérico bajo-aragonés. Estudio geomorfológico*. Madrid, Instituto de Geografía Aplicada.
- Ibáñez Marcellán, M.J., 1976b. El endorreísmo aragonés. *Cuadernos de Aragón* 8-9, 29-44.
- Ibáñez Marcellán, M.J., 1977. Tendencias actuales de la Geomorfología. *Didáctica Geográfica* 2, 39-49.
- Ibáñez Marcellán, M.J., 1982. Evolución conceptual en Geomorfología. *Tarraco: Cuadernos de Geografía* 3, 33-46.
- Ibáñez Marcellán, M.J., Mensua Fernández, S., 1975. Alvéolos en la Depresión del Ebro. *Cuadernos de Investigación: Geografía e Historia* 1 (2), 3-14.
- Ibáñez Marcellán, M.J., Yetano Ruiz, L.M., Pellicer Corellano, F., 1983a. Rasgos geomorfológicos del contacto entre la Cordillera Ibérica y la Depresión del Ebro (sector aragonés). *Geographicalia* 18, 3-20.
- Ibáñez Marcellán, M.J., Gutiérrez Elorza, M., Peña Monné, J.L., Meléndez Hevia, A., Machín Gayarre, J., Rodríguez, J., Pocoví Juan, A., Alberto, F., 1983b. El piedemonte pliocuaternario en el sector central pirenaico (Huesca y Lérida). *Geographicalia* 18, 109-126.
- Leunda, M., González-Sampériz, P., Gil-Romera, G., Bartolomé, M., Belmonte-Ribas, A., Gómez-García, D., Kaltenrieder, P., Rubiales, J.M., Schwörer, C., Tinner, W., Morales-Molino, C., Sancho, C., 2019. Ice cave reveals environmental forcing of long-term Pyrenean tree line dynamics. *Journal of Ecology* 107 (2), 814-828.
- Lewis, C.J., McDonald, E.V., Sancho, C., Peña, J.L., Rhodes, E.J., 2009. Climatic implications of correlated Upper Pleistocene glacial and fluvial deposits on the Cinca and Gálego Rivers (NE Spain) based on OSL dating and soil stratigraphy. *Global and Planetary Change* 61, 300-312.
- Llopis Lladó, N., 1947. El relieve del alto valle del Aragón. *Pirineos* 5, 81-166.
- López-Moreno, J.I., García-Ruiz, J.M., 2025. Discrepancies in dating the expansion of European glaciers during the Last Glacial Cycle. *Geomorphology* 471, 109566. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2024.109566>
- López-Moreno, J.I., Ceballos, J.L., Rojas-Heredia, F., Zabalza-Martínez, J., Vidaller, I., Revuelto-Benedí, J., Alonso-González, E., Morán-Tejeda, E., García-Ruiz, J.M., 2020. Topographic control of glacier changes since the end of the Little Ice Age in the Sierra Nevada de Santa Marta mountains, Colombia. *Journal of South American Earth Sciences* 104, 102803. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102803>

- Mensua Fernández, S., 1964. Sobre la génesis de los glaciares del valle del Ebro y su posterior evolución geomorfológica. *Aportación española al XX Congreso Internacional de Geografía*. Zaragoza, Instituto de Geografía Aplicada, pp. 191-195.
- Mensua Fernández, S., 1969. El modelado de La Muela de Zaragoza. En: *Suma de estudios en homenaje al doctor Canellas*. Universidad de Zaragoza, pp. 551-562.
- Mensua Fernández, S., 1971. El mapa de utilización del suelo de Zaragoza. *Geographica* 13 (4), 203-207.
- Mensua Fernández, S., Ibáñez Marcellán, M.J., 1977. *Sector central de la Depresión del Ebro. Mapa de terrazas fluviales y glaciares*. III Reunión Nacional del Grupo de Trabajo del Cuaternario. Departamento de Geografía de la Universidad de Zaragoza, 18 pp.
- Mensua Fernández, S., Van Zuidam, R., Van Zuidam-Cancelado, F., 1981. Consideraciones sobre el sistema de la cartografía geomorfológica del ITC, aplicado a un mapa geomorfológico sedimentario. *Geographicalia* 11-12, 43-54.
- Moreno, A., Pérez-Mejías, C., Bartolomé, M., Sancho, C., Cacho, I., Stoll, H., Delgado-Huertas, A., Hellstrom, J., Edwards, R.L., Cheng, H., 2017. New speleothem data from Molinos and Ejulve caves reveal Holocene hydrological variability in northeast Iberia. *Quaternary Research* 88 (2), 223-233.
- Nadal-Romero, E., Latron, J., Martí-Bono, C., Regüés, D., 2008. Temporal distribution of suspended sediment transport in a humid Mediterranean badland area: The Araguás catchment, Central Pyrenees. *Geomorphology* 97, 601-616.
- Nussbaum, F., 1949. Sur les traces des glaciers quaternaires dans la région de l'Aragón. *Pirineos* 13, 479-515.
- Obermaier, F., 1921. El glacialismo cuaternario en el valle del río Ara y en el Parque Nacional de Ordesa (Pirineos). *Boletín de la Sociedad Ibérica de Ciencias Naturales* 20, 106-110.
- Palacios, D., Hughes, P.D., García-Ruiz, J.M., Andrés, N., 2022. *European glacial landscapes. Maximum extent of glaciations*. Amsterdam, Elsevier, 528 pp.
- Palacios, D., Hughes, P.D., García-Ruiz, J.M., Andrés, N., 2023. *European glacial landscapes. The Last Deglaciation*. Amsterdam, Elsevier, 623 pp.
- Panzer, W., 1926. Talentwicklung und Eiszeitklima im Nordöstlichen Spanien. *Senckenbergische Naturforschenden Gesellschaft* 39, 141-152. Traducido al español con el título "El desarrollo de los valles y el clima de la época cuaternaria en el NE de España". *Estudios Geográficos* 30, 79-130, Madrid, 1948.
- Penck, A., 1883. Die Eiszeit in den Pyrenäen. *Mitt. Ver. Erdk.*, Leipzig. Traducido al francés con el título "La période glaciaire dans les Pyrénées". *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse* 19, 105-200.
- Peña Monné, J.L., 1983. *La Conca de Tremp y sierras prepirenaicas comprendidas entre los ríos Segre y Noguera Ribagorzana: estudio geomorfológico*. Lérida, Instituto de Estudios Ilerdenses, 373 pp.
- Peña Monné, J.L., Sampietro Vattuone, M.M., 2018. Paleoambientes holocenos del valle de Tafi (Noroeste argentino) a partir de registros morfosedimentarios y geoarqueológicos. *Boletín Geológico y Minero* 129 (4), 671-691.
- Peña Monné, J.L., Echeverría, M.T., Jiménez, A., 1991. El sistema de poljes de Guadalaviar-Villar del Cobo-Frías de Albarracín (Provincia de Teruel). *Teruel* 82 (1), 79-100.

- Peña Monné, J.L., Echeverría, M.T., Petit-Maire, N., Lafont, R., 1993. Cronología e interpretación de las acumulaciones holocenas de la Val de las Lenas (Depresión del Ebro, Zaragoza). *Geographicalia* 30, 321-332.
- Peña Monné, J.L., Pellicer Corellano, F., Julián Andrés, A., Chueca Cía, J., Echeverría Arnedo, M.T., Lozano Tena, M.V., Sánchez Fabre, M., 2002. *Mapa geomorfológico de Aragón*. Zaragoza, Publicaciones del Consejo de Protección de la naturaleza de Aragón, 54 pp.
- Peña-Monné, J.L., Rubio-Fernández, V., González-Pérez, J.R., Rodanés, J.M., Picazo, J.V., Medina, J., Vázquez, M.P., Sampietro-Vattuone, M.M., Pérez-Lambán, F., 2014. Geoarchaeology of defensive moats: its importance for site localization, evolution and formation process reconstruction of archaeological sites in NE Spain. *Journal of Archaeological Science* 50, 383-393. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.07.026>
- Peña-Monné, J.L., Sampietro-Vattuone, M.M., Picazo-Millán, J.V., Longares-Alñadrén, L.A., Pérez-Lambán, F., Sancho-Marcén, C., Fanlo, J., 2023. Morphosedimentary and geoarchaeological records during the last 1400 years in the Ebro depression (NE Spain) and their paleo-environmental interpretation. *The Holocene* 33 (4), 400-415.
- Pérez-Sanz, A., González-Sampériz, P., Moreno, A., Valero-Garcés, B., Gil-Romera, G., Riera-devall, M., Tarrats, P., Lasheras-Álvarez, L., Morellón, M., Belmonte, A., Sancho, C., Sevilla-Callejo, M., Navas, A., 2013. Holocene climate variability, vegetation dynamics and fire regime in the central Pyrenees: the Basa de la Mora sequence (NE Spain). *Quaternary Science Reviews* 73, 149-169.
- Roca, E., Escosa, F., Ferrer, O., Gutiérrez Santolalla, F., Silva Barroso, P.G., Elez Villar, J., Granado, P., Gratacós Torrà, Ò., 2021. Structure and kinematics of the Ayora-Cofrentes diapir (Eastern Betics). Role of basement faulting in the salt and suprasalt deformation of the Mesozoic cover. *Geotemas* 18, 112-115.
- Sancho, C., Peña, J.L., Muñoz, A., Benito, G., McDonald, E., Rhodes, E.J., Longares, L.A., 2008. Holocene alluvial morphopedosedimentary record and environmental changes in the Bardenas Reales Natural Park (NE Spain). *Catena* 73 (3), 225-238.
- Sancho, C., Arenas, C., Pardo, G., Peña-Monné, J.L., Rhodes, E.J., Bartolomé, M., García-Ruiz, J.M., Martí-Bono, C., 2018. Glaciolacustrine deposits formed in an ice-dammed tributary valley in South-central Pyrenees: new evidence for Late Pleistocene climate evolution. *Sedimentary Geology*, 366: 47-66. <https://doi.org/sedgeo.2018.01.008>
- Vidaller, I., Revuelto, J., Izagirre, E., Rojas-Heredia, F., Alonso-González, E., Gascoïn, S., René, P., Rico, I., Moreno, A., Serrano, E., Serreta, A., López-Moreno, J.I., 2021. Toward an ice-free mountain range: demise of Pyrenean glaciers during 2011-2020. *Geophysical Research Letters* 48: e2021GL094339.
- Vidaller, I., Moreno, A., González-Sampériz, P., Pla-Rabés, S., Medialdea, A., del Val, M., López-Moreno, J.I., Valero-Garcés, B., 2024. The last deglaciation in the central Pyrenees: The 47 Pllan d'Están paleolake record (Ésera valley). *Catena* 241, 108059.

