

XI JORNADAS DE REDES DE INVESTIGACIÓN EN DOCENCIA UNIVERSITARIA

Retos de futuro en la enseñanza superior:
Docencia e investigación para alcanzar la excelencia académica



ISBN: 978-84-695-8104-9

XI JORNADES DE XARXES D'INVESTIGACIÓ EN DOCÈNCIA UNIVERSITÀRIA

Reptes de futur en l'ensenyament superior:
Docència i investigació per a aconseguir l'excel·lència acadèmica

Coordinadores

María Teresa Tortosa Ybáñez

José Daniel Álvarez Teruel

Neus Pellín Buades

© **Del texto: los autores**

© **De esta edición:**

Universidad de Alicante

Vicerrectorado de Estudios, Formación y Calidad

Instituto de Ciencias de la Educación (ICE)

ISBN: 978-84-695-8104-9

Revisión y maquetación: Neus Pellín Buades

Herramientas docentes para la elaboración de cartografía geomorfológica digital

Benito Zaragozaí Zaragozaí¹; Pablo Giménez Font²; Juan Antonio Marco Molina²

1.- Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física

2.- Instituto Interuniversitario de Geografía

Universidad de Alicante

RESUMEN

Los mapas geomorfológicos -dedicados a representar las formas del relieve y del modelado- pertenecen a un tipo de cartografía temática que emplea una semiología compleja y diversa, que todavía no se ha desarrollado suficientemente en los Sistema de Información Geográfica (SIG) de carácter libre y abierto que se emplean, de forma creciente, para la docencia. De hecho, en muchas ocasiones se recomienda que el acabado final de los mapas geomorfológicos se lleve a cabo en programas orientados al diseño gráfico, aspecto que dificulta el proceso de enseñanza-aprendizaje. La presente aportación indaga en el uso de estándares apropiados para la codificación de símbolos cartográficos con el fin de facilitar al alumno la elaboración de cartografía geomorfológica, evitando los inconvenientes relacionados con el paso de información desde un software de análisis a otro de diseño. El resultado final pretende desarrollar una simbología básica de fácil manejo para la enseñanza de cartografía geomorfológica que se inserta en numerosas asignaturas de carácter instrumental.

Palabras clave: cartografía; geomorfología; simbología; herramientas docentes.

1. INTRODUCCIÓN

Los contenidos sobre geomorfología y cartografía geomorfológica están presentes en asignaturas básicas, obligatorias y optativas de todos los cursos del Grado de Geografía y Ordenación del Territorio de la Universidad de Alicante. Al mismo tiempo, estos contenidos también son tratados de manera transversal en asignaturas cuya materia es, en general, la cartografía. De esta forma, la posibilidad de elaborar herramientas docentes que faciliten el proceso de enseñanza-aprendizaje en estos contenidos adquiere gran importancia en el Grado. No obstante, la dificultad intrínseca de la cartografía geomorfológica plantea interesantes retos para la enseñanza, tal y como vamos a mostrar en la siguiente aportación.

En primer lugar es necesario contextualizar correctamente la cuestión, ya que normalmente se habla de mapas geomorfológicos, cuando en realidad, se hace referencia a una cartografía temática dentro del contexto conceptual de la geomorfología. Por esta razón, es preferible optar por la denominación de Cartografía Geomorfológica, dentro de la cual, uno de sus resultados serían los Mapas Geomorfológicos. Su elaboración ha estado condicionada, entre otras cuestiones, por la existencia de varias escuelas o tendencias con planteamientos metodológicos diferentes y, por tanto, con sistemas de representación o leyenda también distintos. De hecho, Peña (1997: 85) indica que se podría definir como *una serie de elementos ordenados en una leyenda establecida previamente, siguiendo unos criterios metodológicos, y que son aplicados a la elaboración de un mapa geomorfológico*.

Una dificultad inherente a este tipo de mapas deriva de no contar con un sistema de representación completamente consensuado, sino que, a partir de diferentes propuestas, teniendo en cuenta la escala del mapa, carácter corológico, su función y objetivos, así como las posibilidades técnicas de cada momento, es habitual encontrar múltiples propuestas de leyenda aunque con un substrato semiológico más o menos común basado en los sistemas más utilizados tanto en la investigación como en la docencia. En el contexto de la Península Ibérica, los sistemas más utilizados en estos dos planos han sido los llamados “método francés” (Tricart, 1972) y “sistema ITC holandés” (Verstappen y Van Zuidam, 1991).

En gran medida, las dificultades apuntadas y la complejidad de los mapas geomorfológicos es comprensible si se tiene en cuenta que se suelen catalogar como cartografía geomorfológica sintética, ya que, en ellos, se sintetiza un enorme caudal de información (topográfica, hidrológica, geológica, morfoestructural, litológica,

morfométrica, morfográfica, morfogenética, morfocronológica y morfodinámica) susceptible de ser tratada de manera analítica en cartografías específicas, aunque dentro del ámbito conceptual geomorfológico. De estas cuestiones derivan inconvenientes muy conocidos de la cartografía geomorfológica, ya que, por un lado, tal cantidad de información implica que, en cada mapa, el lenguaje cartográfico necesario (Pellicer, 1997) obligue a usar los elementos visuales básicos (punto, línea y superficie o polígono), cargados de una gran diversidad de contenidos a través de las variables visuales (posición, tamaño, forma, textura, valor, dirección y color) (figura 1). Mientras que, por otro lado, los mismos elementos y formas pueden representarse de distinto modo según el interés del cartógrafo, la escala, las condiciones de la zona a representar y las condiciones técnicas del momento, tal y como se puede apreciar en la figura 2, en la que se pueden observar diferentes formas de representación para un mismo objeto.

	Size	Shape	Texture	Hue	Value
Point					
Line					
Area					

Figura 1. Clasificación básica de símbolos geomorfológicos y variables visuales (Smith *et al.*, 2011).

Legend system	Landform		Emphasis
	Moraine ridge	Fluvial terrace	
IGU Unified Key (Demek et al., 1972)			Morphogenesis
ITC (NL) (Verstappen and Zuidam, 1968)			Process/genesis
GMK 25/100 (GER) (Barsch, 1978)			Genesis
British Geomorphological Maps (Evans, 1990)			Form/genesis
ARAG (NL) (DeGraaf et al., 1987)			Genesis/ surface material
IGUL (CH) (Schoeneich et al., 1998)			Morphogenesis /landforms
Mapping system by Gustavsson et al. (2006)			Morphogenesis
BUWAL/BAFU (CH) (Kienholz, 1976)			Process/landform

Figura 2. Comparación de los símbolos de cresta de morrena y terraza fluvial en distintos sistemas de cartográficos (Smith *et al.*, 2011).

Más recientemente, algunos autores se han preocupado también de cómo aprovechar los SIG (y tecnologías afines) para representar todas estas variables en un mismo mapa (Gustavson *et al.*, 2006; Bishop *et al.*, 2012; Mitasova *et al.*, 2012). Evidentemente, el objetivo de esto sería el diseño de mapas (en papel o no) donde se plasmaran dichas variables de manera interrelacionada y no tanto como una suma de capas de información geográfica inconexas.

La experiencia docente demuestra que los inconvenientes que se acaban de comentar, no sólo suponen un problema de interpretación de la cartografía geomorfológica por parte de los alumnos, sino que, además, la mayor dificultad a la que se enfrentan es la elaboración de dicha cartografía. El primer problema que han de superar es el de no poder representar todos los elementos de un mapa geomorfológico con las herramientas cartográficas disponibles en los SIG, a tenor de la simbología propuesta desde los diferentes sistemas de representación citados. Por otra parte, también se podría pensar que tal diversidad de sistemas hace comprensible que los fabricantes y desarrolladores de las aplicaciones SIG, ni siquiera se planteen facilitar todos los símbolos posibles y se limitan a proporcionar los más utilizados por los

usuarios de cada software (a modo de destacado ejemplo, ver [ESRI UGS template](#), la paleta “Geology” -también de ESRI- o la librería de símbolos magna.style versión 4.0 del IGME -2012- para ArcMap 9.2); aunque, en todo caso, son insuficientes para abordar la totalidad de posibilidades de los mapas geomorfológicos.

En suma, se dedica más tiempo de docencia de esta materia a solucionar estos inconvenientes de herramientas y representación, que a la propia interpretación del relieve, que es el objetivo básico. Incluso, en ocasiones, es posible que los alumnos necesiten complementar los SIG con herramientas de diseño, lo cual se aleja de los objetivos docentes planteados en el Grado.

2. METODOLOGÍA

El objetivo principal de esta investigación es, pues, crear unos recursos docentes que eliminen la necesidad de que los alumnos tengan que lidiar con el diseño de leyendas o que precisen de manejar herramientas de diseño gráfico, alejándose así de los objetivos docentes de la asignatura y amenazando seriamente el cumplimiento de los objetivos previstos definidos en el plan de aprendizaje de la asignatura.

No cabe duda de que la docencia sobre cartografía geomorfológica se beneficiaría enormemente si se añadiesen leyendas estandarizadas a las aplicaciones SIG que los alumnos aprenden a utilizar en el conjunto de asignaturas técnicas del Grado de Geografía y Ordenación del Territorio. Para hacer esto posible es necesario: (1) realizar una revisión sobre el funcionamiento de las herramientas de simbología de los SIG más utilizados; (2) investigar si existen estándares que permitan diseñar e integrar nuestras propias simbologías; (3) preparar la leyenda más apropiada para nuestra zona de estudio, que fundamentalmente es la provincia de Alicante; y, (4) finalmente será necesario compartir estas leyendas con los alumnos e ir paliando la escasez de este tipo de recursos en Internet.

2.1 Estándares de simbolización cartográfica y SIG

Si lo que se pretende es que los alumnos dispongan de estas leyenda o conjuntos de símbolos en las distintas aplicaciones SIG que aprenden a manejar en el Grado, es preciso hacer notar que, cada vez con más frecuencia, las herramientas SIG que se utiliza en la Universidad de Alicante se corresponden con aplicaciones bajo licencias de Software Libre (GPL, LGPL, Apache, Mozilla, MIT, entre otras). Esto es así por varios motivos, entre ellos el ahorro que supone para la universidad utilizar herramientas de

este tipo y el gran nivel de desarrollo que han alcanzado estas herramientas en los últimos años.

En tal caso, atendiendo al primer punto es necesario conocer cuáles son los formatos estándar de simbología que las aplicaciones de SIG libre utilizan, para lo cual debemos acudir al organismo internacional de referencia que se ocupa de estas cuestiones. El Open Geospatial Consortium (OGC; <http://www.opengeospatial.org/>) es el organismo que se ocupa de la definición de estándares abiertos e interoperables dentro de los SIG y en otras aplicaciones de Internet. Los estándares propuestos y definidos por el OGC son tenidos en cuenta por los fabricantes de software y por los desarrolladores de SIG libre. Por lo tanto, es necesario revisar cuál es el estándar propuesto por el OGC para la definición de símbolos cartográficos.

Existen dos estándares OGC relacionados con la simbolización cartográfica en SIG o en la Web: el Symbology Encoding (SE) y el Styled Layer Descriptor (SLD).

El Symbology Encoding (<http://www.opengeospatial.org/standards/se>) utiliza un lenguaje XML para describir la información de estilo que puede ser aplicada a las capas de información espacial dentro de un SIG. Actualmente, este documento se complementa con el Styled Layer Descriptor para la representación de cartografía en los servidores de mapas web (Web Map Service, que también se corresponde con un estándar OGC). Sin embargo, hasta hace menos de cinco años ambos documentos estaban aún unidos en un único estándar: un estándar anterior (SLD) orientado únicamente a la Web que se dividió en dos para permitir que las partes que no son específicas de la Web pudieran ser reutilizadas para otras aplicaciones (por ejemplo, en SIG). Esta breve historia sobre los dichos estándares sirve para entender como, aún hoy en día, existan confusiones en la denominación o en la versión del estándar que cada aplicación SIG utiliza.


```

- <StyledLayerDescriptor version="1.1.0" xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld http://schemas.opengis.net/sld/1.1.0/StyledLayerDescriptor.xsd">
- <NamedLayer>
  <se:Name>formas</se:Name>
- <UserStyle>
  <se:Name>formas</se:Name>
- <se:FeatureTypeStyle>
- <se:Rule>
  <se:Name>Single symbol</se:Name>
- <se:LineSymbolizer>
- <se:Stroke>
  <se:GraphicStroke>
  <se:Graphic>
  <se:Mark>
    <se:WellKnownName>triangle</se:WellKnownName>
  <se:Fill>
    <se:SvgParameter name="fill">#000000</se:SvgParameter>
  </se:Fill>
  <se:Stroke>
    <se:SvgParameter name="stroke">#000000</se:SvgParameter>
  </se:Stroke>
  </se:Mark>
  <se:Size>2</se:Size>
- <se:Rotation>
  <ogc:Literal>180</ogc:Literal>
</se:Rotation>
- <se:Displacement>
  <se:DisplacementX>4</se:DisplacementX>
  <se:DisplacementY>-1</se:DisplacementY>
</se:Displacement>
</se:Graphic>
- <se:Gap>
  <ogc:Literal>8</ogc:Literal>
</se:Gap>
  </se:Gap>
  </se:Rule>
</se:FeatureTypeStyle>
</UserStyle>
</NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>

```

Figura 3: Vista en un navegador Web del XML generado por QGIS para representar un símbolo de “cresta” (se refiere al símbolo que aparece en la Figura 4).

2.2 Grado de adhesión a los estándares SLD y SE

La mayoría de aplicaciones SIG de escritorio utilizadas por los alumnos del grado de Geografía y Ordenación del Territorio implementan alguna versión de los estándares de simbolización del OGC. Sin embargo, el OGC reconoce que aún ningún desarrollo ha respetado al 100% la especificación SE, que sería más interesante para lograr nuestro objetivo. En cambio, el estándar SLD, anterior en el tiempo, ha sido muy utilizado tanto en aplicaciones libres como comerciales¹.

Ambos estándares, relativamente nuevos aún, necesitan de las mejoras que se producirán de la interacción y el proceso de discusión que se establece entre el OGC y las distintas organizaciones que forman parte de éste. Pudiendo ser estas empresas privadas del sector (ESRI, Autodesk, Bentley Systems, Cadcorp, Intergraph, NAVTEQ, etc), universidades (Delft University of Technology, Harvard University, ITC University of Twente, MIT, etc) o agencias gubernamentales de distinta índole (Norwegian Building Authority, US Geological Survey - USGS, etc). Sin embargo, por el momento cada aplicación SIG solamente incorpora las partes del estándar que cada proyecto cree más interesantes. Por ejemplo, una aplicación puede respetar las transparencias codificadas en un XML-SE pero las otras no, por lo que las

transparencias solamente se verían en algunas de las aplicaciones. Todo esto se irá desarrollando en un corto periodo de tiempo, pues las empresas muestran un creciente interés y realizan constantes propuestas al OGC.

Una prueba irrefutable de la apuesta que los organismos internacionales realizan por este tipo de estándares es que la Unión Europea recomienda el uso de estándares propuestos por el OGC y a través del Grupo de trabajo de Geología de la iniciativa INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) propone símbolos para la representación de elementos geomorfológicos a pequeña escala ([ver el documento](#)).

3. RESULTADOS

Atendiendo a estos precedentes, durante la investigación se han evaluado varios de los SIG de escritorio más empleados por los alumnos en las distintas asignaturas técnicas del grado, pero también se han estudiado otros con buenas capacidades para el diseño de las simbologías. Los programas revisados son Quantum GIS (<http://www.qgis.org/>), gvSIG (<http://www.gvsig.com/>), uDig (<http://udig.refractions.net/>), OpenJump (<http://www.openjump.org/>) y AtlasStyler (<http://en.geopublishing.org/AtlasStyler>), en sus últimas versiones disponibles.

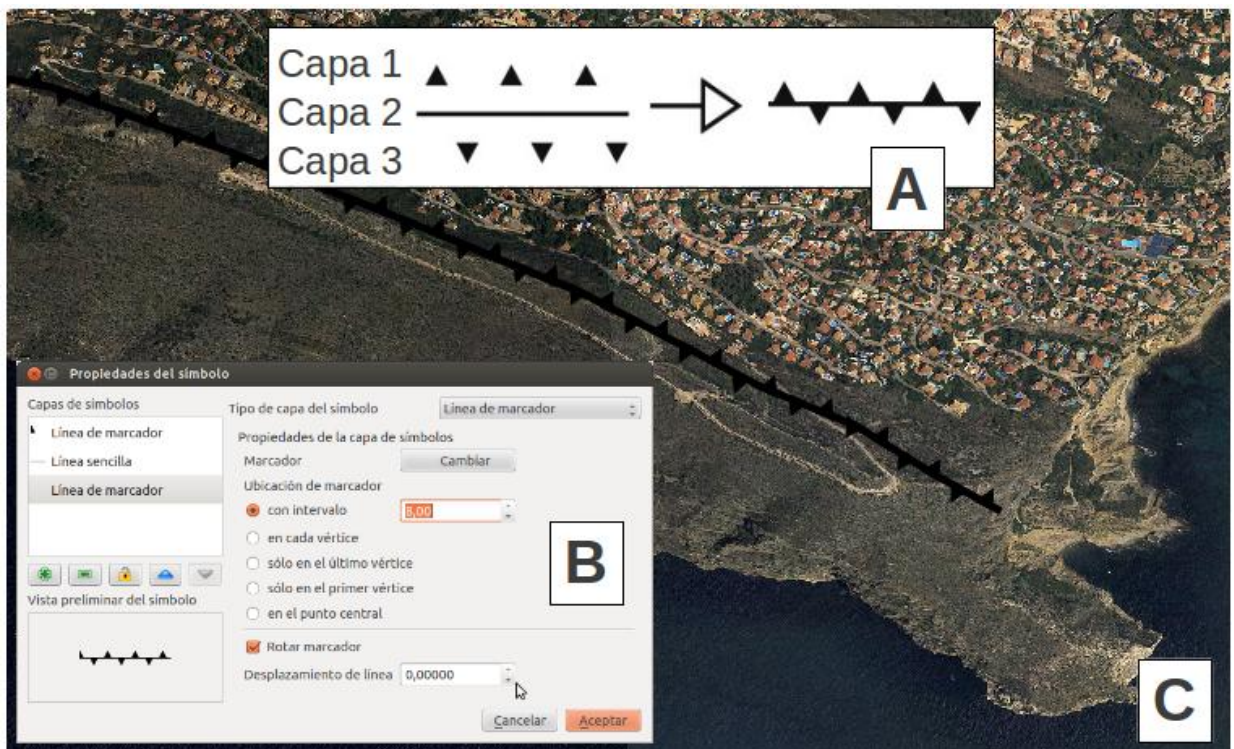


Figura 4. A) Símbolo cartográfico de una cresta creado por composición de elementos más simples. B) Diseñador de simbologías de QGIS 1.8. En otras ventanas es posible implementar

reglas de visualización (p. ej. según la escala) C) Fotografía aérea donde se utiliza la simbología de QGIS para representar la cresta del Morro de Toix (entre Altea y Calp). Fuente: elaboración propia.

Los requisitos que el software elegido debe cumplir pasan por: (1) poder realizar todo el proceso cartográfico en una misma herramienta (edición de cartografía vectorial y simbolización); (2) que los alumnos lo necesiten en otras asignaturas; (3) implementar una versión reciente del estándar SE; y (4) contar con un editor de simbologías lo más completo posible. La creación de símbolos compuestos es una fortaleza del Symbology Encoding y es esencial para la elaboración de cartografía geomorfológica. Ésta puede ser con símbolos estándar (cuadrado, círculo, triángulo, etc) o con la importación de gráficos vectoriales.

Sería de esperar que cualquiera de estas aplicaciones nos pudiese servir para realizar este trabajo. Sin embargo, resulta sorprendente lo limitadas que pueden ser estas herramientas. En la Tabla 1 se recoge una comparativa básica de las capacidades de los distintos software. QGIS es la aplicación que sale mejor parada en esta comparativa.

Tabla 1. Aptitud de distintos SIG libres para el diseño y uso de la simbolización cartográfica.

Función	QGIS 1.8	gvSIG 2.0	uDig 1.3.2	OpenJump 1.6.3	Atlas Styler
Lee/Edita vectores	X	X	X	X	
Familiaridad del alumno	X	X		X	
Implementa SE	X				X
Implementa SLD	X		X	X	X
Simbologías compuestas	X	X	X		X

4. CONCLUSIONES

El diseño de cartografía geomorfológica resultaría mucho más sencillo y se obtendrían mejores resultados si se utilizasen herramientas de diseño propiamente dichas (vectoriales y raster). Sin embargo, el aprendizaje de estas herramientas se aleja bastante de los objetivos docentes del Grado de Geografía y Ordenación del Territorio.

En esta primera fase nos hemos ocupado en conocer las capacidades actuales los SIG libres para la simbolización de este tipo de cartografía. Entre las principales conclusiones de esta investigación preliminar hay que destacar el interés que distintas organizaciones internacionales han puesto en el desarrollo de estándares abiertos. El Open Geospatial Consortium ha propuesto estándares para la simbolización cartográfica que pueden ser la solución a distintos tipos de problemas que los SIG tienen en esta materia. No obstante, los estándares propuestos (SE y SLD), carecen todavía de un uso generalizado y cada aplicación SIG los implementa sólo en parte.

Una vez repasadas las capacidades de algunos de los SIG libres más conocidos, se ha llegado a la conclusión de que QGIS v1.8 es la opción más prometedora. El diseñador de simbología de QGIS está lejos de ser completo, pero tiene varias funcionalidades que permitirían diseñar la leyenda geomorfológica del ITC –el sistema mayoritariamente empleado en nuestras asignaturas- a la que se ha hecho referencia en la introducción (símbolos compuestos, aplicación de reglas cartográficas, entre otras). Además, los alumnos aprenden a utilizar este programa informático en distintas asignaturas, por lo que el tiempo de aprendizaje para a utilizar esta leyenda sería muy reducido.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bishop, M. P., James, L. A., Shroder, J. F., & Walsh, S. J. (2012). Geospatial technologies and digital geomorphological mapping: Concepts, issues and research. *Geomorphology*, 137(1), 5–26. doi:10.1016/j.geomorph.2011.06.027
- Gustavsson, M., Kolstrup, E., & Seijmonsbergen, A. C. (2006). A new symbol-and-GIS based detailed geomorphological mapping system: Renewal of a scientific discipline for understanding landscape development. *Geomorphology*, 77(1-2), 90–111. doi:10.1016/j.geomorph.2006.01.026
- Mitasova, H., Harmon, R. S., Weaver, K. J., Lyons, N. J., & Overton, M. F. (2012). Scientific visualization of landscapes and landforms. *Geomorphology*, 137(1), 122–137. doi:10.1016/j.geomorph.2010.09.033

- Pavlopoulos, K., Evelpidou, N., & Vassilopoulos, A. (2009). *Mapping Geomorphological Environments* (1st ed., p. 252). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-01950-0
- Pellicer Corellano, F. (1997). El lenguaje cartográfico. En Geoforma Ediciones (Ed.), *Cartografía geomorfológica: básica y aplicada* (pp. 67–84). Logroño.
- Peña Monne, J. L. (Coord. . (1997). *Cartografía geomorfológica básica y aplicada*. (Geoforma Ediciones, Ed.) (p. 227). Logroño.
- Smith, M. J., Paron, P., & Griffiths, J. S. (2011). *Cartography: Design, Symbolisation and Visualisation of Geomorphological Maps. Geomorphological Mapping Methods and Applications* (1st ed., pp. 253 – 295). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-444-53446-0.00009-4
- Tricart, J. (1972). *Normes pour l'établissement de la carte géomorphologique détaillée de la France* (1/20.000, 1/25.000, 1/50.000). Paris.
- Verstappen, H. T., & Van Zuidam, R. A. (1991). *The ITC system of geomorphologic survey: a basis for the evaluation of natural resources and hazards* (2nd ed., p. 89). Enschede: ITC.

ⁱ Las estadísticas de implementación de los estándares OGC se pueden consultar en su Web (<http://www.opengeospatial.org/resource/products/stats>).