

# CARTOGRAFÍA DETALLADA DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS EN EL PARQUE NACIONAL DE LA SIERRA DE GUADARRAMA

ROBERTO GARCÍA ESTEBAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Geografía, Universidad Nacional de Educación a Distancia, PS/ Senda del Rey, 7 28040 - Madrid*

Autor de correspondencia: [rogaeste@gmail.com](mailto:rogaeste@gmail.com)

**Resumen.** En un área montañosa, el relieve y la componente geomorfológica son una de las más importantes en la configuración del paisaje natural. Esta comunicación muestra los resultados obtenidos en el análisis del relieve, la topografía y las características geomorfológicas en un estudio sobre los paisajes naturales realizado en el sector central de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central Español). En este trabajo se combinaron métodos directos e indirectos para el análisis del relieve y de las formas. De esta manera, se complementó el análisis geomorfológico convencional y los trabajos de campo, con la aplicación de métodos morfométricos indirectos para el estudio detallado de las formas del terreno a partir del análisis topográfico. Los mapas morfométricos obtenidos se superponen a los mapas derivados del MDE, mapas geológicos y mapa de elementos geomorfológicos utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG). Los resultados obtenidos fueron verificados con varios trabajos de campo lo que permitió un estudio aún más preciso en la delimitación de unidades geomorfológicas a escala de detalle. El resultado final fue la obtención de un mapa de unidades geomorfológicas detalladas que fueron de gran utilidad para la delimitación de unidades de paisaje natural de ese sector montañoso perteneciente al Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama.

**Palabras clave:** geomorfología, unidad geomorfológica, morfometría, cartografía, paisaje, Sierra de Guadarrama.

## DETAILED GEOMORPHOLOGICAL UNITS MAPPING IN THE SIERRA DE GUADARRAMA NATIONAL PARK

**Abstract.** In a mountainous area, the relief and geomorphological component are some of the most important in the configuration of the natural landscape. This presentation shows the results obtained in the analysis of relief, topography, and geomorphological features in a natural landscape study carried out in the central sector of the Sierra de Guadarrama (Spanish Central System). This work combined direct and indirect methods for the analysis of relief and landforms. In this way, conventional geomorphological analysis and field work were complemented with the application of indirect morphometric methods for the detailed study of landforms based on topographic analysis. The morphometric maps obtained are superimposed on DEM-derived maps, geological maps and geomorphological features map using Geographic Information Systems (GIS). The results obtained were verified with several field works which allowed an even more precise study in the delimitation of geomorphological units at a detailed scale. The result was a map of detailed geomorphological units that were very useful for the delimitation of natural landscape units in this mountainous sector belonging to the Sierra de Guadarrama National Park.

**Keywords:** geomorphology, geomorphological unit, morphometry, mapping, landscape, Sierra de Guadarrama.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el estudio integral de los paisajes naturales de una zona montañosa, el relieve y los procesos geomorfológicos adquieren especial importancia. El relieve es la estructura o esqueleto de todo paisaje montañoso natural. En este sentido, dependiendo de la escala del estudio, otros componentes como la vegetación, los elementos geomorfológicos o la fisiografía suelen ser la base para la configuración del paisaje.

Para estudiar el paisaje se requiere el examen de cada uno de estos componentes tanto en conjunto como por separado (Bolós, 1992; Antrop, 2000; Bertrand *et al.*, 2006; Martínez de Pisón, 2009, 2010, 2014). Para ello, se han utilizado tradicionalmente metodologías directas o indirectas, o combinaciones de ambas (Loures *et al.*, 2015; Mayoh y Onwuegbuzie, 2015).

Los avances en tecnologías de información geográfica en las últimas décadas han hecho posibles estudios más precisos y, a veces, han revelado información que antes era difícil de acceder, entre muchos otros aspectos. Los métodos indirectos han aumentado desde el avance de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) a principios del siglo XXI (Perk *et al.*, 2007; Veronesi y Hurni, 2015), y se establecieron una serie de factores de estudio y se evaluó su impacto en el paisaje (Martínez-Graña *et al.*, 2017). Por estas razones, un estudio integral del paisaje requiere equipos multidisciplinares capaces de analizar cada uno de estos componentes por separado, pero sin perder la imagen general. En este sentido, los geógrafos están bien situados para proporcionar una visión global (Martínez de Pisón, 2009).

Las montañas de la Sierra de Guadarrama han atraído la atención de muchos investigadores y se ha realizado una gran cantidad de trabajo e investigación sobre los componentes fundamentales que conforman el paisaje natural de las montañas en el área de estudio, como su relieve, la cobertura vegetal, su geomorfología e incluso la evolución morfotectónica de toda la cadena montañosa a la que pertenece (Bullón, 1988; Sanz, 1988). Sin embargo, en general, son escasos los estudios centrados en el paisaje y en la delimitación de unidades paisajísticas.

Los principios que subyacen a la metodología aplicada y expuesta en esta comunicación pertenecen al conjunto de metodologías que se emplearon y desarrollaron para el estudio de los paisajes naturales de la Sierra de Guadarrama (García-Esteban, 2017, 2021, 2022). Esta metodología general se ha aplicado en otros estudios en algunas regiones de España (Martínez de Pisón *et al.*, 2001, 2008; García-Esteban, 2017, 2019) y se basa en la disociación de cada uno de los principales componentes del medio físico (vegetación, fisiografía, geomorfología, etc.) para su análisis separado y posterior asociación. A partir de la interacción, combinación y análisis integrado de cada uno de los componentes, se obtienen unidades paisajísticas (Martínez de Pisón *et al.*, 2001; Bertrand *et al.*, 2006).

En este sentido, la metodología propuesta en este trabajo corresponde, concretamente, a la metodología aplicada en el proyecto global para el estudio de las características geomorfológicas del paisaje natural de esta zona montañosa. En el análisis morfométrico de la topografía, el relieve y los procesos geomorfológicos, se aplicaron métodos cuantitativos indirectos como complemento.

Teniendo en cuenta la topografía y el relieve de la zona de estudio y partiendo de los mapas geomorfológicos existentes del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), el objetivo del presente trabajo es la presentación de un nuevo mapa detallado de unidades geomorfológicas.

Este trabajo presenta tanto el procedimiento del análisis de la topografía y el relieve a una escala específica, local o grande, como los resultados del análisis morfométrico cuantitativo de las principales características del relieve del sector central de la Sierra de Guadarrama.

Toda esta información es esencial para entender las características geomorfológicas de los paisajes naturales de esta zona montañosa, que fue declarada Parque Nacional en 2013 debido, en gran medida, a sus altos valores naturales.

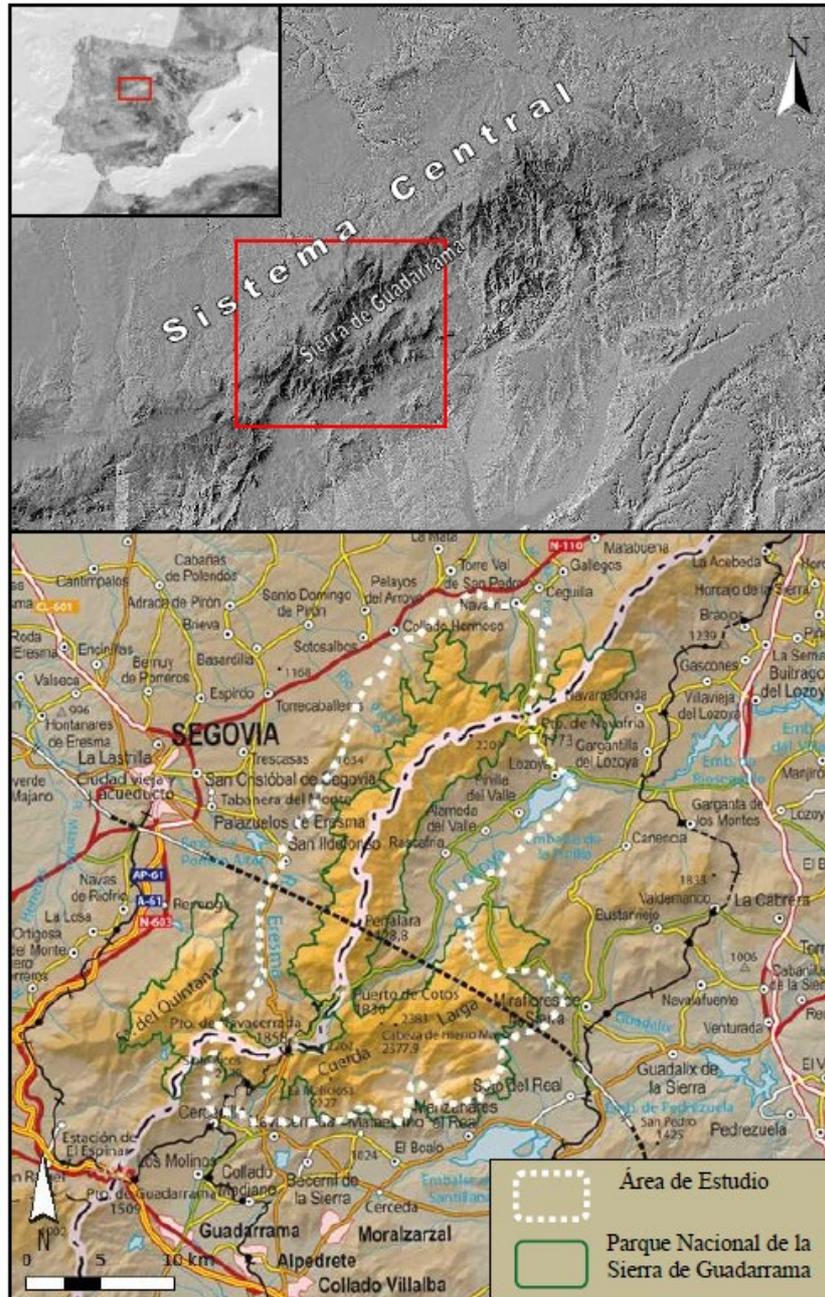
## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Área de estudio y fuentes de datos

La zona de estudio está ubicada en la Sierra de Guadarrama, en el Sistema Central Español, entre 3° 46' 24.82" y 4° 04' 39.07" de longitud oeste y 40° 43' 34.32" y 41° 03' 42.96" de latitud norte. Este es el sector central de la Sierra y es aquí donde se alcanza la mayor altitud de toda la cordillera de Guadarrama en el pico de Peñalara, a 2.428 metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.).

El área de estudio está formada por dos grandes cadenas montañosas, la Cuerda Larga y la mitad sur de los Montes Carpetanos, separadas por puertos naturales. Un valle intramontañoso cerrado se forma entre estas dos cadenas montañosas, el Alto Valle del Lozoya. El área de estudio se extiende hacia el oeste con la pequeña alineación de Siete Picos. Dentro de esta región se ha definido un área de 51.728 hectáreas, que constituye la zona de estudio mostrada en la Figura 1.

Figura 1. Localización del área de estudio.



Existe una amplia bibliografía sobre el relieve de Guadarrama y los procesos de geomorfología, así como otros componentes del medio físico. Entre los trabajos más relevantes sobre este sector de la montaña Guadarrama relacionados con los propósitos de este estudio se encuentran: Centeno *et al.*, 1983; Bullón, 1988; Sanz, 1988; Capote *et al.*, 1989; Martín-Serrano, 1994; Pedraza, 1994; Carrasco *et al.*, 1996; Pedraza *et al.*, 2004; Vegas, 2006; De Vicente, 2009; Palacios *et al.*, 2012.

Para el análisis del relieve se utilizó el Mapa Topográfico Nacional y el Modelo Digital de Elevaciones del Centro Nacional de Información Geográfica de España. Se utilizaron las escalas 1:50.000 y 1:25.000,

así como el sistema de referencia geográfica ETRS89, proyección UTM y una resolución de 5 metros. MTN25 y MTN50 se utilizaron para derivar mapas de pendientes, altimetría y sombreado de ladera, así como para el análisis y recopilación de valores principales en los mapas de morfometría del relieve.

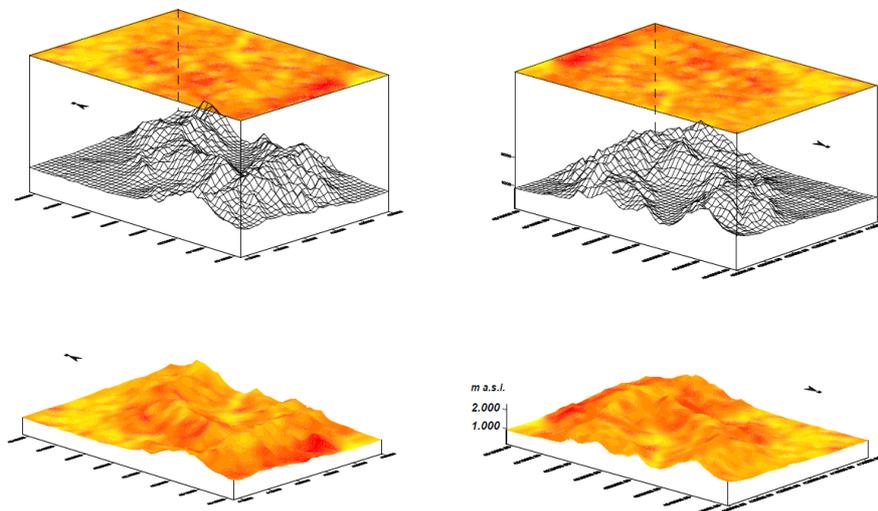
De la misma manera, esta investigación se basa en el estudio de los mapas temáticos existentes de los aspectos naturales más significativos del paisaje, como los mapas geológicos del IGME (Hojas 457, 458, 483, 484, 508 y 509 de la Serie MAGNA a escala 1:50.000) y las fotografías aéreas publicadas por el Ministerio de Política Territorial de la Comunidad Autónoma de Madrid.

## 2.2. Morfometría y mapas básicos del relieve

El área de estudio fue definida siguiendo la línea de contorno que marca la ruptura en la pendiente al pie de las elevaciones (aproximadamente 1200-1300 m s.n.m). Solo las áreas más bajas correspondientes a la fosa tectónica del Lozoya, en el alto valle, permanecen como zonas más planas. Los primeros mapas creados son los más básicos y derivados, como el mapa hipsométrico, la pendiente o el sombreado, que en la actualidad se obtienen fácilmente con las herramientas automatizadas que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica (SIG) a partir del modelo digital de elevación (DEM) del área de estudio. En este trabajo, se utilizó ArcGIS (ESRI). Basándose en el DEM y utilizando una serie de herramientas ya creadas (Herramientas de pendiente y sombreado en herramientas de análisis espacial> menú superficie) de manera simple y automática, es posible obtener todos los mapas básicos derivados del relieve.

Este trabajo aplica metodologías morfométricas cuantitativas indirectas utilizando el DEM e información topográfica como metodología complementaria al análisis geomorfológico. Los métodos morfométricos utilizados se basan en los trabajos de Simonov (1985) y Lugo Hubp, (1988). Esta metodología se basa en la división del espacio en cuadrículas con coordenadas UTM de 1 km<sup>2</sup>, permitiendo trabajar a escala 1:25.000 y 1:50.000 para obtener buenos datos de superficie (Lugo Hubp, 1988). Las tres variables utilizadas fueron en este caso la densidad de disección (Figura 2), profundidad de disección (Figura 3) y la energía del relieve (Figura 4).

Figura 2. Bloques diagrama de Densidad de la Disección del área de estudio



El procedimiento para su obtención puede consultarse en García-Esteban, (2017 y 2021). Esencialmente, una vez obtenidos los valores para cada cuadrícula de 1 km<sup>2</sup>, se produce una matriz de datos para cada una de estas variables. Estas matrices o tablas se introducen en archivos x, y, z de cualquier formato válido para el programa con el que se van a procesar, donde el valor de z corresponde al valor de cada una de las variables estudiadas. En este caso, se utilizaron hojas de Excel para poder procesar los datos en diferentes softwares. El procedimiento continúa con la interpolación de datos para crear cada una de las variables. En este caso, los datos se interpolan utilizando el método de kriging

(Ordinario), un procedimiento geoestadístico avanzado que genera una superficie estimada a partir de un conjunto disperso de puntos con valores  $z$  (Calaña-Azcuy y Belete-Fuentes, 2014; ESRI, 2020).

Después de su interpolación, se generaron los respectivos mapas con las diferentes variables morfométricas que se utilizaron para el análisis e interpretación del estudio geomorfológico y del relieve de los paisajes naturales de esta área montañosa.

El método de análisis de estos tres mapas de variables morfométricas se basa fundamentalmente en la superposición y combinación de cada uno de ellos con otras capas como la litología, la pendiente o los elementos geomorfológicos, utilizando SIG.

Figura 3. Bloques diagrama de Profundidad de la Disección del área de estudio

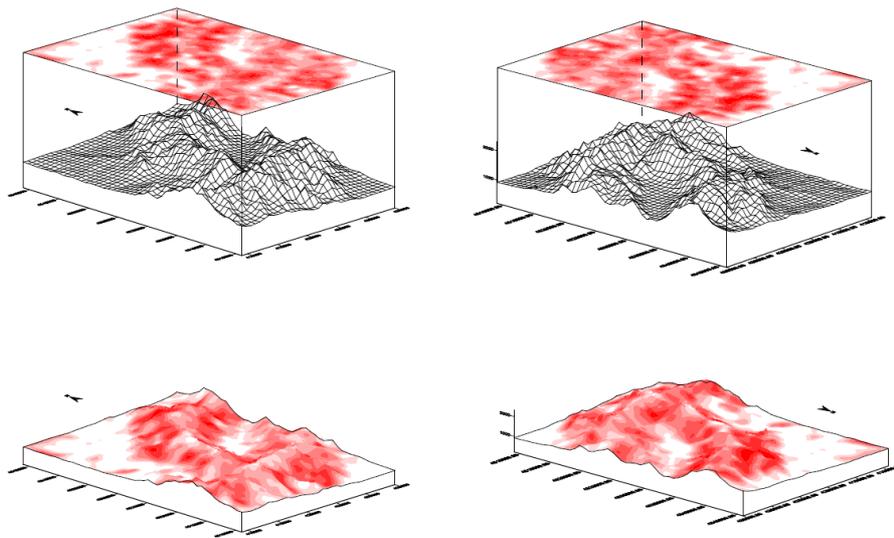
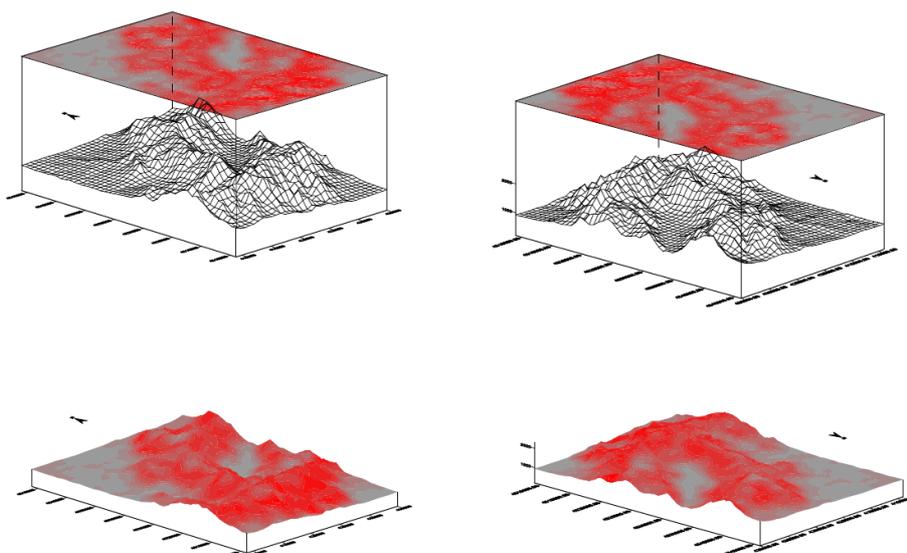


Figura 4. Bloques diagrama de Energía del Relieve del área de estudio



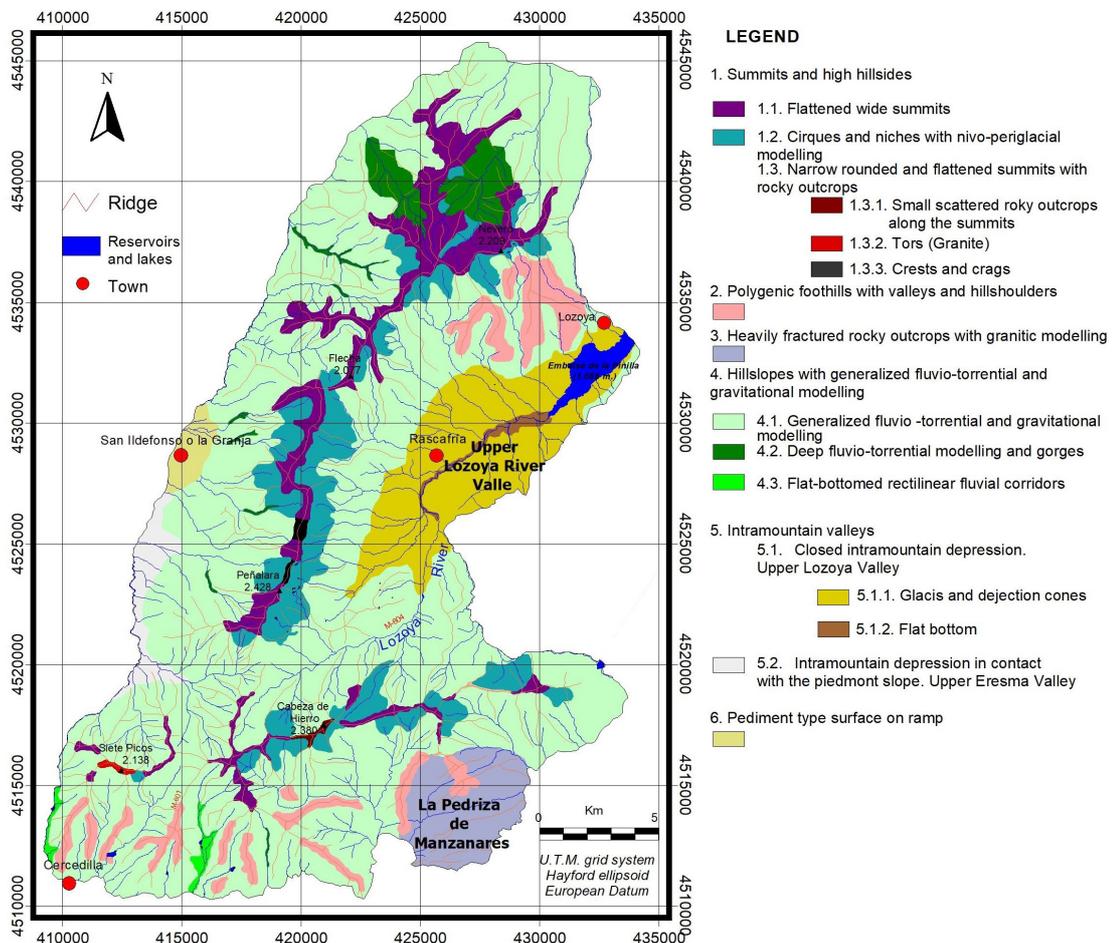
### 2.3. Cartografía detallada de las unidades geomorfológicas

La metodología para la cartografía de las unidades geomorfológicas se basa en el análisis de los procesos geomorfológicos y las formas de relieve, para la identificación y delimitación de áreas homogéneas, tanto en términos de elementos geomorfológicos como de modelado dominante (Demek *et al.*, 1972; Peña Monné, 1997; Bertrand *et al.*, 2006; Knight *et al.*, 2011; Verstappen, 2011). Las unidades geomorfológicas se obtuvieron fundamentalmente a partir del análisis morfométrico del relieve y especialmente del análisis de la superposición y combinación de cada una de las variables obtenidas con otras capas de información como la litología, derivada de mapas de DEM y elementos geomorfológicos (Bardají *et al.*, 1990; Pedraza *et al.*, 1990; Bardají *et al.*, 1991; Fernández *et al.*, 1991; Pedraza *et al.*, 1991 y Sanz *et al.*, 1991) utilizando GIS. Al superponer todas estas capas de geoinformación con el componente geológico y los elementos geomorfológicos, y analizarlo detalladamente, se pueden definir áreas de características geomorfológicas similares y, de esta manera, se pueden cartografiar las unidades geomorfológicas (García-Esteban, 2022). Los métodos indirectos para el análisis del relieve, la topografía y los elementos morfológicos se complementaron con métodos directos, con varios trabajos de campo que permitieron un estudio más detallado del paisaje geomorfológico (Loures *et al.*, 2015). El trabajo de campo laborioso y continuo fue tan importante como necesario y fundamental como parte de los métodos directos en el análisis detallado de las formas de relieve. Estos trabajos se basaron principalmente en la realización de levantamientos topográficos, caminatas de reconocimiento, muestreo y fotografía.

### 3. RESULTADOS

Como resultado de este estudio, se obtuvieron y cartografiaron las siguientes unidades geomorfológicas detalladas del área de estudio (Figura 5).

Figura 5. Mapa Detallado de Unidades Geomorfológicas



#### 4. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

Este trabajo logró dos objetivos fundamentales. En primer lugar, explorar las posibilidades de este tipo de metodología morfométrica que están bien establecidas y utilizadas para el estudio del relieve y los procesos geomorfológicos. En segundo lugar, en un contexto nacional, la difusión y contribución de mapas inéditos centrados en ciertas características del relieve y los procesos geomorfológicos de las montañas de Guadarrama y su configuración como unidades geomorfológicas en el paisaje.

La experimentación con el trabajo en diferentes escalas en relación con la obtención, creación y procesamiento de datos sobre estas variables morfológicas del relieve reveló la aplicabilidad de este tipo de metodología para investigaciones futuras. Estos resultados son muy útiles en la delimitación de unidades geomorfológicas detalladas en la zona de estudio y son también relevantes en la clasificación de diferentes tipos de cumbres.

El patrimonio geomorfológico es una parte inseparable del patrimonio natural y está compuesto por elementos geomorfológicos particularmente únicos, principalmente debido a su interés científico y/o educativo. La metodología utilizada en este trabajo es útil para cartografiar e inventariar los elementos geomorfológicos que pueden ser especialmente útil para la gestión y el seguimiento del patrimonio natural de las áreas naturales protegidas; en este caso, el parque nacional.

Esta última observación está respaldada por el hecho de que a veces se pueden detectar grandes cambios en el sistema natural a través de micro-cambios y las interrelaciones entre sus agentes y procesos. Creemos firmemente que sería interesante realizar una investigación a fondo sobre cómo un estudio holístico detallado del paisaje y la interacción entre cada uno de sus componentes podría resultar en la detección temprana de cambios que de otra manera podrían pasar desapercibidos a escala espacial regional o en estudios temáticos específicos.

Por otro lado, pero también relacionado con la escala de trabajo, se deben destacar los resultados obtenidos para las áreas de cumbres y laderas altas y su papel e importancia en la configuración de los paisajes físico-geográficos de la zona de estudio. Esta investigación demostró que estos perfiles de cumbres suaves y colinas culminan de manera más estrecha y abrupta con más frecuencia de lo que se pensaba anteriormente. A través de esta investigación, fue posible definir el área de las cumbres y las laderas altas como una unidad geomorfológica a una escala detallada y también establecer una diferenciación y tipología de las cumbres delimitadas y cartografiadas como unidades detalladas. Se determinaron y ubicaron hasta cinco tipologías de cumbres, todas ellas revelando un control litológico y estructural marcado sobre la forma del terreno. Esto se complementa con el valor añadido que representa la singularidad representada por la modelación glaciar de las laderas altas en la Sierra en su conjunto; su ubicación, la distribución de sus elementos característicos o sus propiedades morfométricas, que en muchos casos incluso nos han permitido diferenciar unidades del paisaje.

Finalmente, se puede concluir que la aplicación de estos métodos indirectos como el análisis cuantitativo morfométrico y su superposición con otras variables cualitativas, como la composición geológica, junto con el trabajo de campo, fueron esenciales en el estudio, análisis y evaluación de las bases geomorfológicas del paisaje natural. En un contexto regional, las metodologías aplicadas en este estudio han facilitado y permitido el análisis detallado del relieve y los elementos geomorfológicos, tanto de los sectores más conocidos del Parque Nacional, sobre los cuales se han llevado a cabo numerosos estudios (ciertos sectores de los Montes Carpetanos y la Cuerda Larga), así como de otros escasamente investigados, lo que constituye otra de sus contribuciones.

#### REFERENCIAS

- Antrop, M. (2000). Background Concepts for Integrated Landscape Analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 77 (1-2), 17–28.
- Bardají, T., De Dios Centeno, J., Sanz, M. A. (1991). *Mapa Geomorfológico, Hoja de Turégano (457)*. Mapa Geológico de España escala 1:50.000, 2º Serie (MAGNA). IGME. Serv. Pub. Mº Industria. Madrid.
- Bardají, T., De Dios Centeno, J., Fernández, P., Pedraza, J. (1990). *Mapa Geomorfológico, Hoja de Cercedilla (508)*. Mapa Geológico de España escala 1:50.000, 2º Serie (MAGNA). IGME. Serv. Pub. Mº Industria. Madrid.

- Bertrand, G., Bertrand, C., Rodríguez Martínez, F. (2006). *Geografía del medio ambiente. El sistema GTP: geosistema, territorio y paisaje*. Servicio de publicaciones de la Universidad de Granada, Granada, 403 pp.
- Bolós, M. de (1992). *Manual de Ciencia del Paisaje. Teoría, Métodos y Aplicaciones*. Masson, Barcelona, 273 p.
- Bullón, T. (1988). *El Guadarrama occidental: trama geomorfológica de un paisaje montañoso*. Consejería de Política Territorial, Madrid, 283 pp.
- Calaña-Azcuy, A.L., Belete-Fuentes, O. (2014). Análisis de la precisión de los interpoladores del Surfer en la modelación de relieves con pendientes abruptas. *Minería y Geología*, 30 (4), 89–103.
- Capote Villar, R., De Vicente, G., González Casado, J.M. (1989). Evolución de las deformaciones alpinas en el Sistema Central Español (S.C.E.). *Geogaceta*, 7, 20–22.
- Carrasco, R.M., Díez Herrero, A., Pedraza Gilsanz, J. de. (1996). Morfoestructura y modelado en el Sistema Central español. En M. Segura Redondo, I. Bustamante Gutiérrez, T. Bardaji Azcárate(Eds.) *Itinerarios geológicos desde Alcalá de Henares*, Universidad de Alcalá, 55–80.
- Centeno, J. C., Pedraza, J., Ortega, L.I. (1983). Estudio Geomorfológico Del Relieve de La Sierra de Guadarrama y Nuevas Aportaciones Sobre Su Morfología Glaciar. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección geológica*, 81 (3-4), 153–171.
- Centro Nacional de Información Geográfica. Centro de Descargas del CNIG (IGN) Available online: <http://centrodedescargas.cnig.es> (accessed on 27 December 2020).
- De Vicente, G. (2009). Guía ilustrada de los cabalgamientos alpinos en el Sistema Central. *REDUCA Geología*, 1 (1), 1-151.
- Demek, J., Embleton, C., Gellert, J.F., Verstappen, H.T. (1972) (Eds.). *Manual of Detailed Geomorphological Mapping*. International Geographical Union. Commission on Geomorphological Survey and Mapping. Academia, Prague, 344 pp.
- ESRI (2020). *How Kriging Works Help. ArcGIS for Desktop*. Recuperado de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-kriging-works.htm>
- Council of Europe, Florence 2000. *European Landscape Convention* Available online: <https://rm.coe.int/1680080621>
- Fernández, P., De Dios Centeno, J., Bardají, T., Sanz, M. A., (1991). *Mapa Geomorfológico, Hoja de Buitrago del Lozoya (484)*. Mapa Geológico de España escala 1:50.000, 2º Serie (MAGNA). IGME. Serv. Pub. Mº Industria. Madrid.
- García-Esteban, R. (2017). *Las unidades de paisaje natural del sector central de la Sierra de Guadarrama y Parque Nacional*. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, 748 pp.
- García-Esteban, R. (2019). Bases Geomorfológicas y Biogeográficas en el Análisis y Configuración de los Paisajes Naturales de la Vertiente Septentrional del Macizo de Nevero, (Sierra de Guadarrama, España). *Mundo Investigación*, 1, 21–42.
- García-Esteban, R. (2021). El uso de métodos morfométricos cuantitativos indirectos en el estudio de las bases geomorfológicas de los paisajes naturales en ámbitos montañosos. Caso de estudio en la sierra de Guadarrama. Geografía, cambio global y sostenibilidad. *Comunicaciones del XXVII Congreso de la Asociación Española de Geografía*. La Laguna.
- García-Esteban, R (2022). Summit Typology and Detailed Geomorphological Landscape Units Mapping Using DEM, GIS and Indirect Morphometric Methods. A Case Study in the Sierra de Guadarrama National Park, Spain. *Cuaternario y Geomorfología*, 36 (1-2) 129-157.
- Knight, J., Mitchell, W.A., Rose, J. (2011). Geomorphological Field Mapping. En M.J. Smith, P. Paron, J.S. Griffiths (Eds.), *Developments in Earth Surface Processes* (Chapter Six), Geomorphological Mapping, 15, 151–187.
- Loures, L., Loures, A., Nunes, J., Panagopoulos, T. (2015). Landscape Valuation of Environmental Amenities throughout the Application of Direct and Indirect Methods. *Sustainability*, 7 (1), 794–810. <https://dx.doi.org/10.3390/su7010794>
- Lugo Hubp, J.I. (1988). *Elementos de geomorfología aplicada*. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., 132 pp.
- Martín-Serrano, A. (1994). El relieve del Macizo Hespérico: génesis y cronología de los principales elementos morfológicos. The relief of the Hesperic Massif: genesis and chronology of the main morphological elements. *Cadernos do Laboratorio Xeológico de Laxe*, 19, 37-55.
- Martínez de Pisón, E. (2009). Los paisajes de los geógrafos. *Geographicalia*, 55, 5–25.

- Martínez de Pisón, E. (2010). Saber ver el paisaje. *Estudios Geográficos*, 71 (269), 395–414. <https://dx.doi.org/10.3989/estgeogr.201013>
- Martínez de Pisón, E. (2014). Teorías del paisaje. En *Geoecología, cambio ambiental y paisaje: homenaje al profesor José María García Ruiz*. Instituto Pirenaico de Ecología, 415–426.
- Martínez de Pisón, E., Arozena, M.E., Serrano, E. (2001). *Las Unidades de Paisajes Naturales de La Reserva de La Biosfera Ordesa-Viñamala: Estudio Geográfico*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Sevilla, 366 pp.
- Martínez de Pisón, E., Concepción, M.E.A., Yanes, E.B., Ruiz, C.R. (2008). El paisaje como criterio de valoración territorial: el Parque Nacional del Teide (Tenerife, Islas Canarias). *Revista de Estudios de Turismo de Canarias y Macaronesia*, 0, 155–178.
- Martínez-Graña, A.M., Silva, P.G., Goy, J.L., Elez, J., Valdés, V., Zazo, C. (2017). Geomorphology Applied to Landscape Analysis for Planning and Management of Natural Spaces. Case Study: Las Batuecas-S. de Francia and Quilamas Natural Parks, (Salamanca, Spain). *Science of the Total Environment*, (584–585), 175–188. <https://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.155>
- Mayoh, J., Onwuegbuzie, A.J. (2015). Toward a Conceptualization of Mixed Methods Phenomenological Research. *Journal of Mixed Methods Research*, 9 (1), 91–107. <https://dx.doi.org/10.1177/1558689813505358>
- Palacios, D., Andrés de Pablo, N., De Marcos García, F.J., Vázquez-Selem, L. (2012). Glacial Landforms and Their Paleoclimatic Significance in Sierra de Guadarrama, Central Iberian Peninsula. *Geomorphology*, (139–140), 67–78. <https://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.10.003>
- Pedraza, J., Villasante, R., De Dios Centeno, J., Fernández, P. (1990). *Mapa Geomorfológico, Hoja de Cercedilla (508)*. Mapa Geológico de España escala 1:50.000, 2º Serie (MAGNA). IGME. Serv. Pub. Mº Industria. Madrid.
- Pedraza, J., Bardají, T., De Dios Centeno, J., Fernández, P. (1991). *Mapa Geomorfológico, Hoja de Segovia (483)*. Mapa Geológico de España escala 1:50.000, 2º Serie (MAGNA). IGME. Serv. Pub. Mº Industria. Madrid.
- Pedraza, J. de (1994). Los modelos genético-evolutivos del Sistema Central Español: Implicaciones Morfotectónicas. *Cadernos do Laboratorio Xeológico de Laxe*, 19, 91–118.
- Pedraza, J. de, Carrasco González, R.M., Martín Duque, J.F., Sanz Santos, M.Á. (2004). El Macizo de Peñalara (Sistema Central Español). Morfoestructura y modelado. *Boletín Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geológica*, 99 (1-4), 185–196.
- Peña Monné, J.L. (Ed.) (1997). *Cartografía geomorfológica básica y aplicada*. Geoforma Ediciones, Logroño, 227 pp.
- Perk, M. van der, Jong, S.M. de, McDonnell, R.A. (2007). Advances in the Spatio-temporal Modelling of Environment and Landscapes (in honour of Professor Peter A. Burrough). *International Journal of Geographical Information Science*, 21 (5), 477–481. <https://dx.doi.org/10.1080/13658810601063894>
- Sanz, C. (1988). *El relieve del Guadarrama oriental*. Consejería de Política Territorial, Madrid, 548 pp.
- Sanz, M. A., De Dios Centeno, J., Fernández, P., Bardají, T. (1991). *Mapa Geomorfológico, Hoja de Prádena (458)*. Mapa Geológico de España escala 1:50.000, 2º Serie (MAGNA). IGME. Serv. Pub. Mº Industria. Madrid.
- Simonov, Y. (1985). *Análisis morfométrico* (en ruso). Lomonosov. State University of Moscow, Moscow.
- Vegas, R. (2006). Modelo tectónico de formación de los relieves montañosos y las cuencas de sedimentación terciarias del interior de la Península Ibérica. *Boletín Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geológica*, 101 (1-4), 31–40.
- Veronesi, F., Hurni, L. (2015). A GIS Tool to Increase the Visual Quality of Relief Shading by Automatically Changing the Light Direction. *Computers and Geosciences*, 74, 121–127. <https://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2014.10.015>
- Verstappen, H.T. (2011). Old and New Trends in Geomorphological and Landform Mapping. In: M.J. Smith, P. Paron J.S. Griffiths, (Eds.), *Developments in Earth Surface Processes. Geomorphological Mapping*, 15, 13–38. <https://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-53446-0.00002-1>